

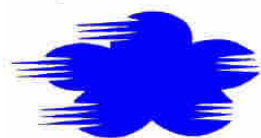
國立體育大學
教練研究所碩士論文

米字型移位訓練對高中羽球選手專項
無氧非乳酸耐力之影響

**Effect of ‘*’ step movement training on aerobic and anaerobic system
in senior high school badminton player**

指導教授：詹元碩 博士
協同指導：張嘉澤 博士
研 究 生：林正仰 撰

中 華 民 國 九 十 九 年 六 月



國立體育大學
National Taiwan Sport University

致謝

本篇論文能夠順利完成，首先要感謝指導教授張嘉澤博士的磨鍊及鞭策，在研究方向及實驗操作上給予無限的協助，學生由衷感激。本論文有幸承蒙口試委員呂欣善博士、詹元碩博士的批閱斧正，並提供寶貴的建議與思考方向，使論文內容更加嚴謹，特此敬申謝意。另外，也感謝教練所所長湯文慈老師、詹貴惠老師、張育愷導師、鄭世忠老師及許麗蕙學姐的教導與協助，在此致上最深的感謝。

本篇論文在實驗過程中能夠順利進行，有賴於 SPDI 成員的協助，特此感謝。二年的學習生涯能順利完成學業，達成教練所的畢業規定，更要感謝提供研究協助的元智大學林勁宏老師及治平高中的何威德老師。

求學期間，在工作與學業上常有兩難的情況發生，在此感謝建功高中、光武國中、竹光國中的師長們給予全力的協助與支持。

最後，我要感謝家人這些年來的支持與鼓勵，才能有機會將這份成果及喜悅獻上予我最親愛的家人，一路走來，除了感謝…還是感謝。

林正仰

2010 年 6 月

於國立體育大學教研所

米字型移位訓練對高中羽球選手專項 無氧非乳酸耐力之影響

摘 要

本研究主要目的在探討米字型移位訓練對高中羽球選手專項無氧非乳酸耐力之影響。受試者為 7 名高中羽球選手，平均年齡 15.79 ± 0.27 歲、身高 172.29 ± 3.09 cm、體重 60 ± 7.66 kg、訓練年數 4 ± 1.29 年，接受為期 2 週，每週 5 次的高強度間歇米字型移位訓練。訓練前、後以有氧及無氧閾值能力測試，與 Y 字型 6 拍專項測試作為訓練成效之評估。同時於訓練期間，紀錄每次訓練完成的時間及心跳率，為評估訓練時的監控。所得資料以 SPSS 16.0 中文版進行相依樣本 t 考驗統計分析，顯著水準訂為 $p < 0.05$ 。研究結果：(一)訓練後所有受試者於相同強度負荷之有氧與無氧閾值能力測試，其完成測試比例提高，以及有氧與無氧閾值心跳率增加，但皆未達顯著差異；但無氧閾值速度較訓練前顯著提昇。(二)羽球 Y 字型專項測試中及結束後部分觀察點乳酸值明顯較訓練前減少；且專項測試結束後第 5 分鐘心跳率明顯下降，以及測試完成時間減少，整體移位速度明顯提升。(三)訓練期間心跳率變化不大，但每趟完成時間隨訓練的次數的增加明顯減少。本研究主要發現 2 週的專項羽球移位訓練，能增加無氧閾值能力外，也能提昇羽球步伐移位的速度。

關鍵詞： 有氧閾值、無氧閾值、Y 字型 6 拍專項測試

Effect of ‘*’ step movement training on aerobic and anaerobic system in senior high school badminton player

abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of ‘*’ step movement training on ATP-PC system in senior high school badminton players. 7 senior high school badminton players, age 15.79 ± 0.27 , height 172.29 ± 3.09 (cm), body weight 60 ± 7.66 (kg), regular training years 4 ± 1.29 were recruited in this study. All subjects were received 2 weeks high intensity intermittent ‘*’ step movement training, 5 times training a week. Aerobic and anaerobic threshold test were performed in pre and post training. ‘Y’ step movement test by 6-rhythm (Y-test) was to determine the training effect. Completely training duration and heart rate were recorded during training period for monitor the training intensity. Result: 1) anaerobic threshold was increased significantly under the same intensity exercise challenge after two weeks training. 2) the concentration of lactate was decreased in Y-test following 2 weeks training. The heart rate was decreased significantly after five minutes of Y-test. The completion time of Y-test was reduced significantly and movement velocity was significantly enhanced after 2 weeks training. Conclusion: in this study, we found 2 weeks badminton movement training could increase anaerobic ability and

movement velocity.

Key words: aerobic, anaerobic, ‘Y’ step movement test by
6-rhythm



目 錄

誌謝	I
中文摘要	II
英文摘要	III
目錄	V
附錄	VII
表目錄	VIII
圖目錄	IX
縮寫代號	X
第壹章 緒論	1
第一節 前言	1
第二節 研究動機	3
第三節 研究目的	5
第四節 名詞解釋	5
第貳章 文獻探討	7
第一節 有氧與無氧閾值能力之相關研究	7
第二節 乳酸應用於運動負荷之相關研究	10
第三節 羽球能量供應之相關研究	13
第四節 心跳率之相關應用與研究	15
第五節 兩週訓練之相關研究	17
第六節 羽球專項步法之相關研究	19
第七節 文獻總結	22

第參章	研究方法與步驟	23
第一節	研究對象	23
第二節	實驗時間與地點	23
第三節	實驗儀器與設備	24
第四節	實驗流程	25
第五節	實驗架構	26
第六節	資料處理與分析	32
第肆章	結果與分析	33
第一節	2-4mmol/l 有氧與無氧閾值分析	33
第二節	羽球 Y 字型專項測試	38
第三節	米字型移位訓練	48
第伍章	討論	52
第一節	有氧與無氧閾值(2-4mmol/l)能力測試	52
第二節	羽球 Y 字型專項測試	54
第三節	米字型移位訓練	59
第陸章	結論與建議	61
參考文獻		63
中文部分		63
外文部分		66

附 錄	73
附 錄 一 受 試 者 同 意 書	73
附 錄 二 疾 病 調 查 表	75



表 目 錄

表 3-1	受試者基本資料	23
表 4-1	2-4mmol/l 有氧與無氧閾值前、後測之差異分析	34
表 4-2	有氧與無氧閾值速度前、後測之平均值及標準差	35
表 4-3	有氧與無氧閾值心跳率前、後測之平均值及標準差 ...	37
表 4-4	羽球專項測試中血乳酸前、後測之平均值及標準差 ...	38
表 4-5	專項測試後血乳酸前、後測之平均值及標準差	40
表 4-6	專項測試 6 拍完成時間前、後測之平均值與標準差 ...	42
表 4-7	專項測試中心跳率前、後測之平均值與標準差	44
表 4-8	專項測試乳酸排除速度前、後測之平均值及標準差 ...	47
表 4-9	Tr-1 與 Tr-10 完成時間之平均值及標準差	48
表 4-10	Tr-1 與 Tr-10 心跳率之平均值及標準差	50

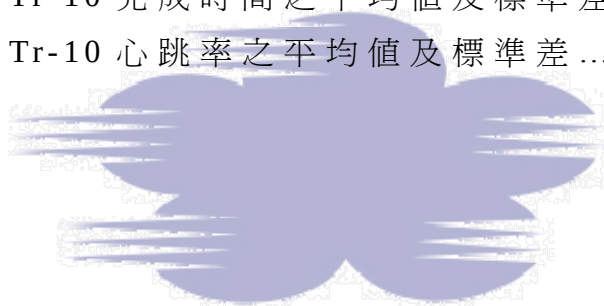


圖 目 錄

圖 3-1	實驗流程	25
圖 3-2	室外田徑場基礎檢測場地示意圖	27
圖 3-3	羽球專項測試場地示意圖	28
圖 3-4	羽球專項 Y 字型 6 拍測試流程	29
圖 3-5	羽球米字型移位訓練場地示意圖	30
圖 3-6	米字型移位訓練執行流程	31
圖 4-1	2-4mmol/l 有氧與無氧閾值速度 T1 與 T2 分析	36
圖 4-2	2-4mmol/l 有氧與無氧閾值心跳率 T1 與 T2 分析 ..	37
圖 4-3	羽球專項測試中 T1 與 T2 血乳酸之分析	39
圖 4-4	專項測試後 T1 與 T2 血乳酸之分析	41
圖 4-5	專項測試 T1 與 T2 完成時間之分析	43
圖 4-6	羽球專項測試 T1 與 T2 心跳率之分析	45
圖 4-7	羽球專項測試結束後心跳率之分析	46
圖 4-8	專項測試 T1 與 T2 乳酸排除速度之分析	47
圖 4-9	Tr-1 與 Tr-10 完成時間之分析	49
圖 4-10	Tr-1 與 Tr-10 心跳率之分析	51

縮寫代號

AMP	adenosin monophosphate 腺嘌呤核苷單磷酸
ASCT	adjustable speed continous traing 速度變換持續跑
ATP	abenosine triphosphates 腺嘌呤核苷三磷酸
ATP-PC	無氧非乳酸系統
cm	centimeter 公分
CP	center point 中心點
Diff	differ 差異
E1	結束後第 1 分鐘
E3	結束後第 3 分鐘
E5	結束後第 5 分鐘
E7	結束後第 7 分鐘
E10	結束後第 10 分鐘
FT	fast twitch fibers 快速肌
HIIT	high intensity interval training 高強度間歇訓練
HR	heart rate 心跳率
kg	kilogram 公斤
km/h	kilometer per houer 每小時移動距離(公里)
La	Lactate 乳酸
m	meter 公尺
m/s	meter per second 每秒移動距離(公尺)
M1	mark-1 標記點 1
M2	mark-2 標記點 2
M3	mark-3 標記點 3
M4	mark-4 標記點 4
M5	mark-5 標記點 5
M6	mark-6 標記點 6

min	Minute 分鐘
min ⁻¹	beat per minute 每分鐘跳動
mmol/l	Millimol per liter 容積莫耳濃度，每公升所含有之毫莫耳數
PC	creatine phophate 磷酸肌酸
PFK	Phosphofructokinase 磷酸果糖激酶
Rep	Repetition 重複
s	Second 秒
Set	組
T-1、T-2	前測、後測
Tr-1、Tr-10	第一天訓練、第十天訓練
VE	ventilatory efficiency 換氣效率
$\dot{V}O_{2max}$	maximal oxygen consumption 最大攝氧量
$\dot{V}O_{2peak}$	peak oxygen consumption 最大攝氧峰值
1x… 2x… 15x	第一次… 第二次… 第十五次

第壹章 緒 論

第一節 前 言

羽球是一項隔網對抗性比賽項目，具有高度技術性且連續、快速、往復移動的運動，羽球場地雖然不大，但卻是球類運動中唯一不能落地且必須一次將球回擊至對方場區的運動。比賽中，完成動作的目的是減少主動或被動的失誤，打破對方防守得分或阻止對方得分。

羽球自 1992 年被列入奧運會正式比賽項目以來，各國的水平越來越高，競爭也更激烈，規則一直採用女單為三局兩勝 11 分制，其他如男單、男雙、女雙及混雙皆為三局兩勝 15 分制的記分方式（呂芳陽、陳麟文，2003）。

國際羽球總會（International Badminton Federation，簡稱 IBF）於 2006 年 5 月在東京舉行國際羽球會議，討論獲發球權得分制的三局兩勝 15 分制（女單三局兩勝 11 分制），改採用三局兩勝 21 分「每球得分」制，並取消雙打第二位發球權。其主要目的是要加快比賽節奏，增加比賽的精采度，以符合奧運會展現高競技、高度競爭、節奏緊湊的競賽表現需求。這些改變將直接衝擊到戰術運用與訓練方式的改變。

近年來我國羽球選手在國際賽事的成績屢有突破，如 2008 年的北京奧運，我國羽球男子單打項目在各國優秀選手環伺的情況下搶進前八強，這樣的表現也確實為國內的羽球運動注入了一劑強心針。如何能更有效率的提升運動員的技競水準，是這幾年國內運動科學領域一直努力的目標，引進各國在技競運

動方面的成就，期望在國內也能建立一套有制度、有系統且科學化的訓練機制。



第二節 研究動機

羽球運動的動作型態是屬於短時間，非循環續性的運動項目，它除了具短時間的反應、高強度的運動節奏外，更是一項需要高度技巧與體能的運動。羽球競賽中，一場比賽通常須 36~48 min，可說明羽球運動是兼具有氧與無氧能量的激烈運動(程嘉彥，1984)。陳偉華、楊強益(1994)的研究也指出，一場單打比賽，短約需 30 min，長約需 100 min，比賽期間需揮拍約 830 次以上，跑動距離約 7,000-8,500 m 左右。

羽球選手在比賽過程中需經常做出快速移位、跳躍和改變運動方向等之綜合性運動(呂芳陽、盧正崇，2005；張永文，1997；鍾承融、陳忠慶、陳信良，2006)，故它是屬於一項開放式的競技性運動。而大部分的優秀羽球選手除了必需擁有良好的爆發力、協調性以及柔軟度之外，同時需要具備羽球比賽時的快、狠、準之專項運動能力(鍾承融等，2006；Cabello Manrique & González-Badillo, 2003；Majumdar et al., 1997)。

平川卓弘、胡小藝(1997)提到羽球運動的特徵包括「快」、「狠」、「準」和「全面」，一場比賽中進攻次數約在一百次左右，前後左右跑約為 180-200 次，往返快跑約 7,000-10,000 m，在世界級頂尖選手的比賽中，強而有力的扣殺，球的飛行初速可達 300 km/h，但在對方接球時速遽減至 180 km/h。

2006 年 5 月羽球比賽每局得分由 15 分改為 21 分，得分方式改為每球得分制，競賽時間結構改變將影響訓練方法的實施，及提供新的戰略戰術與應用方法。

涂國誠(2007)以國際羽球總會舉辦的國際五星級賽事，共 26 場男女單打決賽為研究對象。包括 2006 年的 15 場與舊規則

2000 至 2005 年的 11 場比賽研究指出，新規則每回合時間(從發球至該球結束)平均為男單 8.06s，女單 8.10s。舊規則為男單 7.40，女單 8.55，皆未達到顯著差異($p>.05$)。但在平均每拍時間上(每回合時間除以該回合來回拍數)男單新(0.92)較舊(0.98)規則有明顯減少($p<.05$)。且每回合休息時間，新較舊規則增加達顯著差異($p<.05$)。由此結果推測，為因應新規則所以打法上多以進攻為主，且在每拍時間較短的情況下，勢必需要更快速的移位及揮拍。運動休息比也由 1997 年的研究約為 1：1.5，2000 年及 2003 年的 1：2，再提高至 2007 年的 1：2.7，可能是隨著運動強度提高的同時，也需要更長的休息時間。

學者鄭元旦(1990)的研究認為羽球單打每回合運動擊球時間約 10s 左右，而間歇時間約為 13s 左右。

而德國著名學者 Neumann (1991)研究中指出大部份球類運動的動作型態是屬於「短時間(大約 4-8s，間歇 6-10s 或更長)高強度」其能量提供是屬於「無氧非乳酸」及「無氧乳酸系統」。然而人體在高強度運動時，ATP-PC 能量系統只能維持 7-9s(馮煒權，1995)，如持續運動將轉而利用糖酵解能量系統，而此兩種皆為無氧性能量(Anaerobic metabolism)，但當使用糖酵解系統能量時易加速乳酸的生成。運動中肌肉是生成乳酸最多的部位，而肌肉內乳酸透過細胞膜進入血液中即為血乳酸。因此可知羽球運動所使用的能量來源為磷酸肌酸(PC)。

基礎耐力的研究在國內外有許多學者從事，Hollmann (1959)首先提出無氧閾值作為訓練指標，經多位學者先後提出的理論後，最後以 Mader et al. (1976)提出的 2-4mmol/l 乳酸值為閾值速度，具有測試及訓練之實用性。依據球類短時間高強度比賽特性，主要來自於 ATP-PC 無氧非乳酸系統。而短時間

無氧非乳酸的恢復能力是依據運動員本身的有氧能力而定(Weicker & Strobel, 1994)。楊孟龍、黃雅陵、林聖峰與廖清海(2008)的研究結果也指出，有氧耐力能力越好，乳酸排除速度就越快，而無氧耐力能力越好，在高強度運動中產生乳酸就越低。

由於羽球運動緊湊的來回頻率以及激烈的體力消耗等特性，如何訓練專項能量持續性供應及快速恢復能力(無氧非乳酸的恢復能力)是決定一場技術水準相當的比賽，勝負的關鍵。

第三節 研究目的

- 一、探討米字型移位對有氧與無氧閾值能力的影響。
- 二、探討米字型移位訓練對羽球專項測試之血乳酸、心跳率、完成時間及結束後恢復能力的影響。
- 三、探討有氧、無氧閾值能力與羽球專項測試的關係。

第四節 名詞解釋

- 一、血乳酸(Lactate)：乳酸是身體無氧代謝的中間產物。運動時乳酸的變化，是骨骼肌等組織中乳酸生成速率、併入血液的速率和血液中乳酸消除速率之間平衡的表現。運動中乳酸生成愈多，則肌肉中無氧糖酵解作用(anaerobic glycolysis)與供能比例愈大，供能能力愈強，乳酸系統也是身體能量來源之一。

- 二、心跳率(Heart-rate, HR)：心跳率為單位時間心臟跳動之頻率。在本研究中所指之心跳率為受試者測試時，以 Polar 心跳錶所測得之數值。
- 三、無氧非乳酸耐力(ATP-PC Endurance)：在短時間高強度之運動負荷下的耐力能力。此能力的來源為磷酸肌酸(PC)，能量供給肌肉運用的時間約 7-10s(Zintl, 1994; Grosser et al., 2001)。
- 四、ATP-PC 系統：磷酸肌素分解產生 ATP 的無氧能量系統。此系統代表可被肌肉利用的最快的 ATP 來源。為期 10s 或少於 10s 最激烈的活動中的能量(ATP)由此系統供給。



第貳章 文獻探討

本章將分爲下列幾方面來加以探討：第一節：有氧與無氧閾值能力之相關研究、第二節：血乳酸之相關研究、第三節：羽球的能量供應系統、第四節：心跳率與運動訓練之相關研究、第五節：兩週訓練之相關研究、第六節：羽球專項步法之相關研究、第七節：文獻總結。

第一節 有氧與無氧閾值能力之相關研究

任何運動的能量來源皆包含有氧與無氧能量代謝路徑，主要是以能量代謝時使用氧氣多寡做爲分類的依據，當然主要是根據運動強度與時間而產生不同的能量代謝路徑。

有氧閾值(aerobic threshold)，是指有機體在氧的參與下產生能量的能力，它也決定運動員的耐力好壞。有氧運動能力受到運動員體內供氧能力的影響，因此，任何耐力訓練都應該包括提高供氧系統能力的訓練。中強度長時間的耐力訓練，可以透過提高肌紅蛋白含量(一種用以儲存及輸送氧氣的氧合蛋白)、粒線體激酶(大小及數量)、肝醣儲存量及氧化能力，使提昇有氧運動能力。而長時間活動的主要適應，是提高呼吸量、呼吸率、增加氧輸送量、增加心輸出量及增加肌肉粒線體密度。因此，良好的有氧訓練，也能相當程度的提升無氧能力(Gollnick, 1973)。

無氧閾值(anaerobic threshld)是指血中乳酸開始堆積的運

動強度點。如果執行低強度的運動，在運動初期，一些能量由無氧系統產生，但大部分由有氧系統產生，此時有少量的乳酸產生，但很快就被肌細胞中的血液帶走或被中和。如果運動強度繼續增強，更多的乳酸生成，並開始在肌細胞和血液中堆積。當乳酸開始在血液中堆積時，負向的效果就開始發生。

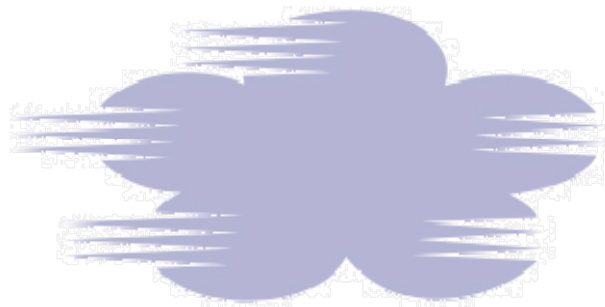
自 Hollmann (1959)以換氣轉折點作為無氧閾值的評定開始，就打開了以無氧閾值作為研究與訓練應用的序幕。Wasserman et al. (1964)以 V_E 、 VO_2 、 VCO_2 為閾值參數，採換氧轉折點的方式。Kindermann et al. (1978)以 La 為閾值參數，採運動負荷在 2-4 mmol/l 的方式。Farrell et al. (1979)以 La 為閾值參數，採血漿乳酸上升超過安靜值方式。Conconi et al. (1982)以 HR 為閾值參數，採心跳率轉折點的方式。Keul et al. (1979)、Stegmann et al. (1981)…等。經過多年的討論與訓練上的應用，最後以 Mader et al.(1976)以 La 為閾值參數，採 4 mmol/l 的方式提出 2-4 mmol/l 乳酸閾值的測試，最具有實用性與方便測試的特點。

王賀森(1992)研究探討換氣閾值、心跳閾值、個體無氧閾值、與 4 mmol/l 乳酸閾值等不同無氧閾值測定法，測量其間之差異及相關程度，並比較不同遞增負荷持續時間(1 min 與 3 min)之測驗對心跳閾值的影響。結果發現不同測定法判定之閾值運動強度，以 4 mmol/l 閾值最高，其次為換氣閾值及心跳閾值，而個體無氧閾值最低，且除換氣閾值與心跳閾值外，其餘各組皆達顯著差異水準。另外，1 min 遞增負荷測驗所得之心跳負荷運動強度顯著高於 3 min 遞增負荷測驗。結果發現四種測定方法與運動持續時間之相關皆高於最大攝氧量。

Weltman and Katch (1979)以 31 名男性為受試者，探討無

氧閾值與最大攝氧量的相關程度，結果發現兩者相關達 0.85，顯示最大攝氧量高的人，較能延緩代謝的酸化現象。無氧閾值與最大攝氧量及運動能力高度相關之事實，顯示以無氧閾值協助運動訓練的可行性相當高。

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



第二節 乳酸應用於運動負荷之相關研究

乳酸經常被視為運動負荷強度的生化指標之一。在運動刺激下身體乳酸的生成，可反應運動時能量代謝的變化，且常用於運動強度的評定、調控及運動方法的選擇與運動疲勞的診斷(Weinecker, 1993)。運動中乳酸產生的主要因素為 1.運動強度 2.參與的肌肉量 3.持續時間(Hultman & Saholm, 1980； Itoh & Ohkuwo, 1991)。

運動中及運動後血乳酸的變化，是骨骼肌等組織中乳酸生成率，進入血液的速率和血液中乳酸消失速率之間平衡的表現(Karlssohn & Saltin, 1971)。在正常情況下，人體大多數組織依靠有氧代謝途徑供能，只有少數組織依靠醣酵解供給部分或大部分能量，在有氧時也進行強烈的醣解，在醣解過程中生成的乳酸迅速進入血液，故在正常情況下，血液中乳酸維持一定濃度，休息時動脈血為 0.48-0.8 mmol/l，靜脈血為 0.45-1.3 mmol/l(Powers & Howley, 1997；王永盛，1994)。

活動中的肌肉因為任何原因而只能獲得不足的氧(例如突然進行運動、強度越來越大的運動，或是處於缺氧的環境中)，那麼肌細胞就會利用磷酸肌酸或醣解作用(glycolysis)等無氧的方式來再生 ATP。醣解作用是將葡萄糖轉換成丙酮酸(pyruvate)，在沒有氧的情況下，細胞會將丙酮酸轉變成乳酸。相較於 ATP 的有氧再生，醣酵解作用顯得相當沒效率，而且還會伴隨氫離子的堆積，並因此造成細胞內 PH 值的下降。這個乳酸性酸中毒的現象會對力量的產生造成阻礙。而血液中的乳酸堆積，事實上是經過乳酸的產生(production)、輸送(transport)、堆積(accumulation)等三個過程後的綜合結果(黃永

任，1994)。

血液中的乳酸含量與肌肉中的乳酸是不相同的，運動後肌肉中的乳酸需要經過一段時間後才會進入血液。Gollnick et al. (1973)研究指出，肌肉和血液中的乳酸值需 5~10 min 才能達到平衡。Gass, Rogers and Mitchell (1981)等人的研究發現，運動後靜脈乳酸最高值出現在運動後第 6 分鐘(E6)。

Neumann (1991)指出乳酸排除的型態，依部位不同而有差異，肝臟 50%、不活動肌群 30%、心臟 10%、腎臟 10%。乳酸排除的速度與對象也不同，競技運動員 0.5 mmol/l/min，未訓練者 0.3 mmol/l/min。

乳酸在訓練上應用，藉由數值變化可以區分運動能量供應的系統。在運動強度的判斷上，可以作為能量代謝負荷的判斷；作為訓練和比賽的運動能力的判斷；作為有氧能力的判斷；作為訓練範圍的判斷；作為訓練類型的判斷；作為訓練方法的判斷(Neumann et al., 1993)。

Mahon (1997)以年齡 $10.5 \pm .07$ 與 25.3 ± 2 歲各九名男性進行跑步機測試，最大耗氧量分別為 47.4 ± 5.4 與 50.2 ± 6.2 ml/kg/min，結果乳酸值由安靜增加至最大值為 2.0 ± 0.7 至 4.7 ± 0.9 與 2.6 ± 0.5 至 8.2 ± 2.1 mmol/l。

Nichols (1997)以 13 名女性進行 13.5 與 20 km 平均 $\dot{V}O_{2\max}$ 50.6 ± 2.7 ml/kg/min 高出同年齡運動員 10% $\dot{V}O_{2\max}$ 腳踏車測試，結果乳酸值明顯高於安靜分別為 7.59 mmol/l 與 6.99 mmol/l。

Kraemer et al.(1993)分別以反覆 10 次與 5 次最大負荷試作三組之肌力測試，每組間休息 1 min，測試結束後立即檢測血乳酸，結果血乳酸分別為 7.49 ± 0.95 mmol/l 與 3.76 ± 0.85 mmol/l。

明顯增加 ($p<.01$)。

Häkkinen et al.(1993)分別以反覆一次最大負荷之蹲距肌力測試，試作 20 組，與 10 次 70%最大負荷試作 10 組，每組間皆休息 3 min，運動後立即檢測血乳酸，結果乳酸值分別為 3.5 ± 1.2 mmol/l 與 15.02 ± 4.0 mmol/l 明顯增加 ($p<.01$)。



第三節 羽球能量供應之相關研究

專項體能訓練是指在運動訓練中，以專項本身的動作以及與專項運動特點和結構相似的練習，提高運動員專項運動所需要的各器官系統機能，發展專項運動素質，最大限度地提高專項水準和專項運動成績(王文教等，1995)。李士偉(1995)發現專項運動之特點與結構部份，與實際競賽當中越符合，越能發揮專項素質以及提升專項最大水準程度之表現。

Cabello and González-Badillo (2003) 發現，一場單打羽球比賽所花費的時間平均約 $28.0 \pm 5.2 \text{ min}$ (不包括局與局間的休息時間)，比賽的運動與休息比約 1:2，每球來回平均的拍數約為 12 拍。

Hong, Tong and Liddle et al.則發現單打比賽時的心跳率 (heart rate, HR; 平均介於 $175\text{-}189 \text{ min}^{-1}$)、雙打比賽 (平均介於 $150\text{-}163 \text{ min}^{-1}$)，單打比賽時移動距離 1862 m 和雙打比賽 1108 m。

涂國誠(2007)以 2006 年的湯瑪士盃、優霸盃羽球錦標(11 場)及臺北羽球公開賽(4 場)的研究指出，每回合時間(從發球至該球結束)平均為男單 8.06s，女單 8.10s。

其中還必須在激烈的攻擊防守對抗中，持續、快速地完成跳殺、急停、移動等技術動作。因此，在技術上需具備全面攻守能力、精細的控制與反控能力(張永文，1997)。羽球運動員除了有全面性的體能，更要具備好的專項體能，如此才能在高速度、高強度的比賽中，正常的運用、發揮技術。

Neumann (1991)研究中指出大部份球類運動的動作型態是屬於「短時間(大約 4-8s，間歇 6-10s 或更長)高強度」其能量

提供是屬於「無氧非乳酸」及「無氧乳酸系統」。然而人體在高強度運動時，ATP,PC 能量儲存受限制於基質耗盡(PC)最大維持時間 7-10s(Grosser et al., 2001)，如持續運動將轉而利用糖酵解能量系統，而此兩種皆為無氧性能量(Anaerobic metabolism)，但當使用糖酵解系統能量時易加速乳酸的生成。

Bouchard et al. (1988) & Hargreaves (1995)指出從事持續 30s 的高強度運動時，無氧系統約占整體能量代謝的 85%，其主要能量來源由 ATP-PC 系統提供。

運動中肌肉是生成乳酸最多的部位，而肌肉內乳酸透過細胞膜進入血液中即為血乳酸。人體於安靜時血中約有 0.45-1.30 mmol/l 的乳酸量，這是因為人體有些部份組織以無氧代謝方式利用能量。一般認為以高能磷酸原作為能量來源，血乳酸濃度不會超過 4mmol/l 而超過此數值即開始使用糖酵解系統，約 14mmol/l 時即是以糖酵解為主要的能量來源(馮煒權，1995)。

Fleck and Kraemer (1997)發現消耗的 ATP 和 PC 在 20-48s 重新補充 50%；40-96s 重新補充 75%；60-144s 重新補充 87%，因此儲存於肌肉內大部份的 ATP 和 PC 在 3-4 min 可重新恢復。

Wonisch et al. (2003)的研究是以羽球選手為對象，採持續漸增速度進行 3 點(Y 字型)來回間歇跑至衰竭為止，在每一趟之間並無固定休息時間，以作為評估選手的專項有氧動力，結果發現此方式可有效評估羽球選手的有氧運動能力。

第四節 心跳率之相關應用與研究

心跳率即心臟每分鐘跳動的次數，會隨著活動狀態而有所改變。許多因素也會影響心跳率。如年齡、性別、飲食、氣候、疲勞、疾病及運動的型態等。

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

Hollmann, Liesen, Rost, and Kawahats (1978)的研究採用最大運動負荷結束後第 5 分鐘(E5)之恢復心跳率來評估體能及訓練效果判斷，超過 130 min^{-1} 表示差； $130\sim120 \text{ min}^{-1}$ 表示不好； $120\sim115 \text{ min}^{-1}$ 表示好； $100\sim105 \text{ min}^{-1}$ 表示非常好； 100 min^{-1} 以下表示高競技運動能力。

Crews and Roberts (1976)研究不同強度與一週訓練頻率之影響。對 43 名坐式生活男性於跑步機進行訓練，共分成六組。第一組訓練強度為心跳率 150 min^{-1} ，一週訓練 5 天；第二組訓練強度為心跳率 150 min^{-1} ，一週訓練 3 天；第三組訓練強度為心跳率 150 min^{-1} ，一週訓練 1 天；第四組訓練強度為心跳率 120 min^{-1} ，一週訓練 3 天；第五組訓練強度為心跳率 120 min^{-1} ，一週訓練 3 天；第六組訓練強度為心跳率 120 min^{-1} ，一週訓練 1 天，進行 7 週訓練。於跑步機以 6 mph 的速度和 2.5%坡度進行 3 min 測試，研究結果第一、二、三、五組於測試結束後(E1)和結束後恢復期(E3、E5)之心跳率皆顯著低於前測。

Massicotte and MacNab (1974)以年齡在 11-13 歲之間為研究對象，分成三組，進行六週不同強度的訓練，分別為 170-180，150-160， $130\sim140 \text{ min}^{-1}$ 的心跳率。結果指出只有在強度最高的

一組有顯著增加最大攝氧量。

Wilmore et al. (1994)指出，安靜心跳率 80 min^{-1} 的未訓練者，在從事運動訓練數週之初期，每週安靜心跳率能降低一次，在訓練 10 週後，安靜心跳率能降低至 70 min^{-1} 。安靜心跳率減少，可降低心臟負擔。

劉丹等人(1994)對大陸國家女子足球代表隊 18 名選手，運用比賽與訓練的心跳率來控制運動強度，經過四階段不同地點的實施。結果顯示在昆明訓練時的心跳率以達到比賽時心跳率的變化曲線，在比賽是高強度的運動，心跳率有 65%以上超過 150 min^{-1} 。

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

第五節 兩週訓練之相關研究

近年來訓練方式不斷強調訓練時間的經濟效益，因此發展出短時間高強度間歇訓練模式(high-intensity interval training, HIIT)。2007 年美國運動醫學年會中針對高強度間歇訓練 (high intensity interval training, HIIT) 提出新的觀點，認為 HIIT 可以增強高強度時的運動表現、提升脂肪代謝的速率以及有氧耐力 (Laursen & Jenkins, 2002; Edge, Bishop, & Goodman, 2006)，甚至 2 週的 HIIT 就可以提升在相同強度下脂肪代謝的比例 (Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen, & Spriet, 2007)。

Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell, and Gibala (2005) 發現 2 週共 6 次，每次 4-7 組反複的 30s 腳踏車衝刺間歇訓練 (sprint interval training, SIT)、總時間約 15 min 的高強度運動 ($150-300\% \dot{V}O_{2peakpower}$)，也可以增進肌肉氧化能力及有氧耐力，但卻沒有改變 $\dot{V}O_{2peak}$ 。

Gibala et al. (2006) 進一步比較 2 週的 SIT 與傳統耐力訓練 (endurance training, ET)，結果發現 SIT 的訓練時間大約是 ET 的 1/5 (2.50 VS. 10.50 小時)、做功量約是 ET 的 1/10 (630 VS. 6500kJ)，就可以達到與 ET 類似的訓練效果，其中包括安靜時肌肉肝醣、肌肉氧化與緩衝能力、體內酵素及運動表現，顯然 SIT 是一種相當有效率的訓練方式。

徐欣億等(2009)，以 16 名大學男子籃球選手為研究對象，進行 2 週共 7 次的高強度間歇訓練及中強度連續訓練，探討對於葡萄糖代謝、胰島素反應及自律神經系統活性的影響。結果顯示中強度運動可改善葡萄糖代謝能力，同時可增加副交感神經活性，平衡自律神經系統。

何正峰等(2008)，以 16 名男性籃球選手，進行 2 週高強度間歇（high intensity interval training, HIIT）與速度變換持續（adjustable speed continuous training, ASCT）跑步訓練，探討對於三磷酸腺苷-磷酸肌酸（ATP-PC）系統、有氧及無氧耐力的影響。結果發現：2 週訓練後 HIIT 可以有效提升有氧與無氧閾值速度，但對於 ATP-PC 系統的助益有限，而 ASCT 對於有氧閾值與 ATP-PC 系統有明顯幫助且能維持無氧閾值速度。



第六節 羽球專項步法之相關研究

要有完美的擊球，首先要有最佳、最適當的擊球位置，如此才能以正確的動作回擊，使擊球時間提早，擊球點在前，造成主動及攻擊的形勢(關一誠，1993)。靈巧的步法常是致勝武器(莊美鈴，1984)。

樊正治認為，步法是羽球運動的主要動力，它的功能為：(一)提早處理球的時機，使對方尚未返回原位做準備。(二)可以運用多變化的手法。(三)可迅速回防減少漏洞。(四)可在穩定狀態下擊球(江明宏，1993)。

羽球步法是羽球場上的專項體能項目之一，從過去研究文獻發現，羽球步法對於影響羽球比賽的成績有顯著的相關，或是以羽球步法作為訓練方式有顯著的效果(杜登明，1985；紀世清，1996、1999、2002；孫宜芬，1984；莊美鈴，1986；楊繼美，1987；鄭清滿，1989)。

孫宜芬(1984)以國立台灣師範大學非體育系選修羽球課40名男生為受試者，以循環賽的比賽名次為基準，探討大學男生羽球技能測驗與比賽名次之相關，結果顯示米字步法與比賽名次的相關達顯著水準。

莊美鈴(1986)以25名國立台灣師範大學男生為受試對象，並以訓練前最大耗氧量為分組基準，將受試者分為5組，施以10週、每週2次的步法訓練。該步法測驗內容將米字步法分為右斜前、正前、左斜前、右側、左側、右斜後、正後及左斜後等8個方向移動的速度，跑完8點回中心位置為1次，測量跑3次所需時間。其測驗的結果，顯示以米字步法作為間歇訓練的方式，以1組(反覆4次)的安排較為合理。

鄭清滿（1989）以私立復興專校興趣選項羽球組，四、五年級男生共 48 名為對象，分別接受 16 項羽球運動技能測驗，以 522 場循環賽名次為效標，結果得知羽球米字步法可作為代表性測驗項目。

紀世清（1996）以國立體育學院羽球專長學生男、女各 15 名為研究對象，探討羽球選手專項體能測驗的編製，其中步法項目分為米字步全場、前後移動跑及左右撿球移動跑，結果顯示優秀女子單打選手需要有步法項目的左右撿球移動跑。

張佳佳等(2005)提出羽球專項特殊性 3、6、9 拍有氧能力測試方式是根據 Wonisch, Hofmann, Schwabegger, von Duvillard, & Klein (2003)所提出的 3 點漸增跑測驗與 Chin et al. (1995)的 6 點間歇跑測驗的測試模式，再針對一場羽球比賽約為 28 min(Cabello & González-Badillo, 2003)、有氧能力約佔 60%~70%、其餘為無氧 (Lei, Deng, & Lu, 1993)、平均每球來回拍數約為 12 拍、運動休息比約為 1:2(彭美麗、陶志翔、王文教、陳福壽，1994)、每次死球至發球前平均時間約為 13s(Majumdar et al., 1997)…等之特殊情況作為測驗方式之依據，設計出羽球專項 3、6、9 拍有氧能力測驗方式，並與跑步機最大攝氧量測驗($\dot{V}O_{2max}$)以及 12 min 跑走之生理指標做相關。結果發現，羽球專項 6、9 拍有氧能力測驗與 12 min 跑走、跑步機最大攝氧量測驗之生理指標包括：心跳率、運動自覺量表、攝氧量有顯著相關，因此羽球專項 6、9 拍有氧能力測驗可能可以評估羽球選手有氧能力方式之一。

吳昶潤等(2006)以 9 名大學甲組男(n=6)女(n=3)羽球選手進行 2 次羽球 6、9 拍有氧測驗之間的再測信度考驗研究，結果發現 2 次 6、9 拍之間的 $\dot{V}O_2$ 、平均每趟完成時間、完成總時間

和總趟數均有相關。

陳信良等(2008)以：10 名大男甲組羽球選手進行 2 次 30s 溫蓋特，以及羽球現場 30s 3、4 和 6 點無氧動力測驗，結果發現：一、溫蓋特與羽球現場 3、4 和 6 點測驗之間完成的動力值有正相關（ $p<.05$ ）。二、生理指標：溫蓋特與 3、4 和 6 點測驗之間的 La、HR 和 RPE(運動自覺量表) 反應值也都具有正相關（ $p<.05$ ）。

吳昶潤等(2008)以現役大學男 9 名、女 8 名甲組羽球選手共 17 名做為受試對象，以固定 30s 進行持拍和搬球「Y」字型 3 點、「X」字型 4 點、「米」字型 6 點，最大無氧能力測驗之比較；考驗使用固定 30s 持拍和搬球 3、6 點最大無氧能力測驗結果，是否會顯著優於 4 點最大無氧測驗的方式。結果：一、持拍與搬球測驗之間的差異：3、4 點的搬球測驗在總完成距離和動力均顯著大於 3、4 點持拍測驗的方式($p<.05$)、持拍與搬球之間在 RPE 與 HR 值方面無差異($p>.05$)；二、3、4、6 點持拍測驗之間的差異：3 點測驗所完成的總距離及動力皆顯著高於 4 點測驗的成績($p<.05$)、6 點測驗的總完成距離與動力大於 4 點測驗($p<.05$)；三、3、4、6 點搬球測驗之間的差異：3 點測驗所完成的總距離及動力顯著大於 4 點及 6 點的測驗方式($p<.05$)。

第七節 文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

- 一、研究指出有氧與無氧閾值的判定，可使用多種指標包括心跳率、換氣轉折點及乳酸等。而以閾值能力的變化也能做為訓練效果的判斷。因此本研究預計以 Mader 等人(1976)以 La 為閾值參數，採 2-4mmol/l 乳酸閾值的測試，做為選手訓練效果的判斷。
- 二、羽球比賽的時間雖可長達 30 min 以上，但平均每拍擊球所花的時間僅於 10s 中之內，因此選手需在有限的時間內將所有的運動能力發揮，依能量使用與時間的關係，其應是以無氧非乳酸性為主。本研究即是依據能量供應的特性，控制每次訓練的時間維持在 10s，以訓練無氧非乳酸性的能量。
- 三、心跳率隨運動強度增加，研究顯示也具有評估或觀察運動強度的指標，本研究也以心跳率作為評估訓練成效的指標之一。
- 四、2 週的高強度訓練，已被證明能提高運動表現。同時針對性的設計運動訓練方式，也能提高非乳酸性的無氧能力，因此本研究預計以 2 週做為訓練的時期，並規劃高強度間歇訓練方式。
- 五、研究證明米字型步伐的移位能力與比賽成績有正向的關聯性，因此本研究將以米字步伐做為訓練的方式。同時過去研究也顯示「Y」字型的步伐測驗，其結果能代表羽球專項的移位指標，本研究預計以「Y」字型的步伐作為訓練前後評估專項位移能力的方式。

第參章 研究方法與步驟

本章共分為七節：第一節、研究對象；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗儀器與設備；第四節、實驗流程；第五節、實驗架構；第六節、資料蒐集與統計分析，茲分別敘述如下：

第一節 研究對象

本研究以高中男子羽球代表隊 7 人為實驗參與者。參加實驗前，必須先行填寫健康狀況調查表及家長同意書，且須讓參與者對於研究目的、研究方法及注意事項，有全盤性地瞭解，以利實驗進行。其後依據實驗設計的訓練方式，給予兩週共計 10 次的米字型無氧非乳酸耐力訓練。

表 3-1 受試者基本資料 (n = 7)

	年齡 (Age)	身高 (cm)	體重 (kg)	訓練年數 (years)
Mean±SD	15.79±0.27	172.29±3.09	60±7.66	4±1.29
Max	16	178	75	6
Min	15.5	169	54	2

第二節 實驗時間與地點

一、實驗時間

民國九十九年一月一日-一月十五日(共計二週)。

二、實驗地點

桃園縣高中體育館。

第三節 實驗儀器與設備

一、乳酸分析儀(BIOSEN C_line)

利用乳酸分析儀來分析受測者在實驗進行時的血乳酸變化情形。

二、採血用工具

採血針、採血毛管、酒精、紅血球破壞劑、外科用手套。

三、記錄、測量校正用具

Polar 心跳錶、碼錶、皮尺、膠帶、測距輪。

四、場地

室內羽球場二面、室外 220m 田徑場一座。

五、其它

攜帶型折疊桌、冰桶、三角錐。

第四節 實驗流程

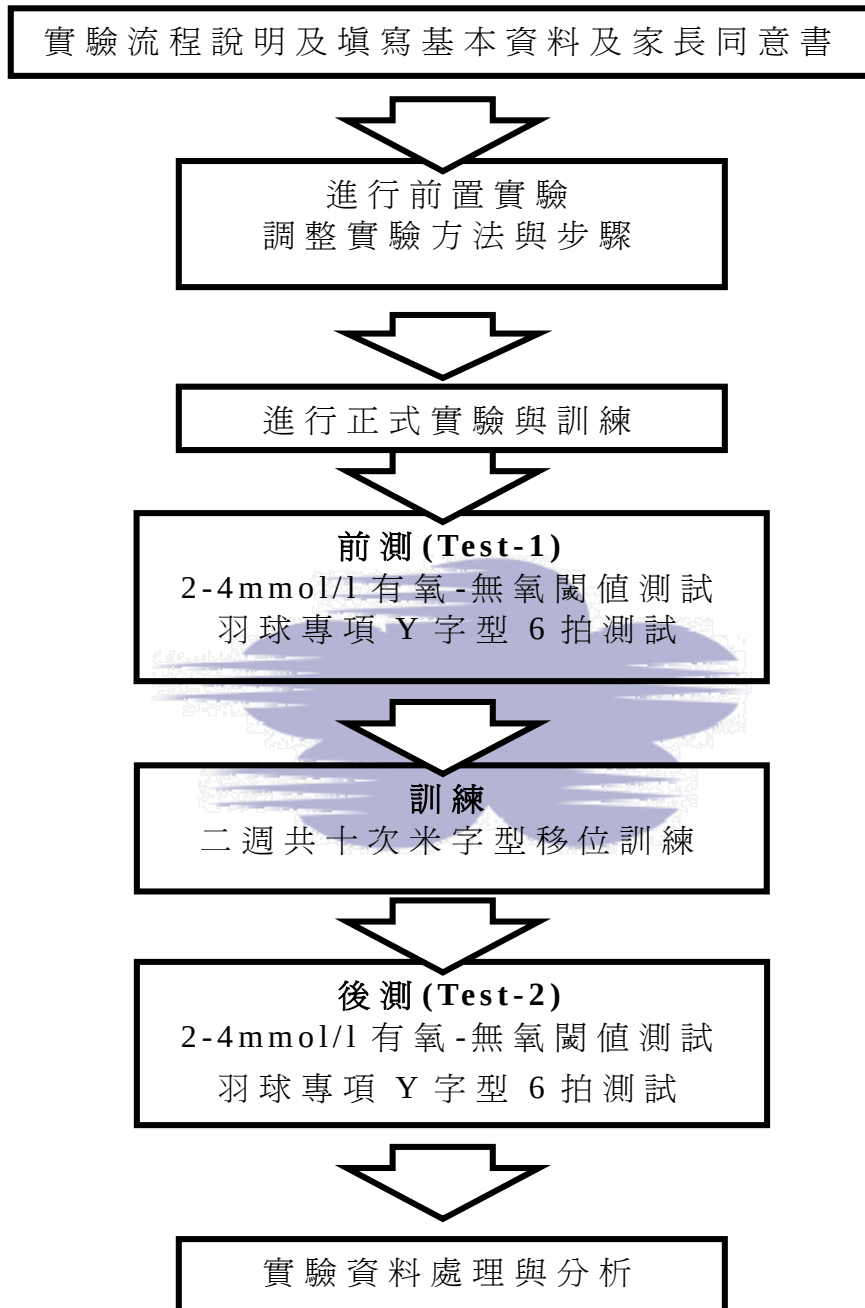


圖 3-1 實驗流程

第五節 實驗架構

一、實驗流程解說及填寫同意書

(一)在實驗正式進行前，施測者須先解說本實驗目的、方法及參與者須知，以利實驗進行。

(二)參與者在參與實驗前，必須填寫健康狀況調查表及家長同意書，並且全程參與實驗。

二、實驗方法

(一)參與者分組

將參與者以隨機方式排列測試順序，前一位參與者進行測試時，後一位參與者則在旁進行熱身。

(二)熱身活動

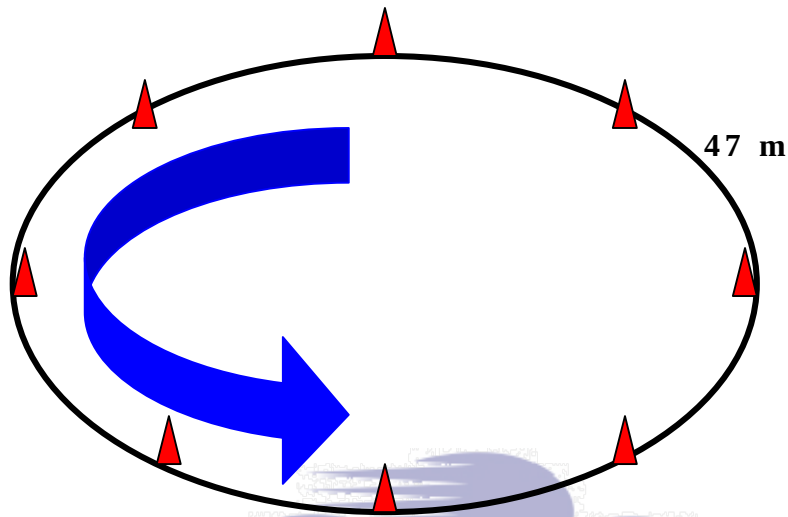
因實驗全程皆以最大速度完成，所以參與者在正式實驗前必須充分熱身及伸展 15-20 min，在熱身過程中可以兩人對打，但是避免過於激烈導致不必要的傷害。

(三)測驗項目

1、基礎檢測

依據 Mader et al. (1976) 2-4 mmol/l 有氧無氧閾值作為測試方式，其可作為訓練負荷設定依據與訓練效果評價。基礎測試之前，參與者帶上 Polar 錶，並且於耳垂採 $10\mu\text{l}$ 血液，做為安靜值乳酸檢驗及記錄安靜心跳率。熱身結束後，受試者在 220 m 運動場上以 2.5 m/s 的速度開始進行第一階測試，在階與階之間休息 30s 並進行採血與心跳率記錄，每階速度上昇 0.5 m/s。每階持續時間為 5 min，測試進行一直到受試者所能承受之最高負荷為止，為了速度控制，在 220 m 的操場上放一個速度控制器，速度控制器可調整每階所必

須跑的速度，並在 220 m 的操場上測試，場地上每 47 m 放置三角錐筒作為標記。如圖 3-2。



室外 2-4 mmol/l 測試場地配置圖（每個角錐間隔 47m）

圖 3-2 室外田徑場基礎檢測場地示意圖

2、羽球 Y 字型 6 拍專項檢測

(1)以羽球場地的半場為一人檢測範圍，在地上標示有包含中心點在內的四個直徑 30 cm 的圓形標記，分別為中心點標記區(CP)，右前方標記區(M1)，左前方標記區(M2)，正後方標記區(M3)。M1、M2、與 M3 距離 CP 的統一距離為 3 m。如圖 3-3。

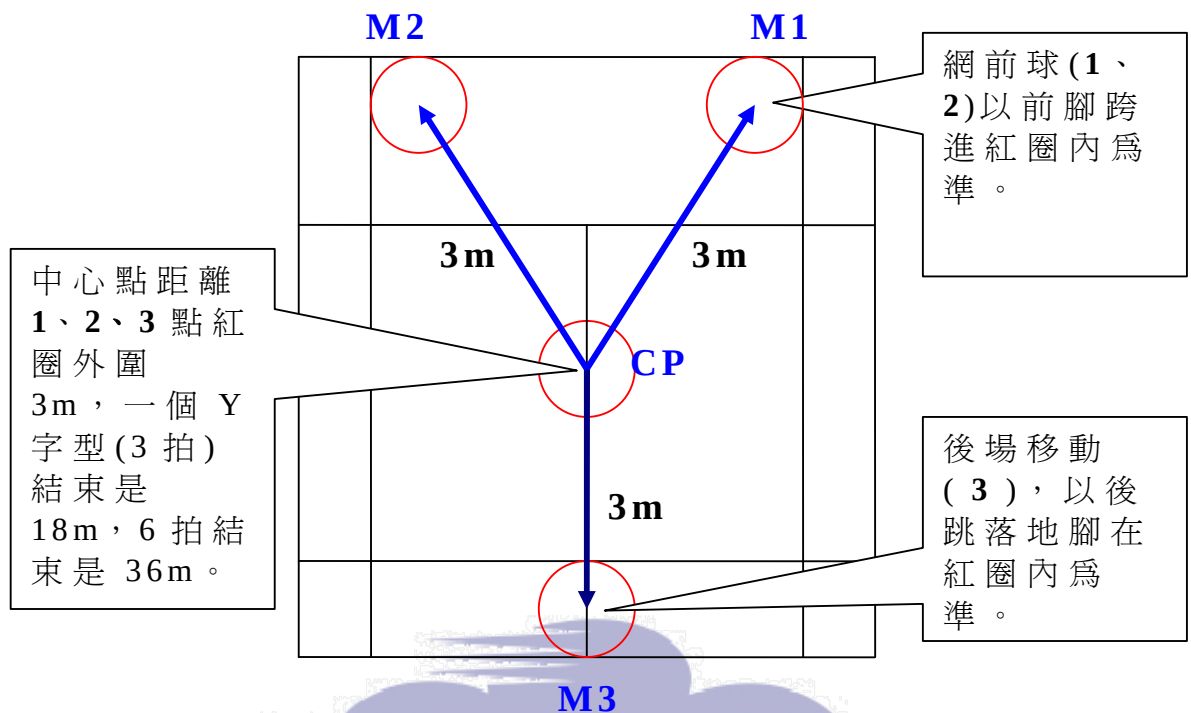


圖 3-3 羽球專項測試場地示意圖

(2)受試者在測驗時的移位順序：1、從中心點（CP）移動至右前方標示區（M1），再從 M1 返回 CP；2、由 CP 移至左前方標示區（M2），再返回 CP；3、由 CP 移至正後方標示區（M3），再返回 CP，即為受試者完成一趟「Y 字型」的動作。連續跑完二趟「Y 字型」的動作，即為 6 拍測驗的一次。而 M1、M2、M3 及 CP 等標示區的半徑各為 15 cm，M1、M2 和 M3 距離 CP 的距離統一為 3 m（陳信良等，2007）。

(3)以 3 個 Y 字型 6 拍為一個 Set，總共進行 5 個 Set(5x3x2Y6 拍)。Set 與 Set 間休息 2 min，在場地內原地休息，次與次之間休息 40s，在場地內原地休息。如圖 3-4。

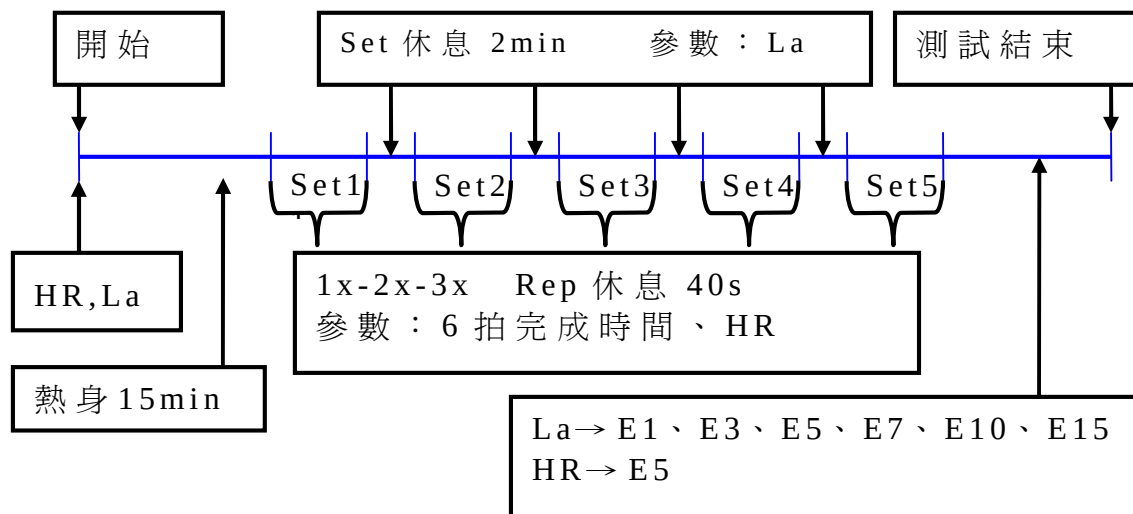


圖 3-4 羽球專項 Y 字型 6 拍測試流程

A.完成時間：1、從中心點（CP）移動至右前方標示區（M1），再從 M1 返回 CP；2. 由 CP 移至左前方標示區（M2），再返回 CP；3、由 CP 移至正後方標示區（M3），再返回 CP，即為受試者完成一趟「Y 字型」的動作。連續跑完二趟「Y 字型」的動作，即為 6 拍測驗的時間。

B.心跳率：每一個 Y 字型 6 拍結束後及測試結束後第 5 分鐘(E5)的心跳率。

C.血乳酸：安靜值、每一個 Set 結束後及結束後第 1、3、5、7、10、15 min 的血乳酸。

(四)訓練項目(2 週共計 10 次)

1、羽球米字型移位訓練

(1)以羽球場地的半場為一人訓練範圍，在地上標示有包含中心點在內的五個直徑 30 cm 的圓形標記及中心點左右兩側的紅線，分別為中心點標記區(CP)，右前方標記

區(M1)，左前方標記區(M2)，右方標記區(M3)，左方標記區(M4)，右後方標記區(M5)，左後方標記區(M6)。M1、M2、M5與M6距離CP的統一距離為3m，M3、M4距離CP為2.5m。如圖3-5。

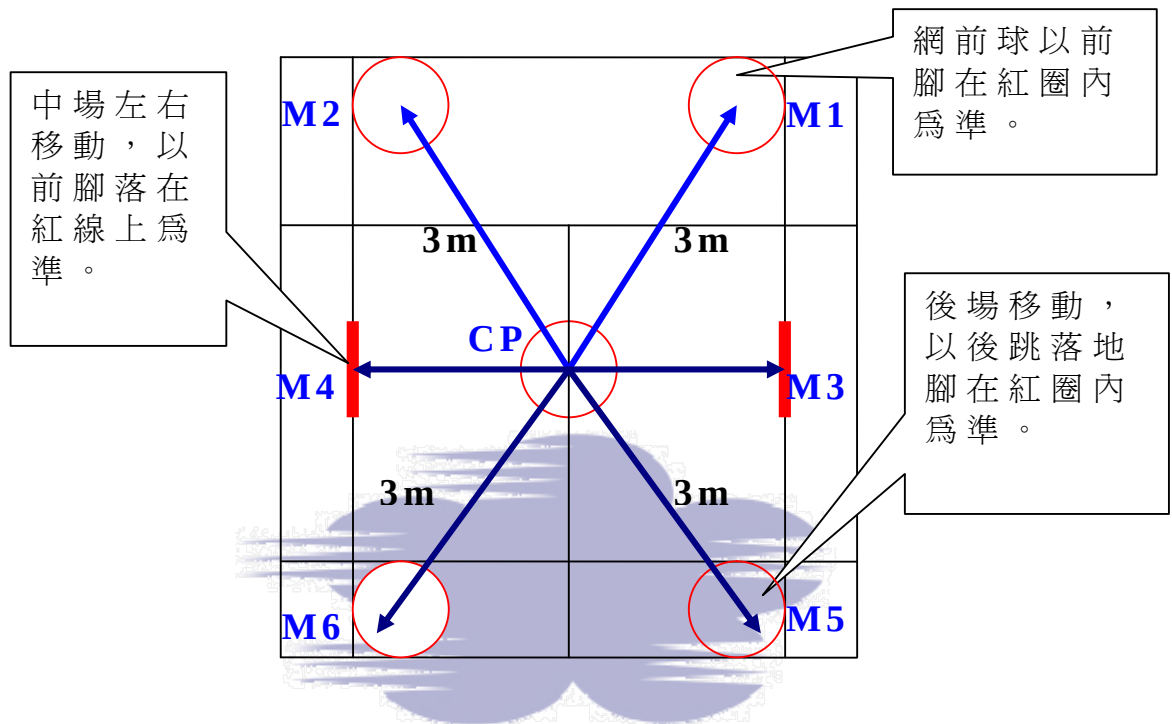


圖 3-5 羽球米字型移位訓練場地示意圖

(2)受試者在測驗時的移位順序：1、從中心點（CP）移動至右前方標示區（M1），再從M1返回CP；2、由CP移至左前方標示區（M2），再返回CP；3、由CP移右方標示區（M3），再返回CP；4、由CP移至左方標示區（M4），再返回CP；5、由CP移至右後方標示區（M5）再返回CP；6、由CP移至左後方標示區（M6），即為受試者完成一次「米字型移位」。

(3)以3個米字型移位為一個Set，總共進行3個Set(3x3x

米字型移位)。Set 與 Set 間休息 2 min，在場地內以動態方式進行，次與次之間休息 40s，在場地內原地休息。如圖 3-6。

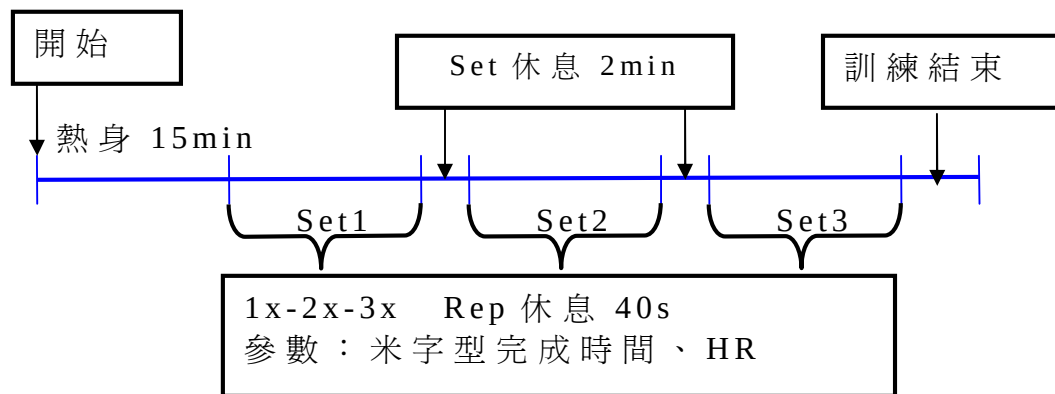


圖 3-6 米字型移位訓練執行流程

A.完成時間：1、從中心點(CP)移動至右前方標示區(M1)，再從 M1 返回 CP；2、由 CP 移至左前方標示區(M2)，再返回 CP；3、由 CP 移右方標示區(M3)，再返回 CP；4、由 CP 移至左方標示區(M4)，再返回 CP；5、由 CP 移至右後方標示區(M5)再返回 CP；6、由 CP 移至左後方標示區(M6)，即為受試者完成一次「米字型移位」的時間。

B.心跳率：指每 1 次米字型移位結束後的心跳率。

第六節 資料處理與分析

- 一、本研究以 SPSS for windows 16.0 中文版之統計套裝軟體進行資料處理及統計分析。
- 二、以描述性統計(平均數、標準差)表示受試者各項基本資料及測驗成績。
- 三、有氧－無氧閾值分析採用德國奧林匹克中心所研發之 Laktat－Express 共用軟體。
- 四、以相依樣本 t－Test，考驗訓練前、後有氧－無氧閾值的速度與心跳率，及 Y 字型專項測試的血乳酸、心跳率、完成時間、乳酸排除速度與恢復心跳率之差異。
- 五、本研究的統計考驗水準定為 $p < .05$ 。

第肆章 結果與分析

本研究以米字型移位對 7 名高中羽球選手進行兩週共十次訓練，研究結果所獲得數據經統計分析後附上圖表及結果說明，共分成三節；第一節、2-4mmol/l 有氧與無氧閾值分析；第二節、羽球 Y 字型專項測試；第三節、米字型移位訓練。

第一節 2-4mmol/l 有氧與無氧閾值分析

一、2-4mmol/l 有氧-無氧閾值測試

Test-1(T1)與 Test-2(T2)在安靜值分別為 1.37 mmol/l 及 1.64 mmol/l 無顯著差異；速度為 3.0 m/s 時，T1 乳酸值(La)為 4.18mmol/l，T2 為 3.10 mmol/l，T2 較 T1 減少 1.08 mmol/l($p < .05$)達顯著差異；T1 心跳率(HR)為 175 min^{-1} ，T2 為 167 min^{-1} ，T2 較 T1 減少 4 min^{-1} ($p > .05$)未達顯著差異。在速度為 3.5 m/s 時，T1 乳酸值(La)為 7.29 mmol/l，Test-2 為 5.74 mmol/l，T2 較 T1 減少 1.55 mmol/l($p < .05$)達顯著差異；T1 心跳率(HR)為 189 min^{-1} ，T2 為 185 min^{-1} ，T2 較 T1 減少 4 min^{-1} ($p > .05$)未達顯著差異，如表 4-1 所示。

表 4-1 2-4mmol/l 有氧與無氧閾值前、後測之差異分析

m/s	La(mmol/l)		HR(min ⁻¹)	
	T1	T2	T1	T2
R	1.37±0.6	1.64±0.66	72	72
2.5	2.57±0.76	2.32±0.68	152±15.25	151±11.24
3	4.18±1.64	3.1±0.93*	175±11.14	167±13.95
3.5	7.29±3.23	5.74±2.40*	189±10.83	185±9.25
4	6.92	8.84±2.34	192±0.71	196±9.76
4.5		8.49±1.76		198±12.02

"* "表示前(T1)、後(T2)測達顯著差異($p < .05$)



二、2-4mmol/l 有氧與無氧閾值速度測試

2mmol/l 閾值速度 T1 平均值為 1.45 ± 0.79 m/s，T2 則為 1.83 ± 1.22 m/s，T2 較 T1 增加 0.38 m/s 未達顯著差異 ($p > .05$)。4mmol/l 閾值速度 T1 平均值為 3.01 ± 0.35 m/s，T2 則為 3.30 ± 0.28 m/s，T2 較 T1 增加 0.29 m/s ($p < .05$)，如表 4-2 所示。圖 4-1 顯示有氧與無氧閾值速度在前測及後測之變化情形。

表 4-2 2-4mmol/l 有氧與無氧閾值速度前、後測之平均值及標準差

	2mmol/l (m/s)		4mmol/l(m/s)	
	T1	T2	T1	T2
M $\pm$ SD	1.45 ± 0.79	1.83 ± 1.22	3.01 ± 0.35	3.3 ± 0.28
Max	2.58	3.17	3.61	3.67
Min	0.58	0.31	2.58	2.92
diff	+ 0.38		+ 0.29	

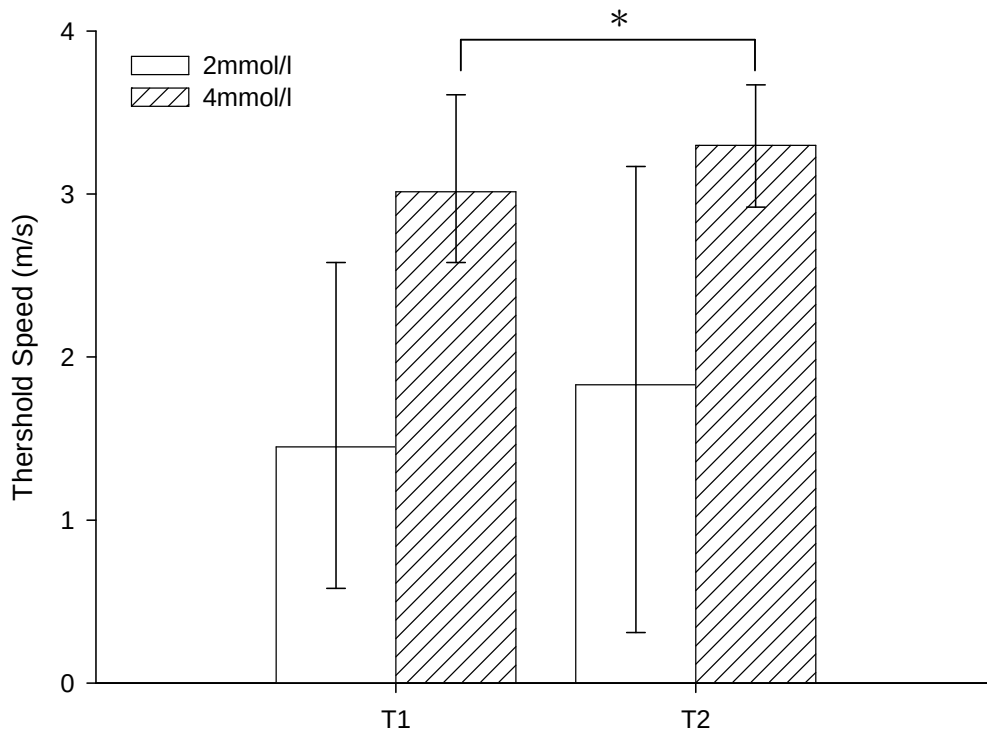


圖 4-1 2-4mmol/l 有氧與無氧閾值速度 T1 與 T2 分析
 “*” 表示前(T1)、後(T2)測達顯著差異($p < .05$)

三、2-4mmol/l 有氧與無氧閾值心跳率測試

2mmol/l 閾值心跳率 T1 平均值為 $120 \pm 16.82 \text{ min}^{-1}$ ，T2 則為 $132.14 \pm 37.38 \text{ min}^{-1}$ ，T2 較 T1 增加 12.14 min^{-1} 未達顯著差異($p > .05$)；4mmol/l 閾值心跳率 T1 平均值為 $174.86 \pm 10.01 \text{ min}^{-1}$ ，T2 則為 $177.86 \pm 10.32 \text{ min}^{-1}$ ，T2 較 T1 增加 3 min^{-1} 未達顯著差異($p > .05$)，如表 4-3 所示。圖 4-2 顯示有氧與無氧閾值心跳率在前後測之變化情形。

表 4-3 2-4mmol/l 有氧與無氧閾值心跳率前、後測之平均值及標準差

	2mmol/l (min^{-1})		4mmol/l(min^{-1})	
	T1	T2	T1	T2
M $\pm$ SD	120 $\pm$ 16.82	132.14 $\pm$ 37.38	174.86 $\pm$ 10.01	177.86 $\pm$ 10.32
Max	148	169	194	191
Min	101	82	166	158
diff	+ 12.14		+ 3.00	

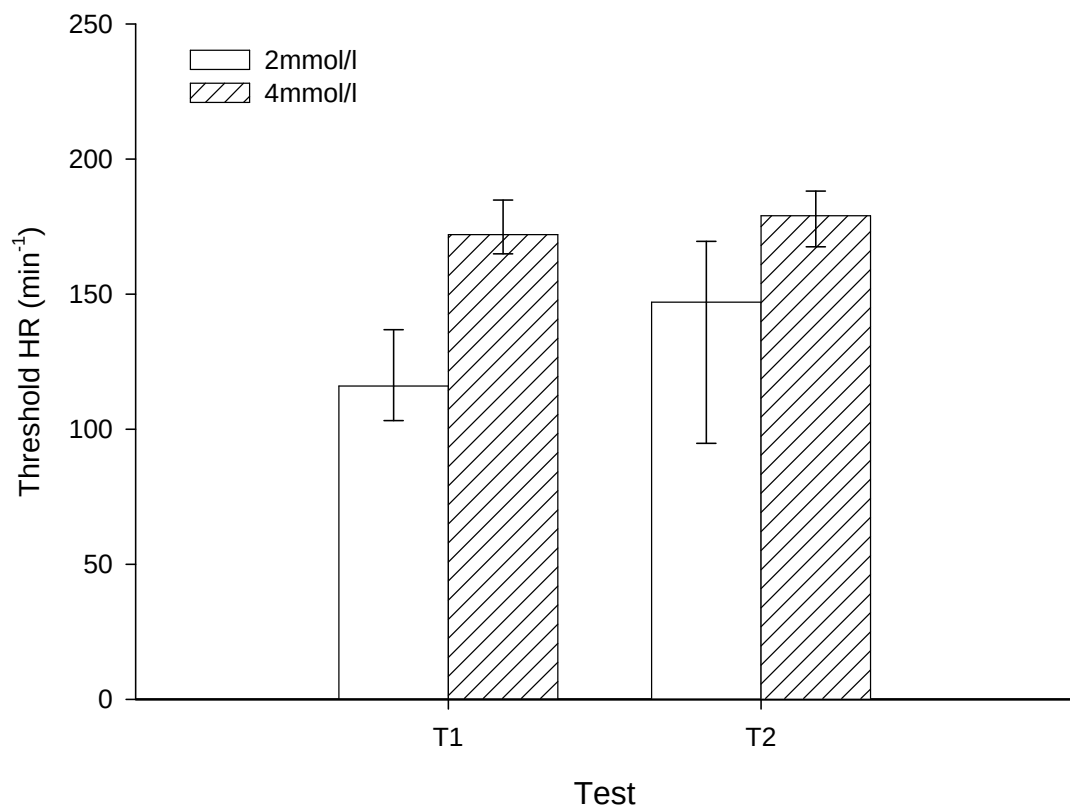


圖 4-2 2-4mmol/l 有氧與無氧閾值心跳率之 T1 與 T2 分析

第二節 羽球 Y 字型專項測試

一、羽球專項測試中血乳酸分析

羽球專項測試中，血乳酸在安靜值的平均值 T1 與 T2 分別為 1.29 ± 0.59 mmol/l 及 1.36 ± 0.2 mmol/l 未達顯著差異 ($p > .05$)；測試中除 Set2 與 Set3 血乳酸值未達顯著差異 ($p > .05$) 外，其餘 Set3、Set4 與 Set5 皆達到顯著差異 ($p < .05$)，如表 4-4 所示。圖 4-3 為羽球專項測試中的血乳酸曲線圖，可以明顯的看出除安靜值幾乎沒有改變外，其餘各監測點數值 T2 明顯較 T1 為低。

表 4-4 羽球專項測試中血乳酸前、後測之平均值及標準差

Time	T1			T2			T1-T2
	M±SD	Max	Min	M±SD	Max	Min	
R	1.29 ± 0.59	2.26	0.60	1.36 ± 0.2	1.75	1.17	0.07
Set1	4.54 ± 2.37	9.40	2.15	3.03 ± 0.57	3.89	2.44	-1.15
Set2	4.94 ± 1.33	6.27	2.39	4.45 ± 1.82	8.12	2.96	-0.49
Set3	5.05 ± 1.66	6.62	2.01	3.96 ± 0.91	5.4	2.49	-1.09
Set4	5.43 ± 1.59	7.59	3.31	4.01 ± 1.03	5.54	2.75	-1.42
Set5	5.72 ± 1.69	7.65	2.76	4.1 ± 0.89	5.28	2.78	-1.62

單位 mmol/l

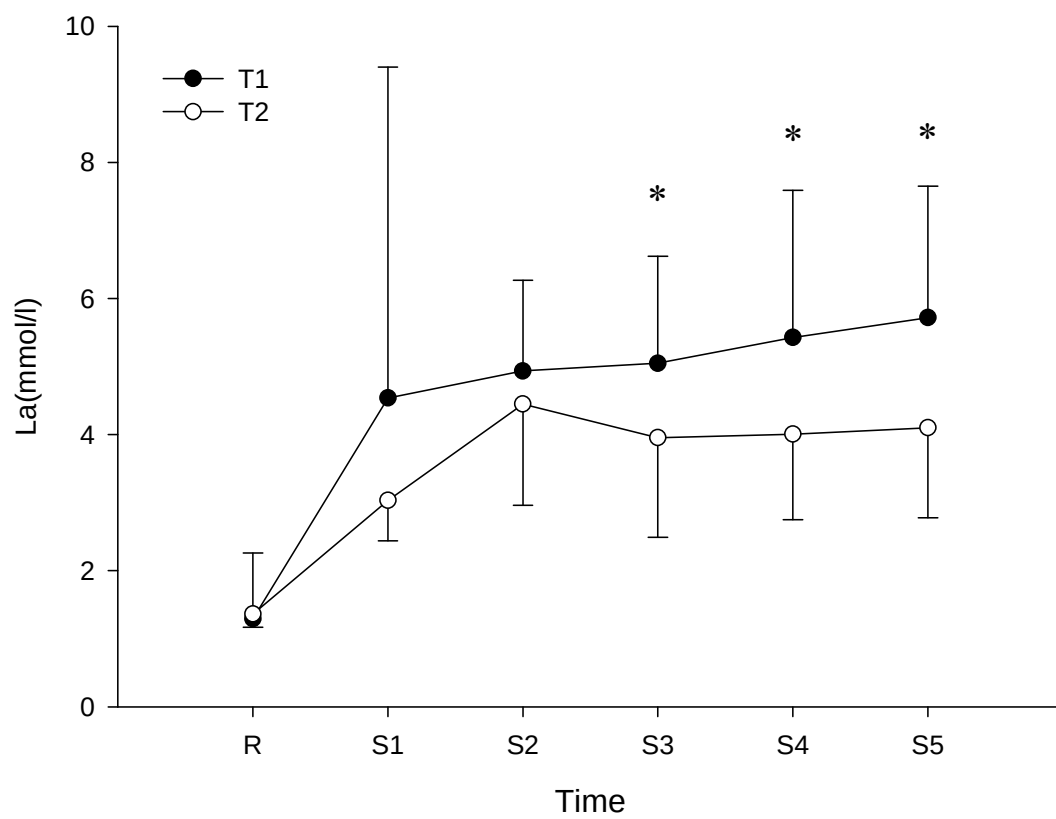


圖 4-3 羽球專項測試中 T1 與 T2 血乳酸之分析
 “*” 表示前(T1)、後(T2)測達顯著差異($p < .05$)

二、羽球專項測試後血乳酸分析

羽球專項測試結束後 T1 與 T2 在第 1、3、5、7、10 min(E1、E3、E5、E7、E10)皆達顯著差異($p < .05$)，差異值最大為 E10 的 -1.8 mmol/l 最小值為 E5 的 -1.55 mmol/l，如表 4-5 所示。圖 4-4 為專項測試結束後 T1 與 T2 的乳酸曲線圖，可以明顯的看出 T2 的曲線較 T1 下移。

表 4-5 專項測試後血乳酸前、後測之平均值及標準差

Test							
	T1			T2			T1-T2
Time	M±SD	Max	Min	M±SD	Max	Min	diff
E1	5.72±1.69	7.65	2.76	4.1±0.89	5.28	2.78	-1.62
E3	5.48±1.91	7.11	2.11	3.73±1.28	5.5	2.47	-1.75
E5	5.00±1.85	7.20	1.79	3.45±1.08	4.91	2.14	-1.55
E7	4.80±1.73	6.90	1.73	3.12±1.05	4.82	2.1	-1.68
E10	4.71±1.97	7.45	1.50	2.91±0.94	4.41	1.87	-1.8

單位：mmol/l

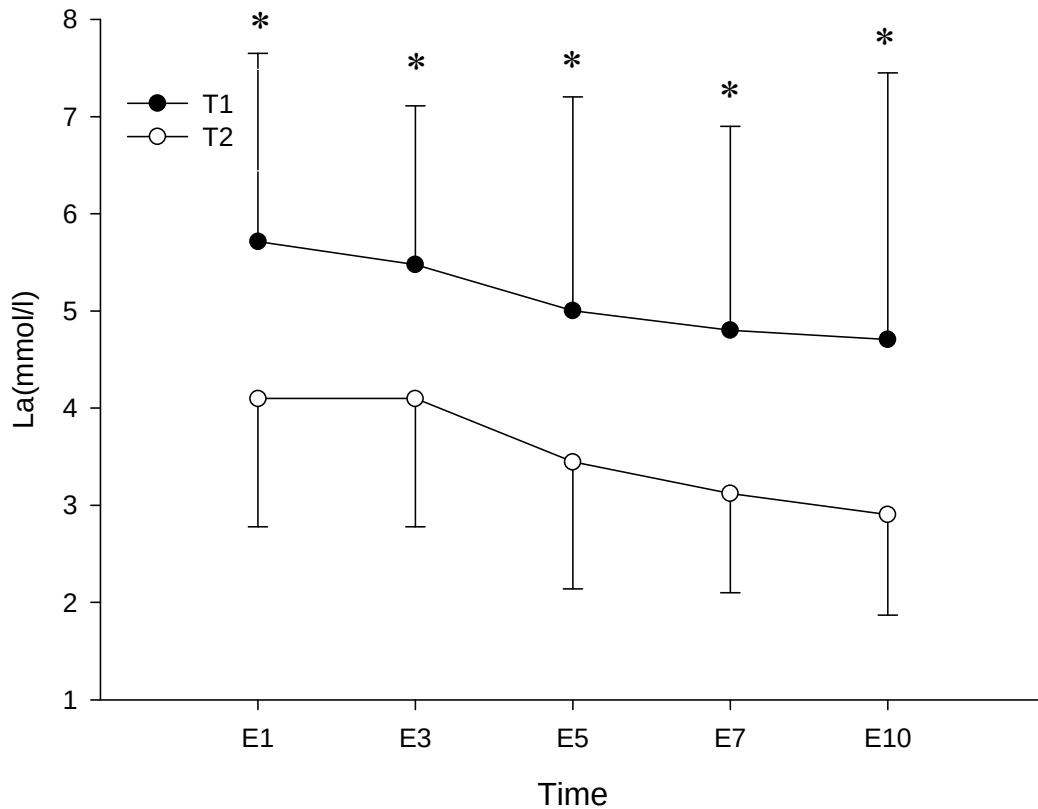


圖 4-4 專項測試後 T1 與 T2 血乳酸之分析

“*” 表示前(T1)、後(T2)測達顯著差異($p < .05$)

三、羽球專項測試 6 拍完成時間

羽球專項測試，T2 在每次 6 拍完成時間上皆比 T1 短，且達顯著差異水準($p < .05$)；1x 與 2x 在 T1 及 T2 上相差達 2 s，分別為 1x 的 T1(11.92 ± 0.61 s)與 T2(9.76 ± 0.43 s)兩者差值為 -2.16 s，2x 的 T1(11.68 ± 0.49 s)與 T2(9.58 ± 0.69 s)兩者差值為 -2.1 s，如表 4-6 所示。圖 4-5 為羽球專項測試 6 拍完成時間曲線圖，可以看出 T2 的曲線明顯較 T1 下移，表示移位速度增加，

完成時間減少，能力進步。監測點平均值最高落在 T1 的 1x(11.92±0.61 s)，最低點為 T2 的 13x(8.97±0.78 s)。

表 4-6 專項測試 6 拍完成時間前、後測之平均值與標準差

Test							
	T1			T2			T1-T2
Time(s)	M±SD	Max	Min	M±SD	Max	Min	diff
1x	11.92±0.61	13.10	11.38	9.76±0.43	10.42	9.08	-2.16
2x	11.68±0.49	12.10	10.80	9.58±0.69	10.54	8.73	-2.1
3x	11.33±0.43	11.96	10.60	9.57±0.55	10.33	8.81	-1.76
4x	11.23±0.54	12.20	10.60	9.68±1.1	10.97	8.19	-1.55
5x	11.08±0.48	12.00	10.50	9.44±1.04	10.57	8.12	-1.64
6x	11.13±0.45	12.00	10.70	9.5±0.92	10.70	8.38	-1.63
7x	11.1±0.31	11.70	10.80	9.48±0.91	10.73	8.39	-1.62
8x	10.97±0.33	11.60	10.69	9.54±0.74	10.56	8.70	-1.43
9x	10.67±0.29	11.10	10.30	9.25±0.8	10.51	8.40	-1.42
10x	10.73±0.58	11.90	10.20	9.23±0.59	9.95	8.28	-1.5
11x	10.61±0.46	11.30	10.00	9.2±0.55	9.89	8.44	-1.41
12x	10.81±0.53	11.30	9.90	9.04±0.51	9.89	8.57	-1.77
13x	10.5±0.41	11.00	10.00	8.97±0.78	10.02	8.11	-1.53
14x	10.45±0.52	11.14	9.90	9.21±0.75	10.40	8.14	-1.24
15x	10.3±0.37	10.70	9.90	8.98±0.63	9.71	7.96	-1.32

單位：秒(s)

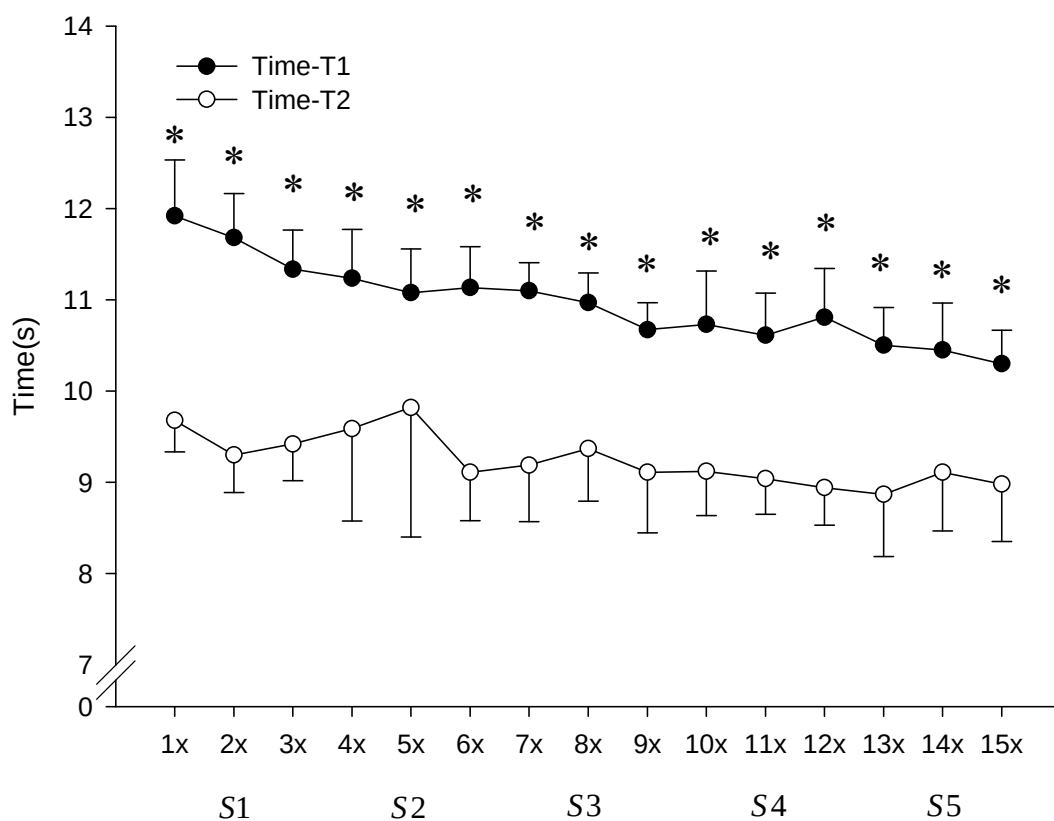


圖 4-5 專項測試 T1 與 T2 完成時間之分析

“*” 表示前(T1)、後(T2)測達顯著差異 ($p < .05$)

四、羽球專項測試中心跳率分析

羽球專項測試，心跳率在測試中除第 8、9、11 及 15 次 (8x、9x、11x、15x) 達顯著差異 ($p < .05$) 外，其餘皆未達顯著差異 ($p > .05$)，如表 4-7 所示。圖 4-6 為羽球專項測試中的心跳率曲線圖，可以明顯的看出 T2 的曲線明顯較 T1 為低，而每 3 次測試後就會出現 1 次心跳率高峰 (3x、6x、9x、12x、15x)，且數值

不斷上升。監測點平均值最高落在 T1 的 15x($173.57 \pm 10.37 \text{ min}^{-1}$)，最低點為 T2 的 1x($138.14 \pm 7.9 \text{ min}^{-1}$)。

表 4-7 專項測試中心跳率前、後測之平均值與標準差

Test							
Time	T1			T2			T1-T2
	M $\pm$ SD	Max	Min	M $\pm$ SD	Max	Min	diff
1x	145 $\pm$ 13.1	167	131	138.14 $\pm$ 7.9	148	126	-6.86
2x	155.43 $\pm$ 8.5	170	143	146.57 $\pm$ 10.91	162	128	-8.86
3x	159.71 $\pm$ 5.94	170	154	148.43 $\pm$ 15.04	167	121	-11.28
4x	146.86 $\pm$ 14.3	162	120	146.14 $\pm$ 8.07	159	137	-0.72
5x	163 $\pm$ 8.25	177	152	155.71 $\pm$ 9.69	171	144	-7.29
6x	164.57 $\pm$ 8.75	183	155	157.86 $\pm$ 11.32	174	143	-6.71
7x	156.14 $\pm$ 9.55	172	144	150.14 $\pm$ 10.84	168	135	-6
8x	169.57 $\pm$ 7.04	181	158	158.57 $\pm$ 9.2	175	146	-11
9x	171.86 $\pm$ 9.04	189	159	161.86 $\pm$ 9.1	178	153	-10
10x	158.57 $\pm$ 10.03	174	146	152.86 $\pm$ 8.78	168	143	-5.71
11x	172.14 $\pm$ 8.36	185	162	161.71 $\pm$ 8.65	179	154	10.43
12x	171.71 $\pm$ 10.45	189	157	163.86 $\pm$ 9.56	181	154	-7.85
13x	157.57 $\pm$ 9.86	172	147	155.86 $\pm$ 10.25	173	144	-1.71
14x	170.43 $\pm$ 9.24	187	160	163 $\pm$ 10.13	179	152	-7.43
15x	173.57 $\pm$ 10.37	191	163	167.14 $\pm$ 11.29	186	157	-6.43

單位： min^{-1}

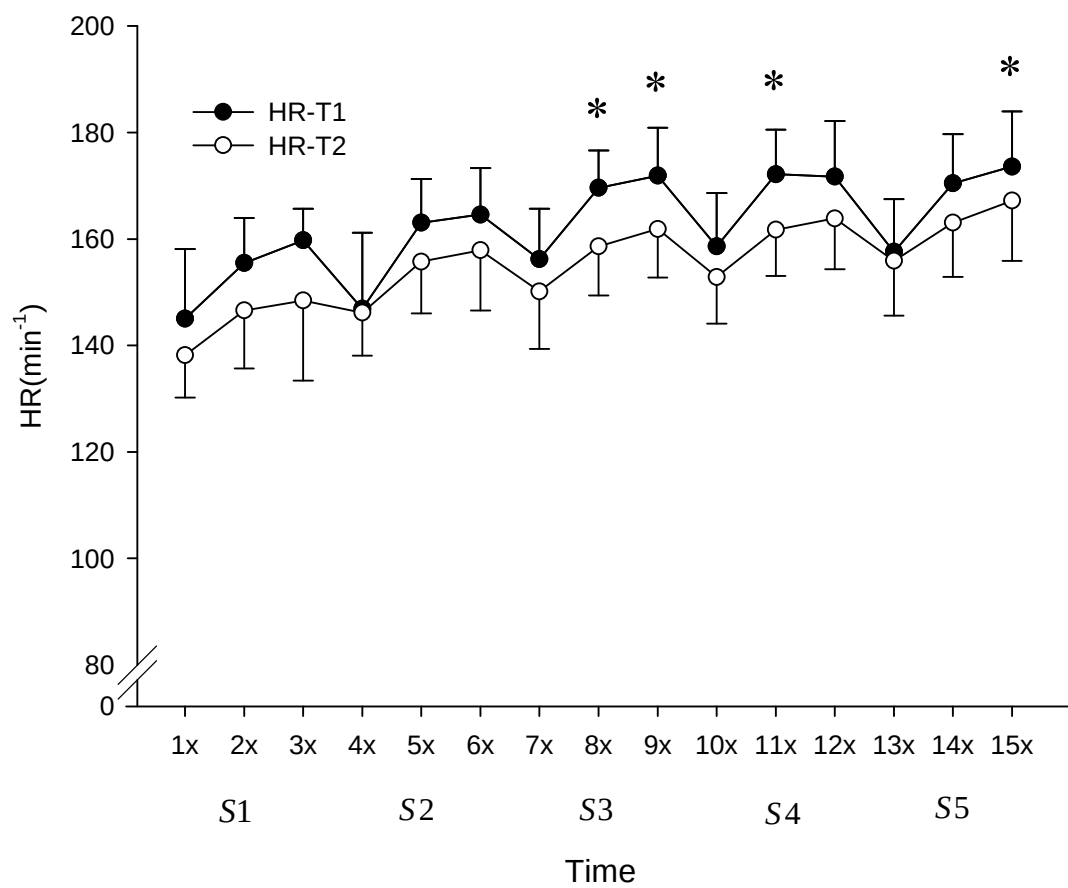


圖 4-6 羽球專項測試 T1 與 T2 心跳率之分析

“*” 表示前(T1)、後(T2)測達顯著差異 ($p < .05$)

五、羽球專項測試結束後心跳率分析

羽球專項測試結束後第 5 min(E5)心跳率，T1 平均值為 $111 \pm 16.29 \text{ min}^{-1}$ ，T2 為 $95.29 \pm 8.71 \text{ min}^{-1}$ ，T2 較 T1 減少 15.71 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < .05$)。

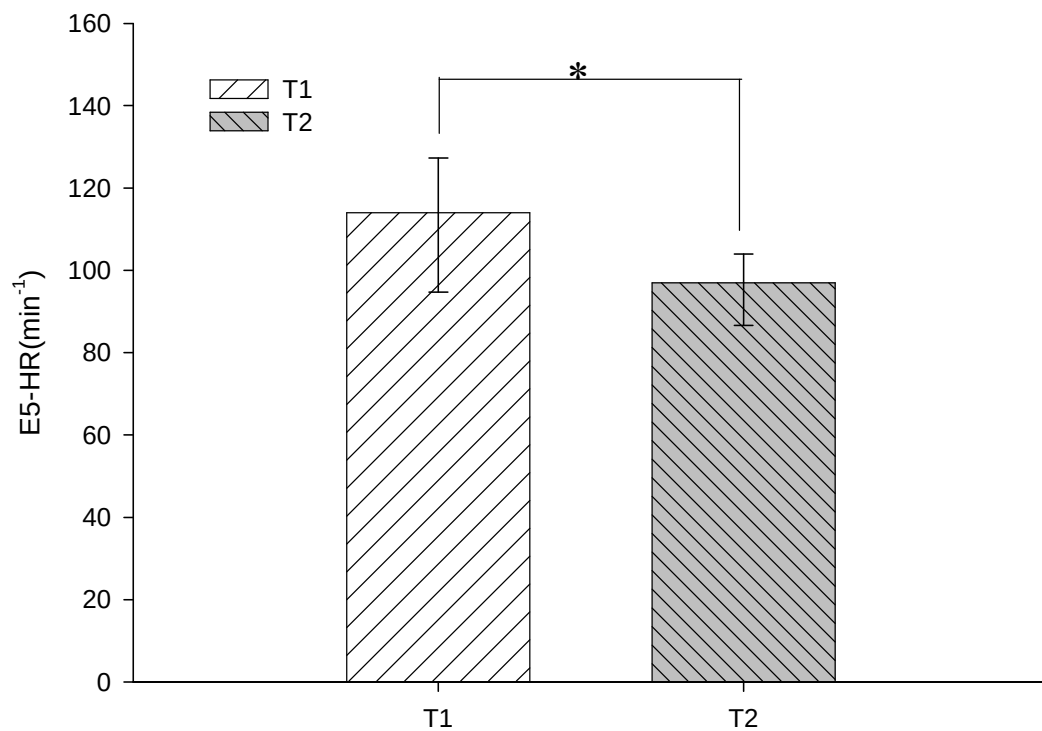


圖 4-7 羽球專項測試結束後心跳率之分析

“*” 表示前(T1)、後(T2)測達顯著差異 ($p < .05$)

六、羽球專項測試乳酸排除速度

羽球專項測試乳酸排除速度，T1 平均值為 -0.10 ± 0.07 mmol/l/min，T2 為 -0.12 ± 0.03 mmol/l/min，兩者平均值差異為 $+0.02$ mmol/l/min 未達顯著差異 ($p > .05$)，如表 4-8 所示。圖 4-8 為羽球專項測試乳酸排除速度 T1 與 T2 之變化情形。

表 4-8 專項測試乳酸排除速度前、後測之平均值及標準差

	T1	T2
M $\pm$ SD	-0.10 ± 0.07	-0.12 ± 0.03
Max	-0.19	-0.22
Min	+0.03	-0.09
diff	+0.02	

單位：mmol/l/min

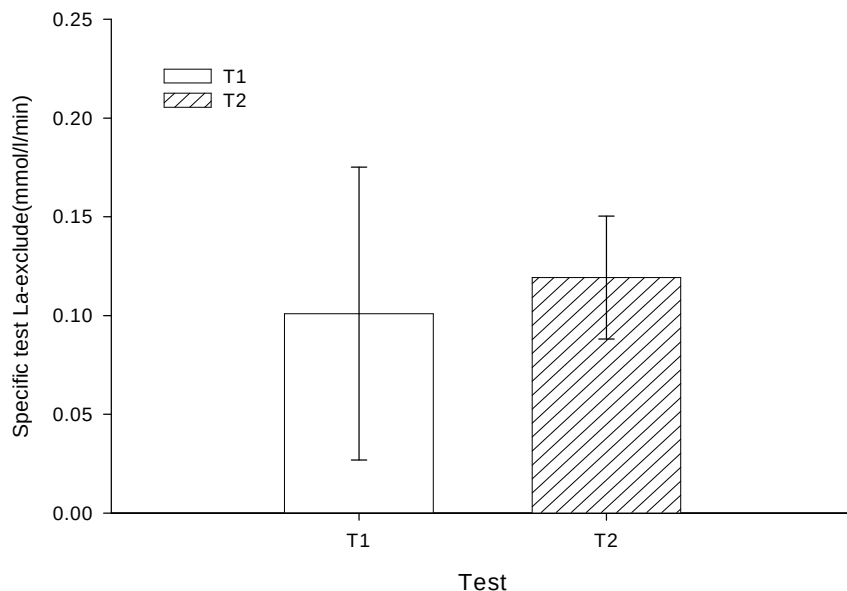


圖 4-8 專項測試 T1 與 T2 乳酸排除速度之分析

第三節 米字型移位訓練

一、米字型移位訓練完成時間

米字型移位訓練完成時間，Tr-1 與 Tr-10 的每個監測點平均值差異皆達到顯著差異 ($p < .05$)，且 Tr-10 的各監測點平均值皆少於 Tr-1，如表 4-9。圖 4-9 為 Tr-1 與 Tr-10 米字型完成時間曲線圖，可以看出 Tr-10 的曲線明顯較 Tr-1 下移，表示移位速度增加，完成時間減少，能力進步。監測點平均值最高落在 Tr-1 的 1x (8.87 ± 0.54 s)，最低點為 T2 的 9x (7.05 ± 0.3 s)。

表 4-9 Tr-1 與第 Tr-10 完成時間之平均值及標準差

Time	Tr-1			Tr-10			T1-T10
	M $\pm$ SD	Max	Min	M $\pm$ SD	Max	Min	diff
1x	8.87 $\pm$ 0.54	9.80	8.21	7.64 $\pm$ 0.67	8.50	6.50	-1.23
2x	8.85 $\pm$ 0.5	9.75	8.25	7.38 $\pm$ 0.41	7.88	6.67	-1.47
3x	8.78 $\pm$ 0.52	9.88	8.22	7.27 $\pm$ 0.61	7.97	6.22	-1.51
4x	9.02 $\pm$ 0.93	10.86	8.05	7.51 $\pm$ 0.42	8.25	7.12	-1.51
5x	8.51 $\pm$ 0.47	9.19	7.95	7.32 $\pm$ 0.5	7.98	6.68	-1.19
6x	8.25 $\pm$ 0.62	9.30	7.32	7.47 $\pm$ 0.41	8.18	6.85	-0.78
7x	8.2 $\pm$ 0.53	8.77	7.25	7.52 $\pm$ 0.47	8.12	6.94	-0.68
8x	8.37 $\pm$ 0.77	9.14	7.32	7.2 $\pm$ 0.38	7.81	6.56	-1.17
9x	8.11 $\pm$ 0.65	8.88	7.31	7.05 $\pm$ 0.3	7.42	6.50	-1.06

單位：秒(s)

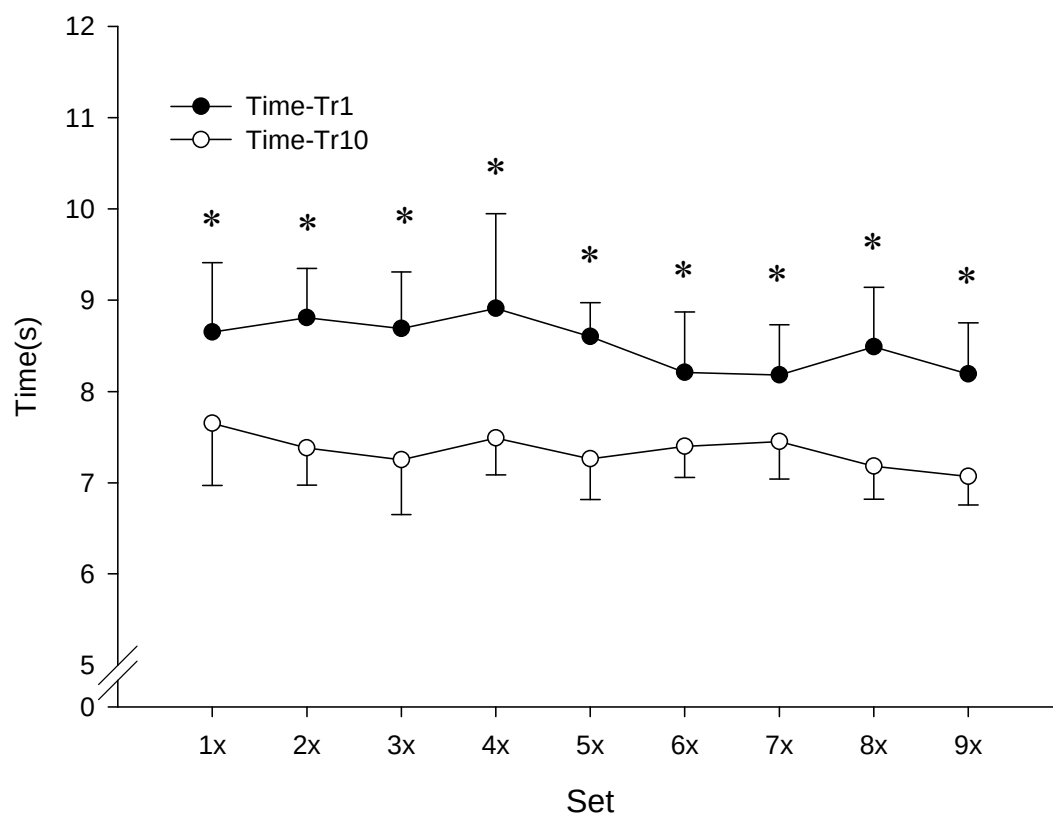


圖 4-9 Tr-1 與 Tr-10 完成時間之分析
 “*” 表示前 (T1)、後 (T2) 測達顯著差異 ($p < .05$)

二、米字型移位訓練心跳率

米字型移位訓練心跳率，Tr-1 與 Tr-10 的每個監測點平均值差異皆未達到顯著差異 ($p > .05$)。Tr-1 與 Tr-10 的平均值異差減少最多的監測點為 5x(-3.94 min^{-1})，增加最多的監測點為 4x(7.53 min^{-1})，如表 4-10 所示。圖 4-10 為 Tr-1 與 Tr-10 之心跳率變化曲線圖，監測點的平均值最低點落在 Tr-1 的 4x($132.14 \pm 7.54 \text{ min}^{-1}$)，最高點為 Tr-1 的 5x($149.14 \pm 7.2 \text{ min}^{-1}$)。

表 4-10 Tr-1 與 Tr-10 心跳率之平均值及標準差

Time	Tr-1			Tr-10			T1-T10
	M $\pm$ SD	Max	Min	M $\pm$ SD	Max	Min	diff
1x	136.71 $\pm$ 8.79	145	120	134.59 $\pm$ 6.56	143	126	-2.12
2x	138.86 $\pm$ 7.56	152	131	140.61 $\pm$ 8.62	154	128	1.75
3x	140.57 $\pm$ 10.64	161	130	138.69 $\pm$ 4.31	144	133	-1.88
4x	132.14 $\pm$ 7.54	142	121	139.67 $\pm$ 8.81	154	129	7.53
5x	149.14 $\pm$ 7.2	159	139	145.2 $\pm$ 8.93	158	133	-3.94
6x	145.71 $\pm$ 7.78	159	137	146.49 $\pm$ 7.39	159	135	0.78
7x	140.14 $\pm$ 5.96	147	133	141.2 $\pm$ 6.49	152	134	1.06
8x	144.29 $\pm$ 8.56	161	137	145.04 $\pm$ 10.07	160	136	0.75
9x	146.14 $\pm$ 6.74	159	139	145.76 $\pm$ 10.61	161	130	-0.38

單位： min^{-1}

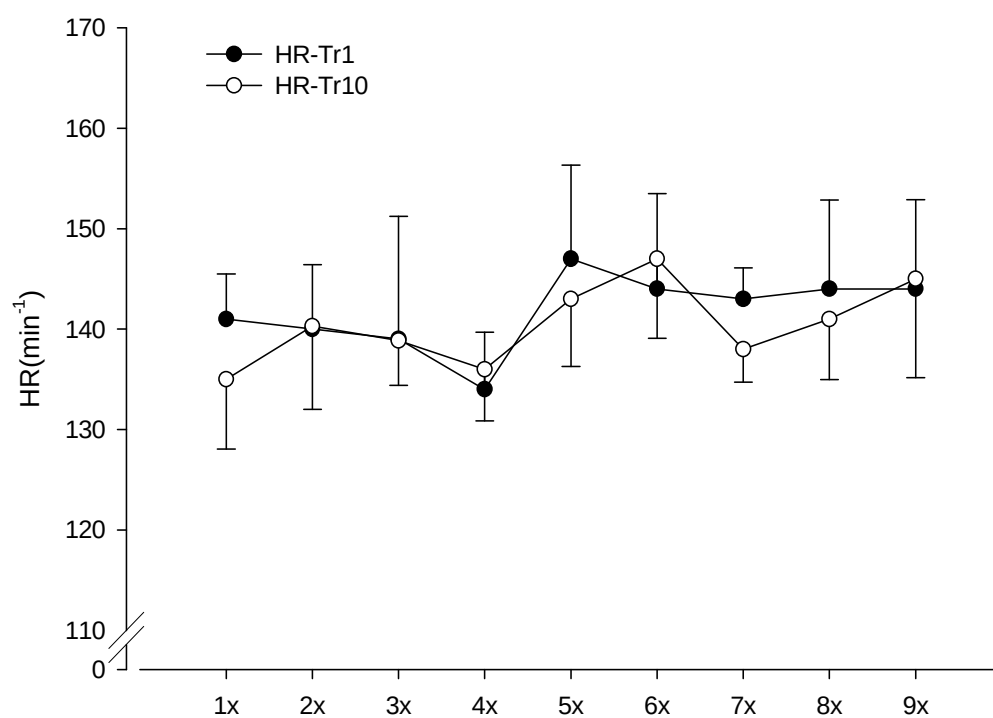


圖 4-10 Tr-1 與 Tr10 心跳率之分析

第伍章 討論

本研究主要目的在探討高中羽球選手，經過 2 週高強度無氧非乳酸的米字型移位訓練後，對於有氧與無氧閾值能力及專項能力之影響。研究結果經過資料統計與分析後，將分為三節加以討論：第一節、有氧與無氧閾值(2-4mmol/l)能力測試；第二節、羽球 Y 字型專項測試；第三節、米字型移位訓練。

第一節 有氧與無氧閾值(2-4mmol/l)能力測試

一、有氧與無氧閾值測試

本研究以羽球米字型移位方式進行無氧非乳酸耐力訓練，受試者在經 2 週訓練後可由圖 4-1 中看出所有受試者在測試中皆有進步，前測(T1)時所有選手僅能完成 3.5 m/s 強度，4 m/s 強度也僅有一人完成。後測(T2)時則能完成 4 m/s 強度且有二名受試者完成 4.5 m/s 強度。後測(T2)心跳率曲線明顯較前測(T1)右移，在相同速度下心跳率下降，但未達顯著差異($p > .05$)。Jungermann and Möhler (1984)指出肌肉內部的能量代謝轉化的規模大小是依據肌肉運動的強度、時間及型態決定，而肌肉內部能量補償的比例，碳水化合物和脂肪在安靜狀態是 20：80%，一般體適能活動 40：60%，高強度運動 70：30%。本項測試是採漸增負荷跑方式進行，能量供應比例是由脂肪轉移至碳水化合物，而 2 週的高強度間歇訓練，可以有效提升脂肪代謝速率及有氧耐力(Laursen & Jenkins, 2002; Edge, Bishop,

& Goodman, 2006)。對照本項測試結果，乳酸值在相同負荷下後測(T2)皆比前測(T1)下降，與上述研究論點符合，且有氧能力提升，乳酸製造率減少的結果也與 Gaisl & Buchbetger (1980)、MacRae et al. (1992)的研究結果一致。

二、有氧與無氧閾值速度探討

在有氧與無氧閾值速度方面，有氧閾值(2mmol/l) 後測(T2)較前測(T1)增加 0.38 m/s，但未達顯著差異($p > .05$)；

Burgomaster et al.(2005) 的研究發現 2 週共 6 次的高強度腳踏車衝刺訓練，可以增進肌肉氧化能力及有氧耐力。何正峰等(2008)的研究也指出 2 週高強度間歇訓練能有效提升有氧及無氧閾值速度與本研究結果一致。有氧閾值(2mmol/l)平均速度增加幅度比無氧閾值(4mmol/l)高，但卻未達顯著差異，可能與其個人能力提升的差異過大有關。

無氧閾值(4mmol/l) 後測(T2)較前測(T1)增加 0.29 m/s，且達顯著差異($p < .05$)；Janssen (1989)的研究分析指出，無氧閾值 4mmol/l 速度達 5.3 m/s 為馬拉松級的選手；3.9 m/s 的選手為優；3.3 m/s 的選手為剛好；2.8 m/s 的選手為差；2.5 m/s 的選手為非常差，本項結果顯示在後測(T2)時，無氧閾值(4mmol/l)速度平均達 3.3 m/s，有正常選手表現。如表 4-1 在相同強度負荷下(3 m/s、3.5 m/s)，後測(T2)乳酸值達顯著下降，其原因為 ATP 濃度下降，促使 AMP 上升，進而提升無氧糖酵解酵素(PFK)活性，增加糖酵解作用的量，降低運動負荷時乳酸堆積，進而提升無氧閾值速度。

三、有氧與無氧閾值心跳率探討

有氧閾值(2mmol/l) , 後測(T2)較前測(T1)增加 12.14 min^{-1} , 未達顯著差異($p > .05$) ; 無氧閾值(4mmol/l) , 後測(T2)較前測(T1)增加 3 min^{-1} , 也未達顯著差異($p > .05$) 。造成此項結果的原因 , 可能與有氧及無氧閾值速度能力提升有關。

Neumann (1990)指出 , 器官組織對訓練所產生的適應顯現 , 最快速的是心跳率 , 而心臟增大需月時間 , 這是指在相同負荷與時間下 ; 而最大心輸出量上升的因素包括心跳速率和心臟收縮體積提升 , 而速度提升代表著強度負荷增加 , 在無法增加最大心臟收縮體積的情況下 , 也就只能加快心跳速率來增加心輸出量以供應更多的氧消耗量。

第二節 羽球 Y 字型專項測試

一、羽球專項測試血乳酸探討

安靜值(R)與 Set1 與 Set2 在前(T1)、後(T2)測皆未達顯著差異($p > .05$) , Set3、Set4 與 Set5 則達顯著差異($p < .05$) , 後測(T2)所有監測點乳酸平均值皆較前測(T1)為低 , 且在 Set3 之後差異逐漸增加 , 本研究設計之羽球 Y 字型 6 拍測試 , 其每次完成時間約在 10 s 左右 , ATP-PC 能量儲存受限制於基質耗盡(PC)最大維持時間 7-10 s (Grosser et al., 2001) , 且符合德國學者 Neumann (1991)指出的大部份球類運動其能量提供是屬於「無氧非乳酸」及「無氧乳酸系統」 。 Set1 與 Set2 在前(T1)、後(T2)測未達顯著差異之原因 , 推斷可能其負荷強度與負荷量還未達使其出現疲勞的狀態 , 但由後測(T2)乳酸平均值來看 ,

在有氧與無氧閾值能力提升的情況下，乳酸確實在相同負荷下有降低的情形，代表專項能量(ATP-PC)供應能力提升。

羽球 Y 字型 6 拍測試以間歇型態進行，在每一次 6 拍完成後皆有 40 s 休息時間，每完成 3 次 6 拍就是一個 Set，有 2 min 休息時間。根據 Fleck and Kraemer (1997)發現指出，消耗的 ATP 和 PC 在 20-48s 重新補充 50%；40-96s 重新補充 75%；60-144s 重新補充 87%，因此儲存於肌肉內大部份的 ATP 和 PC 在 3-4 min 可重新裝填。因此可以得知，在短暫間歇休息時，消耗的 ATP 和 PC 可重新補充，但還未達到重新裝填的程度，而運動中的能量供應不會是只有單一系統，Bouchard et al. (1988) and Hargreaves (1995)指出從事持續 30s 的高強度運動時，無氧系統約占整體能量代謝的 85%，其主要能量來源由 ATP-PC 系統提供。隨著負荷強度與負荷時間增加，其能量供應系統所佔比例也隨之改變，由 Set3、Set4 及 Set5 的前(T1)、後(T2)測結果可以看出，乳酸堆積的平均值是持續增加，代表著 ATP-PC 系統的能量供應在持續減少中，前(T1)、後(T2)測的結果一致，但後測(T2)乳酸平均值又較前測(T1)為低，而短時間無氧非乳酸的恢復能力是依據運動員本身的有氧能力而定(Weicker & Strobel, 1994)。所以由以上所述可以得知，在有氧與無氧閾值能力提升情況下，無氧非乳酸系統的供能也隨之進步。

測試結束後的前(T1)、後(T2)測乳酸各監測點(E1、E3、E5、E7、E10)也呈現減少的結果，且達顯著差異($p < .05$)。在結束後立即監測點(E1)為乳酸平均值最大值，隨著恢復期時間遞增，乳酸也隨之排除，前(T1)、後(T2)測結果一致，但在相同負荷條件下，後測(T2)的 E1 血乳酸最大平均值又較前測(T1)

爲低，這與楊孟龍等(2008)的研究指出，有氧耐力能力越好，乳酸排除速度就越快，而無氧耐力能力越好，在高強度運動中產生乳酸就越低的結果相符合。

二、羽球專項測試完成時間之探討

速度是指單位時間內所移動的距離，換句話說，在相同距離下能更短時間完成即表示有較佳速度表現。本項結果顯示後測(T2)在每一次完成時間上皆比前測(T1)短，達顯著差異($p < .05$)，也就是指後測速度提升。羽球專項 Y 字型測驗，在國內羽球運動的訓練上應用極不普遍，雖然其動作型態及跑動路線與米字型步法接近，但在嚴格的測試規範下(如前場上網時前腳要達到或超過定點，後場單腳起跳後，落地腳要在定點範圍內)，受試者還是需要一段時間來適應。由前測(T1)結果可以看到，在第 1 次至第 15 次的完成時間上是一直持續減少中，但在第 6 次之前受試者每一次完成時間的最大值幾乎都在 12 s 以上，而第 1 次的最大值還達到 13.10 s，顯示出受試者在個人完成時間上差異較大，與第 7 次以後相比可以明顯看出，受試者在測驗型態上，確實需要時間來適應，且從前(T1)、後(T2)測的第 1 次及第 2 次完成時間上相差 2 s 以上可以得到驗證。

後測(T2)在每一次完成時間上皆比前測(T1)速度快，且在後測(T2)第六次以後產生了穩定(steady state)狀態，對照羽球專項測試中乳酸曲線圖可以明顯看到在 Set2 之後也出現了乳酸穩定(steady state)狀態。而高強度間歇訓練效果顯現在提昇 PC 的分解與再生、無氧醣酵解的積極化(無氧非乳酸能力)、FT 肌肉纖維的投入能力、改善乳酸排除速度及無氧與有氧的能量提供轉換(張嘉澤，2008)。在專項能量供應系統(ATP-PC)提升

及間歇訓練效果顯現下，可延緩乳酸大量堆積的時間點，避免疲勞提早出現，進而影響移動速度。除了前面提到的中樞系統及肌肉能量代謝提升以外，下肢爆發力和敏捷性改善也是速度進步原因之一。米字型移位的特性為高度反覆的轉折變換動作來移動位置，以取得最佳擊球時機，這種動作型態需求的能力為爆發力與敏捷性。高強度米字型移位訓練效果能改善肌間與肌內協調，增進神經感覺受納器的激發率，提高神經肌肉系統反應能力，進而提高移動速度。

三、羽球專項測試心跳率探討

Hollmann (1982)指出在耐力訓練後，心臟循環系統方面的適應有：心肌肥大(增加心臟每分鐘容積)、相同強度負荷下心跳率減少、降低安靜值心跳率、增加紅血球數量、血液容量增加及改善血液流動特性。而張嘉澤(2008)在訓練學一書中也提及高強度間歇訓練適應顯現在增強心臟與呼吸的工作能力。由表 4-6 可以看出在每個監測點的心跳率平均值，後測(T2)皆比前測(T1)下降，達到預期訓練效果。本研究之專項測試是以 3 次 Y 字型 6 拍為 1 個 Set，Set 與 Set 間休息 2 min，以間歇型態進行，由於訓練對最大心跳率不會產生多大的影響，而是藉由提高最大心臟收縮體積來增加心輸出量。間歇訓練時，每跳心輸出量不僅在運動中會達到最高值，而且在恢復期亦相當。由於間歇訓練可以使得心臟的每跳輸出量多次達到最高值，因此可以不斷刺激心臟，以獲得更大的心臟每跳輸出量。圖 4-6 各監測點所形成的曲線圖明顯指出，每 1 個 Set 結束後就出現 1 個心跳率高峰，顯示負荷強度隨著負荷量持續增加中，符合運動型態的生理補償機制。

本研究之專項測試結束後立即心跳率為前測(T1)173.57±10.37 min⁻¹與後測(T2)167.14±11.29 min⁻¹，兩者差值為-6.43 min⁻¹達顯著差異($p < .05$)，但在相同負荷強度下心跳率的減少代表生理機能提升。Hollmann et al. (1978)的研究採用最大運動負荷結束後第5分鐘之恢復心跳率來評估體能及訓練效果判斷，超過130 min⁻¹表示差；130~120 min⁻¹表示不好；120~115 min⁻¹表示好；100~105 min⁻¹表示非常好；100 min⁻¹以下表示高競技運動能力。在專項測試結束後第5 min(E5)平均心跳率，後測(T2)比前測(T1)減少15.71 min⁻¹達顯著差異($p < .05$)。Stewart and Grtin(1976)指出在長時間的中強度訓練後，生理適應為心跳率下降，心臟每跳輸出含氧血量增加，提高氧氣供應能力，使最大攝氧量與有氧能力提升的結果相符合。

四、羽球專項測試乳酸排除能力之討論

運動訓練後乳酸濃度降低現象，歸因於乳酸製造減少或乳酸排除率增加的效應(Stanley, 1985；Donovan, 1990)。由表4-8結果得知，後測(T2)乳酸排除速度較前測(T1)增加0.02 mmol/l/min，但前(T1)、後(T2)測還未達顯著差異($p > .05$)。許多研究指出，運動後恢復期的乳酸排除，動態恢復方式優於靜態，其因於動態恢復時心跳率、換氣量、耗氧量的增加，進而提高新陳代謝速率，加速乳酸排除。而本研究在專項測試結束後採靜態方式休息，Neumann (1991)指出乳酸排除的型態，依部位不同而有差異，肝臟50%、不活動肌群30%、心臟10%、腎臟10%。本研究受試者在有氧與無氧閾值能力上的進步，進而促使體內器官組織功能提升，雖無法明確指出各部位在乳酸排除能力上提升的幅度，但後測(T2)乳酸排除速度平均值提高，

這與 Weicker 等 (1994)、Neumann (1991) 指出的乳酸排除能力隨著有氧能力提升而增加。

第三節 米字型移位訓練

一、米字型移位訓練完成時間與心跳率之探討

步法是羽球運動的基礎，肌力發展與敏捷性訓練，皆是要提高在羽球場上移動速度。如表 4-9 所示，本項結果顯示第十天 (Tr-10) 訓練的第 1 次至第 9 次的平均完成時間比第一天 (Tr-1) 減少，表示速度提升，且達顯著差異 ($p < .05$)，而心跳率變化不大，未達顯著差異 ($p > .05$)。高強度米字型移位具有，急跑、急停、瞬間改變身體動作和行進方向的特性，而敏捷能力對於米字型移位速度提升佔有重要的因素。蘇琮筆、李恆儒 (2009) 指出影響敏捷性因素不但多，而且細微，大致分為肌力、速度、反應時間、爆發力與協調性，其中缺一不可，但如何避免在運動中或比賽結束前提早出現敏捷能力下降，肌肉能量供應系統就相對重要了。Weicker and Strobel, (1994) 指出，球類運動與技擊項目，比賽能量提供來源皆是無氧非乳酸系統 (ATP-PC)。而無氧非乳酸能量的恢復，必須依賴高度的有氧耐力能力，在短時間 (秒) 的間歇，快速填滿肌肉之 PC。因此非循環性運動項目，主要訓練目的是快速再生能力。藉助無氧非乳酸耐力訓練，可以改善無氧非乳酸能量分解與恢復能力 (ATP-PC)，提升磷基胺酸 (phosphagen) 活性、維持肌肉收縮時 ATP 濃度、穩定與增加肌酸磷酸 (creatine phosphate) 儲存。

本研究採用之米字型移位訓練，第一天 (Tr-1) 與第十天

(Tr-10)的第1次至第9次完成時間皆在10s以內，符合上述專項耐力訓練之要求，且高強度米字型移位以折返衝刺的型態進行，具有簡化動作程序的功能，對於促進肌間與肌內協調、運動終板擴大及神經傳導速度縮短有提升的訓練效果；在心跳率變化不大的情況下，速度進步的原因符合上述的生理機轉。



第陸章 結論與建議

本研究是以高中羽球選手 7 名為測試對象，以無氧非乳酸供能的型態，進行 2 週共 10 次的米字型移位訓練，探討訓練效果對於有氧與無氧閾值能力，及羽球 Y 字型專項測試成績與生理反應之影響。經由實驗數據彙整，統計分析及討論後，歸納出下列幾點結論：

一、有氧與無氧閾值能力

相同強度負荷下，受試者完成測試比例提高，且乳酸值下降，能力進步。有氧閾值速度提高 0.38 m/s，但未達顯著差異，無氧閾值速度提高 0.29 m/s 達顯著差異；有氧閾值心跳率增加 12.14 min⁻¹ 未達顯著差異，無氧閾值心跳率增加 3.00 min⁻¹ 未達顯著差異。

二、羽球 Y 字型專項測試

測試中 Set1、Set2，乳酸值下降，但未達顯著差異，Set3、Set4、Set5 乳酸值下降達顯著差異；測試結束後乳酸值較低且達顯著差異。測試中心跳率下降，僅在 8x、9x、11x、15x 達顯著差異，其餘皆未達顯著差異。測試結束後第 5 min(E5)心跳率下降達顯著差異。測試完成時間減少，速度提升達顯著差異。乳酸排除速度增加 0.02 mmol/l/min 未達顯著差異。

三、米字型移位訓練

每趟完成時間減少，速度提升達顯著差異。心跳率變

化不大，每個監測點皆未達顯著差異。
依據上述研究結果未來可更延伸的研究

一、羽球 Y 字型測試經研究證實可以用來評定羽球選手的專項能力，未來可以擴大測試的年齡層，以更多的研究成果提供教練在訓練實務上參考。

二、運動訓練時生理反應隨著負荷強度與時間在不斷變化，不同的生物參數可以用來判斷訓練產生的症狀，在未來的研究可以再增加生物參數的收集，能更有效的診斷訓練效果，以利科學訓練的發展。



參考文獻

【中文部份】

- 王文教(1995)。中國體育教練員崗位培訓教材-羽毛球。北京：人民體育出版社。
- 王永聖(1994)。現代運動訓練。中國：北京體育大學。
- 王賀森(1992)。無氧閾值測定法之比較研究。**1992體育學術研討會專刊**。台北市：中華民國大專體育運動總會。421-425。
- 平川卓弘、胡小藝（1997）。羽毛球基本論。台北：益群書店。
- 江明宏（1993）。羽毛球訓練技術。大坤書局有限公司，93-99。
- 何正峰、李文志、王錠堯(2008)。兩週不同型態跑步訓練對有氧及無氧耐力之影響。**運動生理暨體能學報**，**8**，81-89。
- 吳昶潤、林昆儀、陳信良、陳忠慶（2006）：羽球專項有氧能力測驗的信度考驗。**嘉大體育健康休閒**，**5**，66-73。
- 吳昶潤、林明儒、張佳佳、陳信良(2008)。羽球現場無氧能力的持拍與搬球測驗方式之比較。**嘉大體育健康休閒期刊**，**7(3)**，25-33。
- 呂芳陽、陳麟文（2003）。近年羽球比賽規則演變之探討，**大專體育**，**65**，130-133。
- 呂芳陽、盧正崇(2005)：羽球單打戰術與專項體能訓練結合之分析。**大專體育**，**76**，14-18。
- 李士偉(1995)。羽球主要基本技術在戰術中的作用。**中國體育教練員崗位培訓教材**，123-131。北京：人民體育出版社。
- 杜登明(1985)。羽球運動技能因子構造之分析研究。**台灣省立體專學報**，**14**，71-131。
- 林文強、李裕和（1996）：羽毛球多球訓練的生化分析。**中國**

- 武漢體育學院學報，1996年2期，74-79頁。
- 紀世清(1996)。羽球選手專項體能測驗項目之研究。國立體育學院論叢，6卷，2期，63-81。
- 紀世清(1999)。國小羽球基本技術測驗之建構效度研究。台北市：師大書苑。
- 紀世清(2002)。羽球選手四角跑耐力測驗適當時間之探討。國立體育學院論叢，13卷，1期，275-282。
- 孫宜芬(1984)。羽球技能測驗之研究。師大體育，18，50-68。
- 徐欣億、李文志、何正峰、羅仁駿(2009)。二週不同強度訓練對代謝適能及自律神經系統之影響。大專體育學刊，11卷，1期，105-116。
- 涂國誠(1998)。肌力訓練的基礎理論及在羽球專項上的應用，成大體育，32，62-74。
- 涂國誠(2007)。羽球新規則的實施對單打競賽時間結構及技術使用率的影響，體育學報，40(3)，129-142。
- 張永文(1997)。羽球運動科學選材。中華體育，11卷，3期，72頁。
- 張佳佳、林昆儀、陳信良、吳昶潤、鍾承融、陳哲修、林明儒、陳忠慶(2005)。羽球專項有氧能力測驗方式之評估。2005年運動生理與體能領域學術研討會，47。
- 莊美鈴(1986)：羽球「米」字步法間歇訓練對大學男生生理特質及技術的影響。體育學報，8，245-265。
- 陳江圳(2005)。五週耐力訓練對國小網球選手專項能力表現的影響。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 陳信良、陳忠慶、吳昶潤(2008)。大學男子羽球選手專項有氧動力測驗方式的評估。運動生理暨體能學報，6，71-80。

- 陳信良、陳忠慶、吳昶潤（2007）。羽球專項有氧能力測驗方式之評估。**運動生理暨體能學報**，**6**，71-80。
- 彭美麗、陶志翔、王文教、陳福壽(1994)。**教練訓練指南**。台北：文史哲出版社。
- 程嘉彥（1984）。羽球比賽紀錄分析與探討。**中華羽球雜誌社**。24頁。
- 馮煒權(1995)。**運動生物化學原理**。北京：北京體育大學出版社。
- 楊孟龍、黃雅凌、林聖峰、廖清海(2008)。**網球選手基礎能力對專項耐力之影響**。**2008年台灣運動生理暨體能學會年會及學術研討會**，98-104。
- 楊繼美(1987)。**女子羽球國手之生理心理特質與運動技能因子構造之分析研究**。台北市：淡江大學出版部。
- 葉憲清(2003)。**運動訓練法**。台北：師大書苑有限公司。
- 鄭清滿(1989)。**五專男生羽球測驗項目之編製研究**。台北市：美新圖書公司。
- 謝伸裕(1997)。**基礎運動生化學**。台北市：力大圖書有限公司。
- 鍾承融、陳忠慶、陳信良（2006）。羽球運動的體能評估方式之初探。**中華體育**，**20**（1），66-74。
- 關一誠（1993）。**羽毛球教室**。聯廣圖書公司編輯部編譯，6-9。
- 蘇琮筆、李恆儒(2009)。**震動刺激對於羽球專項步法敏捷性的影響**。**大專體育**，101期，139-145。

【 外文部份 】

- Baechle, T. R. & Earle, R. W. (2000). *Essentials of strength training and conditioning*. 2nd edition. Champaign, IL: National Strength and Conditioning Association.
- Bouchard, C., Boulay, M. R., Simoneau, J. A., Lortie, G., & Perusse, L. (1988). Heredity and trainability of aerobic and anaerobic performance. An update. *Sports Medicine*, 5(2), 69-73.
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J. F., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology*, 98(6), 1985-1990.
- Cabello Manrique, D., & González-Badillo, J. J. (2003). Analysis of the characteristics of competitive badminton. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 62-66.
- Chin, M. K., Wang, A. S. K., So, R. C. H., Siu, O. T., Steininger, K., & Lo, D. T. L. (1995). Sport specific fitness testing of elite badminton players. *British Journal Sports Medicine*, 29(3), 153-157.
- Crews, T. R., & Roberts, J. A. (1976). Effect of interation of frequence and intensity of training, *Research Quarterly*, 47, 48-55.
- Donovan, C. M., & Paglinassotti, M. J. (1990). Endurance efficiency of lactate removal after endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 68, 1055-1058

- Edge, J., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *European Journal of Applied Physiology*, 96(1), 97-105.
- Fleck, S.J. & Kraemer, W.J.(1997).*Designing resistance training programs(2nd ed.)*.Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gaisl, G., & Buchberger, J. (1980). *Determination of the aerobic and anaerobic thrdsholds of 10-11Year old boys using blood gas analyis*. In: Berg, K.; Eriksson. B. O., eds. Children and exercise IX. Baltimore: University Park Press: 93-98.
- Gass, G. C.,Rogers, S., & Mitchell, R. (1981). Blood lactste concentration following maximum exercise in trained subjects. *British Journal of sport Medicine*, 1. 5(3), 172-176.
- Gibala, M. J., Little, J. P., van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A., et al. (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.
- Gollnick, P. D., & Hermansen, L. (1973). Biochemical adaptations to exercise : anaerobic metabolism. *Exercise Sports Science Review*, 1, 1-43.
- Gollnick, P. R., Armstrong, C., Sanbert, W., Sembrowich, R., Sepherd, & Saltin, B. (1973). Glycogen depletion patterns in human skeletal muscle fibers during prolonged works.

- Pfugers archive*, 334, 1-12.
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (2001). *Das neue Konditionstraining*. 121-123. In: 張嘉澤運動訓練學 (2008).
- Häkkinen, K., & Keakenen, K. L. (1989). *Muscle Cross-Sectional Area and Voluntary Force Production Characteristics in Elite Strength- and Endurance-Trained Athletes and Sprinters*. *European Journal of Applied Physiology and Occupation Physiology*, 59 : 215 – 220.
- Hargreaves, M., & Spriet, L. (1995). *Exercise Metabolism*. Campaign, IL: Human Kinetics.
- Hollmann, W. (1959). *The relationship Between PH, Lactic Acid, Potassium in the Arterial and Venous Blood, the Ventilation, POW and Pulse Frequency Durig Increasing Spiro-ergometric Work in Endurancetrained and Untrained Person*. Pan American Congress for sport medicine, Chikago. In:張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(出版中).
- Hollmann, W., & Rost, R. (1982): *Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Grundlagen Technik und Interpretation*.
- Hollmann, W., Liesen, H., Rost, R., & Kawahats, K. (1978). *Über Das Leistungsverhalten und die Trainerbarkeit im Alter*. *Z. Geront*, 11, 312.
- Hong, Y., & Tong, Y. M. (2000). The playing pattern of the world's top single badminton players in competition - a notation analysis. *Journal of Human Movement Studies*, 38, 185-200.

- Hultman, E., & Saholm, K. (1998). Acid-base balance during Exercise. *Exercise and sport Science Review*, 8, 41-128.
- Itoh, H. O. (1991). Ammonia and lactate in the Blood after short-term sprint exercise. *European Jorunal of Applied Physiology*, 62, 22-25.
- Janssn, P. M (1989):Ausdauertraining-Trainingssteuerung über die Herzfrequenz-und Milchsäurebestimmung. *Verlagengesellschaft Erlangen*. 151-152.
- Jungermann, K. und Mohler, H. (1984): Biochemie. Berlin-Heidelberg-New York..
- Karlsson, J., & Saltin, B. (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 31(2), 203-206.
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73.
- Lei, R. R., Deng, S. X., & Lu, L. F. (1993). *Study on the physiological function physical quality and mental characteristics of the Chinese badminton*.
- Liddle, S. D., Murphy, M. H., & Bleakley, W. (1996). A comparison of the physiological demands of singles and doubles badminton: A heart rate and time/motion analysis. *Journal of Human Movement Studies*, 30, 159-176.
- Mader, A., Lisen, H., Philippi, H., Rost, R., Schurch, P., & Hollmann, W. (1976). *Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfaehigkeit in Labor. Sportarzt und*

- sportmed.* 27(4), 80-88. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(出版中).
- MacRae, H. S., Dennis, H. S., Bosch, A. N., & Noakes, T.D.(1992). Effects of training on lactate production and Removal during progressive exercise in human. *Journal of Applied Physiolog*, 72, 1649-1656.
- Majumdar, P., Khanna, G. L., Malik, V., Sachdeva, S., Arif, M., & Mandal, M. (1997). Physiological analysis to quantify training load in badminton. *British Journal of Sports Medicine*, 31(4), 342-345.
- Massicotte, D. R., & MacNab, R. B. (1974). Cardiorespiratory adaptrations to training at specified intensities in children. *Medsic. Sports* 6, 242-246.
- Neumann, G. (1991). Zur Leistungsstruktur der Kurz-und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sport-medizinischer Sicht . *Leistungssport*, 21, 29-31. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(出版中).
- Neumann, G., Pfutzner, A., & Hottentott, K. (1993) *Alles unter Kontrolle. 1 Auflage*. Aachen: Meyer & Meyer. 127-138. In: 張嘉澤運動訓練學(2008).
- players. *Chinese Sports Science and Technology*, 29, 28-38.
- Powers, S.K., & Howley, E.T. (1997). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance (3rd Ed.)*. Dubuque, IA: Brown & Benchmark Publishers.
- 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.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Biochemisch-Physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. Fischer, S.20-24. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(出版中).
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Biochemisch-Physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. Fischer, S.40-56(Nr.030). In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(出版中).
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Biochemisch-Physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. Fischer, S.58-60. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(出版中).
- Weltman, A., & Katch, V. L. (1979). Relationship between the onset of metabolic acidosis (anaerobic threshold) and maximal oxygen uptake. *Journal Sports Medicine*, 19, 133-142.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 518-512.
- Wonisch, M., Hofmann, P., Schwaberg, G., von Duvillard, S. P., & Klein, W. (2003). Validation of field test for the non-invasive determination of badminton specific aerobic performance. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 115-118.

Zintl, F. (1994). *Ausdauer training (Zusammengestellt nach Angaben von keul et al. 1986, Kindermann 1978, Badtke et al. 1987)*. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung. 188-189. In: 張嘉澤運動訓練學(2008).



受試者同意書

研究論文名稱：米字型移位訓練對高中羽球選手專項無氧非乳酸耐力之影響	
執行單位：國立體育大學 教練研究所	
指導教授：國立體育大學運動技術研究所 張嘉澤 博士 聯絡電話：分機 研究生：國立體育大學教練研究所 林正仰 聯絡電話：0933186075	
受試者姓名：	性別： 出生年月： 年 月 日
通訊地址：	
聯絡電話：	
一、實驗目的 本實驗目的在探討無氧非乳酸耐力的米字型移位訓練，對於有 氧與無氧閾值能力及羽球專項 Y 字型 6 拍測試之乳酸值、心跳率、 6 拍完成時間及負荷結束後恢復能力。	
二、實驗方法 本實驗研究預計進行 2 週共 10 次的米字型移位訓練，在訓練 前、後進行有氧與無氧閾值測試及羽球專項 Y 字型 6 拍測試，作為 訓練效果評估的指標。收集參數計有-乳酸值、心跳率、專項測試 完成時間。乳酸值收集以耳垂採血 10 μ l，心跳率收集以 Porla 心跳 錶記錄。	

三、注意事項

本研究在測試前一天及實驗期結束前，請勿從事激烈活，且一切飲食就平常習慣，以及勿飲用酒精性飲料。受試者在接受各項測試及訓練時，應經過充份熱身之後，全力以赴。研究期間，受試者可提出研究與實驗相關問題，計劃主持人除將盡力回答提問外，也將盡全力保障受試者的安全，受試者如因身體不適或其他理由，得隨時退出本研究。

四、預期試驗效果及利益

經由米字型移位型態的無氧非乳酸耐力訓練，提高有氧與無氧閾值能力、ATP-PC 系統的供應及再生能力，及增進米字型移位速度。

五、研究對象隱私權

所有受試者資料，將以編號表示之，且謹慎保管資料，避免外洩。

同意受試者簽名：_____

附錄二



運動能力診斷與訓練調整

運動能力診斷中心 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：																																											
請據實回答以下問題： <table border="0"> <tr> <td>1.是否有心臟疾病</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>2.是否有血液疾病</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>3.是否有糖尿病</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>4.是否有高血壓</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>5.是否有氣喘疾病</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>6.是否有癲癇症</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>7.是否有肌肉疼痛</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>8.是否有感冒症狀</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td>9.最近六個月是否有開刀手術</td> <td>☐ 是</td> <td>☐ 否</td> </tr> <tr> <td colspan="3">10.其他：</td> </tr> <tr> <td colspan="3">1) _____</td> </tr> <tr> <td colspan="3">2) _____</td> </tr> <tr> <td colspan="3">3) _____</td> </tr> <tr> <td colspan="3">4) _____</td> </tr> </table>					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) _____			4) _____		
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) _____																																														
4) _____																																														
運動員簽名： _____		日期： _____																																												
教練簽名： _____																																														