

國立體育大學  
競技學院  
競技與教練科學研究所碩士論文

網球選手上肢力量與有氧-無氧閾值對專  
項血乳酸及心跳率之影響

**Effect of Upper Limbs Strength and  
Aerobic-anaerobic Threshold in Tennis Players on  
The Specific Blood Lactate and Heart Rate**

指導教授：張嘉澤 博士  
研 究 生：王汶琳 撰

中 華 民 國 102 年 06 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

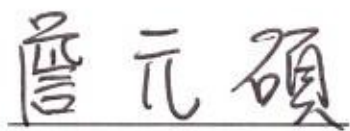
本論文：網球選手上肢力量與有氧-無氧閾值對專項血乳酸及心跳率之影響

係國立體育大學競技與教練科學研究所研究生王汶琳所提，  
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

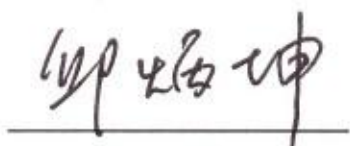
中華民國 102 年 6 月

論文考試委員



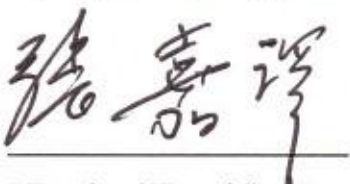
詹元碩 博士

國立臺北教育大學教授



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)

# 網球選手上肢力量與有氧-無氧閾值對專項 血乳酸及心跳率之影響

## 摘 要

本研究主要目的在於探討網球選手上肢力量與有氧-無氧閾值對專項血乳酸及心跳率之影響。研究對象為大專甲組選手八名。研究方法為基礎耐力 2-4 mmol/l、上肢最大肌力測驗與專項測驗三項。

以 SPSS 18.0 進行統計分析及 Sigma 8.0 繪圖軟體進行圖形分析，皮爾遜積差相關來探討專項擊球速度與 1RM 能力相關與專項擊球速度與擊球失誤率，並以相依樣本 t 考驗檢驗恢復期心跳率速度之差異，統計水準定  $\alpha=.05$ 。

研究結論如下：

- 一、本研究測試有氧與無氧閾值能力與基礎力量(1RM)八位受試者均無人達到競技運動員標準之上，有氧與無氧為 1.7mmol/l 與 3.3mmol/l，力量為 66kg 與 68kg。
- 二、網球進球率表現，因運動的時間，乳酸會干擾肌肉收縮速度或造成能量代謝活性下降，在第一組為 68%最後一組為 66% (  $p>.05$  )。
- 三、網球專項擊球與坐姿推舉分析，結果顯示兩者未達相關 (  $r=0.1$  )。擊球速度與擊球失誤率 (百分比) 分析，結果顯示第一組呈現負相關，第四組顯呈現正相關趨勢 (  $r=0.56$  )。

四、網球專項測試恢復期，乳酸值平均值未達到理論標準之上（ $p>.05$ ）。心跳率結束後第五分鐘與第一分鐘差異  $54\text{min}^{-1}$  有達顯著（ $p<.05$ ）。

**關鍵字：**網球選手、乳酸、基礎耐力、最大力量



# **Effect of upper limbs strength and aerobic-anaerobic threshold in tennis players on the specific blood lactate and heart rate**

## **Abstract**

**purpose :** This study aims to discuss the effects of upper limb strength and aerobic-anaerobic threshold on the specific blood lactate and heart rate of tennis player. Eight elite collegiate players are selected as the research subjects, and basic endurance 2–4 mmol/l, maximum upper limb muscle strength test, and specific test are utilized as the research methods.

With SPSS 18.0 and Sigma 8.0, Pearson's product-moment correlation is applied to exploring the correlations between specific stroke speed and 1RM competence as well as specific stroke speed and stroke fault rate; besides, dependent t-test is used for testing the change of heart rate in the convalescence, in which the statistical standard is set  $\alpha=.05$ .

The research conclusions are shown as below.

1. None of the eight participants appear the aerobic and

anaerobic threshold competence and basic strength (1RM) above the standards for competitive athletes, where aerobic and anaerobic present 1.7mmol/l and 3.3mmol/l and the strengths reveal 66kg and 68kg, respectively.

2. The tennis serve performance shows the first group 68% and the last group 66% ( $p>.05$ ) as lactic acid would interfere the muscular contraction speed or cause decreasing energy metabolism activity with increasing exercise time.
3. The analyses of tennis specific stroke and seated press do not appear the correlation ( $r=0.1$ ). The (percentage) analysis of stroke speed and stroke fault rate presents negative correlations of the first group and positive correlations of the fourth group ( $r=0.56$ ).
4. The convalescence of tennis specific tests does not achieve the theoretical standard of lactic acid mean ( $p>.05$ ), while the heart rate difference at the fifth and the first minute appears  $54\text{min}^{-1}$ , reaching the significance ( $p<.05$ ).

**Key words:** tennis player, lactic acid, basic endurance, maximum force

## 謝 誌

本論文能夠順利完成，首先要非常感謝指導教授張嘉澤老師的細心指導與不厭其煩的教導、督促下，才能如期的順利完成，在這兩年的學習期間讓我增進多運動生理的知識受益良多。本論文並承詹元碩教授和邱炳坤教授指教斧正，使其更臻完善，特此致上最誠摯的敬意與謝意。

在這兩年的研究過程中，除了師長們的教誨之外，我非常感謝 SPDI 運動能力診斷中心的學姊、學長、同學、學弟所有人全力的支援與熱心幫助，才能在學習過程中更順利，還有網球隊的陳志榮老師、蕭承邑教練在練習過程中給了我很多的建議與時常的關心我的學業，施測期間謝謝所有球隊的學弟與學妹們的認真參與讓本實驗研究能夠順利完成由衷地謝謝你們大家！

另外還要感謝協助我的外校朋友與家人，因為有你們的鼓勵與支持，讓我得安心的學習完成學業，在此願將本研究成果與大家共同分享。

王汶琳 謹誌

# 目 錄

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 中文摘要 .....                 | I    |
| 英文摘要 .....                 | III  |
| 謝 誌 .....                  | V    |
| 目 錄 .....                  | VI   |
| 表目錄 .....                  | VIII |
| 圖目錄 .....                  | IX   |
| <b>第壹章 緒論</b> .....        | 1    |
| 第一節 研究背景 .....             | 1    |
| 第二節 研究動機 .....             | 2    |
| 第三節 研究目的 .....             | 2    |
| 第四節 名詞解釋 .....             | 3    |
| <b>第貳章 文獻探討</b> .....      | 5    |
| 第一節 網球運動能量特性 .....         | 5    |
| 第二節 血乳酸應用相關探討 .....        | 6    |
| 第三節 有氧-無氧閾值能力 .....        | 8    |
| 第四節 心跳率相關研究 .....          | 9    |
| 第五節 網球運動能力與重量訓練之相關研究 ..... | 11   |
| 第六節 文獻總結 .....             | 12   |
| <b>第參章 研究方法</b> .....      | 13   |
| 第一節 研究對象 .....             | 13   |

|                    |                           |           |
|--------------------|---------------------------|-----------|
| 第二節                | 研究時間與地點 .....             | 13        |
| 第三節                | 實驗儀器與設備 .....             | 14        |
| 第四節                | 實驗方法與步驟 .....             | 15        |
| 第五節                | 實驗流程 .....                | 18        |
| 第六節                | 資料統計與分析 .....             | 19        |
| <b>第肆章</b>         | <b>結果分析與討論 .....</b>      | <b>20</b> |
| 第一節                | 有氧-無氧閾值耐力與基礎能力 .....      | 20        |
| 第二節                | 專項擊球乳酸堆積與成功率之分析 .....     | 25        |
| 第三節                | 擊球速度與上肢力量之關係 .....        | 30        |
| 第四節                | 專項網球測試恢復期乳酸排除速度與心跳率 ..... | 34        |
| <b>第伍章</b>         | <b>結論與建議 .....</b>        | <b>37</b> |
| 第一節                | 結論 .....                  | 37        |
| 第二節                | 建議 .....                  | 38        |
| <b>參考文獻</b> .....  |                           | <b>39</b> |
| 一、中文部分 .....       |                           | 39        |
| 二、外文部分 .....       |                           | 41        |
| <b>附錄</b> .....    |                           | <b>47</b> |
| 附錄一、縮寫對照表 .....    |                           | 47        |
| 附錄二、受試者疾病調查表 ..... |                           | 48        |

## 表目錄

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 表 3-1 受試者資料-----                             | 13 |
| 表 3-2 專項網球測驗生物參數收集時間-----                    | 15 |
| 表 4-1 個人有氧-無氧閾值 ( 2-4mmol/l ) 平均值與標準差-----   | 20 |
| 表 4-2 上肢力量 ( 1RM ) 平均值與標準差-----              | 22 |
| 表 4-3 擊球速度平均值與標準差-----                       | 23 |
| 表 4-4 正拍擊球 ( 4X10 Balls ) 成功率百分比與平均值標準差----- | 26 |
| 表 4-5 體能要素相互關係訓練應用與能力分析判斷-----               | 28 |



## 圖目錄

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 圖 2-1 乳酸閾值曲線圖                        | 9  |
| 圖 3-1 乳酸分析儀                          | 14 |
| 圖 3-2 網球專項測驗方式                       | 14 |
| 圖 3-3 專項網球 4 x 10 球測試流程              | 16 |
| 圖 3-4 實驗流程圖                          | 18 |
| 圖 4-1 無氧閾值 (V4) 速度與專項擊球乳酸            | 24 |
| 圖 4-2 擊球乳酸與進球率之分析                    | 27 |
| 圖 4-3 第一組正拍擊球速度與 1RM (坐姿推舉)          | 30 |
| 圖 4-4 擊球速度與擊球失誤率 (百分比)               | 32 |
| 圖 4-5 專項結束後至第 15 分鐘 (E15) 乳酸曲線圖與乳酸排除 | 34 |
| 圖 4-6 恢復期心跳率 E1 與 E5                 | 35 |

# 第壹章 緒論

## 第一節 研究背景

網球是14世紀流行於法國宮廷的一種文雅遊戲，在1896年被奧林匹克選為比賽項目之一。網球的比賽規則自1920年起就幾乎沒有更改。而現今的重要網球國際比賽有：溫布登網球賽 (Wimbledon Open)、美國公開賽 (U.S. Open)、澳大利亞公開賽 (Australian Open) 和法國公開賽 (French Open)。在這幾年的職業網壇威廉絲姊妹、納達爾竄起，現今的趨勢強調力量與速度的強力網球，使得強力網球已經成為網球運動中最主流的打法。

目前職業網球比賽型態是一種短時間的間歇性競賽，每一球約持續8秒左右，在快節奏的比賽中，充沛的體能及堅韌的肌力是展現優異技術的重要關鍵 (吳忠芳、李建町、郭世傑，2006)。就網球比賽而言，整場球賽時間差不多在2~5小時之間，能量產生的方式可分成三種：ATP-PC系統、無氧乳酸系統及有氧系統 (McArdle, Katch, & Katch, 1991)。在網球運動中，需要多種的體能，肌力、速度、敏捷性、協調能力等項目來維持比賽，這些項目都是影響勝負的關鍵 (Groppel & Roetert, 1992)。Dal Monte (1983) 認為，網球能量系統中，近90%的能量來自於ATP-PC與無氧糖酵解系統，10%仰賴有氧系統，其中能量來源交互轉換。

## 第二節 研究動機

在網球比賽中，正手拍通常為最容易取分的重要擊球技術，如何正確的掌握擊出快速又準確的球來壓制對方，這些需要靠基礎的技術練習以及協調性。綜合上敘述結構演變，文獻研究，目前針對大專網球選手來探討基礎耐力、力量對網球正手拍擊球進球率與體循環之關聯性。

## 第三節 研究目的

本研究目的如下：

1. 探討無氧閾值能力是否影響專項擊球乳酸堆積
2. 探討專項擊球乳酸堆積與擊球速度是否影響擊球進球率
3. 探討 1RM 上肢能力是否影響專項擊球速度與進球率
4. 探討有氧閾值能力對網球專項測驗之血乳酸、心跳率結束後恢復能力的影響

## 第四節 名詞解釋

### 一.進球率

本研究送球員，控制球速與定點位置出球，受試者成功的將球回擊至依照實驗的有效區域內及註記成功一球，將成功的擊球除以全部擊球數乘以100%即為擊球成功率。

### 二.正手拍擊球

網球正拍擊球指的是在球員握拍手同側的地方對落地球的打法，它是網球基本技術中最常用的擊球方法。正手擊球的動作，從理論上講，動作比較深長，擊球有力，速度也較快。而在比賽中正手擊球的機會比較多。通常在正手擊球後，能夠使球員在球場上的保有更利於贏球的位置。

### 三. 乳酸 ( Lactate )

在強烈運動的過程中人體需要大量能量。乳酸是肌肉活動時能量代謝的一種產物，在不同的運動強度下，血液乳酸堆積的量，能反映出能量供應系統的情形，單位為mmol/l。

### 四.心跳率

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心跳監測器所測得之數值，單位為一分鐘內 ( $\text{min}^{-1}$ )。

### 五.最大力量 ( 1RM )

最大力量是個人一次所能承受的最大重量。它是神經-肌

肉組織系統在執行任意收縮（離心、向心、等長）時所能夠的最大表現力量。

## 六.有氧無氧閾值

有氧-無氧閾值（2-4 mmol/l）分別指乳酸濃度稍高於安靜值（2 mmol/l）其能量代謝以脂肪為主要來源；乳酸濃度開始不成比例增加的現象（4 mmol/l），其能量代謝以碳水化合物為主要來源。



## 第貳章 文獻探討

### 第一節 網球運動能量特性

專項體能的能量是依據比賽的節奏為持續性或間歇性來決定，短時間高強度的比賽負荷及球類運動比賽的能量來源皆屬於無氧非乳酸系統 (Weicker & Strobel, 1994)。而競技網球是一種持拍及不對稱的全身運動，屬於一種短時間，高強度間歇運動 (Chadder, 1991; Richer, 1995; 楊孟龍, 1999)。Seliger、Ejma、Pauer & Saferak (1973) 做了一項網球與生理學的研究，受試者在測驗中以穿戴道格拉斯戴進行採氣，以十分鐘的比賽為模式，認為網球的單打比賽中 88% 來自有氧系統。Christmass, Richmond, Cable, Arthur, & Hartmann (1998)，實施了新的改良方式來進行網球測試，分析能量系統發現，網球系統主要能量是以 ATP-PC 系統為主。

網球的比賽正式比賽女生以三盤兩勝，男生以五盤三勝為主。但整場比賽也須要 2-5 小時，分與分休息時間為 20 秒，單數局換邊與每盤結束可休息 90 秒，所以選手應具備快速恢復的能力。能量產生的方式可分三個系統：ATP-PC 系統、無氧乳酸系統及有氧系統 (McArdle, Katch, & Katch, 1991)。Dal Monte (1983) 認為，網球能量系統中，近 90% 的能量來自於 ATP-PC 與無氧醣解系統，10% 仰賴有氧系統，其中能量來源交互轉換。鄭安評 (2005) 指出在材質不同的網球場比賽訓練，也會影響比賽時間長短，血乳酸濃度及心跳率也會有所不同。Richer (1995)，認為草地球場 ATP-PC 系

統佔 80%以上，而無氧乳酸系統與有氧系統各佔不到 10%；硬地球場 ATP-PC 系統佔 75%，無氧乳酸系統佔 15%，有氧系統 10%；紅土球場 ATP-PC 系統佔 70%，無氧乳酸系統佔 20%和有氧系統 10%。

對網球競技運動而言是需要多種體能素質的運動項目，其中包括速度、耐力、肌力及平衡等，亦均為網球項目中不可或缺的重要體能，但在比賽過程中，分與分之間的休息為有氧耐力，為使每一球進行時都能在能量供應充份的狀態下進行，每球之間的能量迅速再補充是決勝的重要因素 (Chandler, 1995)。



## 第二節 血乳酸應用相關探討

乳酸通常被視為運動負荷強度的生化指標之一。在不同的運動強度時，血液中乳酸的量，能反映出能量系統能量代謝的變化，也可用於評斷的運動強度，控制及運動方法的選擇與運動疲勞的診斷 (Weinecker, 1994)。在運動中與運動後的乳酸的變化是由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 (Karlsson, Peterson, Henriksson, & Knuttgen, 1975)。

一般情況下，血中乳酸維持一定濃度，安靜值乳酸為 0.6-1.4mmol/l 之間 (Keul, 1969)，運動員在比賽期或賽前，安靜時血乳酸值可比平常訓練日多 2~3 倍，這是由於賽前緊

張，兒茶酚胺物質分泌增多的結果 (林文弢，1996)。而乳酸是身體在進行無氧糖酵解作用下最終的產物，也是耐力能力的判斷指標，在訓練時測定乳酸值的變化，也可以判斷運動強度與運動負荷，掌握運動員在訓練過程中代謝能力的變化。Hollmann & Liesen (1973) 年指出乳酸的產生是依據運動的時間、運動的強度和運動的項目而會有所高低，乳酸產生的濃度多寡，則與運動過程中有氧和無氧系統能量代謝的百分比有關。Morehouse (1972) 也以血乳酸的值作為生理負荷的分類指標，「強」的生理負荷血乳酸為 2.2~4.4 mmol/l，「頗強」的生理負荷血乳酸為 4.4~6.6 mmol/l，而「非常強」的生理負荷血乳酸為 6.6~8.8 mmol/l，運動後血乳酸若超過 8.8 mmol/l 則為「非常非常強」的生理負荷。

在國際上用乳酸值作為運動能力檢測與訓練效果的評估已經行之有年，以乳酸來作為判斷運動能力的指標，可以正確的判別個人的最大負荷訓練程度 (Keul & Heck, 1981)。而在國內也用乳酸能力來做為耐力性運動項目訓練強度的能力指標等功用之外，還可以判斷疲勞的程度，這些只需透過簡單的檢測方式，不僅可以評估運動員的運動能力，訓練負荷代謝狀況與恢復情形，還可判斷運動強度，所以在訓練的階段要達到好的效果，應須配合運動能力診斷提升效果。

### 第三節 有氧-無氧閾值能力

每項運動的能量來源都包含了有氧與無氧的能量路徑，這些能量的使用主要是依據運動項目的強度與時間而產生，有氧閾值 ( $2\text{mmol/l}$ ) 出現的時間點在於無氧閾值前，乳酸濃度稍微比安靜值高，是由有氧的糖酵解和脂肪作為代謝的能量來源，當運動強度上昇時，就介於有氧和無氧 ( $2-4\text{mmol/l}$ ) 混合的系統，如運動強度繼續上昇，乳酸濃度已經不成比率的增加，能量來源以完全由無氧的糖酵解取代，此時的運動強度稱為無氧閾值。研究指出競技運動員之有氧閾值速度必須達到  $2.8\text{m/s}$ ，無氧閾值則為  $3.5\text{m/s}$  (Hollmann et al., 1978)。

Hollmann (1959) 以換氣轉折點作為無氧閾值的評價開始，就開啟以無氧閾值作為研究與訓練應用之門。最後以 Mader et al., (1976) 之有氧-無氧閾值  $2-4\text{ mmol/l}$  理論 (圖 2-1)，最具應用價值。

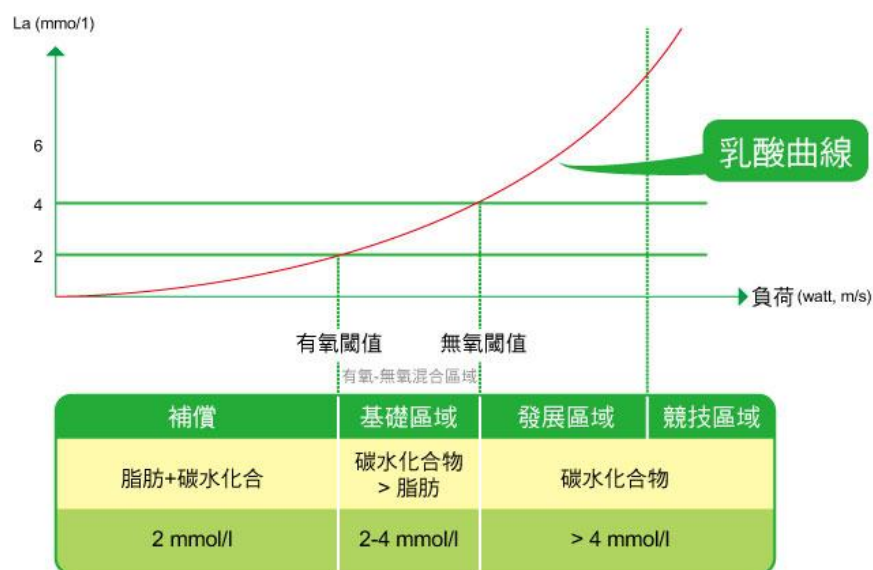


圖 2-1：Mader et al., (1976) 乳酸閾值曲線圖

龔純玉 (2006) 以八位國中男生拔河隊選手，以個人有氧閾值速度最為負荷設定，訓練時間為五週，每週三次，每次時間為二十分鐘有氧訓練，研究結果得知，五週有氧耐力訓練後，對於國中生拔河選手的心肺耐力與專項能力，皆有提升。陳江圳 (2005) 依據無氧閾值心跳率為運動強度指標，對國小網球選手實施五週訓練後，顯示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。

## 第四節 心跳率相關研究

心跳率常用來當作運動強度的指標 (Bergon, 1991)，心跳率可以直接反應出運動員的對訓練負荷的感受，因不須任何器材，測量方便又隨時可以獲得數據，所以在訓練上被廣

泛使用。心臟每分鐘的跳動即為心跳率，心跳率會隨著身體的活動而有所改變。年齡、性別、飲食、氣候、疲勞、運動很多因素都會影響到心跳率。一般預測最大心跳率公式為 220-年齡（男性）與 200-年齡（女性）為所得，隨著年齡的增長最大心跳率也會呈現下降趨勢。

1957 年，Wells et al.利用心跳及血乳酸率制定了一個運動強度的分類標準，表示在心跳率大於  $100 \text{ min}^{-1}$  為溫和；大於  $120 \text{ min}^{-1}$  為適量；大於  $140 \text{ min}^{-1}$  為中等強度；大於  $160 \text{ min}^{-1}$  為劇烈強度；小於  $180 \text{ min}^{-1}$  為最大強度；大於  $180 \text{ min}^{-1}$  為衰竭的運動強度。

Smekal et al., (2001) 以十場各 50 分鐘的比賽中，監測網球選手的最大心跳率為  $151 \pm 19 \text{ min}^{-1}$ ；防守時平均心跳率為  $158 \pm 16 \text{ min}^{-1}$ ；進攻時平均心跳為  $145 \pm 16 \text{ min}^{-1}$ 。Morgans 等 (1987) 以 17 位平均 31 歲的男性運動選手為研究對象，每週訓練三次發現最大心跳率為  $187.9 \pm 11.1 \text{ min}^{-1}$ ，單打時平均值為  $154 \pm 16.9 \text{ min}^{-1}$ ，雙打時平均值為  $130 \pm 16.6 \text{ min}^{-1}$ 。若以百分比看，單打約佔最大心跳率的 82%，而雙打則佔 70%。

Hollmann, Liesen & Kawahats (1987) 認為心肺功能訓練的強度，至少要為最大攝氧量的 60%以上。Bohmer 等 (1993) 的研究用最大運動結束後五分鐘之恢復心跳率來評估體能及訓練效果判斷，超過  $130 \text{ min}^{-1}$  表示差； $130-120 \text{ min}^{-1}$  表示不好； $120-115 \text{ min}^{-1}$  表示好； $105-100 \text{ min}^{-1}$  表示非常好； $100 \text{ min}^{-1}$  以下表示高競技運動能力。Wilmor 等 (1994) 指出，一位每分鐘安靜心跳率 80 次的為訓練著，從事運動訓練之數週，每週安靜心跳率可降低一次，在十週訓練後，安靜心跳

率可降至 70 次。安靜新挑率的減少，可降低心臟的負擔。Astrand & Kodanl (1986) 指出，只要適當的訓練，每天心臟因運動多跳 2000 次，而刺激副交感神經活動，就能讓心臟少跳 1000-2000 次，使身體更能減輕負荷。

## 第五節 網球運動能力與重量訓練之相關研究

運動員在高速度中施展肌力的能力是持拍類運動的一項重要指標，肌力更是決定運動成績的能力要素之一，且為發揮運動技術與提高運動表現的基礎。較佳的肌力與爆發力使得網球選手在球場上的移位速度加快，並且能做出較大力量的擊球動作 (Groppel & Roetert, 1992)。Wooden et al., 1992 的研究中提到，肌力的大小會關係到運動員動作的表現。競技網球項目，是藉由身體各部位之有效整合，將來自於軀幹的旋轉力量，利用慣用臂產生一連串的高機械動作完成擊球 (王苓華，2001)。而各部位有效的整合，包括下肢快速的位移能力及上半身持拍完美的擊球動作。這些動作都必須靠許多作用肌與拮抗肌的協調才能完成。根據牛頓第二定律，力量等於質量與加速度的乘積。所以想要有強而有力的回擊球或發球，就必須讓肌肉產生快速的收縮，以提昇加速度。在網球擊球過程中，傳送到手及手臂的彈震力，是球與球接觸時的速度、球在拍面上的落點、握力的強弱及球拍的震動等因素交互作用，因此手的肌力對網球運動員更是顯的重要

(Groppel, 1992)。

Koziris et al., 1991 針對 38 位的大專女性網球選手以慣用手臂與非慣用手臂的肌力特質進行研究，在肩關節及肘關節兩側的肌力有很大的差異。范姜文玟 (2011) 以 20 位大專女子選手進行不同發球速度選手上肢等速肌力峰值的差異。結果顯示，網球發球速度較快之選手，有較佳的肘伸展肌力表現。

## 第六節 文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

- 一、網球的比賽時間雖然可長達 2-5 小時之間，但平均每拍擊球所花的時間僅於一分鐘之內，因此選手在有限的時間內發揮運動能力，依能量使用與時間關係，應是以 ATP-PC 為主。
- 二、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、換氣轉折點與乳酸等。而閾值能力的變化也可做為訓練效果的判斷。
- 三、心跳率隨運動強度的增加，研究顯示也具有評估或觀察運動強度的指標。
- 四、網球運動是具有爆發力的運動項目，也是一種多肌群的綜合運動，在來回擊球的過程中是上肢關節展現一種收縮的運動，因此力量的輸出與肌肉的協調更是顯得重要。

## 第參章 研究方法

### 第一節 研究對象

本研究對象以八名大專甲組選手進行測試。

表 3-1 受試者資料

|              | M ± SD |
|--------------|--------|
| 年齡 (age)     | 20±1   |
| 身高 (cm)      | 172±6  |
| 體重 (kg)      | 65±5   |
| 訓練年數 (years) | 9±2    |

### 第二節 研究時間與地點

#### 一、實驗時間

本實驗時間為 2012 年至 2013 年 2 月。

#### 二、實驗地點

國立體育大學室內網球場、國立體育大學體適能中心、  
運動能力診斷與訓練調整實驗室

### 第三節 實驗儀器與設備

#### 一、乳酸分析儀

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。



圖 3-1 乳酸分析儀

#### 二、採血用工具

採血針、採血毛管、酒精、紅血球破壞劑、手套等。

#### 三、紀錄、測量用具

POLAR 心跳錶、碼錶。

#### 四、h/p 高速度跑步機 ( made in Germany )

#### 五、重量訓練器材 ( 滑輪下拉與坐姿推舉 )、網球用具(球、球拍)。

#### 六、測速槍 ( BRETT 雷達測速槍，可測速範圍：20~125 英里 /30~200 公里 )。

## 第四節 實驗方法與步驟

### 一、實驗步驟

- 1.填寫同意書、基本資料以及疾病調表。
- 2.說明實驗安排流程與注意事項。
- 3.實驗分為兩天進行測驗，第一天為專項測驗，第二天為基礎能力測驗。

### 二、實驗方法

本研究有三項測試，專項測驗、2~4mmol/l 基礎能力測驗與 1RM 最大肌力測驗。

#### (一)、專項測驗

以用送球的方式來打擊，如表 3-2 送球員(左)平均以五秒把球送，受試者(中)以 100%的強度連續打擊正拍 10 顆，共四組，在每一組中並採集心跳率、進球率、乳酸及擊球速度。(第一組跟第四組收集球速)。

|      |                                                   |
|------|---------------------------------------------------|
|      | 四組正拍連續擊球                                          |
| 範圍   | 4x10 球                                            |
| 強度   | 最佳動作                                              |
| 休息   | Rep 90s                                           |
| 生物參數 | La、HR<br>(R.R2.1x.2x.3x.4x)<br>(E3.E5.E7.E10.E15) |

表 3-2 專項網球測驗生物參數收集時間點

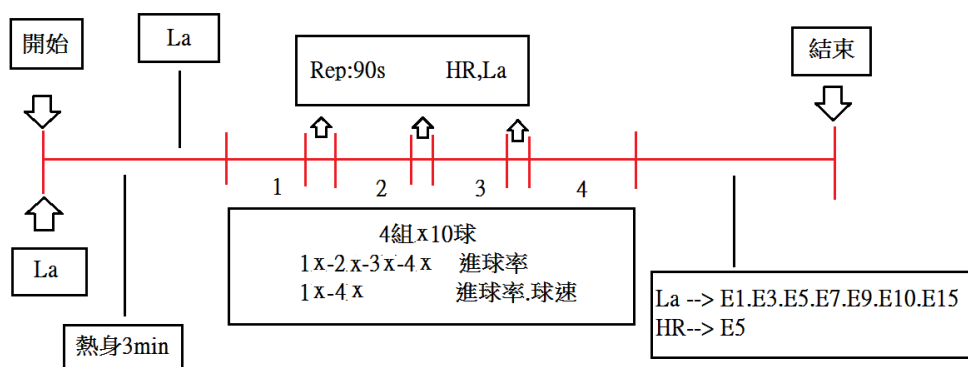
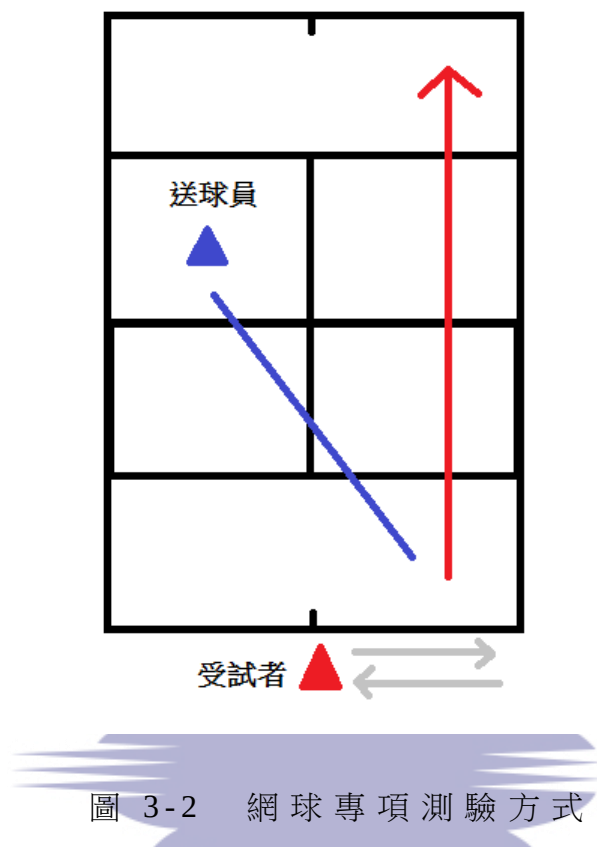


圖 3-3 專項網球 4x10 球測試流程

(二)、2-4mmol/l 基礎能力測驗

2-4 mmol/l 基礎能力檢測，於室內跑步機進行，跑步機開始速度為 2.5 m/s 開始進行第一階測試，每階之間休息 30 s，每次速度上升 0.5 m/s，每階持續 5 min 測式進行至受試者能承受最大負荷。

(三)、1RM 最大肌力測驗

本實驗方式為滑輪下拉與坐姿推舉兩項來檢測最大肌力。受試者熱身完畢後，以受試者平常訓練的 90%來當基礎重量，受試者做到無法完成動作即停止。



## 第五節 實驗流程

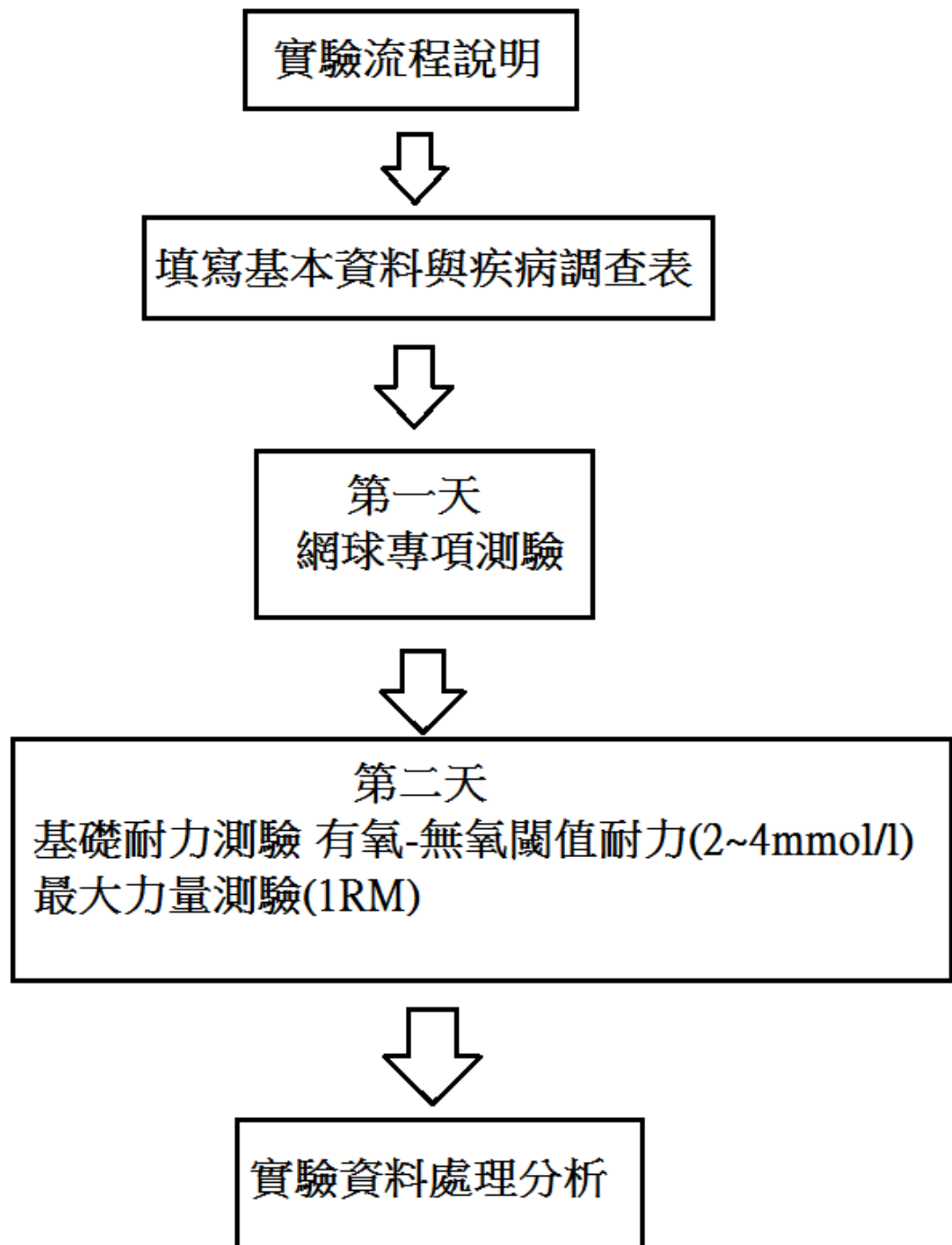


圖 3-4 實驗流程圖

## 第六節 資料統計與分析

- 一、以 SPSS for Windows 18.0 進行統計分析及 Sigma 8.0 繪圖軟體進行圖形分析。
- 二、受測選手基本資料與檢測數據，以描述性統計方式、平均數、標準差來表示。
- 三、以相依樣本 t 考驗檢驗恢復期心跳率速度之差異。
- 四、以皮爾遜積差相關來探討之關係。
  - (一)、專項擊球速度與 1RM 能力相關
  - (二)、專項擊球速度與擊球失誤率 (百分比)
- 五、有氧-無氧閾值分析採用德國奧林匹克中心所研發之 Laktat-Exprot 共用軟體。
- 六、本研究統計考驗水準定為  $\alpha = .05$ 。

## 第肆章 結果分析與討論

### 第一節 有氧-無氧閾值耐力與基礎能力

表 4-1 為基礎耐力 2-4 mmol/l 分析，結果顯示八位受試者的有氧閾值 (2mmol/l) 與無氧閾值 (4mmol/l) 為  $1.7 \pm 0.27$  m/s、 $3.3 \pm 0.25$  m/s，有氧閾值最大值與最小值為 2.9 m/s、0.8 m/s，無氧閾值最大值與最小值為 3.6 m/s 與 2.9 m/s。心跳率平均值為  $125 \pm 24.7$  min<sup>-1</sup>， $172 \pm 6.7$  min<sup>-1</sup>。有氧閾值最大心跳與最小心跳率為 160 min<sup>-1</sup>、100 min<sup>-1</sup>。無氧閾值最大值與最小值則為，179 min<sup>-1</sup>、162 min<sup>-1</sup>。

表 4-1：個人有氧-無氧閾值 (2-4mmol/l) 平均值與標準差

|      | 有氧閾值 ( 2mmol/l ) |                         | 無氧閾值 ( 4mmol/l ) |                         |
|------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
|      | m/s              | HR( min <sup>-1</sup> ) | m/s              | HR( min <sup>-1</sup> ) |
| M±SD | $1.7 \pm 0.27$   | $125 \pm 24.7$          | $3.3 \pm 0.25$   | $172 \pm 6.7$           |
| Max  | 2.9              | 160                     | 3.6              | 179                     |
| Min  | 0.8              | 100                     | 2.9              | 162                     |

結果分析顯示受試者之有氧與無氧閾值能力均未達理論 (Hollmann et al., 1987) 上之標準值。

Weicker & Strobel (1994) 研究發現具備較高速的有氧閾值 (V2) 速度，其無氧非乳酸 (ATP-PC) 恢復能力較佳，在持續性運動型態，亦可降低肌肉乳酸的堆積。而無氧閾值 (V4) 能力較佳的選手可以維持高負荷下動作的穩定及肌肉較不易疲勞。本研究結果發現受試者的有氧-無氧閾值速度平均值為 1.7m/s；3.3m/s 未達到標準，此症狀推測可能與訓練型態有關，過去研究發現著重高無氧與訓練範圍大之練習，將降低其基礎耐力。Heck 等 (2002) 指出提高專項訓練負荷，將造成基礎耐力停滯現象。過去其他研究 (Weicker et al., 1994) 也指出肌肉適應負荷機轉在於能量提供路徑有氧或無氧反應，此生理反應主要在於運動訓練呈現不同方式肌肉收縮所致。階梯式負荷結果分析顯示，在最大負荷心跳率平均值達  $190 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ ，依據 220-年齡之公式換算，受試者年齡平均為 20 歲，最大心跳率指標為  $200 \text{ min}^{-1}$ ，其心跳率負荷達到 95%。

表 4-2 為力量耐力平均值，滑輪下拉為  $66.35 \pm 11.39$  kg，最大值為 79 kg，最小值為 41.3 kg。坐姿推舉為  $68.85 \pm 16.52$  kg，最大值為 88.6 kg，最小值則為 39 kg。

表 4-2: 上肢力量 (1RM) 平均值與標準差 (kg)

|      | M $\pm$ SD        | 最大值  | 最小值  |
|------|-------------------|------|------|
| 滑輪下拉 | $66.35 \pm 11.39$ | 79   | 41.3 |
| 坐姿推舉 | $68.85 \pm 16.52$ | 88.6 | 39   |

由表 4-2，用最大力量 (1RM) 計算公式球類項目指標 (身高 -100 x 上肢負荷為 1.3)，均無達到個人最佳 1RM 能力 (Haber et al., 2001)。基礎力量檢測結果得知，受試者用滑輪下拉與坐姿推舉為上肢力量作為基礎最大力量 (1RM)，平均值為 66kg 與 68kg，以上述文獻因達到 93kg，所以與文獻不符。此症狀顯示推測與平時訓練劑量有關，訓練數週後並無診斷檢測導致劑量的不足，訓練太著重於下肢力量導致上肢訓練缺乏。Bompa (1999) 指出從事肌力訓練時應注意到肌肉平衡的觀念，不均衡的重量訓練很容易導致受傷。

表 4-3 為擊球速度，結果顯示八位選手的平均值與標準差，第一組擊球球速為  $121 \pm 10$  km/h，個人最大值為 132 km/h，最小值為 105 km/h，第四組擊球球速為  $126 \pm 11$  km/h，個人最大值為 141km/h，最小值則為 108 km/h。

表 4-3 擊球速度平均值與標準差 (km/h)

| 擊球速度  | M $\pm$ SD   | 最大值 | 最小值 |
|-------|--------------|-----|-----|
| 1 Set | $121 \pm 10$ | 132 | 105 |
| 4 Set | $126 \pm 11$ | 141 | 108 |

表 4-3 顯示正拍擊球兩組平均值都在 120km/h。吳鴻志、陳容舟、王木良 (2012) 的網球開放式正拍上旋球之球拍振動分析研究中顯示優秀選手的球速介於 100km/h-115km/h 之間，與本實驗研究相似。在國際網壇中，納達爾在比賽中（澳洲公開賽）以 171km/h 的速度打出正拍攻擊球，而費德勒每一次擊球約達到 130km/h，出球最快速度達到 155km/h，擊球的瞬間已經到了驚人的速度。

圖 4-1 為無氧閾值 (V4)與專項擊球乳酸關係分析。無氧閾值速度 (V4)介於 2.9-3.6 m/s，個人最大 V4 速度為 3.6 m/s。擊球乳酸堆積濃度則在 1.3-3.7 mmol/l 之間，個人最大乳酸堆積濃度則達 3.3 mmol/l。

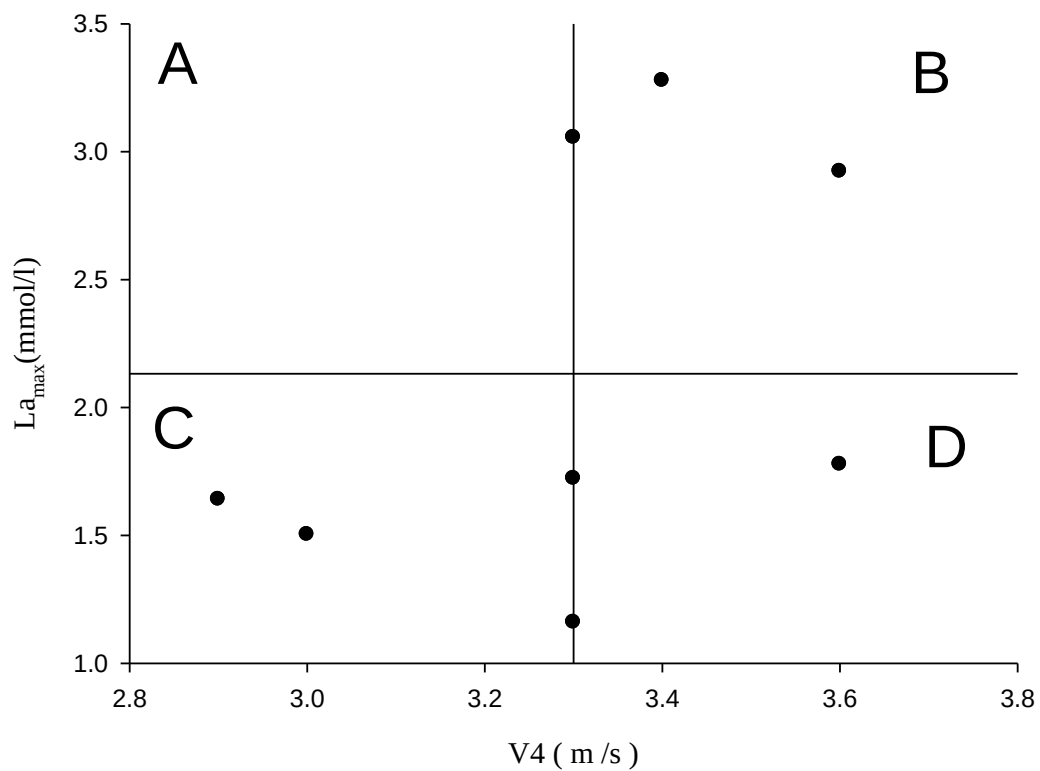


圖 4-1:無氧閾值 (V4)速度與專項擊球乳酸

過去研究中發現網球血乳酸濃度在約在 2-4 mmol/l 之間 (Fernandez et al., 2007)。鄭安評 (2008) 也以 8 名大專甲組男子網球選手為對象，進行送球測試，送球擊球測試為乳酸

濃度為  $2.91 \pm 1.23 \text{ mmol/l}$ ，本研究專項擊球乳酸（圖 4-1）介於  $1.2\text{-}3.3 \text{ mmol/l}$  之間與本研究相似。無氧閾值在 3.3 以上有 6 位受試者，在 6 位受試者中有 3 位呈現擊球乳酸值較高達到  $3.3\text{mmol/l}$ 。此現象顯示受試者之閾值耐力能力，並未呈現穩定適應症狀反應。而 V4 速度有三位受試者都在  $3.3\text{m/s}$ ，擊球乳酸濃度最高為 3 號選手與最低 6 號選手差異了  $1.9\text{mmol/l}$ ，此現象顯示受試者比較快進入無氧糖酵解能量系統因此加速了乳酸的堆積。陳江圳（2005）依據無氧閾值心跳率為運動強度指標，對國小網球選手實施五週訓練後，顯示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，所以無氧閾值越好相對的乳酸的能度就越低對選手來說非常的重要。

## 第二節 專項擊球乳酸堆積與成功率之分析

表為 4-4 專項擊球 ( $4 \times 10 \text{ Ball}$ )，第一組與第二組成功率 68%、70%，平均值為  $6.75 \pm 1.48$ 、 $7 \pm 1.19$ ，成功率最大值為 10 Ball、8 Ball，最小值都為 5 Ball。第三組成功率為最好 81%，平均值為  $8.13 \pm 1.88$ ，最大值為 10 Ball，最小值為 4 Ball。第四組成功率則為最低 66%，平均值為  $6.63 \pm 1.50$ ，最大值為 9 Ball，最小值則為 5 Ball。

表 4-4:正拍擊球 ( 4x10 Ball ) 成功率百分比與平均值標準差

|       | 成 功 率 | M±SD      | 最 大 值 | 最 小 值 |
|-------|-------|-----------|-------|-------|
| 1 Set | 68%   | 6.75±1.48 | 10    | 5     |
| 2 Set | 70%   | 7 ±1.19   | 8     | 5     |
| 3 Set | 81%   | 8.13±1.88 | 10    | 4     |
| 4 Set | 66%   | 6.63±1.50 | 9     | 5     |

結果顯示(表 4-4)，在第一組正拍擊球成功率表現為低，推測此症狀因受試者在第一組的環境與場地還尚未適應亦可能因此影響其擊球成功率。林俊宏與林學宜 (2004) 指出選手應該在短時間內，執行正確的預測、快速的反應、熟練的動作技術、運用迅速的轉身及跳躍擊球動作，配合球場、氣候、風向、比數及對手等外在因素的調整，才能在球場上擁有優異的表現。在第二組與第三 (表 4-4) 組中有提升成功率表現，第四組為成功率最低此現象顯示，因運動的時間，乳酸會干擾肌肉收縮速度或造成能量代謝活性下降，進而造成疲勞。相對的身體動作與協調能力也會下降。Hultman & Sahom (1980) 指出，運動中乳酸堆積的主要因素為運動的負荷強度、參與運動的肌肉量、運動持續的時間。

圖 4-2 為專項擊球乳酸與進球率分析，進球率介於 6.5%-8.25%之間，最大進球率為 8.25%。乳酸濃度堆積則在 1.5-3.27mmol/l 之間，最大乳酸堆積濃度則達 3.27 mmol/l。

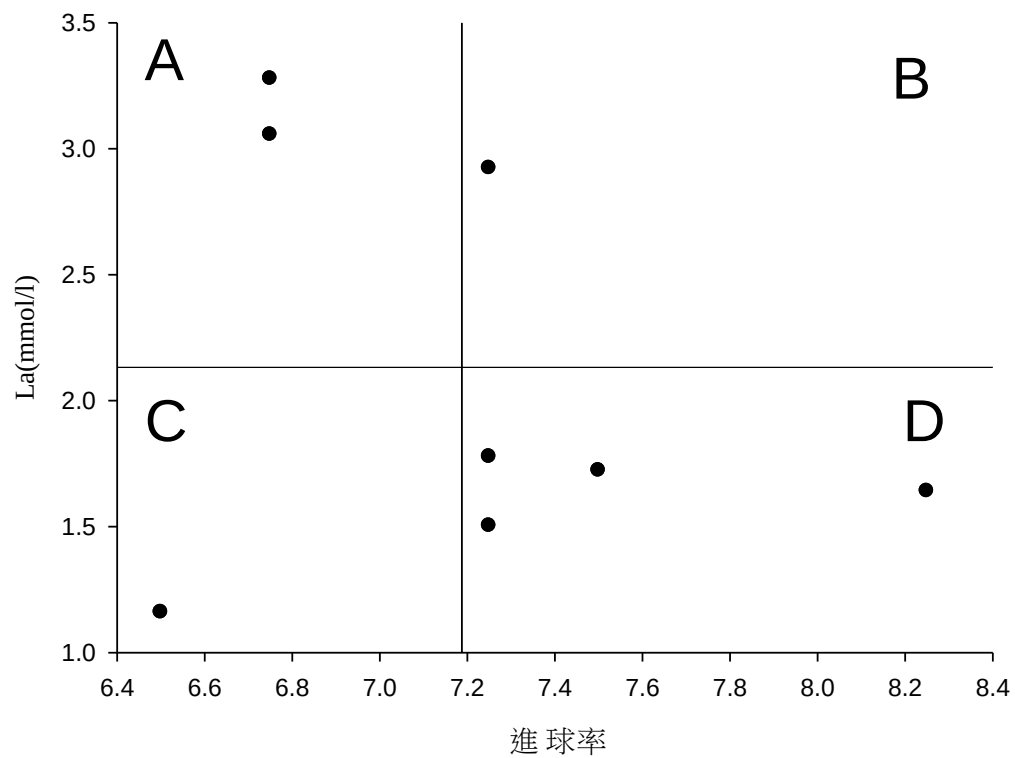


圖 4-2：擊球乳酸與進球率之分析

表 4-5：依據訓練學理論（Harre, 1986）體能要素相互關係訓練應用與能力分析判斷

| 數 值 區 域 | 人 數 | 數 據 判 斷                 | 運 動 能 力 分<br>析                                |
|---------|-----|-------------------------|-----------------------------------------------|
| A       | 2   | 進 球 率 低，乳<br>酸 值 高。     | 無 氧 非 乳 酸<br>能 力 差，專 項<br>能 力 差。              |
| B       | 1   | 進 球 率 高，乳<br>酸 值 高。     | 無 氧 非 乳 酸<br>能 力 差，專 項<br>能 力 佳，表 現<br>不 穩 定。 |
| C       | 1   | 進 球 率 低，乳<br>酸 代 謝 率 低。 | 無 氧 非 乳 酸<br>能 力 佳，專 項<br>能 力 差。              |
| D       | 4   | 進 球 率 高，乳<br>酸 值 低。     | 無 氧 非 乳 酸<br>能 力 佳，專 項<br>能 力 佳。              |

侯碧燕、劉金龍等人（2007）以38名柔道選手測試，探討專項技術能力與乳酸值之關係，結果顯示完成的功率大、乳酸峰值高，表示其無氧糖酵解能力好、速耐力佳。與本研究不符。在過去研究網球運動強度在一般情況下乳酸濃度在

1.8 - 2.8 mmol/l之間，隨者比賽的強度乳酸慢慢升高，在比賽中乳酸的多寡也成了球員比賽中的重要關鍵 (König, 2000)。

因擊球速度力量關係，參與肌肉的量也會導致乳酸產生的濃度多寡。No.1 與 No.6 (圖 4-2) 受試者為最低速度與最高速度擊球，兩人分布都在 D 區，No.1 選手雖然進球率高與乳酸值低，但速度為最慢，結果推測受試者有可能為了讓進球率提升而沒有使用最大力量擊球。在球速 132Km/h 的有兩位受試者，一位分部在 D 區較佳，另一位分布在 A 區此症狀顯示，受試者消耗的專項能量 (ATP-PC) 在短時間恢復較慢，使的乳酸呈現較高。楊孟龍等 (2008) 的研究指出，有氧耐力越好，乳酸排除速度就越快，而無氧耐力越好，在高強度運動中產生乳酸就越低。

### 第三節 擊球速度與上肢力量之關係

圖 4-3 為專項擊球與坐姿推舉分析。結果顯示兩者未達相關 ( $r=0.05$ )。正拍擊球速度介於 109-137km/h，個人正拍擊球平均值最大值為 137km/h。坐姿推舉平均值則介於 40-84kg 之間，坐姿推舉個人最大值則達 84kg。

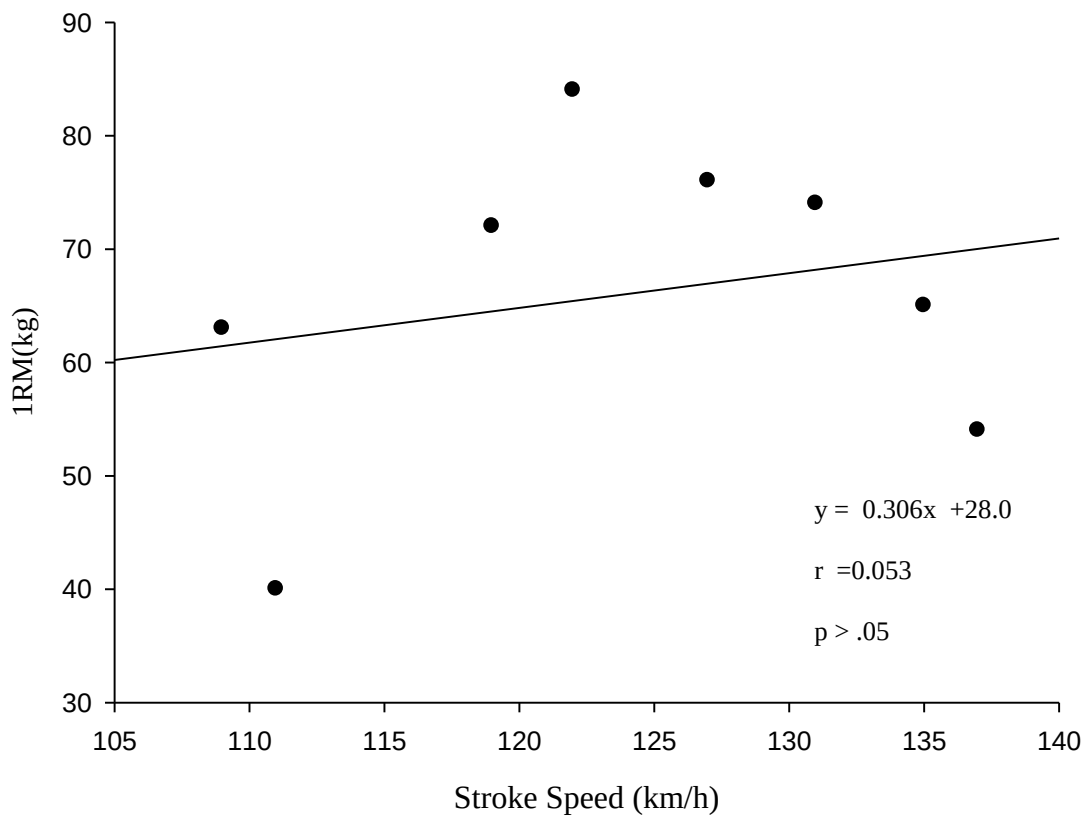


圖 4-3 第一組正拍擊球速度與 1RM (坐姿推舉) 之關係

圖 4-3 結果顯示，1RM 能力與正拍擊球速度未達相關

( $r=0.1$ )，林郁婷、陳德盛、張嘉澤 (2010) 研究中指出肌力越大的選手越能有機會提高揮拍速度，正拍的揮拍速度就越快，與本研究實驗不符。由此症狀推測 1RM 基礎能力未達最佳個人指標 (Haber et al., 2001) 與 1RM 能力未能夠轉移於專項擊球速度，王苓華 (2001) 指出肌力是決定運動成績的要素之一，為發揮運動技術、提高運動表現的基礎。Harre (1986) 指出技術表現受體能因素影響，但是把良好之體能轉於移技術活動上，則必須透過肌肉協調能力。Zatsiorsky (1995) 研究指出運動中力量輸出不是單一肌群收縮完成，而是由拮抗肌與主動肌互相作用形成。本研究網球正手拍是以手臂的肱二頭肌與肱三頭肌互為拮抗肌，這一對肌肉所產生不同方向的運動外，也可使在運動中產生協調性來使動作更平順更有穩定性。

圖 4-4 為擊球速度與擊球失誤率（百分比）分析，第一組擊球速度介於 105-134 km/h 之間，擊球失誤率在 0-50%之間，第四組擊球速度介於 108-141 km 之間，擊球失誤率則為 10-50%之間，第一組顯呈負相關第四組呈現正相關趨勢 (  $r=0.56$  )，如圖 4-4 所示。

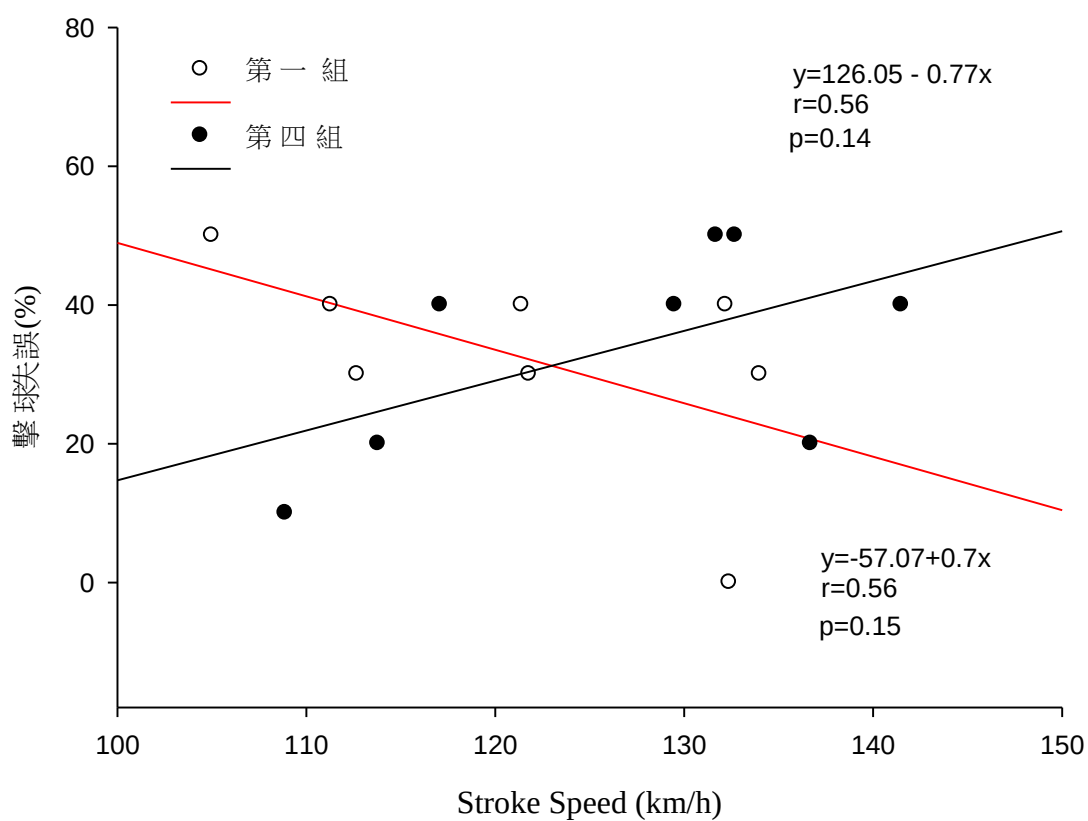


圖 4-4 擊球速度與擊球失誤率之關係

圖 4-4 為擊球速度與失誤率 (百分比)，第一組擊球速度與第四組擊球速度分析，結果顯示，在第一組正拍擊球速度比第四組較為慢些，但在失誤率方面呈現較低。在比賽中通常前幾局選手擊球速度都為正常，在 4-5 局之後才會打出比賽中最高擊球速度。

在胡志麟 (2010) 研究指出，球速越快，球拍與球時間接觸的越短，對球的控制很難，所以快速的擊球會導致失誤率增加，與本實驗相符。劉斌 (2011) 指出網球平擊抽球是球速最快的抽球法。它是一種只帶少許的上旋，球速快、力量大，落點深，往往給對方造成很大威脅，甚至能直接得分，速度快但命中率較低，與本研究相符。因此要在強力網球中生存，底線抽球工夫不單只有穩定、還要有絕佳的控球能力更快的球速，才能在比賽擊球策略中不斷的變化，(李建平，2003)。

#### 第四節 專項網球測試恢復期乳酸排除速度與心跳率

專項擊球測試恢復期血液乳酸曲線分析。第一分鐘 (E1) 平均值為  $2.36 \pm 1.03$  mmol/l，第三分鐘 (E3) 則為  $2.01 \pm 0.71$  mmol/l，兩段時間乳酸濃度差異  $-0.35$  mmol/l ( $p > .05$ )。恢復期乳酸堆積濃度最低者，則於 E10 分鐘呈現 ( $1.65 \pm 0.58$  mmol/l)，其與運動負荷結束第一分鐘 (E1) 平均值差異  $0.71$  mmol/l ( $p > .05$ )。恢復期 E1 與 E15 乳酸平均值差異  $-0.63$  mmol/l ( $p > .05$ )。如圖 4-5 所示。

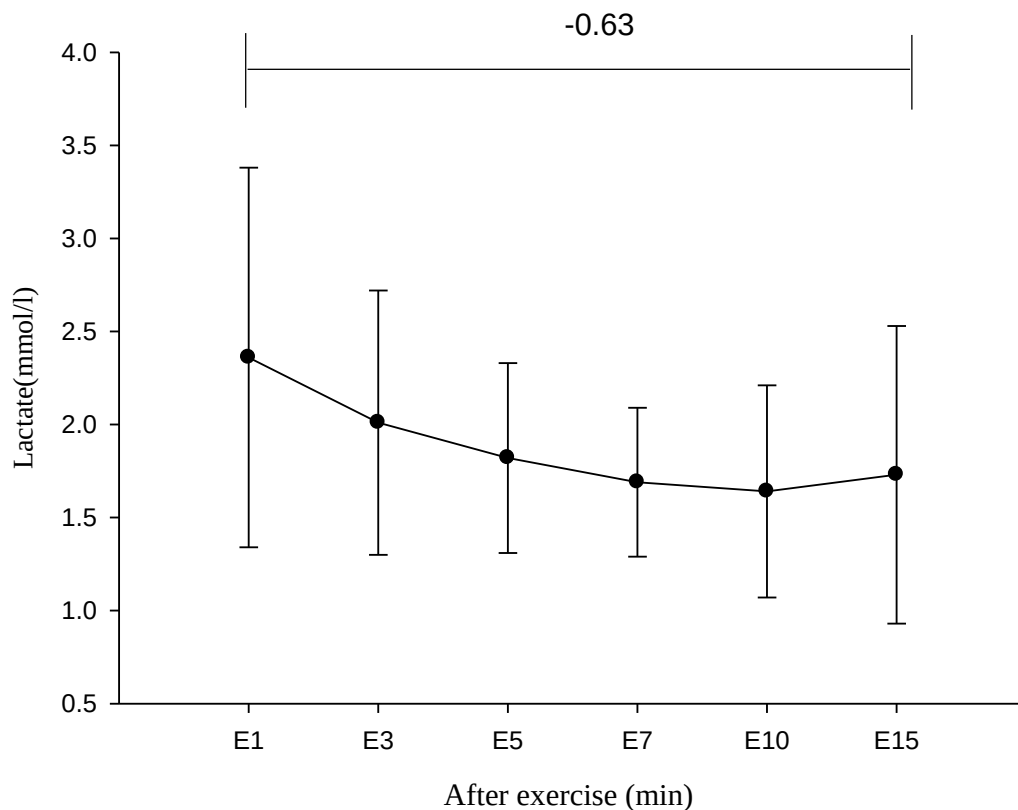


圖 4-5:專項結束後至第 15 分鐘 (E15) 乳酸曲線圖與乳酸排除

圖 4-6 專項結束後心跳率 (E1.E5) 平均值，結束後第一分鐘 (E1) 為  $156.87 \pm 12.69 \text{ min}^{-1}$ ，第五分鐘 (E5) 為  $102.87 \pm 14.38 \text{ min}^{-1}$ ，結束後 E1 與 E5 兩者差異為  $54 \text{ min}^{-1}$  ( $p < .05$ )。

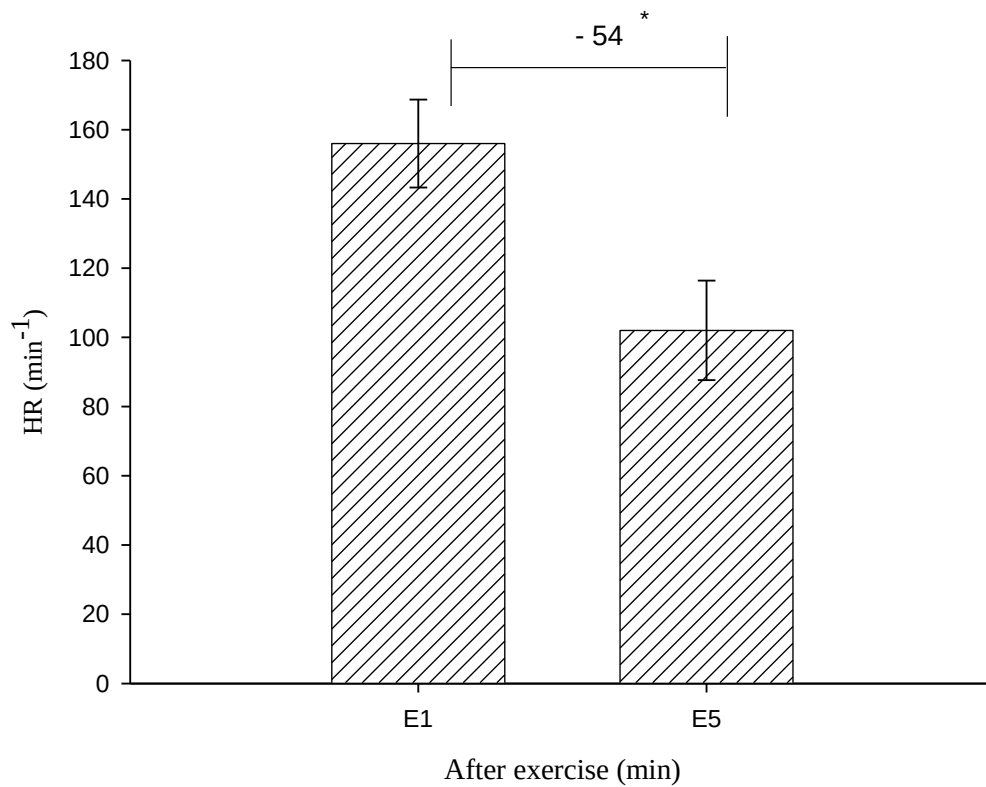


圖 4-6：恢復期心跳率 E1 與 E5

專項測試恢復期 E1 與 E3 血液乳酸平均值差異  $-0.35 \text{ mmol/l}$

(圖 4-5)。此症狀顯示主要在於受試者在結束後的乳酸值並無達到很高，而乳酸的排除速度快與慢會導致肌肉疲勞程度 (Klausen et al., 1972)。依據 Neumann et al., (1991) 指出競技運動員乳酸排除速度一分鐘為 0.5 mmol/l，本研究結果顯示受試者乳酸排除速度與上述文獻不符。此生理機制反應可能在於受試者之有氧耐力能力有關，Mader (1984) 指出運動結束後恢復期乳酸排除速度受個人有氧閾值能力影響。Weicker et al., (1994) & Nemann (1991) 提出乳酸的排除能力是依據個人有氧能力而定，個人知有氧能力佳者，其排除乳酸能力越好，所以 V2 速度能力的提升也能降低乳酸率生成而有助於運動表現。Neumann (1991) 指出乳酸的排除型態，依部位不同而有所差異，藉由肝臟排除約 50%、不活動肌群約 30%、心臟 10%和腎臟 10%。

Sedlock (1996) 提出運動後恢復期心跳率與體能與運動強度也有密切的關係，運動後恢復期之心跳率會受訓練的影響。運動中或運動結束後之心跳率，心跳率越低者即表示心肺功能越好。有研究以 30 名平均 13 歲的青少年最為研究對象，並分為運動員與非運動員兩組，結果發現受試者在跑完 400 m 後，其心跳率恢復到運動開始前時間，運動員組平均為 1 分 32 秒，而非運動員組平均恢復為 3 分 28 秒。由此可見，運動訓練是可以有效地加速心跳恢復的時間 (Marsh, 2003)。

## 第伍章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究是以大專院校甲組網球選手，男六名、女二名進行測驗，探討：網球選手上肢力量與有氧-無氧閾值對專項血乳酸及心跳率之影響。研究實驗如下：

- 一、本研究測試有氧與無氧閾值能力與基礎力量 (1RM) 八位受試者均無人達到競技運動員標準之上，有氧與無氧為  $1.7\text{mmol/l}$  與  $3.3\text{mmol/l}$ ，力量為  $66\text{kg}$  與  $68\text{kg}$ 。
- 二、網球進球率表現，因運動的時間，乳酸會干擾肌肉收縮速度或造成能量代謝活性下降，在第一組為  $68\%$ 最後一組為  $66\%$  ( $p>.05$ )。
- 三、網球專項擊球與坐姿推舉分析，結果顯示兩者未達相關 ( $r=0.1$ )。擊球速度與擊球失誤率(百分比)分析，結果顯示第一組呈現負相關，第四組顯呈現正相關趨勢 ( $r=0.56$ )。
- 四、網球專項測試恢復期，乳酸值平均值未達到理論標準之上 ( $p>.05$ )。心跳率結束後第五分鐘與第一分鐘差異  $54\text{min}^{-1}$  有達顯著 ( $p<.05$ )。

## 第二節 建議

依據研究結果呈現之結論，未來於訓練上之建議：

- 一、網球比賽耐力是維持長時間比賽的基礎能力，也是穩定專項技術的基礎，對於基礎能力的提升，建議用 Mader et al., (1976) 2-4 mmol/l 有氧-無氧閾值訓練。早上空腹時，以低強度 2 mmol/l 速度持續跑 20 分鐘，能有效提升有氧耐力與自由脂肪酸活性，能改善專項乳酸形成率與 ATP-PC 恢復。
- 二、專項力量訓練的目的是要表現運動進行時，能夠以最佳力量投入專項力量的要求，主要參與的肌肉組織及肌間與機內協調，在專項期訓練計畫內容可安排三次力量練習，依次最大力量與兩次快速力量型態訓練（以上下肢順序進行）。

## 參考文獻

### 一、中文部分

王苓華 (2001)：網球的應用生理學—適能發展。大專體育，55，127-132。

王苓華 (2001)：軟式網球選手肩部旋轉肌群的功率與總功量之研究。大專體育學刊，3卷2期，頁153-160。

江勁政、江勁彥、湯文慈 (2011)：男子網球選手第一發球與第二發球持拍臂之運動學分析。臺灣體育學術研究2011，總刊第50期，45-59

李鴻棋、江界山 (2001)：籃球運動訓練科學。中華民國體育學會九十年運動訓練法研討會論文集 (頁6-17)。  
台北市：中華民國體育總會。

李建平 (2003)。網球技術型態與比賽策略之探討。中華體育季刊，17 (2)，50-56。

吳忠芳、李建町與郭世傑 (2006)：網球單打比賽的生理學分析。運動生理暨體能學報，第四輯，頁21-28。

吳鴻志、陳容舟、王木良，(2012)。無線微機電感測器應用於網球開放式正拍上旋球之球拍振動分析，2012 國際運動生物力學研討會暨台灣運動生物力學年會。  
pp.217-220。ISSN: 2073-3267。

林文弢 (1996)：運動負荷的生化評定。中國廣東高等教育出版社。

林俊宏、林學宜 (2004)。網球運動心理策略。大專體育，

74，49-55。

林郁婷、陳德盛、張嘉澤 (2010)。網球正手與反手拍擊球對發球速度之影響。99 年度大專體育學術專刊。

范姜文姝 (2011)：不同等級網球選手上肢關節等速肌力峰值特徵之差異。未出版碩士論文，國立新竹教育大學。

胡志麟 (2010)：對世界男子網球單打若干技術發展趨勢的初步探討。中國，上海電力學院 (200090)。

張添福 (1987)：游泳選手實施重量訓練對體態、機能的影響。中華民國體育學會體育學報，第九輯，233-251頁。

楊孟龍 (1999)：網球運動的體適能需求。大專體育，43頁，127-132。

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 年台灣運動生理學會年會及技術研討會，98-104。

連玉輝 (2004)：現代男子強勢網球(Power Tennis)之研究-深度訪談的質化探討。體育學報，第37輯，頁113-132。

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

劉斌 (2011)：網球平擊發球技術和訓練方法。中國，深圳高中學。

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，國立體育學院教練研究所，桃園。

鄭安評 (2005)：不同網球場地送球訓練與模擬比賽強度分析。未出版碩士論文，國立體育學院教練研究所，桃園。

## 二、外文部分

- Astrand, P.O., and K. Rodahl. (1986). *Textbook of Work Physiology*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Bergron, M, F, Maresh, C. M. Keremer, W. J., Abraham, A., Conroyand, B., & Gabaree, C . (1991) .Tennis : Profile during match play. *International Jounal of Sports Medicine* , 12 , 474-479.
- Bompa, T. O. (1999). Periodization: Theory and methodology of training (4thed.). Champaign IL:Human Kinetics publishers.Chandler, T., J. (1995) . Exercise training for tennis,*Clinics in Sport Medicine*,14,33-46
- Chandler, T., J. ( 1991 ) . Work rest in tervals in would class tennis. *Tennis Profession. Jan- Feb, 4*.
- Chandler, T. J. (1995). Exercise training for tennis, *Clinics in Sport Medicine*, 14, 33-46.
- Christmass, M. A., Richmond, S. E., Cable, N. T., Arthur, P. G., & Hartmann, P. E. (1998). Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. *Journal of Sport Sciences*, 16(8), 739-747.
- Dal Monte, A. (1983) . The functional values of sport.

- Firente: Sansoni. Richer, T. A. (1995). Time motion analysis of the energy systems in elite and competitive singles tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 73-86.
- Groppel, J. & Roetert, E. P. (1992). *Applied physiology of tennis*. SportsMedicine, 14(4), 336-341.
- Harre, D. (1986). Trainingslehre. Berlin. In: Grosser et al.: Das neue Kontitionstraining. 12-14
- Haber, P., Lercher, P. (2001). Über den Zusammenhang von Bewegung und Körpergewicht. Collegium Publicum 6:2-3.
- Heck, H., Schulz, H. (2002). Methoden der anaeroben Leistungsdiagnostik. Deutsche Zeitschrift für SportMedizin 53, 7 + 8
- Hollmann, W. (1959). The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood, the ventilation (PoW) and pulse frequency during increasing spiro-ergometric work in endurance-trained and untrained person. *Pan American Congress for Sports Medicine*, Chicago.
- Hollmann, W., Liesen, H. (1973): Der Einfluss eines zweiwöchigen Höhentrainings auf die Leistungsfähigkeit im Flachland, gemessen an spiroergometrischen und metabolischen Parametern. In: 張嘉澤 運動能力診斷與訓練調整

- Hollmann, W . , Liesen, H . , Rost , R . , & Kawahats , K .  
(1978) . Uber DasLeistungsverhalten und die  
Trainerbarkeit im *Alter* . *Z . Geront* , 11 , 312.
- Hollmann , W . (1987) . Kardiopulmonale Reaktion und aerob  
anaerobSchwellebei verschiedenen Belastungsformen .  
*Dtsch Z , Sportmed* , 38(4) , 144-156 .
- Hollman ,W . Liesen , H . , Rost , R . , Kawahats , K: Uber das  
Leistungsverhalten und die Trainerbarkit im Alter .  
*Z . Geront* . 11:312(1978).
- Hultman, E., & Saholm, K. (1980).Acid-base balance during  
exercise. *Exercise and Sport Science Review*, 8, 41-128.
- Karlsson, J., Peterson, F. B., Henriksson, J., & Knuttgen, H.  
G. (1975). Effect of previous exercise with arms and  
legs on metabolism and performance in exhaustive  
exercise. *Journal of Applied Physiology*, 38, 763-767.
- Keul, J., Berg, M., Lehmann, H., Dickhuth, H. (1981).  
Metabolische Anpassung durch Training und ihre  
Aussagewert für die Leistungsdiagnostik.
- Klausen , K . , Knuttgen , H. G . , & Forster , H .(1972) .Effect  
of preexisting high blood lactate concentration on  
maximal exercise performance . *Scandinavia Journal  
of clinical Laboratory Investigate* , 30, 415-410 .
- König D, Hounker M, Schmid A. et al Cardiovascular,

metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 2000. 33: 654–658.

Mader, A., H., Liesen, H., Heck, H., Philipp, R., Rost, P., Schürch, W., & Hollmann. (1976) . Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin*. 27(4), S. 80-88.

Mader, A. (1984) . Theorie zur Berechnung der Dynamik und des steady state von Phosphorylierungszustand und stoffwechselintensionsschrift . In : *Energiewechsel und* .

Marsh, M. K. (2003). How Quick is your heart rate recovery. California State Science Fair, 2003 Project Summary. Project Number J1010.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1991) . *Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance* (3<sup>rd</sup> ed.). PA: Lea and Febiger.

Morehouse, L. E. (1972) . *Laboratory Manual for Physiology of Exercise*. The C. V. Mosby Company.

Morgan, S. L., Jordan, D., Baeyens, D., & Franciosa, J. (1987) . Heart rate responses during singles and double tennis competition . *The Physician and Sport Medicine* , 15(7)67-74.

Neumann, G., & Berthel, A. (1991). Umstellung und Anpassung des Funktionssystems . In : *Das*

grundlegende Voraussetzung der sportlichen  
Leistungsfähigkeit .

Pauletto, (1991) . *Strength training for coaches* . Strenght  
training Principles . Leisure Perss.

Richer, T. A. (1995). Time motion analysis of the energy  
systems in elite and competitive singles tennis. *Journal  
of Human Movement Studies*, 28, 73-86.

Rost , R ., Hollmann , W . (1982) . Belastungsuntersuchungen  
in der Praxis . 86-90 .

Seliger. V,. Ejma. M.,Pauer. M., Saferak, V.(1973).Energy  
metabolism in tennis *Internal Zeitschrift Angewendete  
Phisyology* ,31,333-334.

Stone , M . H . (1982) . Considerations in gaining a strength –  
power training effect . *National Strength and  
Conditioning Association Journal*, 15(3),7-15

Weicker, H., & Strobel, G. (1994). Sportmedizin und  
Biochemischphysiologische

Weinecker , H ., & Strobel , G . (1993) , *Sportmedizin* :  
*Biochemisch – Physiologische Grundlagen und ihre  
sportartspezifische Bedeutung* . 58-60 .

Weinecker , H., & .Strobel, G .(1994) . *Sportmetizin  
undBiochemisch – Physiologische Grundlagen und  
IhreSportartspezifische Bedeutung*. Fischer, In:張嘉澤運  
動能力診斷與訓練調整

- Wells, J., Balke, B., & Van Fossan, D. (1957). Lactic Acid Accumulation During Work-A Suggested Standardization of Work classification. *Journal of Applied Physiology*, 10, 51.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 518-522.
- Wooden, J. M. (1992). An assessment of the effectiveness of selected visual training programs in enhancing sports performance. *Report to the Australian Sports Commission*, 181
- Yoshida, T., Y. Suda and N. Takeuchi (1982). Endurance training regimen based upon arterial lactate: *Effects on anaerobic threshold*. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49:223-230.
- Zatsiorsky, V. M (1995). Krafttraining Praxis und Wissenschaft. *Meyer & Meyer*. 78-80.

## 附錄

### 附錄一、縮寫對照表

| 英文                  | 縮寫                | 中文    |
|---------------------|-------------------|-------|
| aerobic threshold   | 2mmol/l           | 有氧閾值  |
| anaerobic threshold | 4mmol/l           | 無氧閾值  |
| After exercise      | E3.E5.E7.E10.E15  | 恢復期時間 |
| beat per minute     | min <sup>-1</sup> | 每分鐘   |
| centimeter          | cm                | 公分    |
| heart rate          | HR                | 心跳率   |
| kilogram            | kg                | 公斤    |
| kilometer           | km                | 公里    |
| lactic acid         | La                | 乳酸    |
| maximum             | max               | 最大值   |
| meters per second   | m/s               | 公尺/秒  |
| mimute              | min               | 分鐘    |
| meter               | m                 | 公尺    |
| repetieion          | rep               | 重複    |
| Standard deviation  | SD                | 標準差   |

## 附錄二、受試者疾病調查表

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