

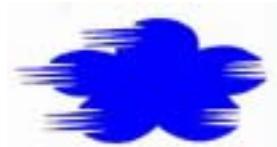
國立體育學院教練研究所碩士論文

五週耐力訓練對國小網球選手 專項能力表現的影響

**Five Weeks Endurance Trainings' Effects on the Elementary School
Tennis Players' Performance of Specific Capabilities**

指導教授：張嘉澤 博士
研究生：陳江圳 撰

中華民國九十四年六月



國立體育學院

NATIONAL COLLEGE OF PHYSICAL EDUCATION
AND SPORTS TAIWAN REPUBLIC OF CHINA

五週耐力訓練對國小網球選手 專項能力表現的影響

摘要

本研究旨在瞭解國小網球選手耐力訓練後對網球專項能力的影響，以提供教練訓練時之參考。本研究目的是在探討國小網球選手經過五週、每週三天、每次20分鐘之耐力訓練後對網球專項能力的影響，以十二位國小學網球隊五、六年級男生為對象，平均身高 147.11 ± 7.8 公分、體重 42.56 ± 9.9 公分、年齡 $11.8\pm .94$ 歲。受試者皆須測量基礎耐力Cooper-Test 的成績、以最大努力完成三次折返跑結束30秒的恢復心跳率與網球專項擊球測試（64球）。以相依樣本 t 考驗，比較國小網球選手的12分鐘跑、折返跑、網球專項擊球失誤率，探討耐力訓練前、後之差異。顯著水準.05研究結果如下：

(一)、有氧能力方面：

實施五週耐力訓練後，受試者的 Cooper-Test 成績進步達顯著水準（ $p < .05$ ）。

(二)、專項耐力方面：

實施五週耐力訓練後，受試者折返跑結束30秒的恢復心跳率降低達顯著水準（ $p < .05$ ）。

(三)、網球專項擊球失誤率方面：

實施五週耐力訓練後，受試者的網球專項擊球失誤率降低達顯著水準（ $p < .05$ ）。

由以上結果得知，進行五週耐力訓練後，對國小網球選手的有氧能力、專項耐力與網球擊球失誤率方面有顯著效果。

關鍵詞：國小學童、耐力訓練、網球、心跳率。



Five Weeks Endurance Trainings' Effects on the Elementary School Tennis Players' Performance of Specific Capabilities

Abstract

The purpose of the study is to understand the endurance training's effects on Elementary School tennis players' performance of professional abilities. The result aims to provide coaches with some training perspectives. Tennis team players' are 12 boys from the fifth and the sixth grade in elementary school. The average height is 147.11 ± 7.8 cm, the weight is 42.56 ± 9.9 kg, and the age is 11.8 ± 9.4 years old. After endurance training in 5 weeks (three days a week, 20 minutes each time), what effects have they had on the players' performance of professional abilities are the main concerns of the study. Each player must accept Cooper-Test (basic endurance testing), score and do his best to finish go-and-back running (three times) and attend tennis hit-ball testing (64 balls). According to mutual dependence sample t test, we can compare recoverable heart rates and tennis hit-missing percentage in players' and also investigate the differences between pre-and post-training. The results of the prominent level $\alpha = 0.05$ are as follows:

(1) Aerobic abilities:

After 5 weeks' endurance training, competitors' Cooper-Test Score have progressed to the prominent level ($p < 0.5$).

(2) Professional endurance abilities:

After 5 weeks' endurance training, competitors' recoverable heart rates of 30 seconds ending from go-and-back running have decreased to the prominent level ($p < 0.5$).

(3) Tennis hit-missing percentage:

After 5 weeks' endurance training, competitors' tennis hit-missing percentage have decreased to the prominent level ($p < 0.5$).

From the result indicated above, we have learned that, there are prominent effects on Elementary School players' aerobic capabilities, specific endurance capabilities and tennis hit-missing percentage after 5 weeks endurance training.

Key words: Elementary School-Children, Endurance Training, Tennis, Heart Rate.

致 謝 詞

二年的研究所生活，在此刻終於劃下句點。在這兩年期間往返彰化和林口兩地，雖然覺得辛苦，但始終抱著學習的態度，因為在從事教育工作多年後仍有機會重拾學生生活，充實自我。

本論文的完成，首先感謝指導教授張嘉澤博士提供論文指導與鞭策，在論文寫作過程中，不厭其煩地指導及解說，學生沒齒難忘。其次，本論文有幸承蒙林正常老師和林晉利老師細心的批閱斧正，並提出寶貴的指正與建議，使得本論文內容更為嚴謹。

在研究過程進行中，感謝彰化市南郭國小顏士程校長鼎力支持，訓導處同仁俊成主任、佩娟、奕洲、乃華的協助，讓我在工作上無多餘的負擔。另外，於論文撰寫期間，感謝建龍、正仁在實驗過程中的協助；亦感謝惠明學長、榮煥學長、惠芳、雅惠、慧珍、世侃等同學在這二年的眷顧與扶持。使本研究得以順利完成，特此感謝。

最後，感謝家人的支持與鼓勵，更要感謝愛妻莞青無怨無悔的付出，使我得以完成這段學習路程。僅以本文獻給我親愛的家人，由於你們的支持與鼓勵，使我順利完成學業，這份喜悅願與您們分享。

目 錄

| | | |
|------------|---------------------|----|
| 第壹章 | 緒論 | 1 |
| 第一節 | 研究動機 | 1 |
| 第二節 | 研究目的 | 3 |
| 第三節 | 研究範圍與限制 | 4 |
| 第四節 | 名詞解釋 | 4 |
| 第貳章 | 文獻探討 | 5 |
| 第一節 | 有氧耐力訓練之相關文獻 | 5 |
| 第二節 | 網球專項能力之相關文獻 | 10 |
| 第叁章 | 研究方法 | 15 |
| 第一節 | 研究對象 | 15 |
| 第二節 | 測驗時間與地點 | 16 |
| 第三節 | 研究設計 | 16 |
| 第四節 | 檢測項目與方法 | 18 |
| 第五節 | 測試器材與場地 | 21 |
| 第六節 | 資料處理 | 21 |
| 第肆章 | 結果與分析 | 22 |
| 第一節 | 基礎耐力 Cooper-Test 測試 | 22 |
| 第二節 | 專項耐力測試 | 24 |
| 第三節 | 網球專項擊球測試 | 26 |

| | | |
|------------------|----------------------------------|-----------|
| 第四節 | 基礎測試與網球專項能力測試之相關分析----- | 30 |
| 第五章 | 討論----- | 36 |
| 第一節 | 基礎耐力 Cooper-Test(12min 跑)測試----- | 36 |
| 第二節 | 專項耐力測試----- | 37 |
| 第三節 | 網球專項擊球測試----- | 38 |
| 第四節 | 基礎測試與網球專項能力測試之相關情形----- | 39 |
| 第六章 | 結論與建議----- | 42 |
| 第一節 | 結論----- | 42 |
| 第二節 | 建議----- | 43 |
| 參考文獻----- | ----- | 44 |
| 一 | 中文部分----- | 44 |
| 二 | 外文部分----- | 46 |
| 附錄----- | ----- | 52 |
| 一 | 受事者須知暨家長同意書----- | 52 |
| 二 | 受試者健康調查表----- | 54 |
| 三 | 受試者閾值心跳率資料表----- | 55 |

表 目 錄

| | |
|---------------------------|----|
| 表 3-1 受試者基本資料----- | 15 |
| 表 3-2 Cooper-Test 測試----- | 18 |
| 表 3-3 網球專項耐力測試----- | 18 |
| 表 3-4 網球專項擊球測試----- | 19 |

圖 目 錄

| | |
|--|----|
| 圖 3-1 實驗流程圖----- | 17 |
| 圖 3-2 網球專項測試場地圖----- | 20 |
| 圖 4-1 Cooper-Test 的距離之平均數與標準差----- | 22 |
| 圖 4-2 Cooper-Test 結束後 5 分鐘恢復心跳率----- | 23 |
| 圖 4-3 折返跑測試速度----- | 24 |
| 圖 4-4 折返跑測試結束後 30 秒恢復心跳率----- | 25 |
| 圖 4-5 網球專項擊球測試擊球失誤率----- | 26 |
| 圖 4-6 網球專項擊球測試結束心跳率----- | 27 |
| 圖 4-7 網球專項擊球測試 Set 心跳率----- | 28 |
| 圖 4-8 網球專項測試結束後 5 分鐘恢復心跳率----- | 29 |
| 圖 4-9 Cooper-Test 與網球專項測試擊球失誤率前測之相關-- | 30 |
| 圖 4-1 Cooper-Test 與網球專項測試擊球失誤率後測之相關-- | 31 |
| 圖 4-1 Cooper-Test 與折返跑測試恢復心跳率前測之相關---- | 32 |
| 圖 4-1 Cooper-Test 與折返跑測試恢復心跳率後測之相關---- | 33 |
| 圖 4-1 網球專項擊球失誤率與折返跑恢復心跳率前測之相關- | 34 |
| 圖 4-1 網球專項擊球失誤率與折返跑心跳率恢復後測之相關- | 35 |

第壹章 緒 論

第一節 研究動機

網球運動在 1968 年以前稱為業餘比賽，比較偏重於休閒運動的意義。從 1968 年以後職業網球運動迅速擴展（巫宏榮，2004），而網球運動的年齡層則有日趨下降的趨勢。從 2004 年溫布頓網球公開賽中由 17 歲的俄羅斯選手莎拉波娃 (Maria Sharapova) 奪下女子單打冠軍，再一次的得到驗證。國內的網球運動發展亦是如此；我國網球選手盧彥勳於 2004 年英國女皇盃草地公開賽擊敗世界排名第三的柯瑞亞 (Guillermo Coria)，成為第一位直接晉級四大公開賽會內賽的男子選手；王宇佐也同時在會外賽中連勝三場打進溫布頓公開賽。盧彥勳並且取得參加 2004 年雅典奧運網球項目的資格。是國內男子網球選手在國際賽會中獲得的最佳成績。這兩位選手在青少年時期就屢獲佳績，2000 年加拿大青少年公開賽中王宇佐榮獲單打冠軍、盧彥勳單打季軍。2001 年王宇佐贏得澳洲公開賽青少年組男子單打亞軍；溫布頓青少年組單打季軍。

網球運動員開始訓練年齡男子 7~8 歲，12~14 開始專項訓練，22~27 歲時達到最佳成績（林正常、蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳，2004）。運動訓練的目的是為了應付比賽時的各項生理需求，而網球比賽時需不停來回移動擊球，比賽時間長短及對手實力，皆可能影響選手的生理反應而降低運動技術的表現。為了在每一球進行時皆能在一能量供應充分的狀態下進行，每球之間的能量再補充是決勝的重要因素（Chandler,

1995)。根據 Fox (1984)、Richer (1995)、Dal Monte (1983) 等學者在研究中指出，網球運動的生理代謝特徵為接近 70% 的能量來自於 ATP-PC 與乳酸系統，20% 由乳酸與有氧系統提供，10% 仰賴有氧系統。而在 Bergeron 等人 (1991)、Chandler (1991)、Richer (1995) 和楊孟龍 (1999) 等學者的研究也指出網球是一種短時間、高強度的間歇運動，短暫的恢復能力（無氧非乳酸的恢復能力），是網球運動的專項耐力。Weicker 等人 (1994) 的研究中指出無氧非乳酸的恢復能力是依據運動員本身的有氧能力而定。利用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，使提升有氧運動能力。因此良好的有氧訓練，也能相當程度的提升無氧能力（林正常等人，2004）。

心跳率是反映人體生理機能最容易測定的指標，也是體育和訓練中最有用和最容易獲得的反應身體機能狀態的指標。林正常 (1991) 在研究中提出無氧閾值不但可以因訓練而提昇，以無氧閾值的強度，做為耐力性運動訓練的負荷基準，相當有效。個人的無氧閾值可以直接測量血乳酸濃度而得，或是採非侵體性的換氣參數及換氣無氧閾值，但是兩者都必須在運動生理相關的實驗室才能測得，而無氧閾值的心跳率可作為有氧訓練時的指標。本研究的研究對象是國小學童，而且實驗是在實驗室外進行；因此採用 Hollmann 等人 (1978) 所提出的閾值心跳率做為國小網球選手耐力訓練時強度設定的指標。心肺功能採用 Cooper-Test 12 分鐘跑走為檢測的項目；網球專項測試是以 Christian Fust (1999) 發球機移位擊球的方式進行。網球技能檢測的方式必須實際接近網球比賽的情境（翁梓林、黃崇

儒，1998)。除了基本的擊球技術，測試時必須考慮到網球運動的特性及所使用的能量系統才能診斷出網球選手專項能力。

本研究是依據閾值心跳率為運動強度指標，以持續跑的方式進行五週、每週三次，每次二十分鐘的有氧耐力訓練。經過五週的耐力訓練後進行後測(訓練效果評估)，後測是依據Neumann(1991)生理適應原理，人體的適應週期為4-6週。結合基礎體能與專項能力的診斷為網球選手提供訓練時準確的劑量，在國外的研究中已受到相當的重視與肯定，可是目前國內相關的研究付之闕如。因此瞭解國小網球選手耐力訓練對專項能力表現的影響，是本研究首要的動機，透過研究結果以作為網球教練訓練的參考。

第二節 研究目的

本研究是依據閾值心跳率為運動強度指標，以持續跑的方式進行五週、每週三次，每次二十分鐘的有氧耐力訓練。針對國小網球選手的 Cooper-Test(12 min 跑)、折返跑(恢復心跳率)、網球專項擊球失誤率，探討耐力訓練前、後之差異。

本研究目的如下：

- 一、探討網球選手在五週耐力訓練前、後有氧能力之差異。
- 二、探討網球選手在五週耐力訓練對提升專項耐力(無氧非乳酸能力)之效果。
- 三、探討網球選手在五週耐力訓練後降低擊球失誤率之效果。

第三節 研究範圍與限制

- 一、本研究是以九十三學年度十二位彰化市南郭國民小學五、六年級網球隊選手為受試對象，對於不同地區、不同學校、不同年級的推測也許受限。
- 二、對於受試者在測試過程中全力配合之動機強弱只能以口頭鼓勵，無法監測。

第四節 名詞解釋

- 一、心跳率：心跳率為單位時間心臟跳動之頻率。心跳率可以反映出身體對於運動負荷的感受，與運動強度成直線關係，故可以心跳率為運動強度的指標。在本研究中所指之心跳率為受試者測試時，以 Polar 心跳監測器所測得之數值，單位為 min^{-1} 。
- 二、閾值心跳率：安靜 $\text{HR} + (220 - 3/4 \text{ 年齡} - \text{安靜 HR}) \times 0.6$ (Hollmann et al. 1978)。
- 三、專項能力：本研究所指的專項能力是折返跑的恢復心跳率與網球專項擊球測試的失誤率。
- 四、擊球失誤率：本研究的擊球失誤率是指受試者在完成網球專項擊球測試的失誤球數除以擊球數，並以百分比表示。
- 五、耐力訓練：本研究是依據閾值心跳率為運動強度指標，以持續跑的方式進行五週、每週三次，每次二十分鐘的有氧耐力訓練。

第貳章 文獻探討

本章共分成二個部分進行探討，其內容分別為：一、有氧耐力訓練之相關文獻；二、網球專項能力之相關文獻。

第一節 有氧耐力訓練之相關文獻

本節共分成四個部分進行探討，其內容分別為：一、心肺功能的定義；二、心肺功能檢測方法；三、心肺功能訓練的強度；四、兒童耐力訓練之相關文獻。

一、心肺功能的定義

心肺功能通常被認為是健康體適能 (Health-related Physical Fitness) 要素中最重要的一項。它所代表的是身體氧氣供輸系統 (Oxygen Supply System) 能力的優劣。具體而言，其所涉及範圍包括：心臟、肺呼吸及血液循環系統的機能，亦指大肌肉群在一特定運動強度下 (AAHPERD, 1984; Hockey, 1973) 長時間持續工作的能力。經學者研究發現人體心肺功能約從 16 歲起逐漸衰退，至 25 歲後每年約喪失 1% 的能力，而規律運動者則可有效預防心肺功能逐年遞減的狀況 (Haskell, 1988; McArdle et al., 1991)。因此，在健康上特別受到重視。心肺適能又稱心血管循環耐力 (Cardiovascular Endurance)、心肺能力 (Cardio-respiratory Capacity)、循環適能 (Circulatory Fitness)、

或有氧適能(Aerobic Fitness)等，其內容大致是相同的。評量心肺功能，最具代表性的數據是個人的最大攝氧量。最大攝氧量值愈大，代表有氧能力愈強，心肺耐力適能愈佳(陳朝煌，1992)。

二、心肺功能檢測方法

最大攝氧量及運動持續時間為最準確可靠的心肺功能評估指標(Wenger & Macnab, 1976; American College of Sport Medicine, 1995)。最大攝氧量是指一個人在海平面上，從事最激烈的運動下，組織細胞所能消耗或利用之氧的最高值(林正常，1997)。是運動生理學研究中，應用最廣、使用最為頻繁的有氧運動能力，心血管循環耐力或心肺功能之最重要指標(鄭安城、林正常，1993)。Astrand和Ryhming(1954)以固定腳踏和登階運動實施最大攝氧量測驗發現負荷強度、運動心跳率和氧攝取量呈線性相關，即當心跳達於125-170bpm，運動5-6分鐘身體達穩定狀態時可測得最大攝氧量。而Cooper(1970)實施6-20分鐘不同時間跑走測驗，結果發現12分鐘跑走是測量有氧運動能力的有效方法之一。莊文傑(1997)以71名專科女生探討800公尺、1500公尺、12分鐘跑走、1.5哩跑走共四項心肺耐力測驗相關，並以自覺量表探討疲勞程度。結果發現：四項成績的相關都達顯著，可見12分鐘跑走可評估心肺功能。藍彩謙(1999)應用運動場地跑走法，測驗男生92人，項目為1600公尺、3000公尺、2哩、12分鐘跑走，測驗女生84人，項目為800公尺、1500公尺、1.5哩及12分鐘跑走等，資料經統計分析結果提出，男性測試跑步應以12分鐘或1.5哩為代

表，女性則應以 12 分鐘或 1 哩距離為佳。Disch 等人(1975)認為實驗室內所測得的最大攝氧量是最好的方法，但因這種直接測得的方式不但需昂貴的設備外，而且費時費事不易測驗。運動現場用跑步距離測驗非常普遍，因此 Disch 等人(1975)以 60 位大學生為對象，進行 50 碼、100 碼、.50 哩、.75 哩、1 哩、1.25 哩、1.50 哩、1.75 哩、2 哩、及 12 分鐘跑走的測驗等項目是可以用來評估心肺功能。人體的心跳率可以反映出身體對於運動負荷的感受，與運動強度成直線關係，故可以心跳率為運動強度的指標。因此本研究採用 Cooper-Test 12 分鐘跑走為心肺功能的檢測項目。

三、心肺功能訓練的強度

運動訓練的強度因年齡、性別、體能水準等條件，限制運動的方式與運動目標及從事運動訓練閾值（American College of Sport Medicine, 1991）。自 1991 年以後，美國運動醫學會建議訓練心肺功能的強度範圍，應介於最大攝氧量的 40% 至 85% 之間。ACSM（1995）公佈的資料，將心肺功能訓練的強度範圍，修訂為介於最大攝氧量的 50% 至 85%；體能水準較差者，可選擇 40% 至 50% 最大攝氧量的強度。Klinzing 和 Hazelton (1982) 是以最大心跳率的 70% 至 85% 為訓練強度，評估心血管循環功能的訓練效果。Wilmore & Costill (1994) 認為心肺功能的訓練強度，至少應為最大攝氧量的 60% 以上。Hollmann 等人(1978) 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 min^{-1} 表示差； $130-120 \text{ min}^{-1}$ 表示不好；

120-115 min^{-1} 表示好；105-100 min^{-1} 表示非常好；100 min^{-1} 以下表示高競技運動能力。

四、兒童耐力訓練之相關文獻

無氧閾值被認定為運動中氧氣無法充足的運送至肌肉的臨界點，訓練強度達到但不超過無氧閾值，被認為是刺激氧輸送能力提升的最佳強度。謝伸裕等人（2002）指出兒童需要較高於成年人的訓練心跳率以促進有氧適能的發展。Tanaka 和 Shindo（1985）發現 10-11 歲及 12-13 歲男生達無氧閾值的平均心跳率分別為 185 min^{-1} 及 173 min^{-1} ，Roland 和 Green（1989）以 12 位月經前的女生為受試者，觀察他們在漸增強度運動中的無氧閾值心跳率，平均在無氧閾值時的心跳率為 171 min^{-1} 。Washington 等人（1988）指出男生和女生的無氧閾值的平均心跳率分別為 169 min^{-1} 及 167 min^{-1} 。謝伸裕等人（2002）則認為 8-13 歲男生的無氧閾值的心跳率約為 177 min^{-1} ，並指出受試者年齡在 11-13 歲之間，以不同強度的訓練六週，強度分別為 170-180，150-160，130-140 min^{-1} 的心跳率。結果只有強度最高的一組有顯著增加最大攝氧量。從以上資料可以看出兒童達到無氧閾值時的心跳率平均約為 85% 最大心跳率。本研究以閾值心跳率設定有氧耐力訓練的強度，訓練時的心跳率在閾值心跳率 $\pm 5 \text{ min}^{-1}$ 的範圍。

五、小結

心肺功能是指心臟輸送血液與氧氣至全身的能力。在耐力性有氧運動開始 4-6 週左右，身體便會做出適應：心臟輸出量增加，血漿容量增加，身體血液容量增加，血紅素總量增加 (Koch & Rucker, 1980)。受過訓練的青少年，心肌質量和心臟容量會提高 (Lengyel & Gyarfas, 1979)。在持續的中強度運動後，人體會反映出心跳率降低，心臟血液輸出量增加 (Stewart & Gutin, 1976)，由於紅血球數量增加，增進氧傳送能力，增加最大攝氧量及有氧系統的能量供應較為充裕 (卓俊辰, 1998)。心肺功能的發展，運動強度需考量年齡、性別、體能水準及安全的前提下來運動。



第二節 網球專項能力之相關文獻

本節共分成三個部分進行探討，其內容分別為：一、網球運動的能量供應系統之相關文獻；二、網球運動中心跳率之相關文獻；三、網球測驗方法之相關文獻。

一、網球運動的能量供應系統之相關文獻

網球是屬於間歇性、短時間、高強度的運動模式，在球與球之間有短暫時間可供球員休息，整體比賽時間可從一小時至五小時不等。由於網球運動型態屬於非循環性的運動類型，在針對其能量系統進行的研究中就必須考量較多的因素。能量產生的方式可分為三個系統：ATP - PC 系統、無氧乳酸系統及有氧系統 (McArdle, Katch, & Katch, 1991)，依據 Fox 等人 (1989)；McArdle 等人 (1991)；Miller (1992) 提出運動中能量系統所佔的比例，視運動的型態而定。相同的，網球比賽中，無論在任何場地，其選手能量系統所佔的比例亦不同，根據 Richer(1995)的研究中顯示，在草地球場上 ATP-PC 系統約佔超 80%，而無氧乳酸系統及有氧系統皆不超 10%，且有氧佔的比例更低；在硬地球場上 ATP-PC 系統佔將 75%、而無氧乳酸系統佔超 15%，有氧系統不超過 10%，在紅土球場上 ATP - PC 系統約 70%，而無氧乳酸系統佔超過 20%，有氧系統則不超過 10%。Seliger, 等人(1973)認為網球單打比賽 88%來自有氧系統，然而 Fox(1979)卻認為應該只 30%。Seliger 等人(1973)在一項網球結合生理學的研究中，以十分鐘的比賽為模式，每位受試者在測試中穿戴著道格拉斯袋(Douglas bags)進行採氣，

發現十分鐘的測試比賽中，估計約有 88% 的能量來自於有氧系統，而 12% 的能量來自無氧系統，平均心跳率達每分鐘 143 min^{-1} ，範圍自 132 min^{-1} 至 151 min^{-1} 之間，攝氧量之範圍為 24-28 ml/kg/min ，並達到最大有氧能力的 50%。但是 Bergeron 等人(1991)及 Therminarius 等人(1991) 結合心跳與血液中代謝產物，並經由 Chrismass 等人(1998)以實地的改良方式，進行網球場上實際測量及實驗室測量二部分，分析能量系統發現，網球運動的主要能量系統為 ATP-PC 系統為主。測試過程中休息時間必須配合 ATP-PC 系統的恢復，Fox 等人(1989)提出的磷化物(CrP)，其恢復非常迅速可在 30 秒內達到 70%，在 3-5 分鐘後可以再填滿。ATP-PC 系統可供應個體在 10-15 秒內作業時的能量來源，運動耗竭後，20 秒內有 50% 的 ATP 獲得再補充，40 秒時有 75% 的 ATP 獲得補充，60 秒時有 87% 的 ATP 獲得再補充(Fleck & Kraemer, 1987)。Chandler (1995)的研究指出為了在每一球進行時皆能在能量供應充分的狀態下進行，每球之間的能量再補充是決勝的重要因素。

二、網球運動心跳率之相關文獻

心跳率常用來作為間歇運動的運動強度指標(林正常，2002；Bergeron et al, 1991；Reilly & Palmer, 1993)。國外學者 Seliger 等人在 1973 年曾以 16 位男子網球選手，進行十分鐘比賽，發現網球比賽中的平均心跳率為 $143.0 \pm 13.9 \text{min}^{-1}$ 。Morgans 等人(1987)以 17 位每週進行三次網球訓練的男性運動選手（ 31.4 ± 7.3 歲）為研究對象，發現其最大心跳率為

187.9±11.1min⁻¹，單打時的平均心跳為 154.1±16.9min⁻¹，雙打時平均心跳為 130.0 ±16.6min⁻¹。若以百分比來看，單打約佔最大心跳率的 82%、而雙打則佔 70%。本研究的 17 位男子網球選手進行單打與雙打比賽發現，在一個小時的單打比賽期間平均心跳率達到最大心跳率的 61%，但是在雙打比賽中，卻只有達到最大心跳率的 33%。Christmas 等人(1998)以十四位程度為州級的男子網球選手研究其運動強度，以八位進行網球場地實際測量，另七位則進行實驗室測量，其結果發現發現，實際網球場測量之最大心跳率達 189±3min⁻¹；實驗室測量之最大心跳率為 193±4 min⁻¹。Bergeron 等人(1991)的研究中，以大學第一級男性網球選手為對象發現，在八十五分鐘的比賽中其心跳率只有 144.6±13.2min⁻¹，每球平均時間為 3-8 秒，休息時間為 20-25 秒。Smekal 等人(2001)以 10 場各 50 分鐘的比賽中，監測網球選手的最大心跳率為 151±19min⁻¹；防守時平均心跳率為 158±16 次/分；進攻時平均心跳率為 145±16min⁻¹，顯示運動強度也並不高。Dowson 等人(1985)以八位大學網球選手為研究對象，發現最大心跳率為 192±11min⁻¹，此結果為所有文獻之最高值。

三、網球測驗方法之相關文獻

網球運動技能測驗，大部分的網球教練與體育老師最先是採用 Dyer (1935) 所提出的牆板 (Backboard) 測驗方法。其方法是受試者在 20 呎的牆板，並從落地算起 3 呎之網高，以落地反彈擊球或截擊的方式，連續對牆擊球 30 秒，來測驗網球的

技能水準。1938年 Dyer 修正牆板測驗，在距離牆板五呎處位置增加一條限制線，主要是防止受試者距離目標太近；結果發現以截擊方式擊球比反彈著地擊球更能獲得高分。Hewitt (1965) 再對 Dyer 的牆板測驗提出修正，將規定的擊球線至目標區加長至 20 呎，受試者在規定的區域作發球和自拋自打的正手拍著地擊球；結果發現兩項測驗與排名順序達顯著相關。

Broer-Miller (1950) 兩人針對網球板牆測驗是以牆作為目標，以不同的落點給予計分的一種方法。測驗內容有別於真正比賽，因此設計出網球成就測驗 (Achievement Tests)，除了學科測驗外，將受試者依照能力分成初學與中級兩組，參與術科測驗。在由地面算起的球網上七呎處掛有一條限制線，以自拋自打的方式正、反手擊球共十四次，球必須通過球網致限制線的有效範圍內、並依有效區域的分數設定給予計分。Hewitt (1966) 依照 Broer 和 Miller 設計網球成就測驗，以發球機或發球的方式發展出另一種網球測驗方式，受試者站立於球場底線用正、反手著地擊球。結果發現此測驗方法可精確測出不同等級的網球正、反手著地擊球準確性，亦可測出發球準確性及發球速度。

基於網球技能測驗的內容及實施程序必須符合真實性、客觀性與標準性的論點，Purcell (1981) 利用氣壓式發球機研究網球初學者正反拍著地擊球之控制能力與揮拍穩固性。每位受試者完成正、反拍著地擊球各十次，每次測驗時發球機之球速發球角度及方向皆校正至同一範圍；此測驗的信、校度經考驗達 .83，適用於測驗正、反手擊球準確性評估；最重要的是測驗的方法與實際網球比賽相類似。

Christian Fust (1999) 以跑步機與網球發球機測試，針對

十二位受試者進行基礎能力檢測與網球專項能力檢測。網球專項能力檢測是在球場做移位擊球，共需完成正、反拍著地擊球 64 次，64 個擊球動作分成四個 Set，每個 Set 完成 16 個球，Set 之間休息 4 分鐘採血與測量心跳率。每個 Set 分成 4 組，每組完成 4 個球（正、反拍各兩球），組間休息 30 秒測量心跳率並記錄每個 Set 擊球失誤總數。每次測驗時發球機之球速發球角度及方向皆校正至同一範圍；在測試過程中採血後做乳酸分析。結果受試者在網球擊球失誤率與血乳酸值濃度呈現顯著相關（ $R=.677$ ）。此測驗最重要的就是測試的內容是模擬比賽的情境設計，並且以網球專項的能量系統（無氧非乳酸）輸出為考量，測試時的運動休息比約為 1：3 與網球實際比賽相當接近，能有效診斷網球選手的專項能力。



四、小結

綜合以上文獻探討發現網球為短時間、高強度的運動特性，參與的能量代謝系統約有 70%來自無氧非乳酸系統、20%來自無氧乳酸系統，10%來自有氧系統。而網球單打比賽時心跳率約為最大心跳率的 61%-82%之間。網球測試的方法必須是接近實際比賽，才能有效診斷網球選手的專項能力。

第叁章 研究方法

本章主要目的在說明本研究的研究對象、實驗時間與地點、實驗儀器的使用、測試的程序、及資料分析方法，共分爲五節，分別敘述如下：

第一節 研究對象

本研究以九十三學年度彰化市南郭國小網球隊 12 位五、六年級自願的男學童爲研究的受試者。受試者參與實驗前須詳閱受試者須知，並由研究者告知實驗流程及注意事項，並簽署同意書（如附錄一）。所有受試者基本資料如下表：

表 3-1 受試者基本資料

| 摘要 | 年齡(歲) | 身高(公分) | 體重(公斤) | 訓練年數 |
|-----|-------|--------|--------|------|
| 平均數 | 11.4 | 147.75 | 43.98 | 1.5 |
| 標準差 | 0.64 | 8.31 | 11.05 | 0.18 |
| 最大值 | 12 | 160 | 61 | 1.8 |
| 最小值 | 10.2 | 132 | 27 | 1.4 |

第二節 測驗時間與地點

一、預備實驗時間與地點

(一) 時間：93 年 12 月 1 日

(二) 地點：彰化市南郭國小網球場、南郭國小操場。

二、正式實驗時間與地點

(一) 時間：93 年 12 月 6 日至 94 年 1 月 7 日

(二) 地點：彰化市南郭國小網球場、南郭國小操場。

第三節 研究設計

本研究旨在探討國小男生網球選手經過五週耐力訓練後對網球專項能力的影響，針對彰化市南郭國民小學網球隊五、六年級男生共計 12 位，受試者完成基礎耐力測試 Cooper-Test (12min 跑)，專項耐力測試；網球專項擊球測試。所得之資料，以 SPSS for Windows 10.0 中文版統計軟體為工具，以描述性統計表示受試者各項測驗結果，以相依樣本 t 考驗比較訓練前後之差異。實驗流程包括前測，正式實驗與後測，主要內容如(圖 3-1)。

實驗流程

受試者說明會

1. 說明實驗目的，召集自願參與者
2. 解釋實驗流程及時間安排
3. 填寫家長同意書
4. 填寫健康問卷
5. 建立基本資料



前測

1. 基礎耐力測試 Cooper-Test (12min 跑)
2. 專項耐力測試 網球場單打線折返跑
3. 網球專項擊球測試
(基礎測試與專項測試需間隔三天)



進行五週耐力訓練

負荷強度 閾值心跳率
安靜 HR + $(220 - 3/4 \text{ 年齡} - \text{安靜 HR}) \times 0.6$
訓練方式 持續跑
訓練時間 二十分鐘
訓練頻率 每週三次



後測

1. 基礎耐力測試 Cooper-Test (12min 跑)
2. 專項耐力測試 網球場單打線折返跑
3. 網球專項擊球測試
(基礎測試與專項測試需間隔三天)



統計資料分析

圖 3-1 實驗流程圖

第四節 檢測項目與方法

一、有氧能力測試如表 3-2 所示其步驟為：

- (一) 測試前先熱身 10 分鐘。
- (二) 受試者戴上 Polar 錶在 200 m 運動場完成 Cooper-Test。
- (三) 登記 Cooper-Test 成績 (m) 及心跳率。

表 3-2 Cooper-Test 測試

| | |
|---------|-----------------------|
| 總負荷 | Cooper-Test (12min 跑) |
| 成績登記 | 登記 12min 跑的距離 |
| 紀錄心跳率時間 | 1. 12min 跑測試前 |
| | 2. 12min 跑測試後 |
| | 3. 測試後 5 分鐘 |

二、專項耐力測試如表 3-3 所示其步驟為：

- (一) 測試前先熱身 10 分鐘。
- (二) 受試者戴上 Polar 錶站於硬地網球場單打線旁預備。
- (三) 完成三個 Set 折返跑，每 Set 在單打線之間的距離以最大的速度往返三次 ($3 \times 8.2\text{m}$)。
- (四) 結束後登記成績 (秒) 並登記運動後心跳率及休息 30 秒恢復心跳率。

表 3-3 網球專項耐力測試

| | |
|----------|------------------------------|
| 總負荷 | 3Set |
| Set | 1Set= $3 \times 8.2\text{m}$ |
| Set 休息時間 | 30 秒 |
| 紀錄心跳率時間 | 1. 每個 Set 測試前 |
| | 2. 每個 Set 測試後 |
| | 3. 全部測試後 5 分鐘 |

三、 網球專項擊球測試如表 3-4 所示其步驟為：

- (一) 受試者戴上 Polar 錶，測試前先熱身 5 分鐘並可練習 4 球。
- (二) 受試者站於底線中央處，以正、反手移位著地擊球方式回擊從發球機發出來的球，每球間隔約 3 秒。
- (三) 每個組完成 4 個球，第一、三球為正手、第二、四球為反手擊球。
- (四) 網球專項能力測試需完成四個 Set 共 64 個擊球動作。
- (五) 記錄每個組心跳率與回擊球失誤總數，回擊球有效區在對角的接球線、底線與單打線、中線之間（如圖 3-2）所示。

表 3-4 網球專項擊球測試

| | |
|----------|---------------------------|
| 總負荷 | 4Set (64 個擊球動作) |
| 強度 | 1 組約 10.2 秒完成 |
| 組 | 1 組=4 球 (正手拍 2 球，反手拍 2 球) |
| 組間休息時間 | 30 秒 |
| Set | 1Set=4 組 (16 個擊球動作) |
| Set 休息時間 | 4 分鐘 |
| 紀錄心跳時間 | 1. 每組測試前 |
| | 2. 每組測試後 |
| | 3. 全部測試後 5 分鐘 |
| 擊球失誤登記 | 每組登記失誤球 (回擊球是否進有效區) |

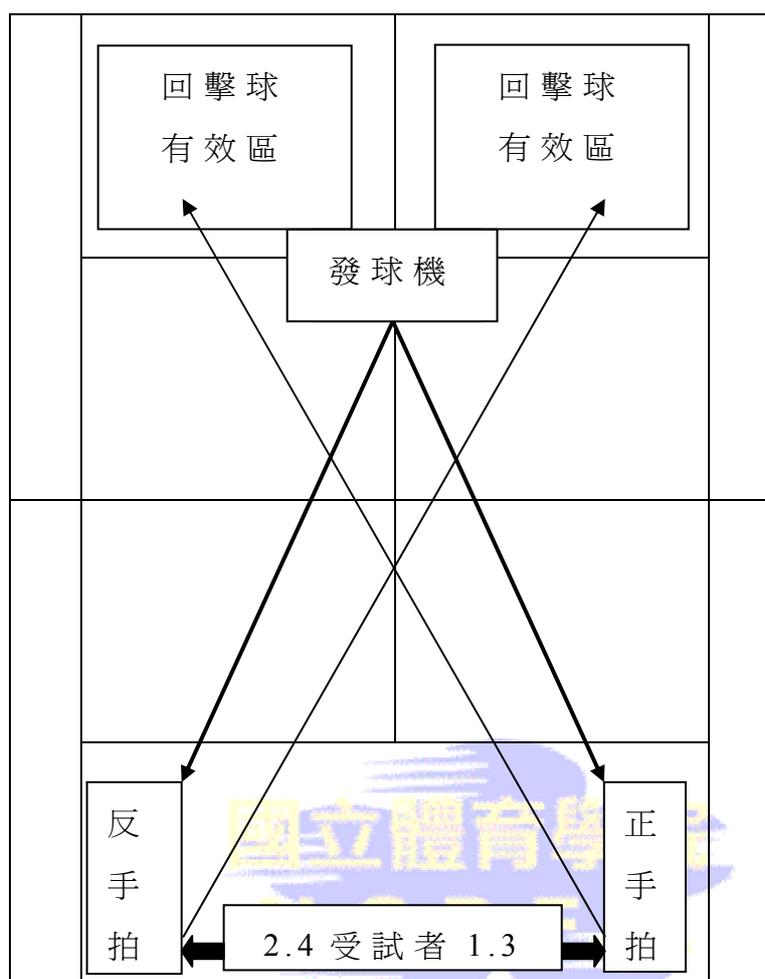


圖 3-2 網球專項測試場地圖

第五節 測試器材與場地

- 一、6000 型 Polar 錶
- 二、皮尺
- 三、碼表 6 個
- 四、Wilson 網球 60 個
- 五、網球發球機一台
- 六、硬地網球場
- 七、200 m 運動場

第六節 資料處理

本研究以 SPSS for Windows 10.0 中文版作統計分析，統計方法如下：

- 一、以描述性統計（平均數、標準差）表示受試者各項測驗結果。
- 二、以相依樣本 t 考驗比較國小網球選手的 12 分鐘跑、折返跑、網球專項擊球失誤率，探討耐力訓練前、後之差異。
- 三、實驗所得之各項數據採用 SigmaPlot 8.0 軟體進行直線回歸相關分析與圖形製作。
- 四、本研究的統計考驗水準 = .05。

第肆章 結果與分析

本章將所得結果分成基礎耐力 Cooper-Test 測試、專項耐力測試、網球專項擊球測試以及基礎耐力測試與網球專項能力測試之相關分析四部份，依序呈現並加上圖示及結果說明。

第一節 基礎耐力 Cooper-Test 測試

- 一、經過五週耐力訓練後 Cooper-Test 的距離，前測平均值為 $2044 \pm 168.85\text{m}$ 、最大值為 2208m 、最小值 1687m 。後測平均值 $2158 \pm 136.44\text{m}$ 、最大值為 2315m 、最小值 1848m ($p < .05$)，如圖 4-1 所示。

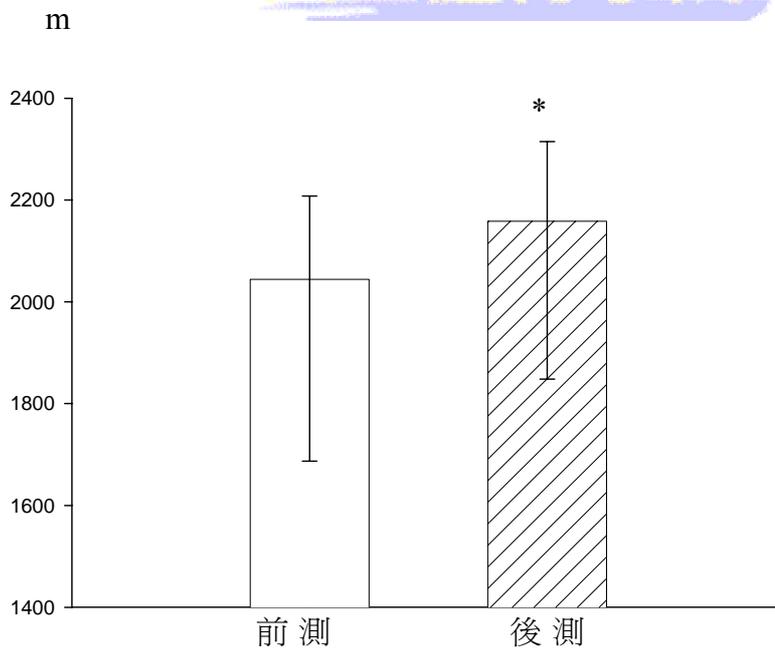


圖 4-1 Cooper-Test 的距離之平均數與標準差 ($p < .05$)

二、Cooper-Test 測試結束後 5 分鐘的恢復心跳率，前測恢復心跳率平均值為 $128 \pm 6.93 \text{ min}^{-1}$ ；最大值 139 min^{-1} 、最小值 119 min^{-1} 。後測恢復心跳率平均值 $117 \pm 5.33 \text{ min}^{-1}$ ；最大值 126 min^{-1} 、最小值 108 min^{-1} ($p < .05$)，如圖 4-2 所示。

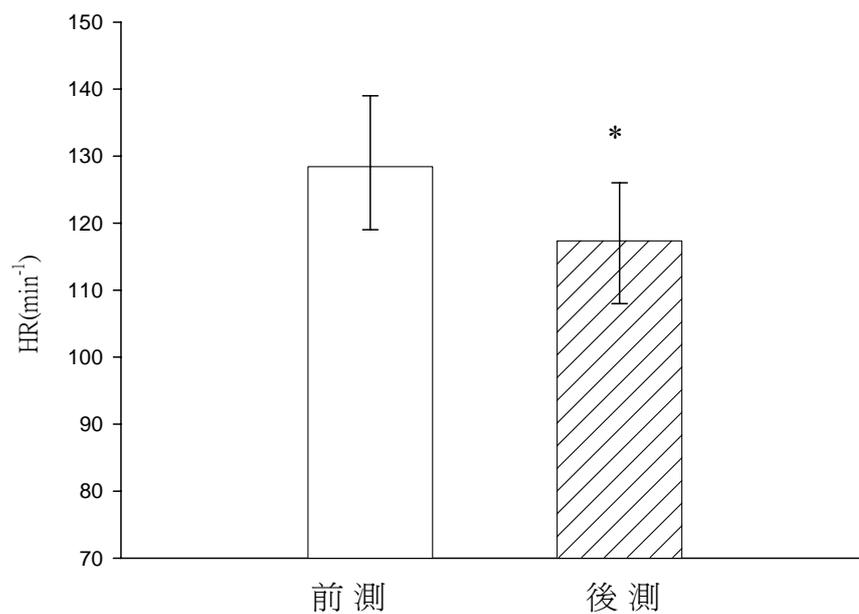


圖 4-2 Cooper-Test 結束後 5 分鐘恢復心跳率 ($p < .05$)

第二節 專項耐力測試

- 一、經過五週耐力訓練後折返跑（ $3 \times 8.2\text{m}$ ）測試的速度，前測平均值為 7.4 ± 0.46 秒；最大值 8.25 秒、最小值 6.92 秒。後測平均值 7.37 ± 0.37 秒；最大值 8.19 秒、最小值 6.86 秒，未達顯著變化（ $p > .05$ ），如圖 4-3 所示。

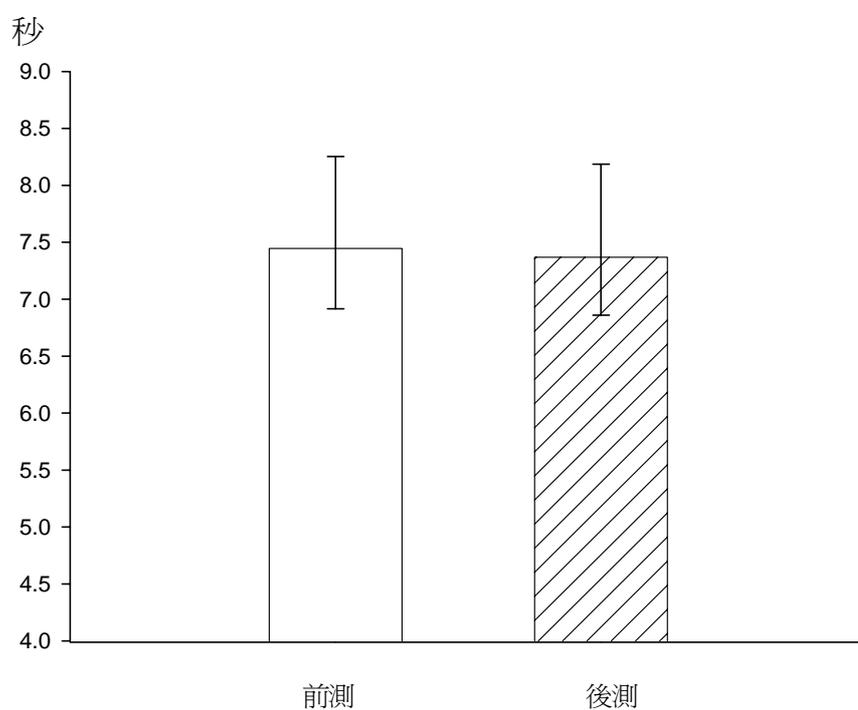


圖 4-3 折返跑測試速度（ $p > .05$ ）

二、折返跑測試結束後 30 秒的恢復心跳率，前測的恢復心跳率平均值為 $105 \pm 10.84 \text{min}^{-1}$ ；最大值 128min^{-1} 、最小值 90min^{-1} 。後測的恢復心跳率平均值為 $94 \pm 8.64 \text{min}^{-1}$ ；最大值 107min^{-1} 、最小值 74min^{-1} ($p < .05$)，如圖 4-4 所示。

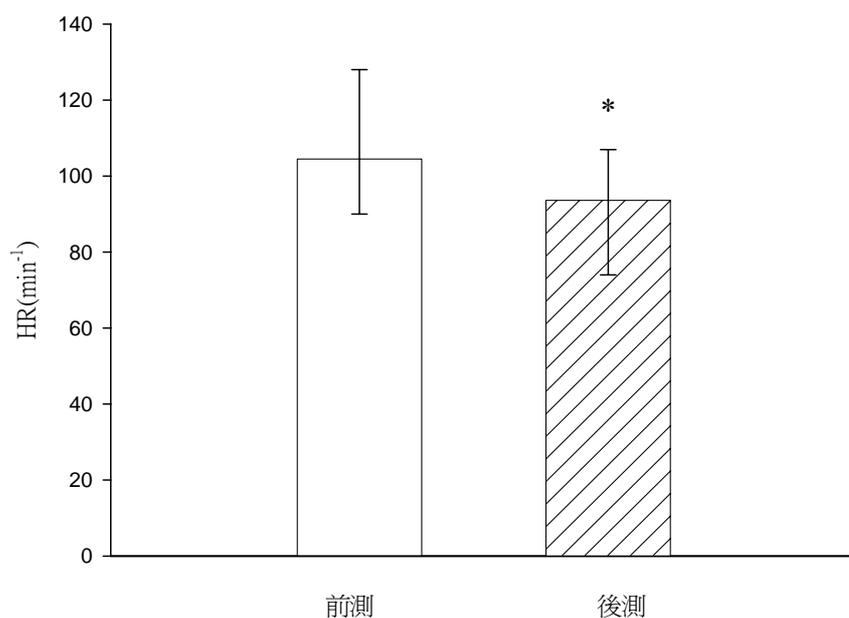


圖 4-4 折返跑測試結束後 30 秒恢復心跳率 ($p < .05$)

第三節 網球專項擊球測試

- 一、網球專項擊球測試經過五週耐力訓練後的擊球失誤率百分比，前測平均值為 $47 \pm 15.26\%$ ；最大值 73%、最小值 19%。後測平均值為 $34 \pm 5.55\%$ ；最大值 42%、最小值 28% ($p < .05$)，如圖 4-5 所示。

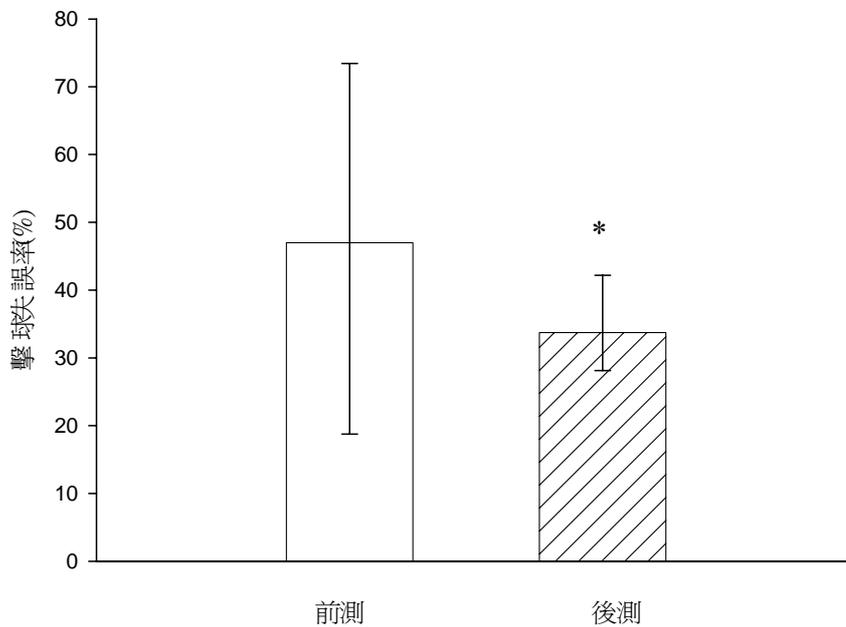


圖 4-5 網球專項擊球測試擊球失誤率 ($p < .05$)

二、網球專項擊球測試結束時的心跳率，前測心跳率平均值 $173 \pm 10.33 \text{ min}^{-1}$ ；最大值 191 min^{-1} 、最小值 153 min^{-1} 。後測心跳率平均值 $163 \pm 8.57 \text{ min}^{-1}$ ；最大值 173 min^{-1} 、最小值 149 min^{-1} ，($p < .05$)，如圖 4-6 所示。

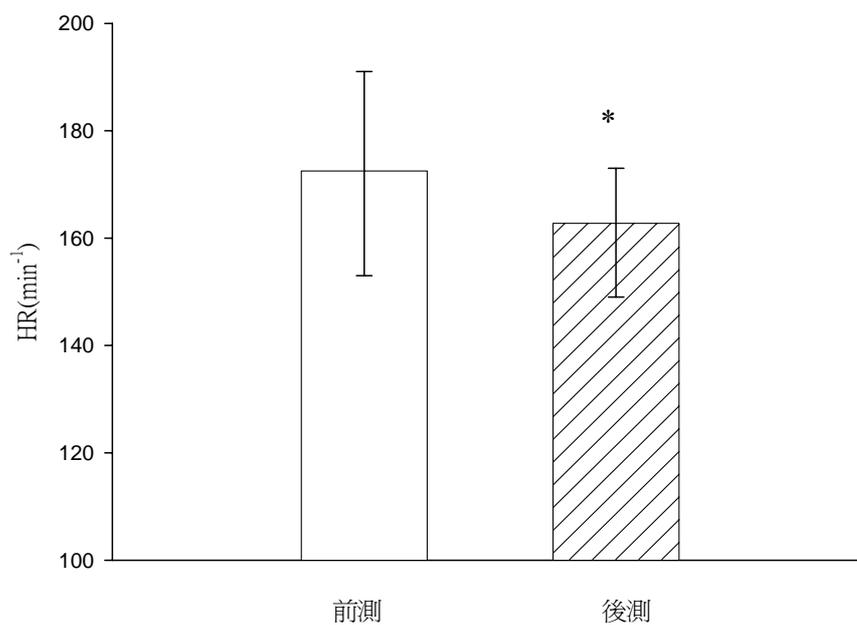


圖 4-6 網球專項擊球測試結束心跳率 ($p < .05$)

三、網球專項擊球測試每個 Set 的心跳率，前測心跳率平均值為 $167 \pm 1.79 \text{ min}^{-1}$ ；最大值 168 min^{-1} 、最小值 163 min^{-1} 。後測心跳率平均值為 $160 \pm 1.19 \text{ min}^{-1}$ ；最大值 161 min^{-1} 、最小值 158 min^{-1} ($p < .05$)，如圖 4-7 所示。

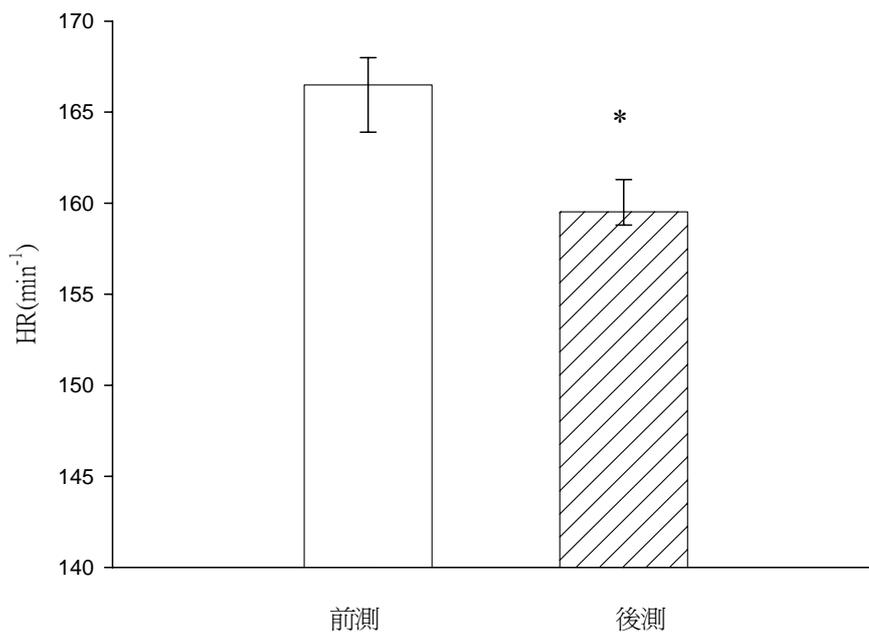


圖 4-7 網球專項擊球測試 Set 心跳率 ($p < .05$)

四、網球專項擊球測試結束後 5 分鐘的恢復心跳率，前測恢復心跳率平均值為 $111\pm 12.37\text{min}^{-1}$ ；最大值 132min^{-1} 、最小值 86min^{-1} 。後測恢復心跳率平均值為 $105\pm 14.98\text{min}^{-1}$ ；最大值 136min^{-1} 、最小值 88min^{-1} ($p > .05$)，如圖 4-8 所示。

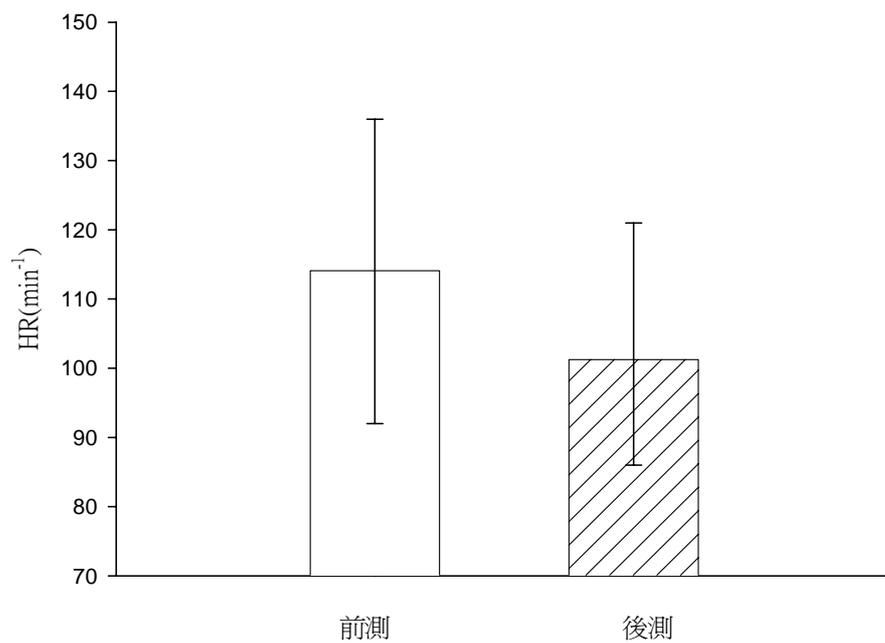


圖 4-8 網球專項測試結束後 5 分鐘恢復心跳率 ($p > .05$)

第四節 基礎測試與網球專項能力測試之相關分析

- 一、Cooper-Test(12 min 跑)與網球專項擊球測試的擊球失誤率的表現，經直線回歸相關分析發現 Cooper-Test 和網球專項擊球失誤率在前測時呈現負相關，相關係數為 0.5948。Cooper-Test 距離在 1687m 者擊球失誤率在 73%，距離在 2205m 者擊球失誤率在 32%，如圖 4-9 所示。

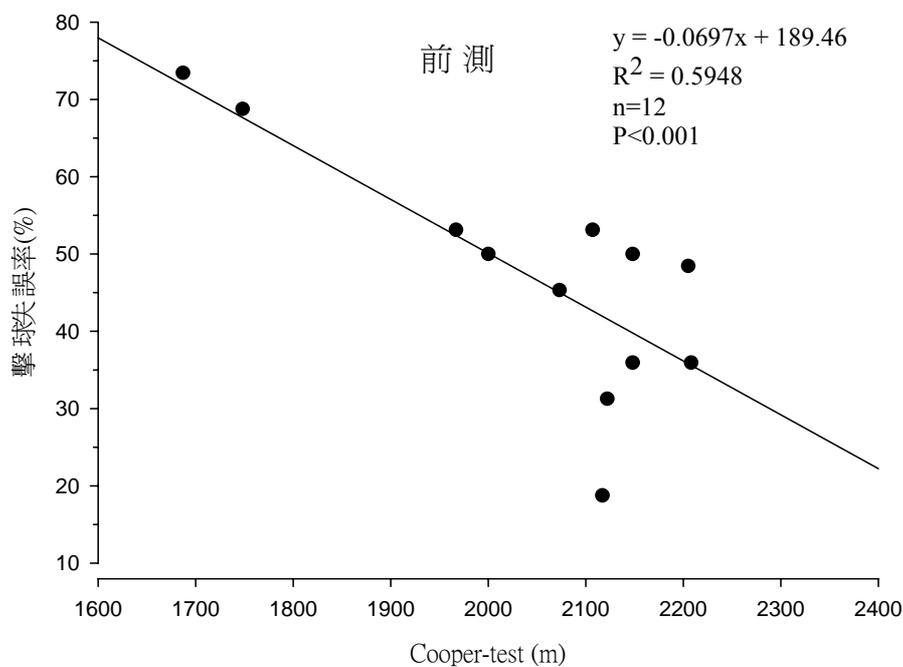


圖 4-9 Cooper-Test 與網球專項測試擊球失誤率前測之相關
($p < .05$)

二、Cooper-Test(12 min 跑)與網球專項擊球測試之擊球失誤率的表現，經直線回歸相關分析發現 Cooper-Test 和網球專項擊球失誤率在後測時呈現負相關，相關係數為 0.5021。Cooper-Test 距離在 1848m 者擊球失誤率在 42%，距離在 2315m 者擊球失誤率在 32%，如圖 4-10 所示。

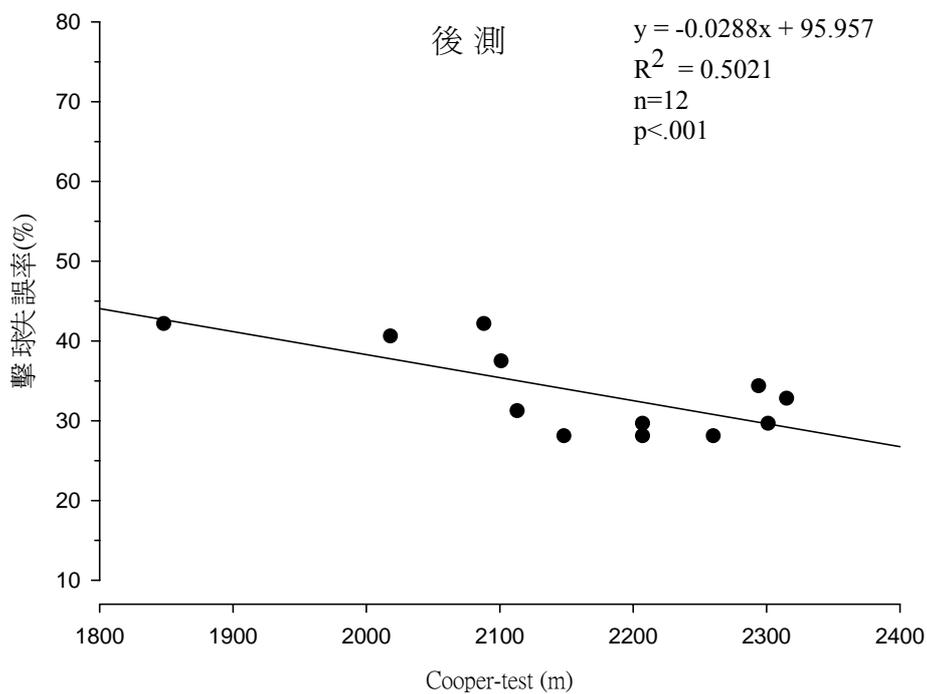


圖 4-10 Cooper-Test 與網球專項測試擊球失誤率後測之相關
($p < .001$)

三、Cooper-Test 與網球專項耐力測試折返跑恢復心跳率的表現，經直線回歸相關分析發現，Cooper-Test 和折返跑恢復心跳率在前測時呈現負相關，相關係數為 0.8017。Cooper-Test 距離在 1687m 者折返跑恢復心跳率 128min^{-1} ，距離在 2205m 者折返跑恢復心跳率 94min^{-1} ，如圖 4-11 所示。

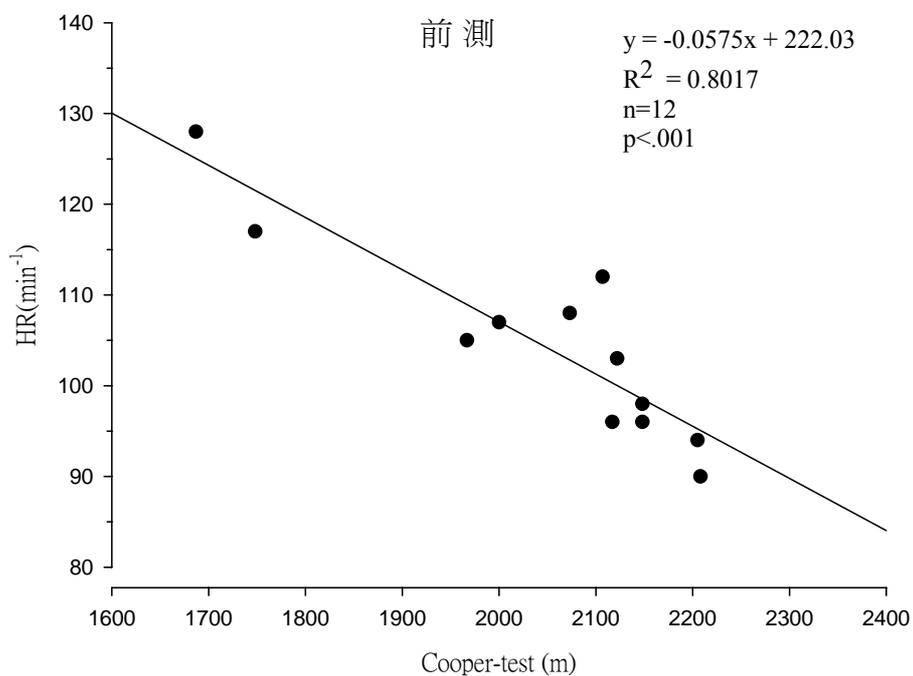


圖 4-11 Cooper-Test 與折返跑測試恢復心跳率前測之相關
($p < .001$)

四、Cooper-Test 與網球專項耐力測試折返跑恢復心跳率的表現，經直線回歸相關分析發現，Cooper-Test 和折返跑恢復心跳率在後測時呈現負相關，相關係數為 0.185。Cooper-Test 距離在 1848m 者折返跑恢復心跳率 94min^{-1} ，距離在 2315m 者折返跑恢復心跳率 96min^{-1} ，如圖 4-12 所示。

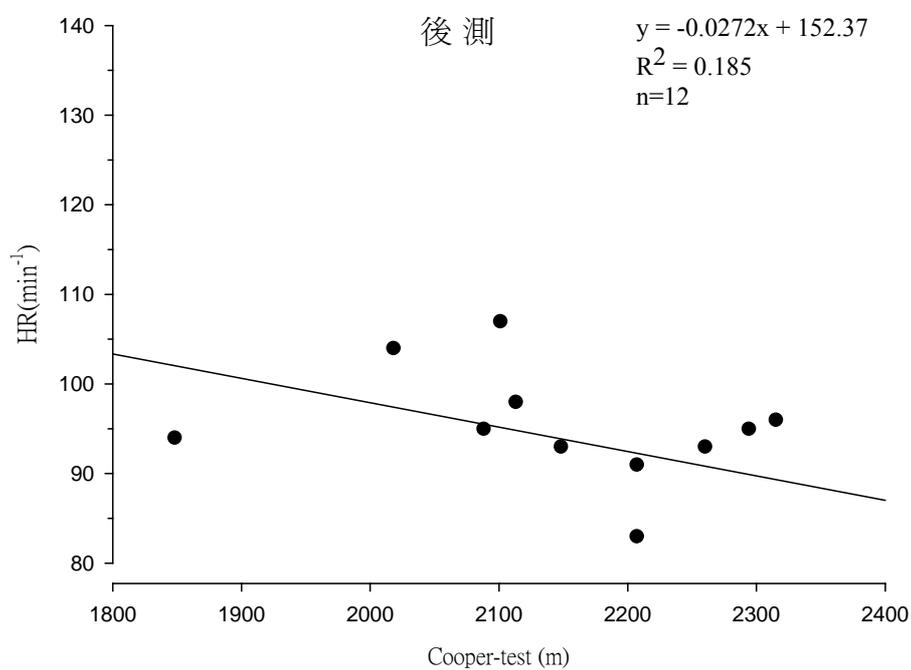


圖 4-12 Cooper-Test 與折返跑測試恢復心跳率後測之相關

五、網球專項能力測試之專項擊球失誤率與折返跑恢復心跳率的表現，經直線回歸相關分析發現，專項擊球失誤率和折返跑恢復心跳率在前測時呈現正相關，相關係數為 0.6154。網球專項擊球失誤率在 73% 者折返跑恢復心跳率每分鐘 128min^{-1} ，網球專項擊球失誤率在 35% 者折返跑恢復心跳率每分鐘 90min^{-1} ，如圖 4-13 所示。

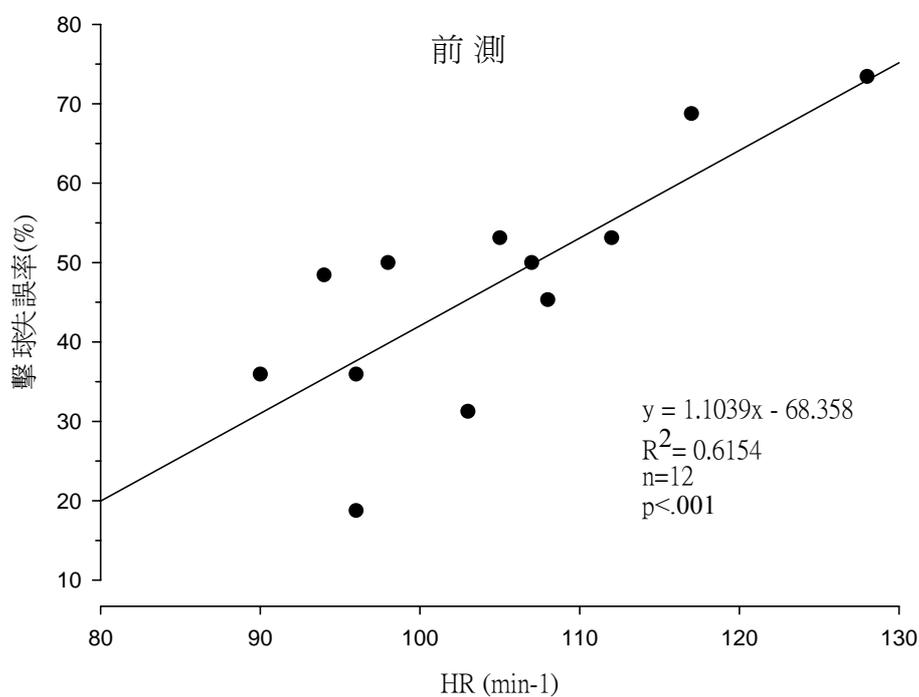


圖 4-13 網球專項擊球失誤率與折返跑恢復心跳率前測之相關
($p < .001$)

六、網球專項能力測試之專項擊球失誤率與折返跑恢復心跳率的表現，經直線回歸相關分析發現，專項擊球失誤率和折返跑恢復心跳率在後測時呈現正相關，相關係數為0.2842。網球專項擊球失誤率在37%者折返跑恢復心跳率每分鐘 107min^{-1} ，網球專項擊球失誤率在29%者折返跑恢復心跳率每分鐘 74min^{-1} ，如圖4-14所示。

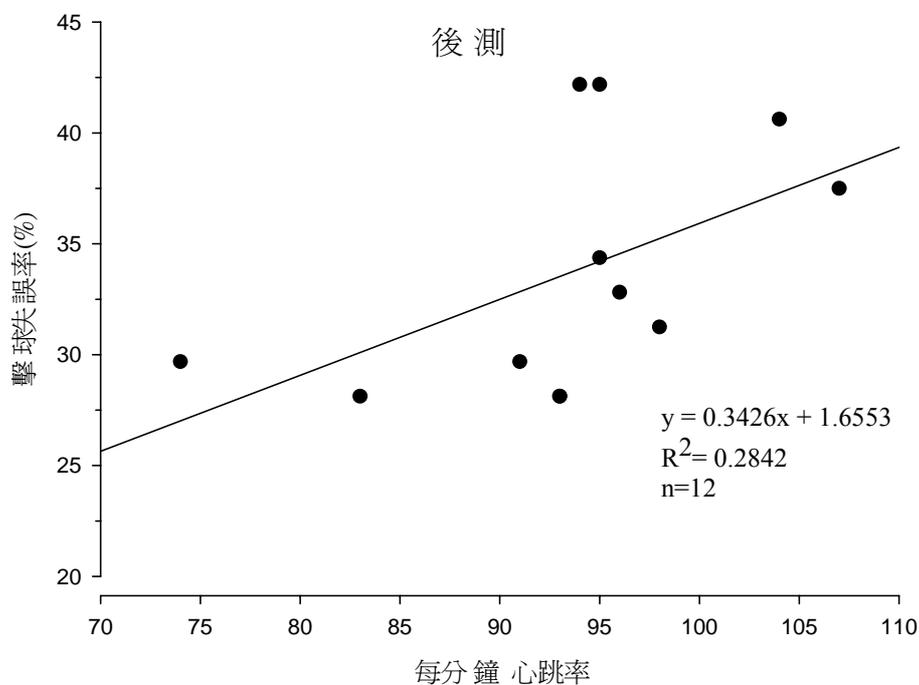


圖 4-14 網球專項擊球失誤率與折返跑心跳率恢復後測之相關

第五章 討論

本研究主要目的在於瞭解國小網球選手經過五週耐力訓練後有氧能力與專項耐力以及網球專項擊球失誤率，在耐力訓練前與耐力訓練後之差異情形。

第一節 基礎耐力 Cooper-Test(12 min 跑)測試

跑步是人體最自然的身體活動，不需要太高的技巧並且適合任何年齡層的人，只要控制跑步時的速度，就可以在設定的目標區間內運動，能夠有效增進心肺功能。本研究中國小網球選手以持續跑的方式經過五週的耐力訓練後 Cooper-Test 前測平均值為 $2044\pm 168.85\text{m}$ 、後測平均值 $2158\pm 136.44\text{m}$ ，成績明顯進步達到顯著水準（圖 4-1）。本研究結果與 Cooper (1970)、莊文傑 (1997)、藍彩謙 (1999)、Disch 等人 (1975) 是一致的。

Cooper-Test 結束後 5 分鐘的恢復心跳率，在前測的恢復心跳率平均值為 $128\pm 6.93\text{min}^{-1}$ ，後測的恢復心跳率平均值為 $117\pm 5.33\text{min}^{-1}$ ，後測比前測的恢復心跳率降低並達到顯著水準（圖 4-2）。依據 Hollmann 等人 (1978) 以最大運動結束後五分鐘之恢復心跳率評估訓練效果，前測 Cooper-Test 結束後 5 分鐘的心跳率恢復平均值介於 $130\text{-}120\text{ min}^{-1}$ 之間，表示不好的等級；後測 Cooper-Test 結束後 5 分鐘的心跳率恢復平均值介於 $120\text{-}115\text{ min}^{-1}$ 之間，表示好的等級。研究結果表示國小網球選手經過五週的耐力訓練後，有氧耐力與恢復心跳率的平均值有顯著提昇。結果表示實施五週的耐力訓練能有效改善國小網球選手心肺耐力，與黃文俊 (1999)、黃彬彬 (1998) 提出身

體活動量的增加有助於心肺耐力提昇的結果一致。亦與方進隆(1997)、卓俊辰(1998)、陳朝煌(1992)、龍田種(1995)、Koch 和 Rocker (1980)、Lengyel 和 Gyarfas (1979)及 Stewart 和 Gutin (1976)等多位學者所提出心肺耐力的增加是因為以持續跑為耐力訓練的方式是屬於全身性的大肌肉活動，對心肺耐力的改善應是合理的論點一致。

第二節 專項耐力測試

高水準的有氧能量不僅在訓練上很重要，而且能促進訓練與訓練之間以及訓練後的恢復。本研究中國小網球選手以持續跑的方式經過五週的耐力訓練後折返跑測試的速度，前測平均值為 7.446 ± 0.46 秒、後測平均值 7.37 ± 0.37 秒，成績雖然有進步但為未達到顯著水準（圖 4-3）。結果表示接受五週的有氧耐力訓練後生理產生適應作用，林正常（2004）的研究結果顯示在運動表現時的肌力與衝刺速度產生不變或產生些微的改善。因此速度並無顯著增加。但是在折返跑測試結束 30 秒的恢復心跳率，前測恢復心跳率平均值為 $105 \pm 10.84 \text{min}^{-1}$ ；後測的恢復心跳率平均值為 $94 \pm 8.64 \text{min}^{-1}$ （圖 4-4）。此結果表示國小網球選手經過五週的耐力訓練後，有助於無氧耐力的提昇。實施五週的耐力訓練讓國小網球選手身體產生生理適應，使心臟輸出量增加，血漿容量增加，身體血液容量增加，血紅素總量增加。卓俊辰（1998）；李劍如（1998）；Stewart 和 Gutin（1976）；Koch & Rocker（1980）；Lengyel 和 Gyarfas（1979）等人提出在持續的中強度運動後，人體會反映出心跳率降低，心臟血液

輸出量增加，心肌質量和心臟容量會提高，由於紅血球數量增加，增進氧傳送能力。Gollnick (1973) 等人提出之良好的有氧訓練，也能相當程度的提升無氧能力。Howald (1977) 認為高度的有氧能量會正面的轉換成無氧能力。運動員有氧能力的增進，對無氧能力也會獲得改善，因為在氧債發生之前能使運動時間延長，同時在氧債發生之後恢復得更快速，研究結果與多位學者提出觀點一致。因此有氧能力的改善也能提升無氧能力應是合理的。

第三節 網球專項擊球測試

網球專項擊球測試的過程中，受試者必須判斷來球、移動步伐、出手擊球、迅速往反方向移位擊球。測驗的方法是模擬實際比賽情境。本研究經過五週耐力訓練後網球專項擊球測試，擊球失誤率百分比，前測平均值為 $47\pm 15.26\%$ 、後測平均值為 $34\pm 5.55\%$ ，前測的擊球失誤率比後測擊球失誤率明顯下降，達到顯著效果（圖 4-5）。這樣的結果可能是國小網球選手有氧耐力能力提升的結果，此研究結果與 Gollnick (1973)；Howald (1977) 提出高度的有氧能量會正面的轉換成無氧能力的論點相同。無氧能力的提昇可促進擊球時在能量供應充分狀態下進行，因此擊球失誤率降低應是合理的。

網球專項擊球測試的結束心跳率，前測的結束心跳率平均值 $173\pm 10.33\text{min}^{-1}$ ，後測的結束心跳率平均值 $163\pm 8.57\text{min}^{-1}$ ，後測的結束心跳率比前測的結束心跳率降低，達到顯著效果（圖 4-6）。網球專項擊球測試結束 5 分鐘的恢復心跳率後測比前測

降低但未達顯著差異（圖 4-8）。這樣的結果有可能是國小網球選手有氧耐力能力提升的結果，因為在同一運動負荷下心跳率上升越高者體能越差；反之，體能越好。與國內學者林正常（1993）的研究結果相似。網球專項擊球測試中，前測 4 個 Set 心跳率平均值 $167\pm 1.79\text{min}^{-1}$ ；後測 4 個 Set 心跳率平均值 $160\pm 1.19\text{min}^{-1}$ （圖 4-7）。後測 Set 的心跳率比前測 Set 的心跳率明顯降低達到顯著水準。這樣的結果有可能是國小網球選手有氧耐力能力的提升，進而有效降低每個 Set 心跳率的結果。測試時每個 Set 心跳率接近比賽時的心跳水準，因此前測每分鐘心跳率平均值 $173\pm 10.33\text{min}^{-1}$ ；後測每分鐘心跳率平均值 $163\pm 8.57\text{min}^{-1}$ ，此結果與 Morgans 等人(1987)；Bergeron 等人(1991)；Smekal 等人(2001)及 Reilly 和 Palmer(1993)所提出網球單打比賽時心跳率約為最大心跳率的 61%-82%之間的研究結果相同。



第四節 基礎測試與網球專項能力測試之相關情形

一、Cooper-Test(12 min 跑)和網球專項擊球失誤率

本研究之前測 Cooper-Test 距離在 1687m 者擊球失誤率在 73%，Cooper-Test 距離在 2205 公尺者擊球失誤率在 32%（圖 4-9）。後測 Cooper-Test 距離在 1848m 者擊球失誤率在 42%，Cooper-Test 距離在 2315 公尺者擊球失誤率在 32%。在 Cooper-Test 與網球專項擊球失誤率之相關性，前測與後測的結果是一致的，均呈現顯著性負相關（圖 4-10）。表示國小網球

選手在 Cooper-Test 的距離測試成績越佳者，網球專項擊球失誤率就越低。其測試結果表示選手在 Cooper-Test 的距離測試成績越佳者就具有越高的有氧耐力能力，此結果與 Howald (1977)、Gollnick 等人 (1973) 提出高度的有氧能量會正面的轉換成無氧能力；進而降低擊球失誤率應是合理的。

二、Cooper-Test (12 min 跑)和折返跑恢復心跳率

本研究在 Cooper-Test 與折返跑心跳率恢復之相關性，在 Cooper-Test 前測距離在 1687m 者，折返跑每分鐘恢復心跳率 128min^{-1} ；距離在 2205m 者，折返跑每分鐘恢復心跳率 94min^{-1} 。後測距離在 1848m 者，折返跑每分鐘恢復心跳率 94min^{-1} ；距離在 2315m 者折返跑每分鐘心跳率恢復 96min^{-1} 。前測與後測的結果一致，均呈現顯著性負相關（圖 4-11）（圖 4-12）。其結果表示國小網球選手在 Cooper-Test 測試中，測試距離成績較佳者就具有越高的有氧耐力能力，折返跑恢復心跳率也就越快。研究結果顯示無氧非乳酸的恢復能力，是建立在高能力的有氧耐力上。此結果與 Weicker 等人 (1994) 提出無氧非乳酸的恢復能力是依據運動員本身的有氧能力而定並且和國內學者林正常 (2004) 所提出良好的有氧訓練，也能相當程度的提升無氧能力的論點相同。

三、網球專項擊球失誤率和折返跑恢復心跳率

本研究在網球專項擊球測試的失誤率百分比與折返跑心跳率恢復之相關性，在前測專項擊球失誤率 73% 者折返跑每分鐘心跳率恢復 128min^{-1} ；專項擊球失誤率在 35% 者折返跑恢復心跳率每分鐘 90min^{-1} （圖 4-13）。後測專項擊球失誤率在 37

%者折返跑恢復心跳率每分鐘 107min^{-1} ；專項擊球失誤率在 29 %者折返跑恢復心跳率每分鐘 74min^{-1} 。前測與後測的結果一致，均呈現顯著性正相關（圖 4-14）。此結果說明國小網球選手在折返跑的測試後心跳率恢復較佳者，在網球專項擊球測試的失誤率較低。國小網球選手在測試過程中因為疲勞而導致技術能力下降。Chandler（1995）指出在每一球進行時皆能在能量供應充分的狀態下進行，每球之間的能量再補充是決勝的重要因素。所以能夠在比較短的間歇時間恢復 ATP-PC 系統的能量其網球專項擊球失誤率就越低，與 Fleck 和 Kraemer(1987)等人所提出 ATP-PC 系統可供應個體在 10-15 秒內作業時的能量來源的研究結果相似。並且與 Fox 等人(1989)所提出的磷化物 (CrP)，其恢復非常迅速可在 30 秒內達到 70%，在 3-5 分鐘後可以再填滿的研究結果一致。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

本研究是依據閾值心跳率為運動強度指標，以持續跑的方式進行五週、每週三次，每次二十分鐘的有氧耐力訓練。針對國小網球選手的 Cooper-Test(12 min 跑)、折返跑（恢復心跳率）、網球專項擊球失誤率，探討耐力訓練前、後之差異。本研究結論如下：

- 一、有氧能力方面：實施五週耐力訓練後，受試者的 Cooper-Test 成績進步達顯著水準（ $p<.05$ ）。
- 二、專項耐力方面：實施五週耐力訓練後，受試者折返跑結束 30 秒的恢復心跳率降低達顯著水準（ $p<.05$ ）。
- 三、網球專項擊球失誤率方面：實施五週耐力訓練後，受試者的網球專項擊球失誤率降低達顯著水準（ $p<.05$ ）。

第二節 建議

- 一、本研究測試是在紅土球場進行，未來可以在其他材質的場地進行測試。
- 二、本研究測試的對象為國小網球選手，未來可以針對不同層級的選手進行測試。
- 三、本研究所設計的網球專項測試心跳率是模擬網球比賽時短時間高強度的動作，所以不但能作為網球專項耐力的診斷方式，測試時間與 **Set** 也可以應用在網球專項耐力的訓練。



參考文獻

一、中文部分

方進隆 (1997): 有氧運動。教師體適能指導手冊, 104-119 頁。
台北: 教育部。

巫宏榮 (2004): 網球的第壹本書。台北: 益群書店股份有限公司。

李劍如 (民87): 國立成功大學網球代表隊選手與非代表隊學生之體適能探討。台灣體育, 98期, 52-59頁。

林正常、蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳 (2004): 運動訓練法。台北: 藝軒圖書出版社。

林正常 (1991) 無氧閾值的探討。中華體育, 第五卷、第三期, 1-7 頁。

林正常 (1997): 運動生理學。台北: 師大書苑。

林正常 (2002): 運動科學與訓練, 三版。台北: 銀禾文化事業公司。

林正常、蔡崇濱、林信甫、林政東、吳伯翰、鄭景峰、傅正思、戴堯種 (2004): 肌力與體能訓練。台北: 藝軒圖書出版社。

卓俊辰 (1998): 體適能與運動處方。體適能指導手冊, 106-133 頁。中華民國有氧體能運動協會。

翁梓林、黃崇儒 (1998): 網球技能不同測驗方法之鑑別度與真實性探討。八十七學年度教育學術研討會, 論文集 (5) 2111-2142 頁。

莊文傑 (1997): 不同運動場地跑走法評估五專有氧能力的計測

方法。中華民國大專院校八十六年度體育學術研討會專刊，437-451 頁。

陳朝煌（1992）：**健康管理手冊**。台北：時報出版。

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

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

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

鄭安城、林正常（1993）：登階測驗對最大攝氧量的預估研究。**體育學報**，16 輯，327-339 頁。

龍田種（1995）：運動處方與體能。**國民體育季刊**，24 卷，4 期，13-22 頁。

謝伸裕、吳忠芳、曹德弘、張蘋蘋、黃一昌、黃秀慧、黃滄海（2002）：**發展運動生理學**。台北：合記圖書出版社。

藍彩謙（1999）：景文技術學院男女學生應用運動場地跑走法評測心肺耐力的研究。**中華體育**，12 卷，4 期，111-117 頁。

二、外文部分

- AAHPERD(1984). *Technical Manual: Health-Related Physical Fitness*. Washington: DC: Author.
- American College of Sport Medicine. (1991). *Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription (4thEd.)*. Philadelphia, PA: Lea and Febiger.
- American College of Sport Medicine. (1995). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 125-128. Williams & Wilkins.
- Astrand, P. O. & Irma Ryhming (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical exercise) from pulse rate during submimal work. *Journal Applied Physiol*, 7(2), 218-221.
- Bergeron, M. F., Maresh, C. M., Kraemer, W. J., Abraham, A., Conroyand, B., & Gabaree, C. (1991).Tennis : A physiological profile during match play. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 474-479 .
- Broer, M. R., & Miller, D. M(1950). Achievement tests for beginning and Intermediate Tennis, R. Q. 21, 303-313.
- Christmass, M. A., Richmond, S. E., Cable, N.T., Arthor, P.G., & Hartmann, P. E.(1998). Exercise intensity and metabolic response in singles tennis, *Journal of Sport Science*, 16, 739 - 747.
- Chandler, T.J. (1991). Work rest intervals in world class tennis, *Tennis Profession*, Jan-Feb, 4.

- Chandler, T. J. (1995). Exercise training for tennis, *Clinics in Sport Medicine*, 14, 33-46.
- Christian Fust (1999). Belastungsdosierung im Drilltraining. *Tennis Sport* 3/99
- Cooper, K. H. (1970). *The New Aerobics*. New York: Bantam Books.
- Dal Monte, A. (1983). *The functional values of sports* Firenze: Sansoni.
- Disch, J., Frankiewicz, R., & Jackson, A. (1975). Construct validation of distance run tests, *Research Quarterly*, 46(2), 169-176.
- Dowson, B., Elliott, B., & Pyke, F. (1985). Physiological and performance responses to playing tennis in a cool environment and similar intervalized treadmill running in a hot climate. *Journal of Human Movement Studies*, 11(1), 21 - 34.
- Dyer, J. T. (1935). The backboard test of tennis ability. *Res. Quart*, 6, 63-74.
- Fleck, S.J., & Kraemer, W.J. (1987). *Designing resistance training programs*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fox, E. L. (1979). *Sports Physiology*. PA: W. B Saunders. Fox, E. L., Bowers, R. W., & Foss, M. L. (1989). *The Physiological basis of physical education and athletes* (4th ed), Dubuque: W m . Brown.
- Fox, E.T. (1984) *Sports physiology*. Saunders, Philadelphia.
- Gollnick, P., R. Armstrong, C. Sambert, W. Sembrowich, R.

- Sepherd, and B. Saltin.(1973). Glycogen depletion patterns in human skeletal muscle fibers during prolonged work. *Pfugers Archives* 334: 1-12
- Haskell, W. L. (1988). Overview: Health benefits of exercise. *Handbook of Life Stress, Cognition, and Health*. New York: John Wiley and Sons, Ltd., 22,259-294.
- Hewitt, J.E. (1966). Hewitt's tennis achievement test. *R. Q.*, 37(2), 231-240.
- Hocky, R.V.(1973). *Physical Fitness: The Pathway to Healthful Living*. St. Louis, MO: C. V. Mosby Co.
- Hollmann, W. Liesen, H., Rost, R., Kawahats, K: Über das Leistungsverhalten und die Trainerbarkeit im Alter. *Z. Geront.* 11:312 (1978)
- Howald, H. (1977). Objectives measurements in rowing. *Minden: Rudersport* 4: 31-35.
- Klinzing, J. E., & Hazelton, I. M.(1982). The effects of exercise and weight change on cardiorespiratory endurance. *Journal of Sports Medicine*, 22, 469-476.
- Koch, G., & Rocker, L.(1980).Total amount of hemoglobin, plasma and blood volumes, and intravascular protein masses in trained boys. In K. Beng and Eriksson, B. O. (Eds.). *Children and Exercise IX*. Baltimore, MD. University Park Press,15-109.
- Lengyel, M. & Gyarfás, I. (1979).The importance of echocardiography in the assessment of left ventricular hypertrophy in trained and untrained school children.

Acta Physiological, 34, 9-63.

McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1991). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. (3rd Ed.) Philadelphia: Lea & Febiger, 211-213.

Miller, W. C. (1992). *The biochemistry of exercise and metabolic adaptation*, Dubuque: W m. C. Brown.

Morgans 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.(1991). Zur Leistung stru Ktur der Kurz-und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sportmedizinischer Sicht.Leistungssport. 21.S.29-31

Purcell, K. (1981). A tennis forehand-backhand drive skill test which measures ball control and stroke firmness. *Reasearch quarterly for exercise and sport*, 51(2), 238-245.

Reilly, T., & Palmer, J.(1993). Investigation of exercise intensity in male single lawn tennis.*Journal of Sports science*, 11, 543 - 558 .

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

Rowland, T. W. ; Green, G. M. Anaerobic threshold and the determination of target training heart rates in premenarcheal girls. *Pediatr. Cardiol.* 10:75-79;1989.

- Seliger, V., Ejam, M., Pauer, M., & Saferak, V. (1973). Energy metabolism in tennis. *International Zeitschrift Angewendete Physiology*, 31, 333 - 340.
- Stewart, K. J., & Grtin, B. (1976). Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. *Research Quarterly*, 47, 20-110.
- Tanaka, H.; Shindo, M. (1985) Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrained and trained young males. *Int. J. Sports Med.* 60:90-94.
- Therminarious, A., Dansou, P., Chirpaz - Oddou, M.F., Gharib, C. & Quirion, A.(1991). Hormonal and metabolic change during a strenuous tennis match Effects of ageing. *International Journal of Sports Medicine*, 12 (1), 10 - 16.
- Wenger, H. A., & Macnab, R. B. J. (1976). Endurance training: the effects of intensity, total work, duration and initial fitness. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 15, 199-211.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 518-522.
- Weicker, H.; Strobel, G. (1994) Sportmedizin und Biochemischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. Fischer, S. 40-56

附錄 一

受試者家長同意書

研究題目：有氧心肺耐力訓練對國小網球選手專項能力表現的影響

指導教授：張嘉澤 博士

研究生：陳江圳（彰化市南郭國小教師）

單位：國立體育學院教練研究所

聯絡電話：0918-635623

依據研究之規定與保護受試者之權益，研究者應將研究過程可能發生的危險和法律上的責任等事宜向受試者說明清楚。研究者應盡其所能保護受試者之健康與權益，並隨時回答受試者的問題。受試者如改變意願時應通知實驗者，可隨時退出實驗而不受任何限制。參與實驗研究的受試者必須了解並同意下列事項：

- 一、實驗時間自民國九十三年十月二十日至十二月一日。
- 二、在指定時間穿著運動服到彰化市南郭國小健康中心集合，受試者各項測試依照安排時間進行。
- 三、所有檢測過程必須戴上遙測心率器（POLAR）以便紀錄心跳率。
- 四、參與本實驗受試者可以瞭解自己的心肺功能。安靜時、運動中、運動後心跳率的變化情形。此研究所獲得的資料絕對保密，並僅作研究之用。

本研究需要學生及家長的參與和合作，才能圓滿順利。請學生及家長在下表姓名欄內簽名，表示同意並願遵守受試者須知與同意書內所列之各項有關規定。

學生（志願者）簽名：_____

家長（監護者）簽名：_____

日期：中華民國九十三年_____月_____日



附錄 二

受試者健康調查表

各位參與研究的國小網球選手，此問卷是用來瞭解你們的健康情形，並作為是否可參與此次測驗的依據，請爸爸媽媽指導你填寫以下的健康調查表，是否現有或曾有下列病症？請在□打「√」：

| | 現有在治療中 | 現有但未治療 | 曾有但已痊癒 |
|---------------|--------|--------|--------|
| 1.心臟方面疾病 | □ | □ | □ |
| 請填寫哪方面病症 () | | | |
| 2.支氣管炎 | □ | □ | □ |
| 3.氣喘病 | □ | □ | □ |
| 4.高血壓 | □ | □ | □ |
| 5.肝病 | □ | □ | □ |
| 6.胃病 | □ | □ | □ |
| 7.骨折 | □ | □ | □ |
| 請填寫部位 () | | | |
| 8.嚴重肌肉傷害 | □ | □ | □ |
| 請填寫部位 () | | | |
| 9.貧血 | □ | □ | □ |
| 10.突然的暈倒 | □ | □ | □ |
| 11.其他 () 請詳填 | | | |

□ 未曾有上述疾病

緊急連絡人： _____

緊急連絡電話： _____

姓 名： _____

填 表 日 期： _____

附錄 三

受試者閾值心跳率資料表

| 編號 | 安靜心跳 | 常數 | 年齡 | 3/4 年齡 | 訓練強度 | 閾值心跳率 |
|----|------|-----|----|--------|------|-------|
| 1 | 85 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 161 |
| 2 | 91 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 163 |
| 3 | 90 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 163 |
| 4 | 104 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 168 |
| 5 | 80 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 159 |
| 6 | 84 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 160 |
| 7 | 100 | 220 | 11 | 0.75 | 0.6 | 167 |
| 8 | 89 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 162 |
| 9 | 84 | 220 | 11 | 0.75 | 0.6 | 161 |
| 10 | 93 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 164 |
| 11 | 93 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 164 |
| 12 | 94 | 220 | 12 | 0.75 | 0.6 | 164 |