國立體育學院教練研究所碩士論文

有氧耐力對拔河專項能力訓練效果之研究

Effect of Aerobic Endurance Training on
Tug-of-War Specific Performance

指導教授：張嘉澤　博士

研　究　生：龔純玉　　撰

中　華　民　國　九　十　五　年　六　月

國　立　體　育　學　院

NATIONAL COLLEGE OF PHYSICAL EDUCATION

AND SPORTS TAIWAN REPUBLIC OF CHINA

有氧耐力對拔河專項能力訓練效果之研究

摘要

本研究旨在探討，有氧耐力訓練對拔河專項能力之影響。受試對象為八位國中男生拔河隊選手，訓練時間為五週，每週三次，每次二十分鐘之有氧耐力訓練。採用相依樣本 t 考驗及簡單回歸進行統計分析，探討在五週有氧耐力訓練後，選手的有氧耐力能力及拔河專項能力之差異及相關情況，顯著水準 α =.05。研究結果如下：

一、基礎耐力測試(2-4mmol/l)：

實施五週有氧耐力訓練後，受試者之有氧閾值(2mmol/l)速度與心跳率皆顯著上昇($p<0.05$)；無氧閾值(4mmol/l)速度與心跳率，皆無達顯著差異水準($p>0.05$)。

二、訓練生理適應：

有氧閾值速度跑，心跳恢復率由第一週的 46%，上升至第五週的 55%，但未達顯著差異($p>0.05$)。20 分鐘盡力跑距離第五週大於第一週，但未達顯著差異($p>0.05$)。心跳恢復率第一週為 44%，第五週提升為 54%，但未達顯著差異($p>0.05$)。

三、拔河專項能力：

(一)五週有氧耐力訓練後，受試者之靜態平均持續時間與總持續時間平均值，皆明顯進步且達顯著水準($p<0.05$)。

(二)五週有氧耐力訓練後，第五週專項測試結束後乳酸堆積值，皆高於第一週，但皆未達顯著差異($p>0.05$)。

(三)實施五週有氧耐力訓練後，受試者之第五週專項測試

結束後第三分鐘自由基平均值高於第一週，但未達顯著差異($p>0.05$)。

由本研究結果得知，五週有氧耐力訓練後，對於國中拔河選手的心肺耐力與拔河專項能力，皆有提升之效果。

關鍵字： 有氧耐力訓練、有氧閾值、無氧閾值、拔河、乳酸、自由基、心跳率

Effect of Aerobic Endurance Training on Tug-of-War Specific Performance

Abstract

The purpose of the study was to discuss the effect of aerobic endurance training on Tug-of-War specific performance. There were eight male junior high school Tug-of-War players participated in this study. The training program consisted 5 weeks period, three times a week and 20 minutes each time. All the data were analyzed by paired t-test and simple regression with SPSS 10.0. The results of this study were summarized as followed:

1. Basic endurance test(2-4mmol/l): After 5 weeks aerobic endurance training, the aerobic threshold velocity and heart rate improved significantly($p<0.05$), but the anaerobic threshold velocity and heart rate didn't change significantly($p>0.05$).

2. Training adaptation: The heart rate recovery rate after aerobic threshold running on first week was 46%, and up to 55% at the fifth week, but was not significant($p>0.05$). The mean 20 minutes all out running distance of the fifth week was longer than the first's, but not reach statistical significant($p>0.05$), and the heart rate recovery rate was improved from 44% to 54%, but not reach significance($p>0.05$),either.

3. Tug-of-War specific performance: After 5 weeks aerobic endurance training (1)The mean static and total duration were

significantly advanced($p<0.05$).(2)The ending lactate value of the fifth week was higher than that of the first week, but no significance was found($p>0.05$).(3)The 3rd minute free radicals after specific test of the fifth week was higher than that of the first week, but not significant($p>0.05$).

In conclusion, after 5 weeks aerobic endurance training was beneficial for junior high school Tug-of-War players in their cardiopulmonary capacity and Tug-of-War specific performance.

Key words： Aerobic endurance training, Aerobic threshold, Anaerobic threshold, Tug-of-War, Lactate, Free radicals, Heart rate

致 謝

此篇論文能順利完成，首先要感謝指導教授－張嘉澤博士的督促與指導，引領我踏入學術研究的殿堂，獲得正確且實用的觀念與知識，從運動能力診斷團隊中，更加了解人生的意義，使我獲益良多。口試委員呂欣善、黃永旺老師對論文撥允指導與批閱分析，使本論文更趨嚴謹；在此致上最誠摯的敬意與謝意。

在學期間非常感謝季力康所長、湯文慈老師、陳月娥老師等多位老師及鱗棋學長、鳳盈、麗敏、政學、蕙真姊、復興學長的互相砥礪，以及協助檢測與幫助過我的夥伴們。

施測期間，感謝桃園縣八德國中拔河隊教練邱定璿老師，以及接受測試的選手們國祥、耀庭、柏諺、威成、宏銘、柏仰、正偉、聖傑與所有拔河隊的同學們，本研究能順利的完成，也是教練及拔河隊員們的幫助才能順利完成。

最後，感謝母親給我良好的環境，在人生的求學期間供應物質與精神上的支持與鼓勵，使我順利完成學業，謝謝你們。

目 錄

表 目 錄

圖 目 錄

第壹章　緒 論

第一節　研究背景

根據國際拔河聯盟 (Tug of War International Federation，簡稱 TWIF) 手冊之記載。拔河運動起源於史前古代的慶典和祭禮活動，透過繩子兩端互拉的對抗型式在古老的文化和儀式中呈現；在我國最早出現是古代水兵進行船戰的一項必備戰技，當時的名稱為「拖鉤」。在戰國時代的楚國工匠，公輸子設計一種稱為「鉤強」的器具，在兩軍對峙船戰時將敵船鉤住，並經士兵合力拖拉使兩船靠近，使作戰能分出勝負，是當時重要的戰術之一；而拔河就是模仿「鉤強」對拉的軍事操演發展出來的民俗運動，以拉繩子的競賽方式，逐漸成為元宵節、清明節等民俗節日中，頗受歡迎的一項民俗體育活動 (任海，1994)。拔河運動也在民間盛行已久，在古農業社會中閒暇之餘，拔河運動是最具代表性的團體活動之一。

迄今所發現最早的拔河運動証據是在埃及 SAKKARA 公元前 2500 年的 MERERA-KU 的墓內壁畫。而西歐拔河運動的歷史起始於公元 1000 年，這可從斯堪的納維亞和德國的英雄故事中讀到，15 世紀時，在法國城堡或大別墅花園錦標賽上，拔河是非常流行的競賽，後來也成為英國的錦標賽項目。

正式國際拔河比賽，始於英國。並曾在 1900 年第二屆法國巴黎奧林匹克運動會中，被列為正式競賽項目，直到第六屆奧運會，預定在德國柏林舉行，但因第一次世界大戰(1914~1918)而停辦，至 1920 年第七屆奧運後，因規則不明確且競賽項目過多，I·O·C 委員會，將拔河運動項目廢除(Alexander & Vernon，1975)。但國際拔河比賽並未因此而銷聲匿跡，多年後由世界運動總會接辦，國家級的運動組織仍在不斷發展，瑞典先於 1933 年宣告國家拔河協會成立，隨即其他歐洲國家紛紛效法，1960

年英國、荷蘭等十四個歐洲國家，於瑞典成立了國際拔河聯盟總會 (Tug of War International Federation；TWIF)，共同制定拔河規則，因此比賽規則也統一了。1964 年在瑞士舉行第一屆歐洲拔河錦標賽，1965 年在勃羅地海運動會，舉行了第一屆國際拔河競賽(郭志輝，2004)。

拔河運動推展之初，僅有室外拔河，TWIF 於 1975 年在荷蘭舉辦首屆世界拔河錦標賽，此後地區和世界性的錦標賽年年都有舉行。

1980 年 12 月日本拔河聯盟成立，以國際拔河聯盟所制訂規則爲依據，制定日本拔河聯盟室內拔河比賽規則，後來國際拔河聯盟有鑑於室內拔河規則不受天候影響等優點，才於 1982 年提案，將拔河比賽正式劃分爲室內及室外兩種。因此國際比賽也開始在室內地板舉行，於 1988 年 10 月在日本歧埠縣舉行日英拔河親善大會，將 TWIF 室外規則，修訂爲室內比賽規則，並於 1989 年 4 月將 TWIF 的規則正式修訂爲含有室內的比賽規則，且於 1990 年在荷蘭舉行第一屆世界室內拔河錦標賽。此後國際拔河比賽便以公開對抗賽，與世界錦標賽方式，每年分室內與室外賽輪流舉行。目前國際八人制拔河運動主要比賽如下：

一、世界運動會：

四年一次，分男、女生室內與室外公開賽及錦標賽。首次世運會於 1981 年美國加利福尼亞舉行，第五屆 1997 年在芬蘭舉行，增加室內女子表演項目。至第六屆 2001 年世界運動會於日本秋田舉行，舉行室內與室外兩項，此時女子室內比賽才正式列入；2005 年第七屆世界運動會於德國舉行，我國女子代表隊，勇奪室內 520 公斤級比賽金牌；2009 年第八屆世界運動會，將於高雄市舉辦。

二、世界(室外)拔河錦標賽：

每二年一次，從 1976 年至 1996 年皆於荷蘭舉辦。我國於

1996年以後皆有派隊參加。

三、世界(室內)拔河錦標賽：

每二年一次，首屆於1991年在西班牙舉行，於1997年2月在英國舉行時，我國首次派男子代表隊參賽。

四、歐洲錦標賽：

每二年舉行一次，採室外賽，首屆從1964年開始，以歐洲國家為主。

五、大洋洲錦標賽：

每二年舉行一次，室外、室內賽並列，1999年7月在那米比亞舉行，我國首次派男子代表隊參加。

六、亞洲拔河錦標賽：

每二年舉行一次，第一屆亞洲拔河錦標賽於1990年10月10日在日本千葉縣舉行，當時我國拔河協會尚未成立，由田徑協會組隊參賽，共有日、韓、星、馬、菲、印度和我國等七隊參加。第二屆1996年起至2004年第五屆止，皆由我國舉辦，第二屆比賽結果，我2隊分居第2、4名表現優異。第五屆於2004年11月在桃園縣立體育館舉行，我國女子代表隊勇奪金牌；男子隊勇奪銀牌。

我國拔河運動的興起，自1990年開始從日本引進室內拔河運動，於同年5月12日率先成立台北市體育會拔河運動委員會，並於1992年8月31日成立全國拔河運動協會，其中教育部從1998年起積極推廣各級學校八人制拔河運動，也舉辦多場A、B、C級裁判與教練講習，以普及與推廣校園拔河運動，並提升拔河技術水準。由於這項運動不受氣候、年齡、場地、階層等限制。因此國內各縣市紛紛響應，籌組拔河運動委員會，計有(北、高)14縣市委員會，奠定了國內八人制拔河運動基礎。校拔河運動，從國小到大專院校及社會組等，共分十級，從第一級400公斤以下至第十級720公斤以上，每級差距40公斤。

以往拔河比賽，無特殊規則，故為體重取勝之運動項目。但今日八人制拔河比賽，規定繩子長短、粗細、場地大小也一定，每隊參賽選手人數固定，並按體重分級，規則明確且危險性少又頗具公平，更可表現出團隊合作精神，是富有教育特質的運動項目之一。國內主要大型拔河比賽有(如表 1-1)：

表 1-1 國內主要大型拔河比賽

比賽名稱	比賽週期	簡介
全國中正盃拔河錦標賽	每年一次	自 1993 年第一屆開始至今。此比賽關係到選手之甄審甄試保送權。
教育部全國各級學校拔河比賽	每年一次	自 1998 年開始辦理，分國中小學各縣市預、決賽，高中以上學校分北、中、南、東四區，預賽及全國總決賽。
全國體委杯拔河錦標賽	每年一次	自 2000 年開始舉辦迄今。
全民運動會	每兩年一次	從 2000 年開始為全民運動會的比賽項目。

由上述拔河運動的歷史背景可知，拔河運動雖在早期曾消失於奧運會上，但國際間重要賽事不曾間斷，相信未來有朝一日必定會重返奧運之競技舞台上。拔河運動非常適合亞洲國家發展，我國選手在國際賽會上成績快速提升，歸因於教練與選手的努力與國內拔河運動推展之落實，而現今拔河運動趨於競技化，勢必要以科學化之訓練方式，提升選手體能與技術層面，培養更多優秀選手，穩固我國在國際賽之地位。

第二節　研究動機

我國室內拔河運動逐漸蓬勃發展，要追上國際水準就要加強拔河運動各項之研究。2002 年在美國鹽湖城舉行之 I．O．C 年會第 113 次會議中，正式承認拔河運動列入奧運運動比賽項目之一(黃永旺，2000)，依據國際奧委會第二十九條規章規定，單項運動國際總會會員國需達 50 國以上，始能成爲競賽項目，至 2005 年止，國際拔河聯盟總會(TWIF)，已有 35 個國家或地區加入正式會員國，另有 23 國或地區已經提名申請或列爲觀察中。因此在未來拔河運動極有可能重返奧運競技場上，足見拔河運動已步入競技之途，而選手目標應放眼國際賽爲主。

拔河所需的專項體能包含有：最大力量及力量耐力；而一般體能爲有氧耐力。拔河項目屬於力量對抗的運動，其英語名詞「 Tug-of-War」爲盡最大力量及努力來拉的意思。每場比賽中選手必須以最大力量或接近最大力量輸出與對手抗衡，拉力的大小是決定拔河運動表現的一個重要因素之一。現今拔河競技運動選手的素質相當，比賽一開始雙方較常出現的是僵持狀態，彼此都在等待對手力量耐力不足時，趁機進攻而獲得勝利。拔河項目比賽時間無限制，直到分出勝負爲止，也就是從比賽一開始，就要竭盡所能把對方拉往我方，總共需拉 4 公尺的距離，直到分出勝負爲止。所以，即使剛起步時的最大力量輸出極大，但若沒有力量耐力作爲後盾，即使在剩下最後的 10 公分即將獲勝的狀態下，也有可能會被對方反敗爲勝的。因此比賽開始的最大力量輸出與比賽時的力量耐力，對於拔河運動表現是非常重要的，而能獲得最後勝利的必定是屬於力量耐力較佳者。因此，在拔河運動中要獲勝，須具備足夠的肌力與肌耐力(涂瑞洪，1997)。

競技運動項目繁多，且各有其運動特性，所以不同的運動

項目所動用的肌肉群、肌肉收縮型態以及所需的能量要求均有所差別。拔河是在有限的空間內盡最大的力量來出力，大部分的肌肉是呈靜態性等長收縮，其運動型態是屬於重度等長輕度動態的運動。拔河的進攻動作與防守動作皆由下肢肌群與關節屈伸來發動，進攻者下肢肌群呈向心或等長收縮，防守者下肢肌群呈離心或等長收縮(謝和龍，2001)。

從生理學的角度來看，拔河運動的能量來源，大多是以無氧能量系統來供應運動中肌肉收縮所需的能量，而持續較長的比賽，則逐漸取而代之的是以有氧系統來供應(謝和龍，2001)。拔河比賽剛開始時起動步階段，主要是以最大力量的輸出與持續爲主，其中動用到磷化物(ATP-CP)系統，快速產生所需的極大能量約 10 秒鐘，起動步完後，肌肉持續收縮用力來發動進攻或防守，主要是以最大力量的 90% ~ 80% 輸出爲主，在 90 秒內皆屬於動用到無氧醣酵解系統來供應能量，當比賽時間增長時，就逐漸由有氧醣酵解系統來供給肌肉收縮之用(Grosser et al., 2001)。拔河比賽不僅是比力量，也比體力，更是比意志力。

隨著國內拔河運動的推廣，及國際間越來越多國家參與拔河運動，不論室內或室外其技術與體能層面水準逐漸提升，拔河運動的競爭趨於激烈，比賽對抗時間有逐漸延長趨勢，爲了提升成績，體能便成了延伸技術的重要基準線(潘玉龍，2001)。室內八人制拔河運動非傳統拔河運動，不是單靠體重即能獲勝的，其講究的是動作技巧、體能、團隊默契、注意力等因素的整合，以八人之合力，一步步慢慢拉過來。因此，比賽時抗衡時間的延長，對於每位選手的體能來說，都是極大的負荷，而除了動作技巧、團隊默契、注意力等因素，體能便是最需考量的因素。

國際比賽參賽隊數漸增，使選手在場與場之間的休息時間相對減少，國際比賽中採三戰兩勝制，當選手在極大力量輸出

後疲勞狀態下，又要接著進行下一局比賽，若在短時間內體能無法恢復，即使前一局獲勝而後兩局體能開始衰退，也是徒勞無功的。因此每局或每場賽後體能的恢復是非常重要的。此時就需要有氧代謝系統，提供快速恢復體力的能力。Weicke 等人 (1994) 的研究中指出，無氧非乳酸的恢復能力是依據選手的有氧耐力能力而定。在實際訓練時，主要以無氧能量系統訓練爲主，但也需要具備良好的有氧能力，才能快速消除疲勞使乳酸排除，以應付下一場比賽，所以有氧系統與無氧系統的發展是優秀拔河選手均不可或缺的條件。因此了解有氧耐力訓練對拔河專項能力之影響，爲本研究之動機，透過研究結果以作爲教練訓練之參考。

第三節　研究目的

本研究是以 2-4mmol/l 有氧-無氧閾值 (Marder et al., 1976)理論爲依據，針對 8 位國中男性拔河選手，在乳酸 2 mmol/l 時之心跳率及速度，判斷其有氧耐力能力之情形，並將有氧閾值速度做爲訓耐力訓練之強度指標，以持續跑方式(其中有氧閾值速度跑每週二次、20分鐘盡力跑每週一次)，共進行五週，探討在五週有氧耐力訓練後對於拔河專項能力之影響。依據 Neumann(1991)生理適應原理，適應週期爲 4 -6 週。因此本研究之訓練時間訂爲 5 週，並觀察生理適應情況及耐力訓練前、後，對於拔河專項能力之差異。根據研究背景及動機，本研究目的如下：

一、 探討拔河選手在五週有氧耐力訓練前、後，基礎耐力能力之差異。

二、 探討拔河選手在五週有氧耐力訓練前、後，訓練生理適應之情況。

三、 探討拔河選手在五週有氧耐力訓練(有氧閾值速度跑、20分鐘盡力跑)，對專項能力(最大乳酸堆積、專項持續時間、自由基)之影響。

第四節　研究範圍

本研究係以八位桃園縣立八德國中，男子拔河隊選手，進行五週有氧耐力訓練。專項檢測在備有拔河機及地板鋪設拔河道之體育館內，選手皆穿上拔河鞋進行測試。

搜集之生物參數有：一、有氧耐力能力：2-4mmol/l 有氧無氧閾值能力、運動結束後心跳率、20分鐘盡力跑距離。二、拔河專項能力：持續時間、最大乳酸堆積、自由基，爲本研究之主要研究範圍。

第五節　研究限制

本研究之研究限制如下：

一、本研究僅針對室內拔河運動做探討無法推論到室外拔河運動。

二、本研究之拔河機鐵片，重量調整方面，只有兩片20公斤和一片10公斤之鐵片，其餘皆爲50公斤之鐵片，所以無法做到很標準的重量調整。

三、對於受試者在測試過程中，全力配合之動機強弱僅能以口頭鼓勵，無法監測。

四、本研究時間，爲便於控制研究對象，研究時間均於下午選手放學後進行，無法考慮選手在不同時間、不同體能之個別差異。

五、對於受試者拔河時所站位置，本研究未作分類討論。

第六節　名詞解釋

一、基礎耐力能力

(一)有氧閾值(Aerobic Threshold)：

指發生在無氧閾值之前，乳酸濃度稍微高於安靜值。本研究以 Marder 在 1976 年提出之理論爲依據，當乳酸值在 2mmol/l 時爲有氧閾值，其能量代謝以脂肪爲主(如圖 1-1)。透過乳酸分析軟體可算出，每位選手有氧閾值的速度與心跳率，作爲有氧耐力訓練負荷設定依據與訓練效果之評價。

(二)無氧閾值(Anaerobic Threshold)：

指運動中血乳酸濃度開始不成比率的增加，此時的運動強度稱爲無氧閾值。本研究以 Marder (1976) 理論爲依據，當乳酸值在 4mmol/l 時爲無氧閾值，其能量代謝主要以碳水化合物爲主(如圖 1-1)。透過乳酸分析軟體得知，每位選手無氧閾值速度與心跳率。

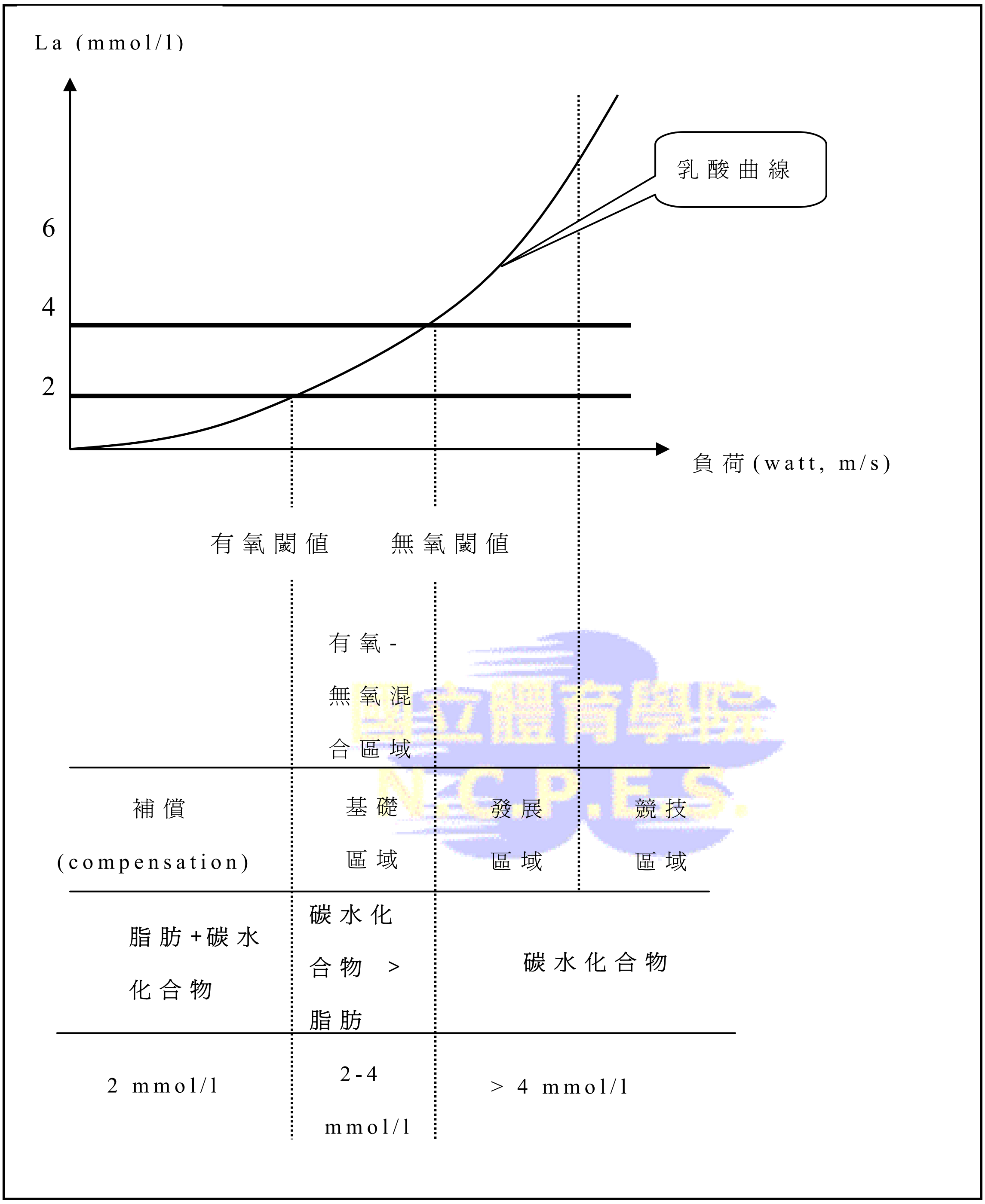

圖 1-1 乳酸閾值與能量代謝關係(Pansold, 1982)

二、有氧耐力訓練：

(一)有氧閾值持續跑：

以 Marder 有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)測試結果中，有氧閾值速度爲依據，持續跑 20 分鐘作爲有氧耐力訓練方式。

(二)20 分鐘盡力跑：

受試者在 200m 田徑場跑道中，在 20 分鐘內盡最大努力，持續跑。

(三)恢復心跳率(min^{-1})：

心跳率爲單位時間心臟跳動之頻率。心跳率可以反應出身體對於運動負荷的感受，與運動強度呈直線關係，故可以心跳率作爲運動強度的指標。本研究中所指之恢復心跳率，爲參與者每次有氧耐力訓練結束後，第三、五分鐘之心跳率。

(四)心跳恢復率(%)：

心跳恢復率爲，運動結束後第五分鐘心跳率與結束後第一分鐘心跳率差異之百分比。

三、拔河專項能力：

(一)專項持續時間

1.靜態持續時間：

以團體最大拉力重量，將拔河機鐵片向上拉至 0.5 m 處，於停止狀態下開始計時，過程中受試者必須盡最大能力支撐鐵片重量，持續至鐵片下降到 0.2 m 時停錶。

2.總持續時間：

以團體最大拉力重量，當拔河機鐵片向上拉起時開始按錶，直到鐵片落下至原點時停錶。

(二)專項測試結束後乳酸堆積值：

當專項測試 3 個 set 結束後，開始計時，以耳垂採血方式，取結束後第一、三、五、七分鐘之血乳酸值，並分別以(E-1、 E-3、E-5、E-7) 代稱。

(三)自由基：

本研究之自由基數據，是以採耳垂血液 20μl，放入試劑與試管中均勻混合後，由高速離心機分離出血清，再以義大利 Catellani 自由基分析儀，透過光譜分析方式測出自由基 H_2O_2 (mmol/l)。

第貳章　　文獻探討

本章共分成三個部分進行探討，其內容分別為：

一、拔河運動之相關研究。

二、青少年之生理特性。

三、有氧耐力訓練之生理反應與適應。

第一節　拔河運動之相關研究

一、 拔河運動特性

拔河運動是眾多運動項目中，在比賽過程唯一以後退步法，為進攻的運動項目與型態。拔河比賽沒有時間限制，也就是從比賽一開始，就要竭盡所能把對方拉往我方，整場比賽選手必須盡量保持在高水準的力量輸出，每位選手皆卯足全力戰至精疲力竭，直到分出勝負為止。而拔河運動的專項力量能力要求，又別於其他運動項目 (徑賽長距離、鐵人三項等)。其主要需求是在維持短時間最大力量輸出的能力 (Hollmann et al., 1990)。而不是長時間低強度負荷的維持要求。因此，即使剛起步時的最大力量輸出極大，若力量耐力不佳，即使在最後即將獲勝的狀態下，也是有可能會被對方反敗為勝的。

拔河運動所需的運動肌群有大腿肌、胸肌、腹肌、背肌、握力等。在整個比賽過程，除了手臂力量輸出外，腿部的支撐也是主要的力量來源。拔河肌肉收縮形態大多以等長收縮為主(謝和龍，2001)，亦稱靜態收縮，即關節角度不變，肌肉持續用力收縮的狀態(Hettinger et al., 1953)。拔河運動中肌肉等長負荷的特點是，有非常高強度的肌肉收縮與來自對手強大的靜態抵抗阻力。

二、能量來源

以觀察紀錄法得出比賽勝負時間分析。輕級體重隊伍，分出勝負時間越快 (平均值 64.8 秒)。反之，時間就越長 (76.6 秒) 。最長時間可達到 145 秒，最快在 17 秒就得出勝負。

由以上數據得知，拔河比賽時間短至 10 幾秒，長至數分鐘以上都有，因此拔河運動所需之主要能量來源：一爲無氧非乳酸系統，此能量提供主要在比賽剛開使約 10 秒內的最大力量與反應力量的輸出，隨著時間延伸，能量提供系統轉變爲無氧糖酵解，主要在提供維持比賽時高品質的力量輸出能力，而持續時間較長的比賽，取而代之的是有氧醣酵解系統來供應 (Grosser et al., 1981)。表 2-1 爲拔河運動專項體能與能量提供系統。

而有氧能力幾乎在每種運動項目中，皆是屬於基礎體能需求，因爲有氧能力越強，其無氧非乳酸能量再恢復能力就越快 (Neumann et al., 1991)。

表 2-1 拔河運動項目專項體能與能量提供系統

專項體能要求	功能	能量提供系統	比賽動作要求
最大力量	起動力量輸出	C_rP	比賽時間內個人最大力量輸出
反應力量	瞬間力量輸出	C_rP	比賽訊號開始瞬間反應能力
力量耐力	延緩肌肉疲勞	無氧糖酵解	維持比賽時間內，最大力量輸出品質

第二節　青少年生理發展之特性

廣義而言青少年或青年是指從生長到成熟，並完成有效參與社會所需之態度與信念的一個歷程，而非一段固定的時間，國中階段約12-15歲是屬於青少年前期。隨著運動科學的發達，運動訓練年齡有趨於年輕化(黃任楷，2002)，身體的負荷對於正常的骨骼發展和塑造是必要的，但是對於骨骼系統尚未發育完全的青少年，如果為了取得佳績過度負荷，反而會導致傷害產生並且抑制生長機制，縮短選手之運動生命，成為一個潛在的風險。因此，訓練時必須針對青少年時期之生理特徵，在訓練的處方上有所調整。以下為青少年發展之特性：

一、骨骼系統：

青少年骨骼之主要特點為有機成份含量多，無機鹽含量相對較少，因此骨骼彈性較大而硬度較小，所以柔軟度可塑性較佳，雖然不易骨折，但卻容易彎曲和變形。再者，成長中的骨骼系統以軟骨組織最為脆弱，對於壓力或猛烈的外力撞擊與反覆性的微小傷害，抵抗力較差易造成疲勞性骨折，因此較成人容易受傷 (Dalton, S.E., 1992)。在正常情況下，當外力施加於軟骨時，組織中的水分會向外擠，以吸收外來的力量，但當軟骨組織因反覆作用，而產生不正常磨損時，就容易導致軟骨組織受傷 (Herring, S.A., & Nilson, K.L., 1987)。

二、肌肉系統：

青少年的肌肉水分多，蛋白質、脂肪、無機鹽含量少，因而富有彈性，但由於青少年的肌肉量占體重百分比低於成人，故肌力明顯小於成人，所以肌肉容易有疲勞的現象。而肌腱炎的產生與肌肉有關，原因是青少年骨骼生長速度快於肌肉，導

致肌肉被拉長而柔軟度變差，進而影響骨骼排列結構些微變化，使肌肉力學受力方向改變，而造成肌腱與其它組織摩擦或擠壓，產生發炎現象(張曉昀、蔚順華，1998)。

三、神經系統：

青少年的神經系統中，由於興奮與意志的功能發展不平衡，所以常會有注意力不集中，學習新的動作容易出現錯誤等現象，也就是因爲分化抑制能力差，動作所需的速度，會因中樞神經系統，無法做完全運轉而受到抑制，故其動作的準確性與適當性皆不穩定，而漸漸造成運動傷害，此外青少年選手動作學習系統尚未發育完全，很快就會喪失所學的完整技術動作(范瑞亭，1992)。

四、內分泌系統：

下視丘－內分泌系統的控制中心，所分泌之荷爾蒙會影響腦下腺的分泌。腦下腺－又稱爲腦下垂體，分泌生長激素與性腺激素。性腺－在男性是睪丸分泌雄性素(睪固酮)；女性是卵巢分泌雌性素(黃體激素) (李俊賢，2005)。

綜合上述，青少年時期之發展會出現體重、身高急速成長；肩膀、臀圍的改變、肌肉力量增加、性荷爾蒙加速等。而拔河運動是屬力量型運動，對於國中青春期階段男生而言，睪固酮分泌旺盛，有利於於肌肉力量的發展，但是畢竟青少年時期還是在未發展完全階段，中、低強度訓練可以刺激骨頭力量生長，但是高強度的訓練，也許會抑制並且導致傷害。因此，訓練不能長時間高強度之處方；最多一週1~2次較大訓練量(選手體能負荷內)，而中間必須讓選手有恢復的時間，才能使選手的運動生涯更長遠。

第三節　耐力訓練效果與適應

生理適應與恢復(再生)是顯現訓練效果，擬定訓練計畫內容之重要指標。唯有足夠的恢復時間，才能產生好的訓練適應與增加肌肉能量儲存。而訓練負荷強度、時間與方式，是直接影響體內生物參數再生的主要因素，例如高強度間歇訓練型態，需要較長時間的恢復。體內各項元素再生速度，是依據訓練強度與運動型態，分爲短時間、中時間與長時間三個階段(Neumann, 1998)。

競技運動員對訓練強度的適應較快，依據生理適應週期爲 4～6 週 (Neumann, 1991)。對於經過二年以上專項訓練之選手，其訓練週期計畫，只需要4週即可，訓練週期前二週爲強度適應期，後二週訓練則爲適應穩定期。教練如能掌握運動員之生理適應特徵，既能縮短訓練週期，亦能提早進入下階段之訓練(Hollmann et al., 1980)。

一、心跳率(Heart rate)：

心跳率的變化與人體組織代謝需氧程度有關，在非最大運動一開始，心跳率急速上升，在 3 至 4 分鐘達到該運動強度應有的穩定水準。在運動一停止，上升的心跳率會迅速下降，即使是在最大運動後，心跳率也將在運動停止後 2 至 3 分鐘內，由接近 200 min^{-1}，下降至 120~130 min^{-1} 左右。但若是處於高溫、高濕的環境，則需要花上30~40分鐘來恢復。

一般的生理反應，不論安靜時或運動中，心跳率與攝氧量的水準，會呈現平行的昇降，且具有高度的正相關(林昭庚等，1994)。運動後恢復期的心跳率，與體能及運動強度有密切關係，且運動後恢復期的心跳率亦受訓練的影響，訓練者較非訓練者恢復的快(Sedlock, 1996)。

李昭慶、王儀祥、黃谷臣(2000)，探討耐力運動與心跳率

間的關係，以5000公尺跑成績、安靜時心跳率、登階測驗為其測驗變項，探討安靜時心跳率、標準運動後的心跳率、運動後恢復心跳率及登階體能指數與耐力運動的成績表現之相關情形。結果發現，5000 公尺跑成績表現與安靜時心跳率、標準運動後的心跳率、運動後恢復心跳率及登階體能指數皆達到顯著相關。安靜時心跳率、標準運動後的心跳率、運動後恢復心跳率及登階體能指數，顯示具有預估 5000 公尺成績表現的能力。

Francis 與 Brasher (1992)以33名男受試者(平均28歲)接受不同頻率的三分鐘登階測驗，並以運動後的 5 秒至 20 秒的恢復心跳數與跑步機所測得 $\dot{V}O_2max$ 作相關比較，結果與22 min^{-1}的相關達 0.77，與 26 min^{-1}和 30 min^{-1}的相關達 0.81 ($p<0.01$)，顯示恢復心跳數可提供作為預測個人$\dot{V}O_2max$ 的依據。

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 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 (Böhmer et al., 1975)。

二、乳酸(Lactate)：

人體在正常情況下，安靜時的血乳酸濃度為1mmol/l (Powers et al., 1997)，動脈血乳酸濃度為0.4 ~ 0.8 mmol/l，靜脈血乳酸濃度為0.45 ~1.3 mmol/l (王永盛，1994)。選手安靜時的血乳酸值與正常人沒有差異，而運動時與運動後血乳酸會有顯著提高。選手在比賽期間或比賽前，安靜時血乳酸比平時訓練高出 2 ~ 3 倍，其主要原因乃是賽前緊張，兒茶酚安類物質

分泌過多導致糖酵解代謝加強的原因。

乳酸是糖類代謝(無氧糖酵解)的中間重要產物。當肌肉持續劇烈運動時其主要能量來自糖解作用所產生的ATP；在有氧狀況下，糖解作用所產生的丙酮酸，在粒腺體中被氧化而形成乙醯輔A(acetyl CoA)並釋放一分子的二氧化碳。反之在缺氧狀下，有氧系統無法迅速提供所需之能量，於是能量代謝就另尋途徑，丙酮酸則被還原形成乳酸，產生乳酸堆積現象以補充緊急狀態下所需之ATP (樓迎統等人，1996；丁文琴，1996)。

運動中乳酸產生的主要因素乃是：1.運動強度；2.參與的肌肉量；3.持續時間(Hultman & Saholm, 1980 ; Itoch, 1991； 江界山，1997 ； 林文郎、何忠鋒，1998)。乳酸的堆積會干擾神經衝動的傳導、肌肉的收縮和肌肉收縮的能源，因而導致疲勞(Klausen et al., 1972；Karlsson et al., 1975)。基本上乳酸代謝路徑有:(1)骨骼肌、心肌或其它組織器官;(2)糖發生轉變作用。然而，乳酸也有其用處，即作為身體能量來源。

乳酸所產生的量，則與運動過程中有氧(aerobic)和無氧(anaerobic)系統能量代謝之百分比有關。不同能量系統的輸出對血乳酸值產生變化，以磷酸系統為主要供應能量時血乳酸較少，一般不超過4mmol/l；以糖酵解系統為主要供應能量時可達15mmol/l；以有氧能量系統為主要供應能量時在4mmol/l (王永盛，1994)。Fleck & Kraemer (1997) 發現在不同強度訓練後，對血乳酸的產生有顯著的區別。Wells等 (1957) 認為穩定狀態下，乳酸堆積的情形可作為運動負荷的參考。

Yoshida 等人 (1987) 以四種血液乳酸參數與有氧動力及12 分跑成績比較。(1)乳酸閾值 (LT) — 漸進運動測驗中血液乳酸濃度開始增加超出安靜水準的 VO_2，(2) LT_1(乳酸比安靜值高出1mmol/l 的$\dot{V}O_2$)，(3) LT_2(乳酸濃度達到固定的2mmol/l值)，(4) OBLA(乳酸達到4mmol/l 值)。結果發現：(1)乳酸參數

(LT、LT_1、LT_2 和OBLA) 彼此間具有高度相關，(2)所有乳酸參數與$\dot{V}O_2max$及耐力跑成績均有高度相關，其中以LT與$\dot{V}O_2max$及耐力跑成績相關最高。結論指出，乳酸閾值爲有氧能力及耐力跑成績的最佳指標。

Brooks等人 (1985) 提出運動員在安靜時血乳酸水平和正常人無差異。運動員的血乳酸轉換率較一般人爲高(Keskinen et al., 1989)，因此對於血乳酸的清除能力較強。

運動負荷刺激，造成肌肉產生乳酸。肌肉堆積之乳酸，透過擴散作用進入血管。運動中乳酸的堆積與排除，是依據個人之有氧能力。有氧能力高者，乳酸排除之速度亦快。當運動強度不變，持續20分鐘以上，將產生乳酸穩定狀態(lactate steady state)，也就是乳酸堆積與排除達成平衡。有氧能力越強，其乳酸排除能力就越好(Neumann et al., 1991)

Brooks (1985) 以放射性元素標記肝醣分子的方法，曾經發現運動開始後血液中即有乳酸的出現，但當有氧醣解順利地進行，乳酸的移除(氧化)和生成將達成動態平衡，亦即血中濃度趨於穩定。

許多學者指出以換氣反應與乳酸反應二種方法測得之無氧閾值沒有顯著差異，相關高達 0.87~0.95。唯自換氣反應測得的無氧閾值常因判定者的不同而有極大出入，而由乳酸反應測得的無氧閾值則較爲準確。從輕度到最大強度的漸增運動中，不少學者以相當 2mmol/l 至 4mmol/l 的血液乳酸濃度代有氧至無氧代謝的轉移。

自Hollmann (1959) 以換氣轉折點作爲無氧閾值的評價開始，就打開了以無氧閾值作爲研究與訓練應用的序幕。經過多年的討論與訓練上的應用，最後以Mader等人(1976)提出2-4mmol/l 乳酸閾值的速度，最具實用性與方便測試進行。

三、自由基(H_2O_2)：

自由基及活性氧的產生，是因爲生物體內的抗氧化以及氧化作用二者之間未能達成平衡所致。自由基爲人體新陳代謝過程產生的副產物，當細胞進行藥物代謝或正常生理功能時，常會伴隨活性氧化分子的產生，這些分子爲帶有不成對(奇數)電子的分子、原子或離子。因具有一個或一個以上不成對電子之特性，以致於具有高度反應性(Halliwell & Gutteridge, 1998)。

正常人體內有成千上萬個自由基，有些是具有功用的自由基。但大多數自由基是對人體有害，它們大多含有不穩定的氧分子，具有強烈的反應活性，可以透過生物體內的抗氧化系統將其清除，當體內的抗氧化防禦系統，未能將大量生成的活性氧分子清除時，將會造成細胞及抗氧化物質的損耗、脂質的過氧化、膜結構以及DNA的損壞，因而導致細胞受傷或死亡。

運動過程中，自由基產生來源包括：1.在粒線體中電子傳遞鏈製造。2.劇烈運動可能造成組織缺血性再灌注(ischemic reperfusion)現象，組織中ATP水解氧分壓與pH增高，並在這過程中產生大量的O_2-• 及H_2O_2。3.劇烈運動或運動時間過長可能造成肌肉損傷發炎等現象白血球在發炎反應時產生O_2-• 及H_2O_2、HOCl、•OH^-等自由基。其他如肝細胞之微粒體可產生活性氧分子，兒茶酚胺(catecholamine)和腎上腺素(epinephrine)之自體氧化，過氧化小體(peroxisomes)等非粒線體之胞器氧化脂肪酸及D-胺基酸之過程，皆可能產生活性氧分子，而造成提昇體內氧化性壓力 (Ji, 1999；Leeuwenburgh et al., 2000； Davies et al., 1982)。

自由基爲有氧代謝下的副產品，運動誘發骨骼肌組織脂質過氧化反應，使自由基產生的速率增加，因而產生氧化性的組織傷害。此外，運動誘發自由基的產生，粒線體代謝機能受到影響，損害粒線體呼吸鏈 ATP 的產生過程，使得細胞能量生

成受阻。長時間運動產生的自由基可能造成肌漿質網的傷害，導致肌肉去極化期間減少 Ca^{2+} 的釋放，進而導致肌肉疲勞(Powers & Hoekey, 2001)。許多研究中指出，長時間或高強度運動容易造成肌肉損傷，並促使體內自由基大量產生，進而提高脂質過氧化的情形。

能防止生物分子遭受自由基攻擊的物質，通稱爲抗氧化物質。抗氧化劑具有自由基清除或打斷連鎖反應之功能，它們在與自由基反應後，使自由基被還原，而自己則被氧化爲相對穩定的自由基，此類自由基不會再造成連鎖反應。一些主要的抗氧化劑如：維生素C、維生素E、β-胡蘿蔔素，及一些小分子抗氧化物質。

在醫學研究上多使用電子自旋共振光譜法(electron spin resonance technique；ESR)來測量自由基，但自由基本身具極短之半生期(10^{-5}~10^{-10}秒)，所以在運動中以直接檢測自由基存在的研究較少，許多研究要判定運動造成自由基產量之多寡，大多利用間接方法來推論自由基之產量是否大於人體之清除量，一般多分析脂質過氧化產物-如戊烷(pentane)與丙二醛(malondialdehyde；MDA) 及蛋白質氧化產物(protein carbonyl formation)作爲氧化傷害的指標。

Jackson等人 (1985) 也發現運動後體內自由基增加70%的電子自旋共振光譜量。

Lovlin等人 (1987) 及 Ashton等 (1998) 研究中，以固定腳踏車進行試驗直至耗竭，以血漿中 MDA 的含量作爲評估，同樣發現隨著強度的提升，MDA 顯著的增加(26% vs 42 %)。

Bejma 及 Ji (1999) 以大白鼠爲研究對象，指出運動後血液及肌肉中的 MDA 明顯高於運動前。

然而，並非所有的運動都可能造成大量的自由基產生。Viguie等人 (1993) 讓11名受試者每天進行 90 分鐘耐力運動

測試 (強度爲65% $\dot{V}O_2max$) 爲期三天，發現其體內氧化傷害並沒有明顯的提升；另外，徐等 (1999) 針對12位長跑選手實施60% 最大心跳率的中等強度運動，結果卻同樣發現並不會對運動者造成脂質過氧化現象而形成氧化傷害。因此，不同運動強度將造成不同程度的自由基的累積及氧化傷害。

亦有些研究發現，長時間運動訓練後能有效提升體內抗氧化酵素的活性，在 Balakrishnanr 及 Anuradha (1998) 研究中，比較運動員及非運動員體內抗氧化系統指標之差異，發現運動員體內SOD活性較高，但血球中GSH-Px活性、血漿中維生素C及GSH濃度卻較非運動員低，而兩組血漿中維生素E濃度並無明顯差異。

Venditti 及 Meo (1996) 將大白鼠經10星期的游泳訓練與未經訓練的大白鼠比較，發現經訓練後體內抗氧化能力明顯提升，而兩組體內脂質過氧化物濃度、肌漿網(sarcoplasmic reticulum)及內質網(endoplasmic reticulum)之完整性並無差異。

Mena等人 (1991) 的研究發現，職業和業餘自行車選手比坐式生活的人，有更高的紅血球SOD活性。而職業自行車選手的 CAT 及 GPx 活性比上班族和業餘自行車選手來得高。亦可看出有氧耐力訓練，可提高紅血球中的主要抗氧化活性。

許多研究提出長期的耐力運動訓練似乎可以誘發體內抗氧化酵素的活性，但是當與一般未訓練者同時面臨激烈運動時，體內自由基的產生仍明顯增加，因此多數的文獻亦指出訓練後提升之抗氧化能力尚不足以抵禦激烈運動所造成的氧化壓力。

第四節　文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

1. 拔河運動是屬於靜態高強度肌肉等長收縮的運動項目，男生於青少年階段，從事拔河運動有助於其肌肉力量之成長，但訓練量必須依循身理適應原則進行，避免過度負荷造成運動傷害。
2. 心跳率的觀察既簡單又方便，無非是一種最直接、最容易掌控選手，訓練狀況之方法，也可以作為安排訓練計畫之指標。運動結束後恢復心跳率下降幅度，會依據有氧耐力能力而改變，因此運動結束後恢復心跳率，可以作為有氧耐力能力之判斷依據。
3. 透過實驗求出有氧閾值，同時找出有氧閾值時的運動強度，並以此強度作為有氧訓練之運動負荷，長期下來，藉以提升選手之有氧能力，加速乳酸排除速率。
4. 乳酸之測定應用在訓練上，已是一種最普遍又準確之科學方法。其主要功能為監控選手訓練強度及疲勞程度。在激烈運動過程中，由於體內醣類的無氧代謝增加，導致乳酸產生堆積，隨著運動時間的延長，因為身體無法承受長時間高強度運動，而運動強度下降，導致體內乳酸濃度也逐漸減少。
5. 長時間或高強度運動容易造成肌肉損傷，並促使體內自由基大量產生進而提高脂質過氧化的情形，導致肌肉去極化期間減少Ca^{2+}的釋放，進而導致肌肉疲勞。然而，並非所有的運動都可能造成大量的自由基產生；不同運動強度將造成不同程度的自由基的累積及氧化傷害。長期的耐力運動訓練後能有效提升體、誘發內抗氧化酵素的活性。因此，短時間高強度肌肉收縮的拔河運動，較容易產生高脂質過氧化的情形，而有氧耐力訓練有助於提升體內抗氧化酵素的活性，抑制自由基之產生。

第參章　研究方法與步驟

本章主旨在說明研究過程與資料處理分析的方法，內容分別爲：一、研究對象，二、實驗時間與地點，三、實驗儀器與設備，四、實驗方法及步驟，五、實驗流程圖，六、資料收集與統計。

第一節　研究對象

本研究係以桃園縣立八德國中室內八人制拔河隊，八位國中八年級男生爲受試對象，如表 3-1 所示。實驗前向受試者說明實驗流程後，隨即給予每位受試者一份「測試同意書」、「運動能力診斷疾病調查表」、「家長同意書」，並於閱讀、填寫完畢後，請受試者於測試同意書上簽名。

表3-1 受試者人體測量資料(anthropometric data)

參與者 (Nr.)	年齡 (years)	身高 (cm)	體重 (kg)	訓練年齡 (year)
1	15	166	54	0.5
2	15	171	54	0.5
3	13	165.5	57.2	0.5
4	14	168	50	0.5
5	13	160.3	62	0.5
6	13	167.9	52	0.5
7	13	156	43	0.5
8	14	164	78	0.5
M±SD	13.8±0.89	164.8±4.8	56.3±10.35	0.5

第二節　實驗時間與地點

一、實驗時間：95年3月1日至4月7日，如表3-2所示。

表3-2 實驗時間與內容

週次＼測驗時間		檢測與訓練內容		
前測	日期		3/1(三)	3/3(五)
	檢測與訓練		最大拉力檢測	基礎、專項檢測
1w	日期	3/6(一)	3/8(三)	3/10(五)
	檢測與訓練	有氧閾值速度跑	有氧閾值速度跑	最大拉力檢測、*20分鐘盡力跑*
2w	日期	3/13(一)	3/15(三)	3/17(五)
	檢測與訓練	專項檢測、有氧閾值速度跑	有氧閾值速度跑	最大拉力檢測、*20分鐘盡力跑*
3w	日期	3/20(一)	3/22(三)	3/24(五)
	檢測與訓練	基礎、專項檢測	有氧閾值速度跑	最大拉力檢測、*20分鐘盡力跑*
4w	日期	3/27(一)	3/29(三)	3/31(五)
	檢測與訓練	專項檢測、有氧閾值速度跑	有氧閾值速度跑	最大拉力檢測、*20分鐘盡力跑*
5w 後測	日期	4/3(一)	4/5(三)	4/7(五)
	檢測與訓練	專項檢測、有氧閾值速度跑	*20分鐘盡力跑*	最大拉力檢測、基礎檢測

二、實驗地點：桃園縣立八德國中200m田徑場、體育館。

第三節　實驗儀器與設備

一、Diagnostic Biosen C_line 德國製乳酸血糖分析儀。

二、Catellani 義大利製 自由基分析儀。

三、Ploar(610i) 心跳偵測器。

四、德國製 速度控制器。

五、碼錶、測距輪、圓錐筒、酒精、採血針、採血毛管、手套(外科用)紅血球破壞劑及 200m 田徑場。

第四節　實驗方法與步驟

一、基礎耐力測試(2-4mmol/l)方式：

於受試者熱身前，以耳垂採血方式，採集 10 μl 血液，作爲安靜時乳酸與血糖値。採血完後受試者戴上 Polar 錶(610i)，進行熱身活動約 10 分鐘。熱身結束後，受試者在 200 m 操場以 2.5 m/s 的速度，開始進行第一階測試。每階持續時間約 5 分鐘；階與階中間休息 30 秒(同時間進行採血與心跳率紀錄)；每階速度上升 0.5 m/s，測試進行至受試者所能承受之最大負荷(all-out)爲止。

測試過程中，以速度控制器控制每階速度，並於 200 m 操場上每 50 m 處，皆放置一個圓錐筒(如圖 3-1)，受試者必須配合速度控制器的聲響通過圓錐筒，測試中以口頭方式告知受試者，『太快、太慢、剛好』，提醒受試者自我調整配速並以等速跑方式完成每階測試。

當天做完基礎檢測之後，不再實施有氧耐力訓練，因爲基礎檢測方式也是有氧耐力訓練方式之一。

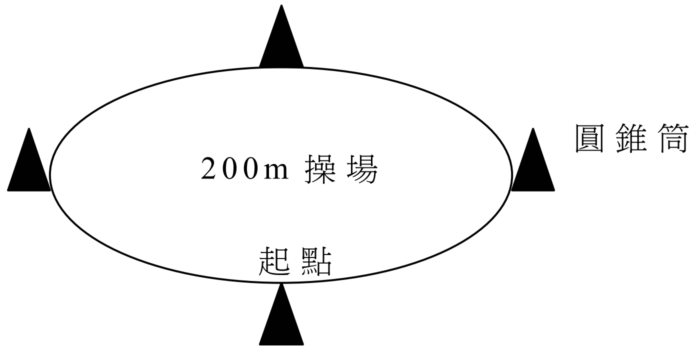

圖 3-1 基礎耐力測試場地圖

二、有氧耐力訓練方法：

(一)有氧閾值速度跑：

原則上每週訓練兩次，除了第 3、5 週各有一天，要做基礎能力測試，當天不需在另行訓練。以基礎檢測 2-4mmol/l 爲依據，受試者以個人有氧閾值速度不變方式，持續跑 20 分鐘。以 Polar 錶記錄運動中及結束後至第 5 分鐘，心跳變化與恢復情況。第 1、2 週訓練之有氧閾值速度，是依據前測之數據；第 3~5 週之有氧閾值速度，是依據第三週所得之數據，做爲訓練上之有氧閾值速度調整。

(二)20 分鐘盡力跑：

記錄受試者 20 分鐘內，在 200 m 田徑場盡全力跑的距離。並以 Polar 錶記錄運動中及結束後至第 5 分鐘，心跳變化與恢復情況。

三、專項測試方法(如表 3-3)：

表 3-3 專項測試方法

方式	拉拔河機後退步及靜態支撐之方式
強度	團體最大拉力之重量
Set	3
Set 休息時間	6 分鐘
專項持續 時間	1.靜態持續時間： 以專項最大拉力，將拔河機鐵片向上拉至 0.5 m 處，於停止狀態下開始計時，過程中受試者必須盡最大能力支撐鐵片重量，持續至鐵片下降到 0.2 m 時停錶。 2.總持續時間： 以專項最大拉力，當拔河機鐵片被拉起時開始按錶，直到鐵片落回至原點時停錶。
乳酸	採血點： 1.安靜值(R) 2.第 3set 結束後第 1、3、5、7 分鐘。
自由基	採血點： 1.安靜值(R) 2.第 3set 結束後第 3 分鐘。

四、團體最大拉力檢測方式：

(一)前測：

以 8 人體重總和(450kg)為測試起始重量，將拔河機鐵片向上拉至 0.5 m 處，即放回原點，為一次成功的測試。若無法拉起至 0.5 m 處，則一次減輕 20 kg，若可以拉起至 0.5 m 處，則一次增加 50 kg。最大拉力測試時，皆給予選手充足恢復時間 6 分鐘。

(二)五週訓練期間：

以前一週團體最大拉力檢測值為起始重量，其餘測試步驟皆與前測相同。

第五節　實驗流程圖

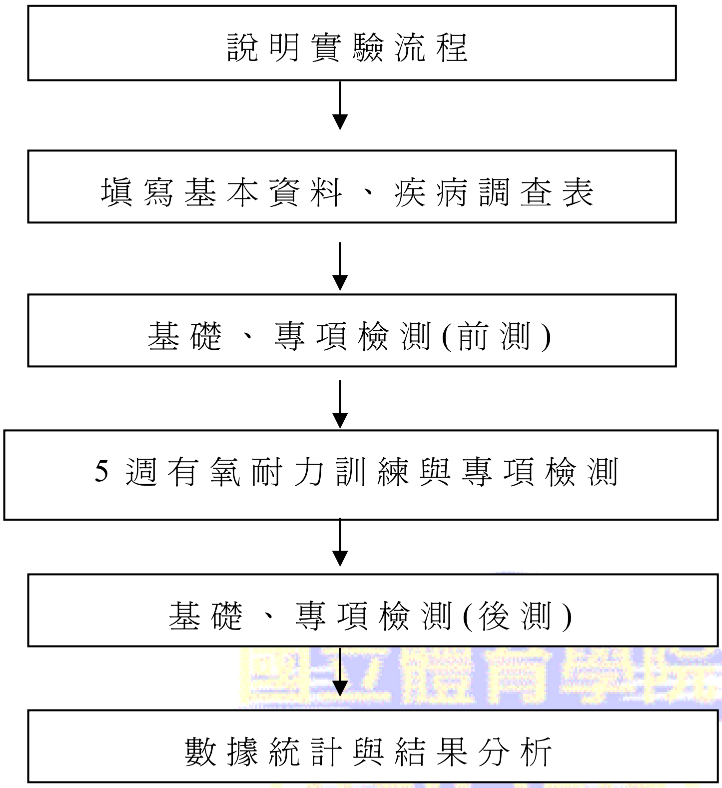

圖 3-2 實驗流程圖

第六節　資料處理與統計分析

一、以 SPSS 10.0 統計軟體，進行相依樣本 t 檢定與皮爾遜積差相關，分析受試者第一、五週之各生物參數差異及相關情況。

二、以德國奧林匹克研發之 Lactat-Exprot 軟體，分析基礎檢測之有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)結果。

三、所有圖形皆以 SigmaPlot 8.0 軟體製作。

四、本研究之顯著水準訂爲 $\alpha = .05$，* 表示 $p<.05$。

第肆章　結果與分析

本研究以八名國中男子拔河隊選手為受試對象，受試者分別先接受基礎能力診斷(前測)，再以個人有氧閾值速度進行有氧耐力訓練，五週後進行後測。將所得結果經統計分析後附上圖表及結果說明，分成四部份依序呈現：

一、基礎耐力測試 (2-4mmol/l)。
二、拔河專項能力測試。
三、有氧耐力訓練結果分析。
四、有氧耐力能力與拔河專項能力之相關分析。

第一節　基礎耐力測試(2-4mmol/l)

基礎耐力測試，八位選手之前測(第一週)，於 2.5 m/s 時之心跳率平均值為 171.25±10.87 min^{-1}，乳酸值平均值為 3.88±1.97 mmol/l；後測 (第五週) 心跳率與乳酸平均值分別為 162.13±7 min^{-1}，乳酸值為 2.96±1.94 mmol/l。其中有兩位選手前、後測之最大負荷速度皆達到 4.0 m/s，其前、後測心跳率與乳酸平均值分別為 203±7.07 min^{-1} 、201.5 ±0.71 min^{-1}；9.72±0.35 mmol/l、8.42±0.59 mmol/l。乳酸前、後測最大值分別為 9.96 mmol/l、8.83 mmol/l；心跳率則為 208 min^{-1}、202 min^{-1}，如圖 4-1 所示。

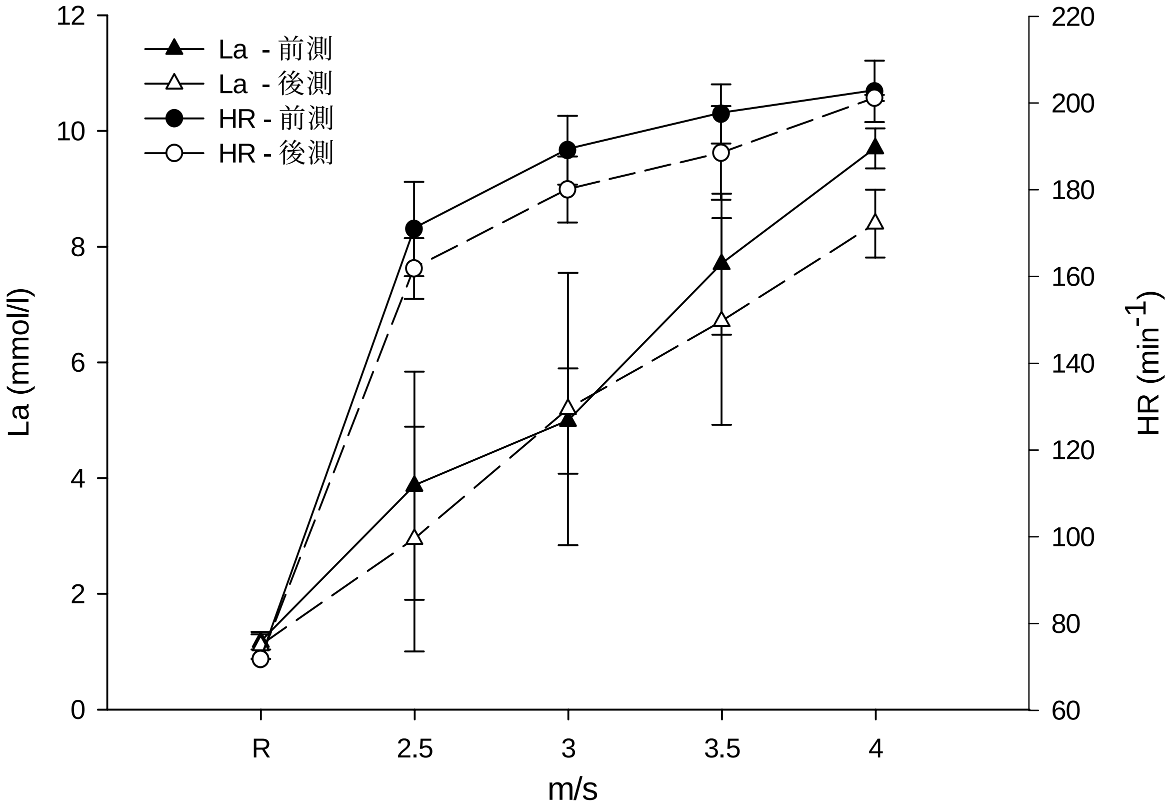

圖 4-1 基礎耐力測 [illegible] 率曲線圖

表 4-1 為經由 Laktat 有氧-無氧閾值 (2-4mmol/l)軟體，分析個人有氧(2mmol/l)及無氧(4mmol/l)閾值速度(m/s)與心跳率(HR)，經統計分析出團體平均值與標準差之前、後測比較。

表 4-1 基礎耐力測試 (2-4mmol/l) 前、後測比較 (n=8)

週次	2 mmo l/l		4 mmol /l	
	m/s	HR	m/s	HR
1	1.7±0.4	129±14.7	2.7±0.3	164±8.1
5	2.2±0.6	154±13.1	2.8±0.5	173±11
diff.	+0.5	+25	+0.1	+9

一、有氧閾值

表 4-2 爲第一週有氧閾值 (2mmol/l) 速度與心跳率平均爲 1.7±0.4 m/s、129±14.7 min^{-1}，第五週有氧閾值速度與心跳率平均分別爲 2.2±0.6 m/s、154±13.1 min^{-1}。有氧閾值速度與心跳率前、後測差異分別爲： 0.5 m/s ($p<0.05$) 與 25 min^{-1} ($p<0.05$) 。如圖 4-2 所示。

表 4-2 有氧閾值 (2mmol/l) 前、後測(n=8)

2mmol/l	第一週	第五週	Diff.	t 值
m/s	1.7±0.4	2.2±0.6	+0.5	-3.62 *
HR	129±14.7	154±13.1	+25	-2.78 *

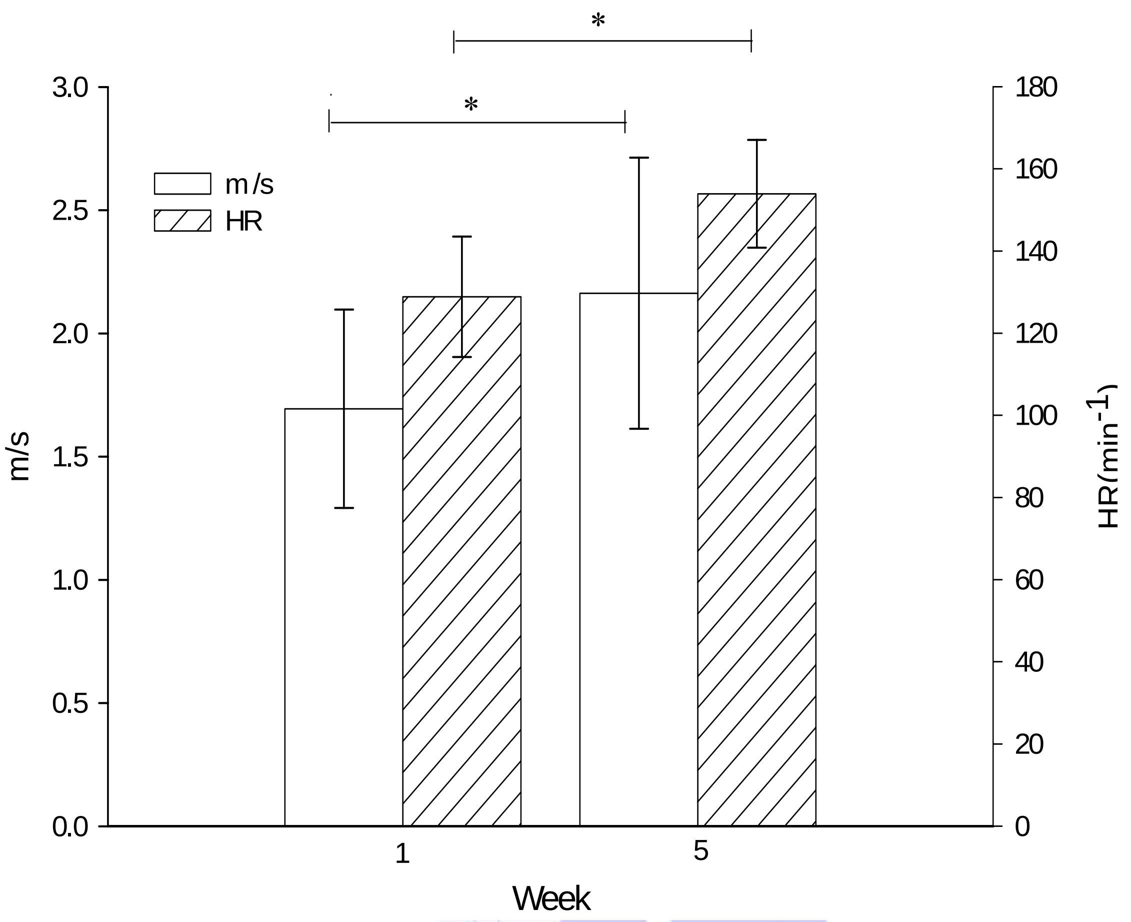

圖 4-2 有氧閾值前、後測之速度與心跳率($p<0.05$)。

二、無氧閾值

表 4-3 為第一週無氧閾值 (4 mmol/l) 速度與心跳率平均值，分別為： 2.7±0.3 m/s、164±8.1 min^{-1}，第五週無氧閾值速度與心跳率平均為： 2.8±0.5 m/s、173±11 min^{-1}。無氧閾值速度與心跳率前、後測之差異分別為 0.1 m/s ($p>0.05$) 與 9 min^{-1} ($p>0.05$)。如圖 4-3 所示。

表 4-3 無氧閾值 (4mmol/l) 前、後測(n=8)

4mmol/l	第一週	第五週	Diff.	t 值
m/s	2.7±0.3	2.8±0.5	+0.1	-0.87
HR	164±8.1	173±11	+9	-1.62

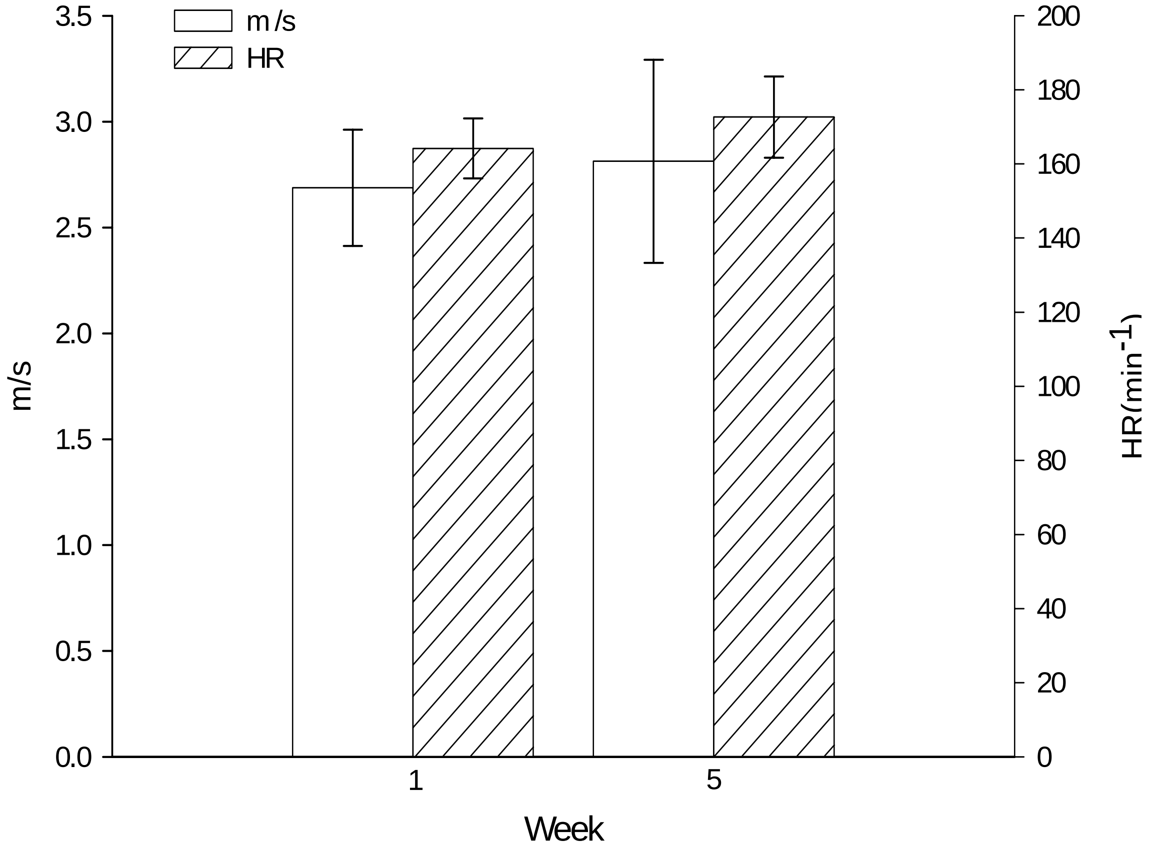

圖 4-3 無氧閾值前、後測之速度與心跳率。

第二節　拔河專項能力測試

一、團體最大拉力與持續時間

團體最大拉力於第一週至第五週皆為 500 kg，靜態平均持續時間第一週至第五週分別為：44.67±4.51s、54±11.79s、62.33±20.74s、86.33±7.77s、105.33±6.66s；靜態最大持續時間第一週至第五週分別為：49s、67s、81s、95s、111s。

總持續時間平均值第一週至第五週分別為：57.13±3.59s、71±11.53s、76.67±25.17s、107±10.54s、118.33±6.66s；總持續時間最大值第一週至第五週分別為：61s、83s、100s、117s、124s。如表 4-4 所示。

表 4-4 第一至五週團體最大拉力與持續時間

週次	團體最大拉力(kg)	靜態持續時間(s)		總持續時間(s)	
		M±SD	Max	M±SD	Max
1	500	44.67±4.51	49	57.13±3.59	61
2	500	54±11.79	67	71±11.53	83
3	500	62.33±20.7	81	76.67±25.17	100
4	500	86.33±7.77	95	107±10.54	117
5	500	105.33±6.7	111	118.33±6.7	124

靜態持續時間前、後測差異情形為：平均值方面後測較前測多 61s ($p<0.05$)，最大值方面後測較前測多 62s；總持續時間前、後測差異情形為：平均值方面後測較前測多 61s ($p<0.05$)，最大值方面後測較前測多 63s。如圖 4-4 所示。

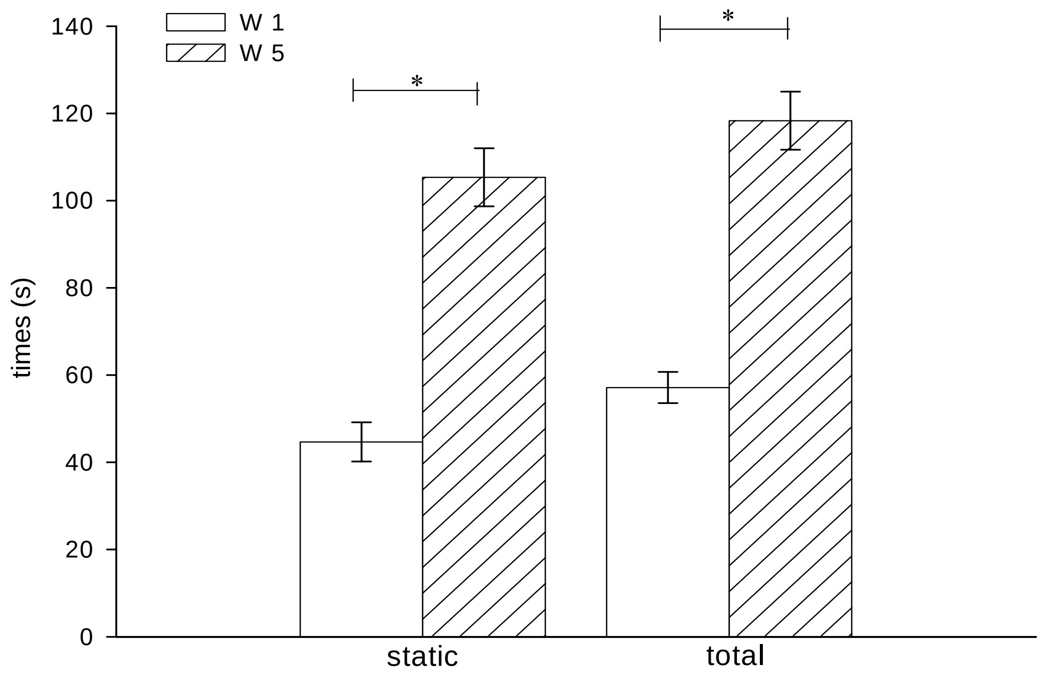

圖 4-4　第一、五週專項靜態持續時間及總持續時間比較 (p<0.05)。

二、專項測試結束後乳酸堆積值

專項測試結束後乳酸值，分別為結束後第 1、3、5、7 分鐘，並以 E-1、E-3、E-5、E-7 表示；結束後最大乳酸值以 E-Max 表示。

第一至五週專項測試結束後乳酸堆積值，從 E-1 至 E-7 皆呈現遞減情況，第一、五週之 E-1 及 E-7 分別為：第一週 2.71±1.13 mmol/l、2.02±0.79 mmol/l；第五週 3.03±1.74 mmol/l、2.48±1.44 mmol/l。

最大乳酸值第一至五週分別為：2.9±1.2 mmol/l、4.1±2.3 mmol/l、3.7±1.4 mmol/l、3.4±1.0 mmol/l、3.2±1.6 mmol/l。如表 4-5 所示。

表 4-5 專項測試結束後乳酸堆積值(mmol/l)

W	R	E-1	E-3	E-5	E-7	E-Max
1	1.02±0.1	2.71±1.1	2.64±1.1	2.21±0.89	2.02±0.8	2.9±1.2
2	1.19±0.2	3.99±2.1	3.85±2.4	3.72±2.21	3.37±1.9	4.1±2.3
3	1.13±0.1	3.46±1.4	3.16±1.5	3.04±1.57	2.8±1.36	3.7±1.4
4	1.19±0.2	3.08±1.2	2.74±1.1	2.55±1.1	2.2±0.87	3.4±1.0
5	1.14±0.1	3.03±1.7	2.79±1.7	2.77±1.44	2.48±1.4	3.2±1.6

專項測試結束後乳酸堆積值，第一、五週 R、E-1、E-3、E-5、E-7、E-Max 差異情況分別爲：0.12 mmol/l、0.32 mmol/l、0.15 mmol/l、0.56 mmol/l、0.46 mmol/l、0.3 mmol/l。其中 R 值第一、五週達顯著差異 ($p<0.05$)，其餘結束後乳酸堆積值皆未達顯著差異 ($p>0.05$)。如圖 4-5 所示。

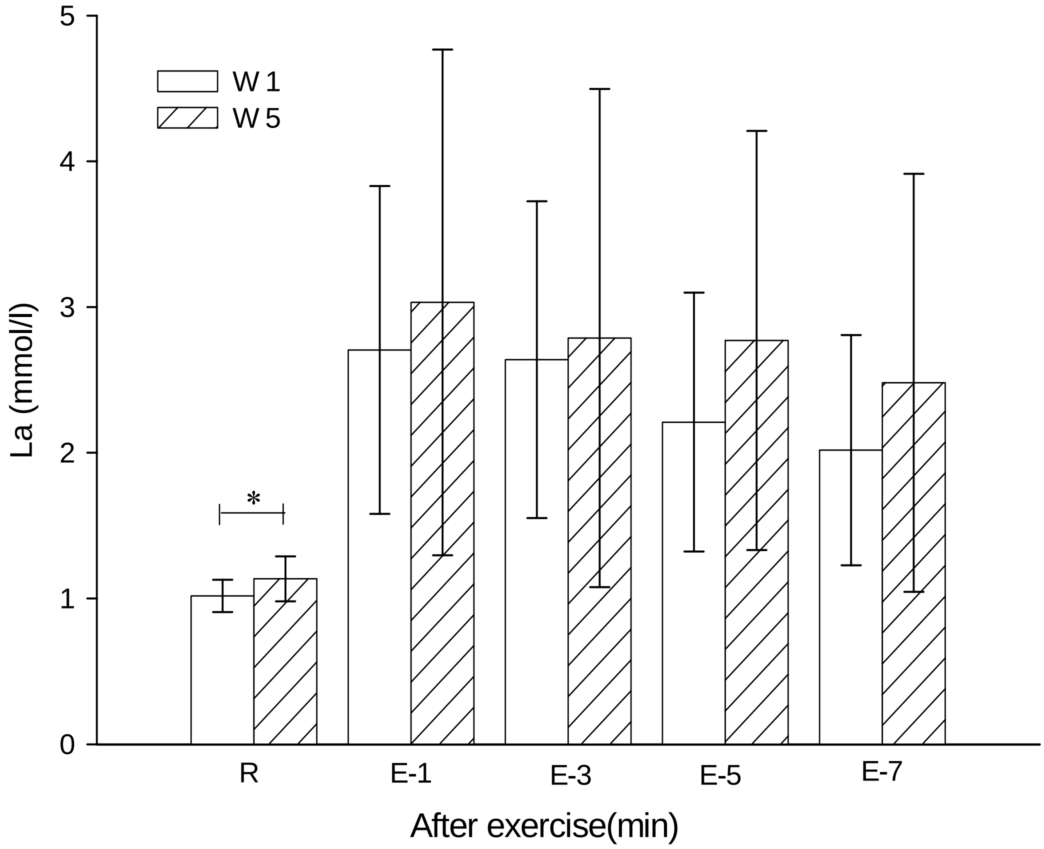

圖 4-5 第一、五週專項測試結束後乳酸堆積值比較。

三、自由基 (H_2O_2)

第一、五週專項測試結束後第 3 分鐘(E-3)自由基產生量平均值爲：1.3±0.15 H_2O_2、1.53±0.37 H_2O_2 ；最大值與最小值分別爲：1.74 H_2O_2、2.181 H_2O_2；1.216 H_2O_2、1.216 H_2O_2。自由基 R 與 E-3 前、後測差異分別爲 0.01 H_2O_2、0.23 H_2O_2 皆未達顯著差異($p>0.05$)。如表 4-6、圖 4-6 所示。

表 4-6 第一、五週專項測試自由基(H_2O_2)

週次	R	E-3	Max	Min
1	1.28±0.19	1.3±0.15	1.74	1.216
5	1.27±0.11	1.53±0.37	2.181	1.216
Diff.	+0.01	+0.23	+0.44	0

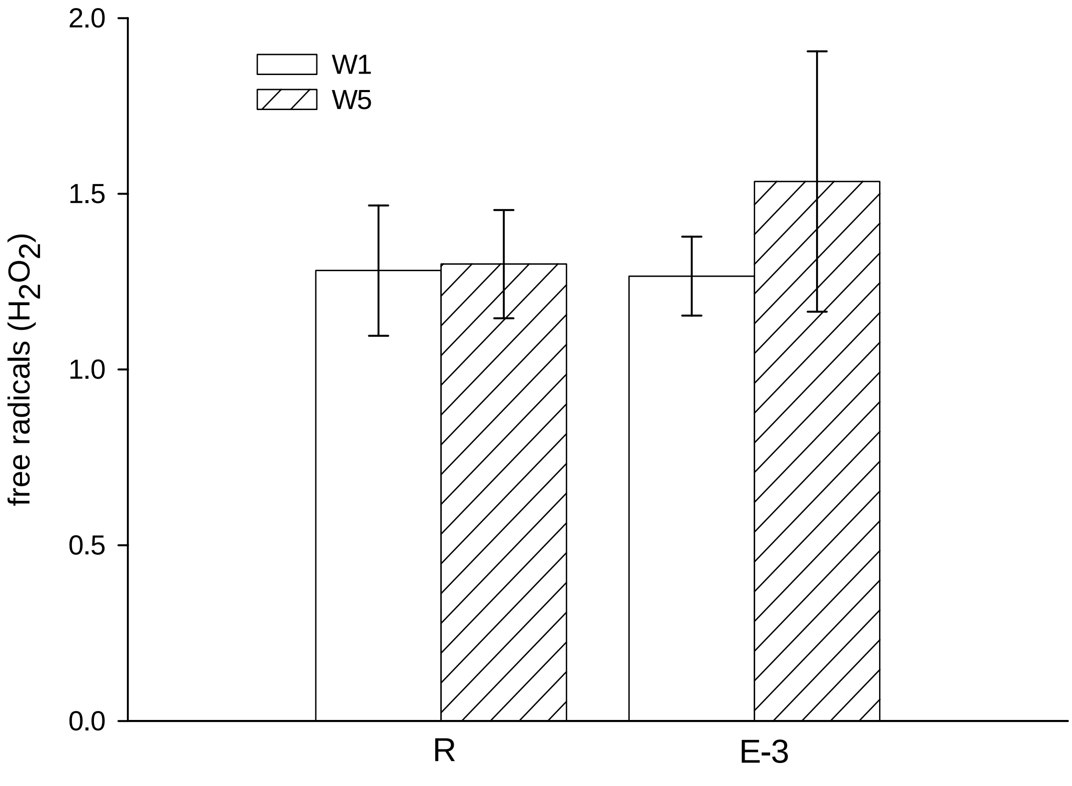

圖 4-6 第一、五週專項測試自由基。

第三節　有氧耐力訓練結果分析

一、有氧閾值速度跑結束後恢復心跳率

有氧閾值速度跑，結束後第 5 分鐘心跳率，第一至五週分別爲：103.19±8.92 min^{-1}、98.25±10.16 min^{-1}、101.27±6.19 min^{-1}、106.81±5.53 min^{-1}、102.38±6.02 min^{-1}。心跳恢復率爲，結束後第五分鐘心跳率與結束後第一分鐘心跳率差異之百分比；第一至五週心跳恢復率分別爲：46%、48%、57%、62%、55%。如表 4-7 所示。

表 4-7 有氧閾值速度跑結束後心跳率

週次	E-1	E-3	E-5	心跳恢復率(%)
1	149.94±11.9	111.63±7.8	103.19±8.9	46
2	146.5±12.36	103.8±10.5	98.25±10.16	48
3	158.73±7.77	110.64±7.7	101.27±6.19	57
4	168.38±6.37	120.25±8.4	106.81±5.53	62
5	157.38±7.63	118.3±12.2	102.38±6.02	55

第一、五週之 E-1 與 E-5 分別爲：149.94±11.97 min^{-1}、103.19±8.92 min^{-1}；157.38±7.63 min^{-1}、102.38±6.02 min^{-1}，第一週與第五週 E-5 心跳率之差異爲 1 min^{-1}，無達顯著水準($p>0.05$)。前、後測之心跳恢復率，分別爲 46% 與 55%，未達顯著差異($p>0.05$)。如圖 4-7 所示。

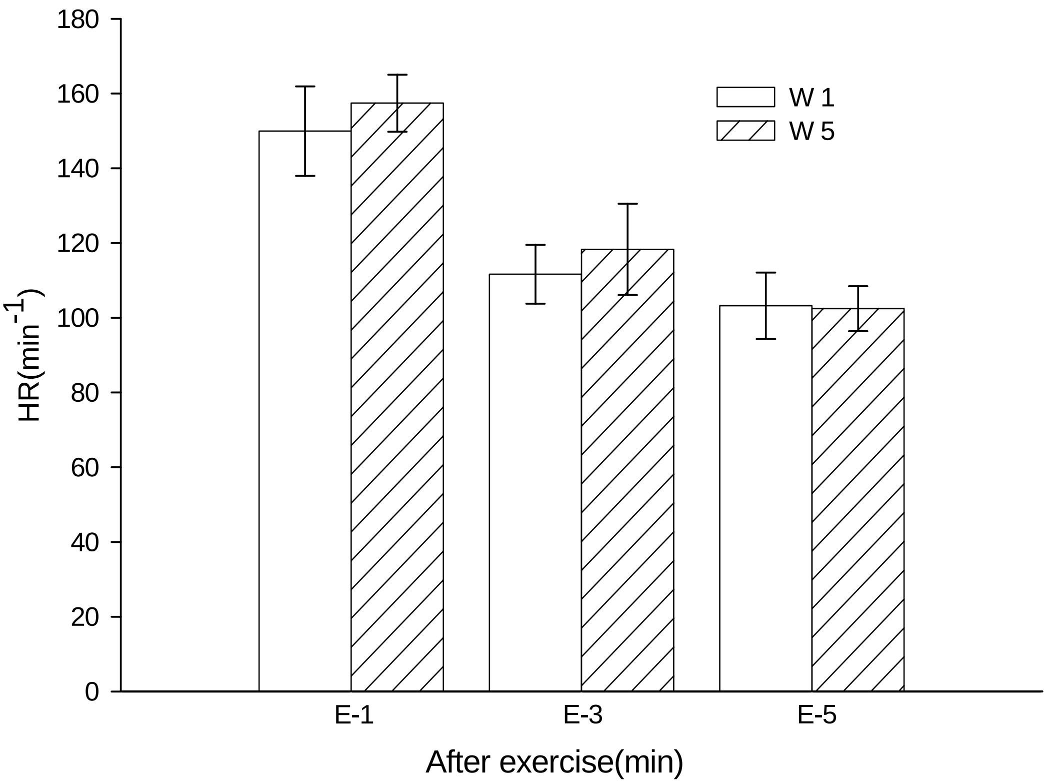

圖 4-7 第一、五週有氧閾值速度跑結束後心跳率比較。

二、20 分鐘盡力跑

(一)距離

20 分鐘盡力跑距離，第一至五週平均分別爲：2925±454.3 m、2928.1±543 m、2718.8±388.2 m、2831.3±503.5 m、3031.25±446.4 m；其中第三週盡力跑之平均距離最小，第五週平均距離最大；第三、五週盡力跑之平均距離，呈現顯著差異($p<0.05$)。如圖 4-8 所示。

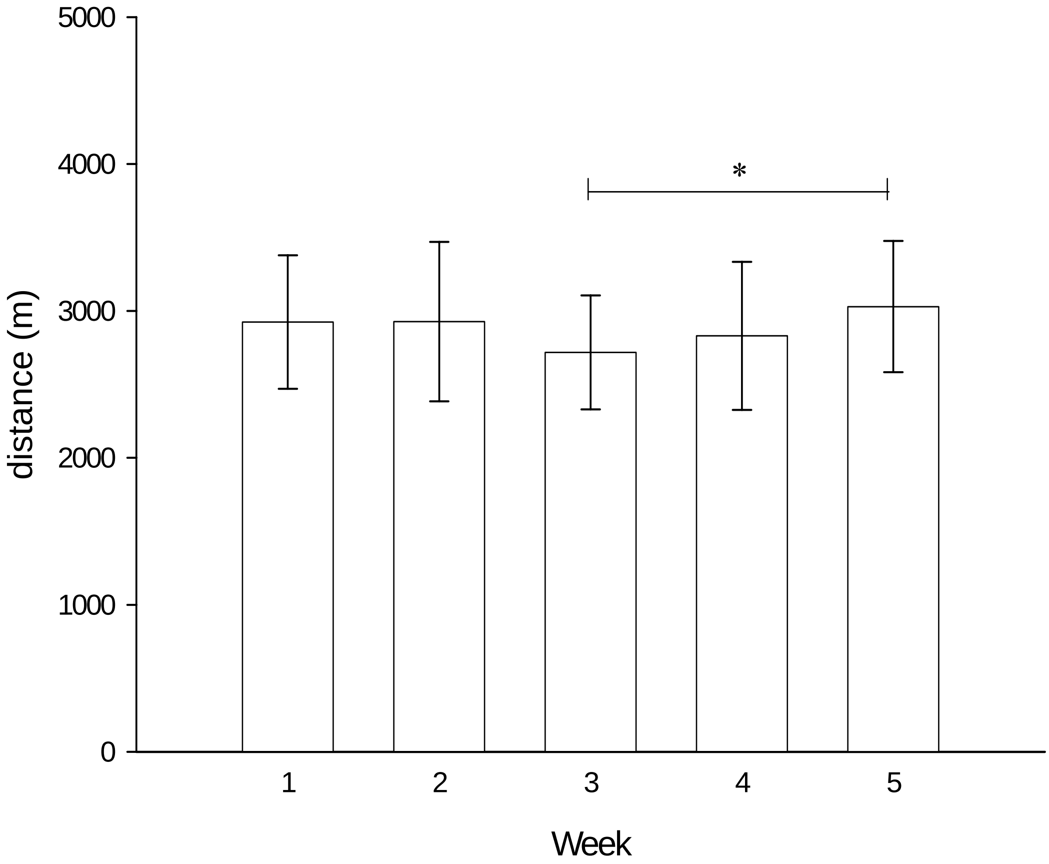

圖 4-8 第一至五週 20 分鐘盡力跑距離比較。

(二)運動結束後恢復心跳率

20 分鐘盡力跑，結束後第 1 分鐘平均心跳率，第一、五週爲：157.8±14.24 min^{-1} 與 176.3±12.49 min^{-1}。結束後第 3 分鐘平均心跳率，第一、五週分別爲：118±6.89 min^{-1} 與 137±17.7 min^{-1}。結束後第 5 分鐘平均心跳率，第一至五週分別爲：113±5.31 min^{-1}、120±13 min^{-1}、122±10 min^{-1}、116±8.03 min^{-1}、122±10.2 min^{-1}。第一至五週心跳恢復率分別爲：44%、53%、51%、48%、54%。如表 4-8 所示。

表 4-8 20 分鐘盡力跑結束後恢復心跳率

Week	E-1	E-3	E-5	心跳恢復率(%)
1	157.8±14.2	118±6.89	113±5.31	44
2	173.9±15.4	135±17.4	120±13	53
3	173±5.93	139±10	122±10	51
4	163.9±11.7	127±8.99	116±8.03	48
5	176.3±12.5	137±17.7	122±10.2	54

第一、五週之 E-1 與 E-5 分別爲：157.8±14.24 min^{-1}、113±5.31 min^{-1}；176.3±12.49 min^{-1}、122±10.2 min^{-1}；其中，結束後第 1 分鐘平均心跳率，第一、五週之差異爲 19 min^{-1}，呈現顯著差異($p<0.05$)；結束後第 3 分鐘平均心跳率，第一、五週之差異爲 19 min^{-1}，呈現顯著差異($p<0.05$)；結束後第五分鐘心跳率，第一、五週之差異爲 9 min^{-1}，無顯著差異($p>0.05$)。前、後測之結束後第一、五分鐘心跳下降值，分別爲 44% 與 54 %，無顯著差異($p>0.05$)。如圖 4-9 所示。

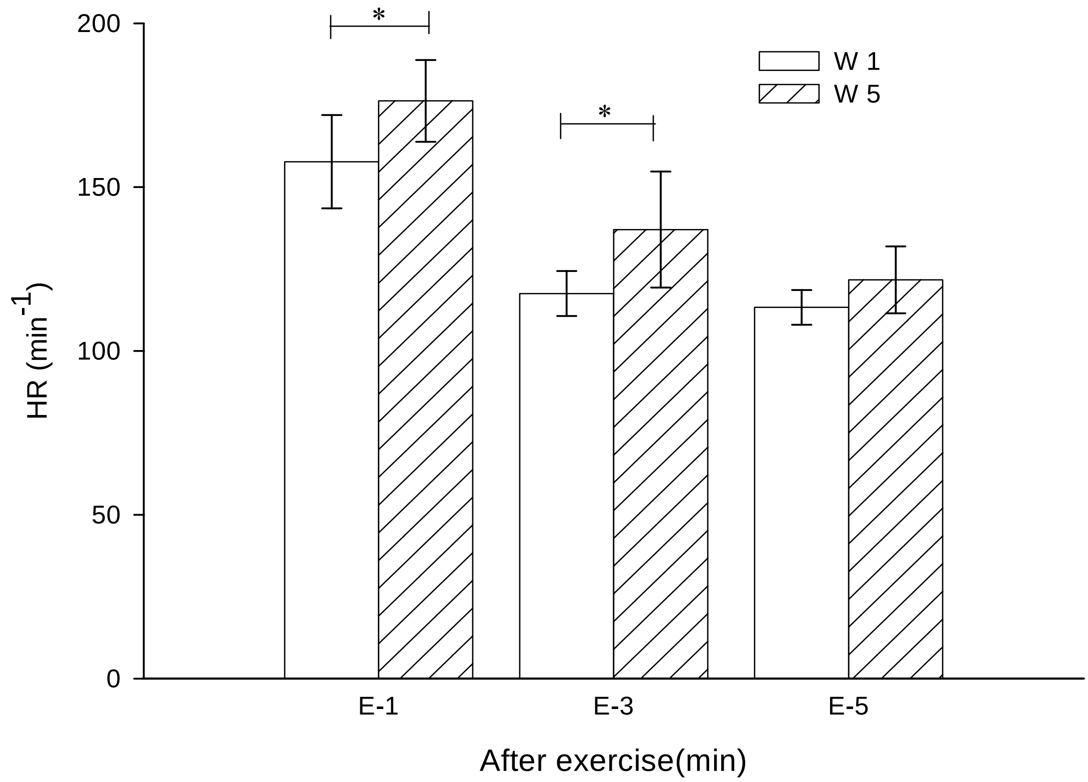

圖 4-9 第一、五週 20 分鐘盡力跑結束後心跳率。

第四節　有氧耐力能力與拔河專項能力之相關分析

一、有氧閾值(2mmol/l)速度與拔河專項能力之關係

(一)有氧閾值(2mmol/l)速度與專項最大乳酸堆積之關係

　　有氧閾值(2mmol/l)速度與專項最大乳酸堆積，前、後測均呈現負相關趨勢，圖中之雙曲線為信賴區間。有氧閾值(2mmol/l)速度與專項最大乳酸堆積之相關情形，位於圖右下角者為佳。前測值大多分散於圖型之左下方，且未在信賴區間內；後測值大部分位於右下角，並集中在信賴區間內，如圖 4-10 所示。

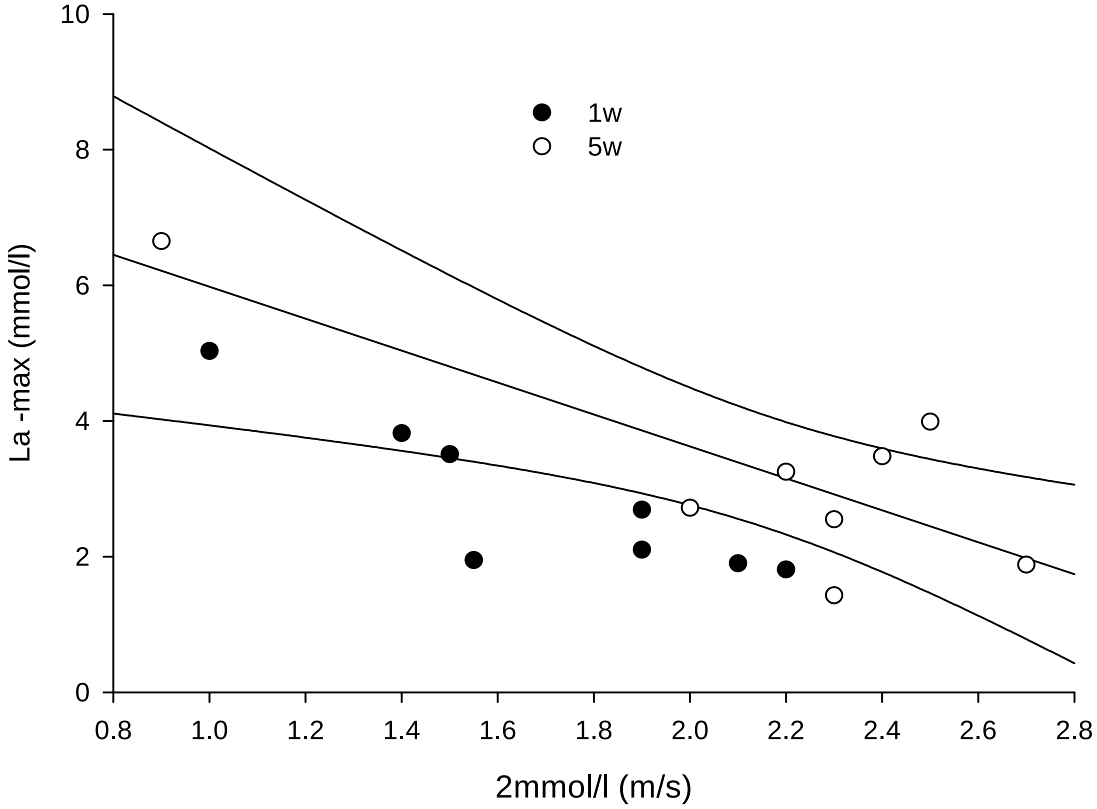

圖 4-10 有氧閾值速度與專項最大乳酸堆積之關係。

(二)有氧閾值(2mmol/l)速度與專項自由基之關係

有氧閾值(2mmol/l)速度與專項自由基之前、後測，均呈現無相關趨勢。前測之相關分布情況，大多位於圖中左、中側與趨勢線之下方；後測之相關分布，大部分位於圖中之右側，且在趨勢線上方之分布情況較前測多；甚至有兩名選手之相關情形，在信賴區間之外。表示後測之有氧閾值(2mmol/l)速度與專項自由基值，皆高於前測，如圖 4-11 所示。

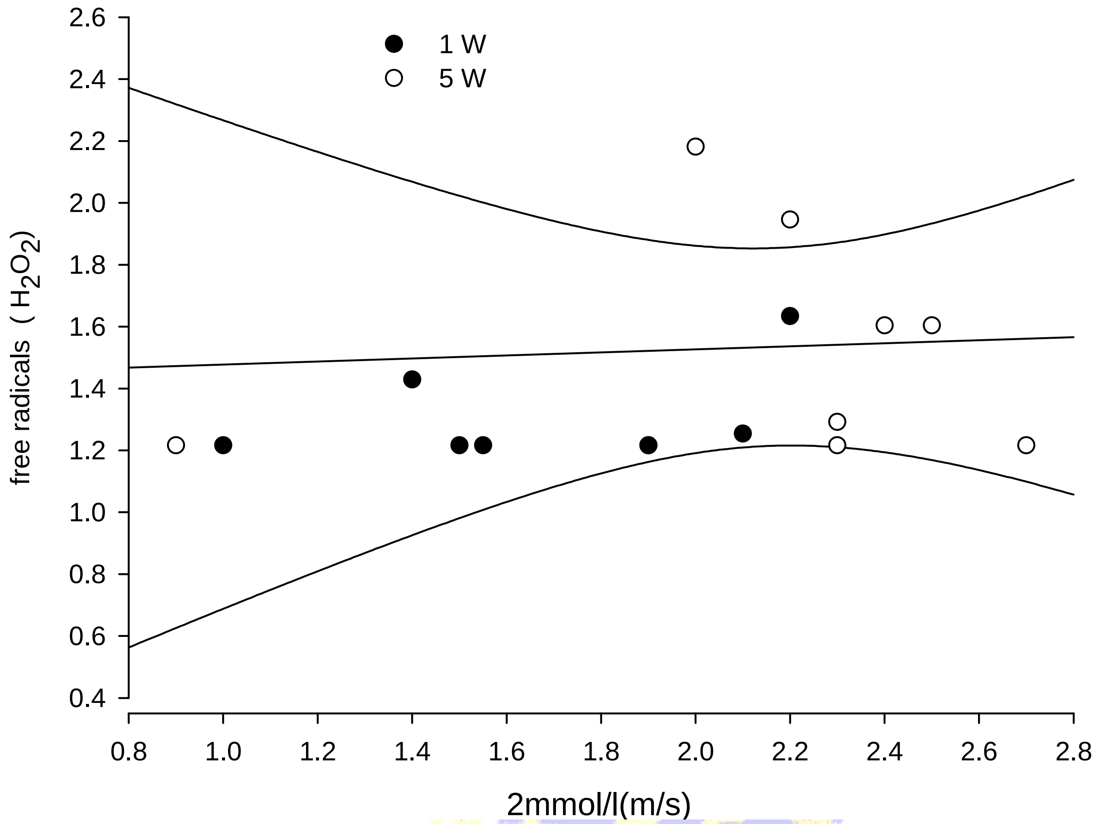

圖 4-11 有氧閾值速度與專項自由基之關係。

二、有氧耐力訓練與拔河專項能力之關係

(一)有氧閾值速度訓練 1~5 週心跳恢復率與專項靜態最大持續時間關係

有氧閾值速度訓練 1~5 週心跳恢復率與專項靜態最大持續時間，經直線回歸相關分析後發現成正相關，相關值達 0.75。第 1 週有氧閾值速度訓練心跳恢復率為 46%，專項靜態最大持續時間為 49 秒；第 5 週之恢復心跳率為 55%，專項靜態最大持續時間為 111 秒。如圖 4-12 所示。

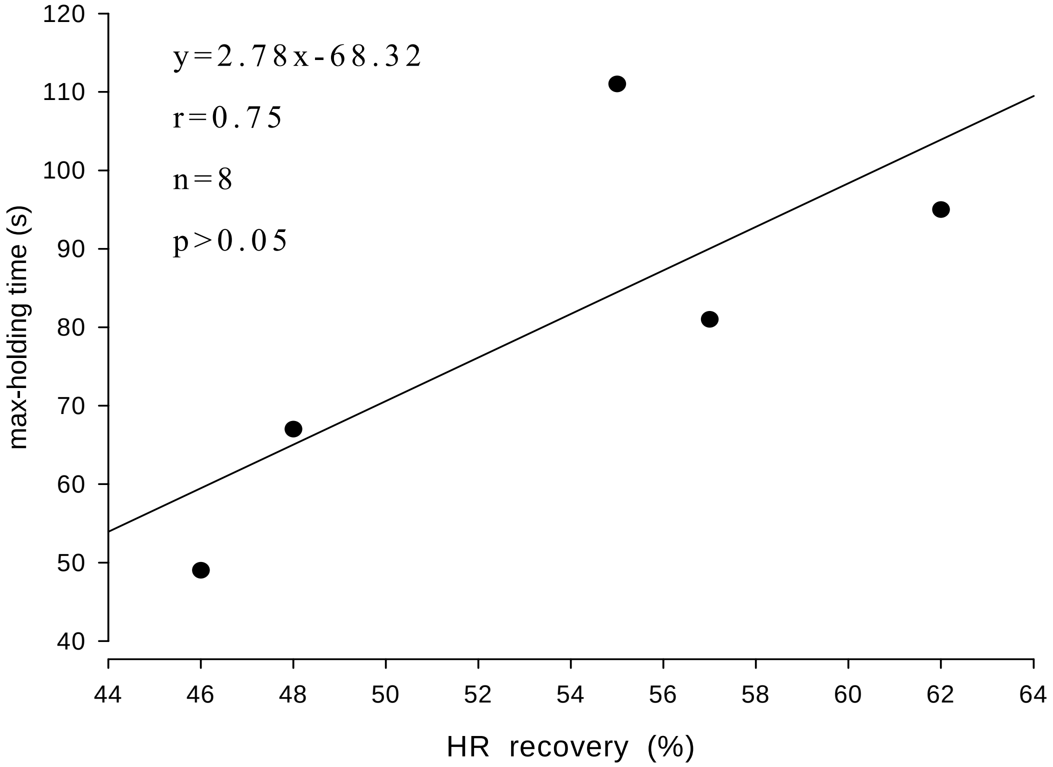

圖 4-12 有氧閾值速度訓練一至五週心跳恢復率與專項靜態最大持續時間之關係。

(二)有氧閾值速度訓練 E-5 心跳率與專項最大乳酸堆積之關係

有氧閾值速度訓練 E-5 心跳率與專項最大乳酸堆積，前、後測均呈現正相關趨勢，兩者相關情況位於圖中左下角者爲能力較佳。前測相關結果較爲分布情形較爲分散；後測相關分布情形較集中於信賴區間內，且大部分均較前測相關值向左偏移，如圖 4-13 所示。

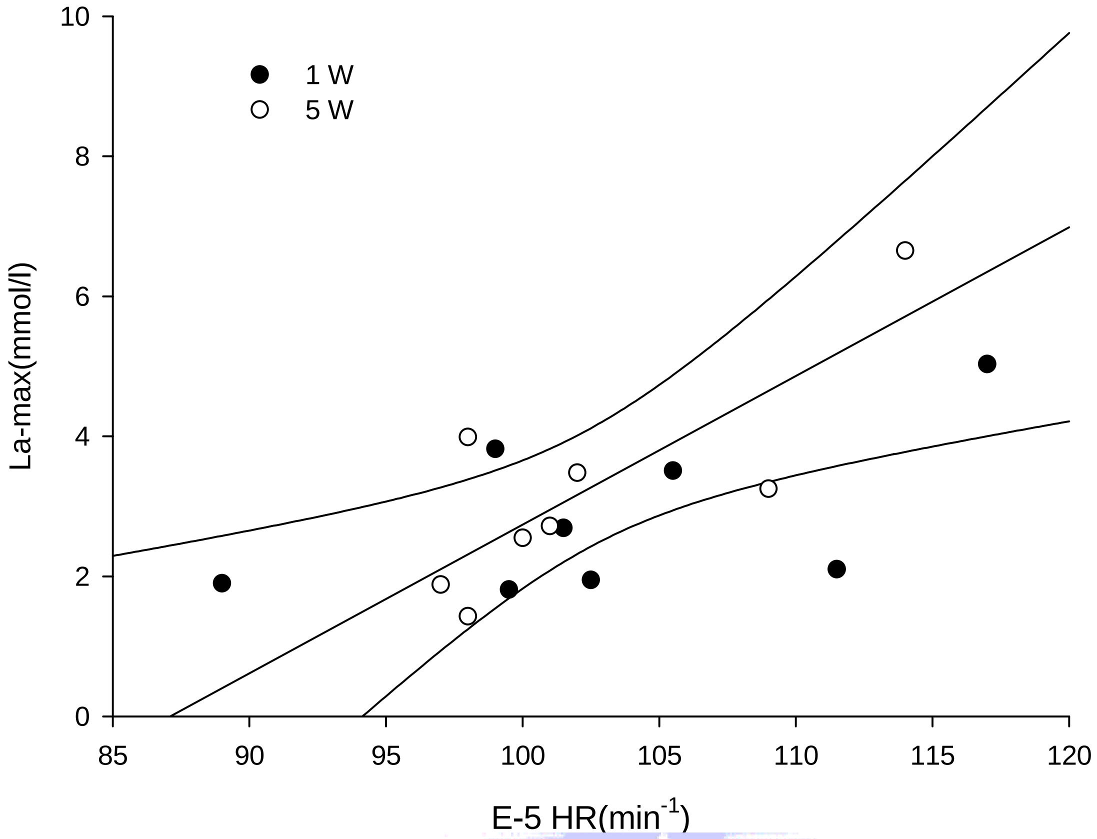

圖 4-13 有氧閾值速度訓練 E-5 心跳率與專項最大乳酸堆積之關係。

(三) 1~5 週 20 分鐘盡力跑距離與專項靜態最大持續時間之關係

1~5 週 20 分鐘盡力跑距離與專項靜態最大持續時間，經直線回歸相關分析後，呈正相關之趨勢。第 1 週 20 分鐘盡力跑距離爲 2925 m，專項靜態最大持續時間爲 49 秒；第 5 週之 20 分鐘盡力跑距離爲 3031 m，專項靜態最大持續時間爲 111 秒，如圖 4-14 所示。

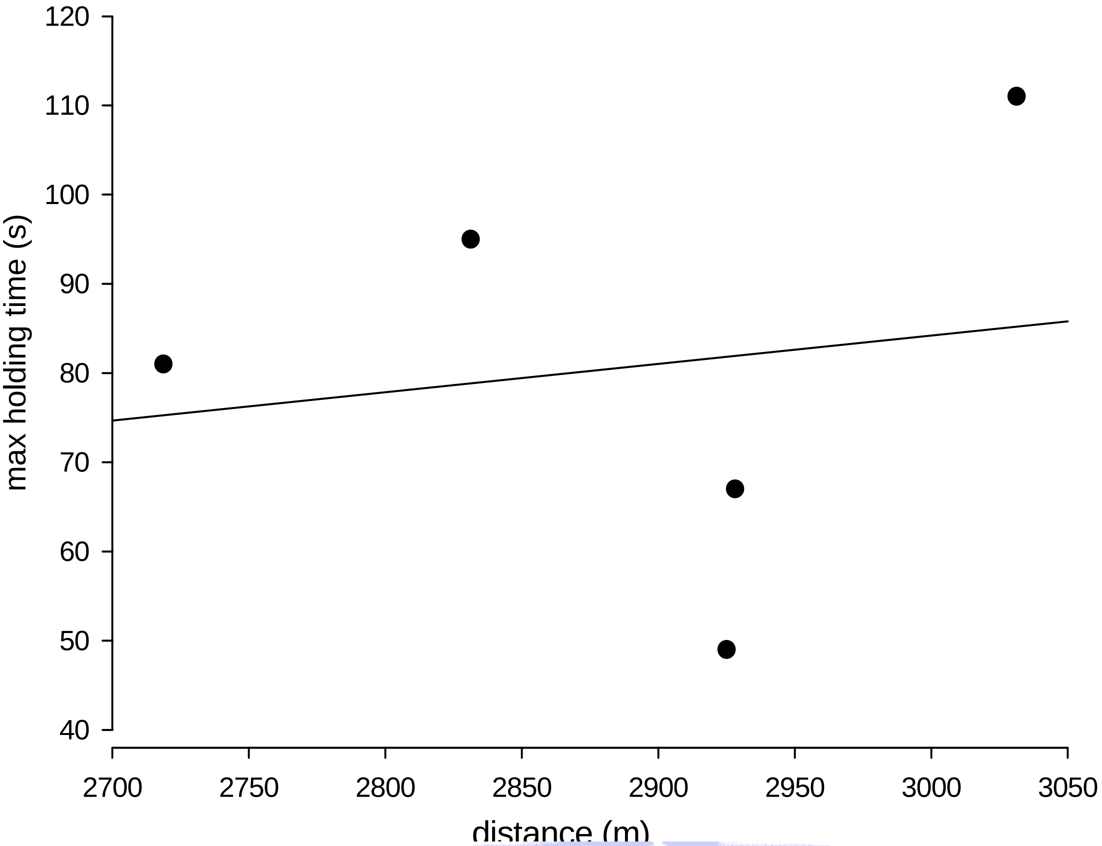

圖 4-14　一至五週 20 分鐘盡力跑距離與專項靜態最大持續時間之關係。

(四) 20 分鐘盡力跑距離與專項最大乳酸堆積之關係

20 分鐘盡力跑距離與專項最大乳酸堆積，前、後測均呈現負相關趨勢。兩者相關情形，位於圖右下角者為能力較佳者，表示有氧耐力佳且最大乳酸堆積少。前、後測相關分布均屬於分散之情形，皆未呈現集中狀態。如圖 4-15 所示。

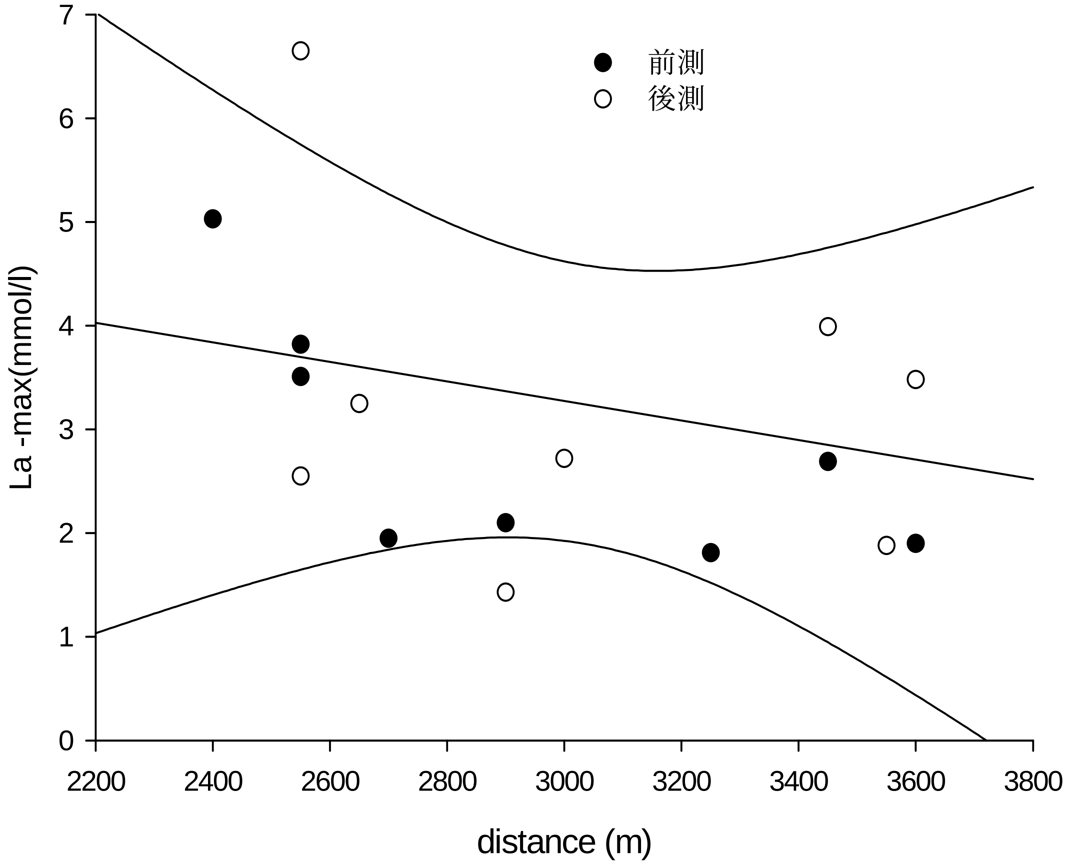

圖 4-15 20 分鐘盡力跑距離與專項最大乳酸堆積之關係。

第伍章　討論

本研究主要目的在了解國中拔河選手，經過五週有氧耐力訓練之後，有氧耐力能力與專項能力之變化情形，以及有氧耐力訓練對於拔河專項能力之影響。研究結果透過資料統計與分析後，將分為四部分加以討論：

一、 基礎耐力測試(2-4mmol/l)。
二、 拔河專項能力。
三、 訓練生理適應。
四、 有氧耐力能力與拔河專項能力之相關分析。

第一節　基礎耐力能力

有氧耐力能力為各運動項目之必備基礎，不論何種程度之選手，皆必須擁有良好的耐力能力，使身體能在短時間內快速的恢復，以應付長時間之比賽。

本研究以國中男生拔河選手，經過五週有氧耐力訓練後，由圖4-1可明顯看出，受試者於相同強度下，後測之乳酸與心跳率曲線皆向右偏移，即後測之乳酸與心跳率值低於前測，表示受試者透過5週有氧耐力訓練後，身體產生適應效果、肌肉代謝能力提升，增加乳酸代謝速率，顯現出訓練效果，這也與1976年德國學者Mader等人研究相符合。

個人有氧閾值(2mmol/l)前、後測比較，速度方面呈現顯著的提升($p<0.05$)，心跳率亦有顯著的上升($p<0.05$)，如圖4-2。一般的生理反應，不論安靜時或運動中，心跳率與攝氧量的水準，會呈現平行的昇降，且具有高度的正相關(林昭庚等，

1994)。運動訓練的初期，一定運動強度條件下的心跳率會上昇，以便提供身體組織的血液量增加需求。隨著訓練週期延長，心肺功能提昇，促使心臟每跳輸出量(stroke volume)增加，並提昇各項能量代謝系統功能。

圖4-3顯示個人無氧閾值(4mmol/l)前、後測，在速度與心跳率方面，皆無達顯著差異。本研究僅以有氧閾值速度，訓練選手之有氧耐力，對於無氧閾值強度方面，無達生理刺激水準，因此在個人無氧閾值方面，較無顯著變化。

第二節　拔河專項能力

一、專項持續時間

本研究發現，受試者在經過五週耐力訓練後，專項持續時間，在靜態持續時間方面前測爲44.67±4.51s，後測爲105.33±6.66s；總持續時間方面前測爲57.13±3.59s，後測爲118.33±6.66s。如圖4-4顯示，不論靜態持續時間或總持續時間方面，皆明顯進步且達顯著水準($p<0.05$)。這與Gollnick(1988)研究中提出，經過耐力訓練後，可使脂肪氧化能力提升，並增加肌肉中微血管數量，增進粒線體內β-氧化作用。因此能有效延長拔河專項的持續時間。

二、專項測試結束後乳酸堆積值

由圖4-5顯示，第五週專項測試結束後乳酸堆積值，皆高於第一週。運動中乳酸產生的主要原因爲：運動強度、參與的肌肉量與運動持續時間 (Hultman & Saholm, 1980)。第五週專項持續時間顯著多於第一週，而運動持續時間的增長，以致於第五週之結束後乳酸堆積值高於第一週。又第一、五週專項測試

結束後乳酸堆積值差異，皆無達到顯著差異水準($p>0.05$)，表示即使運動持續時間顯著增加，但乳酸堆積程度並未依持續時間增加而顯著上升。這與Neumann等人(1991)研究中提出，有氧能力高者，乳酸排除之速度亦快；當運動強度不變時，乳酸堆積與排除速率將達到穩定狀態(lactate steady state)之理論相符合。

三、自由基

運動中自由基的產生，是對運動表現較不好的，長時間運動產生的自由基可能造成肌漿質網的傷害，導致肌肉去極化期間減少 Ca^{2+} 的釋放，進而導致肌肉疲勞 (Powers & Hoekey, 2001)。由圖4-6顯示，專項測試結束後第3分鐘自由基，第五週為1.53±0.37 mmol/l H_2O_2；第一週為1.3±0.15 mmol/l H_2O_2，但差異未達顯著水準($p>0.05$)。這與許多研究中指出，長時間或高強度運動容易造成肌肉損傷，並促使體內自由基大量產生進而提高脂質過氧化的情形，導致體內脂質過氧化物水平增高(Gee D. et al., 1981；Vinikka L. et al., 1984)，結果是相同的。第五週專項持續時間顯著高於第一週，因此第五週自由基產生量，相對高於第一週，但第一、五週自由基之差異，未達顯著水準。其原因可能為，接受耐力訓練，能有效提升體內粒線體及抗氧化酵素之活性，減少細胞內的氧化反應物，降低電子傳遞鏈產生自由基之機率(Staniek et al., 2002；Lu et al., 2003；Mcallister et al., 1997；Zoll et al., 2002；Korzeniewski et al., 2003；Burelle et al., 2002；Leek et al., 2001；Starritt et al., 1999；Putman et al., 1998；Howlett et al., 1998；McArdle et al., 2002)。

第三節　有氧耐力訓練生理適應

一、20分鐘盡力跑距離

本研究發現，受試者在經過五週耐力訓練後，盡力跑平均距離第一週為2925±454.3m，第五週為3031.25±446.4m，進步約有106m，顯示五週有氧耐力訓練，可以改善心肺耐力能力。這與Chatterjee等(1995)的發現一致，經過運動訓練後，由於心肺適能的提升，因此在跑步測驗時間的表現上將會有較好的表現。Stwart & Gutin (1976)的研究中也提出，增進心肺耐力，應以全身性的大肌肉活動，及持續跑之訓練方式，來提升有氧耐力能力的看法一致。

二、恢復心跳率

Koch & Rocker(1980)指出在耐力性有氧運動開始4-6週左右，身體會漸漸適應：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。運動結束後第五分鐘(E-5)心跳率在120-115min^{-1}表示好；105-100min^{-1}表示非常好；100min^{-1}以下表示有高競技運動能力(Hollmann et. al, 1978)。

本研究發現，在20分鐘有氧閾值速度跑訓練方面，由表4-7可看出，受試者之五週E-5心跳率皆低於120下，且經過五週有氧耐力訓練後，心跳恢復率由第一週的46%，漸漸上升至第五週的55%，表示受試者之體循環能力有提升的趨勢。

20分鐘盡力跑結束後心跳率方面，由表4-8看到第一週之E-5心跳率為113±5.31 min^{-1}，第五週為122±10.2 min^{-1}，未達顯著差異($p>0.05$)。上述提到第五週盡力跑距離大於第一週，表示受試者的運動強度提高，因此不論在E-1或E-5心跳率，相對的皆會高於第一週。心跳恢復率第一週為44%，經五週訓練後，提升為54%，這與Sedlock(1996)提出運動後恢復期的心跳率與

體能與運動強度也有密切關係，且運動後恢復期之心跳率會受訓練的影響，受訓練者較無訓練者恢復速率快。

第四節　有氧耐力能力與拔河專項能力之相關分析

一、有氧閾値(2mmol/l)速度與拔河專項能力之關係

由圖 4-10 有氧閾値(2mmol/l)速度與專項最大乳酸堆積之關係，前、後測皆呈現負相關趨勢，亦即有氧能力越好者，乳酸堆積量越少。這與 Holloszy(1990)提出，耐力訓練會增加細胞質粒線體數目，和 β-氧化作用酵素之活性，並透過葡萄糖-脂肪酸循環，而減少肝醣分解及醣酵解速率的結果是一致的。從圖形分佈狀態可以看出，前測時受試者之有氧閾値(2mmol/l)速度能力差異範圍大，後測之分布較集中，顯示受試者經五週有氧耐力訓練後，個別有氧能力差異變小。

圖 4-11 顯示有氧閾値(2mmol/l)速度與專項自由基之關係，本研究發現前、後測均無呈現任何相關之趨勢。本研究受試者後測專項持續時間顯著較多於前測，但自由基並未因運動時間(負荷)增加而隨之上升，表示五週有氧耐力訓練可能有助於抗氧化能力提升。有些研究發現，長時間運動訓練後能有效提升體內抗氧化酵素的活性，在 Balakrishnanr 及 Anuradha (1998)研究中比較運動員及非運動員體內抗氧化系統指標之比較，發現運動員體內 SOD 活性較高，但血球中 GSH-Px 活性、血漿中維生素 C 及 GSH 濃度卻較非運動員低，而兩組血漿中維生素 E 濃度並無明顯差異。另一可能原因爲，受試者所能承受之拔河專項運動強度，不足以造成自由基大量產生，所以即使在有氧能力提升的狀態下，拔河專項運動所產生的自由基，

較無顯著的差異性。

二、有耐力訓練與拔河專項能力之關係

(一)有耐力訓練與專項乳酸堆積之關係

圖 4-13 為有氧閾值速度訓練，E-5 心跳率與專項最大乳酸堆積之關係，前、後測均呈現正相關趨勢，表示 E-5 心跳率越高者，專項最大乳酸堆積值也越高；反之，E-5 心跳率越低者，專項最大乳酸堆積值也越低。而 E-5 心跳率可作為有氧能力之依據(Hollmann et. al, 1978)，亦即 E-5 心跳率越低，則有氧能力越好，拔河專項乳酸堆積程度亦較低。圖 4-15 為 20 分鐘盡力跑距離與專項最大乳酸堆積之關係，前、後測均呈現負相關趨勢，顯示盡力跑距離越多者，專項乳酸堆積程度越低。亦即心肺能力越強，體循環能力越好，因此乳酸代謝速率也越快。

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。運動負荷刺激，造成肌肉產生乳酸。肌肉堆積之乳酸，透過擴散作用進入血管。運動中乳酸的堆積與排除，是依據個人之有氧能力。有氧能力高者，乳酸排除之速度亦快。有氧能力越強，其乳酸排除能力就越好(Neumann et al., 1991)。Keskinen 等人(1989)提出，運動時乳酸大量生成，只要清除的速率與之同步，也能有效的清除乳酸；而運動員的血乳酸的代謝率也較一般人為高。因此本研究結果，與許多學者提出之論點是一致的。

(二)有耐力訓練與專項持續時間關係

圖 4-12 為有氧閾值速度訓練，1 至 5 週恢復心跳率與專項靜態最大持續時間之關係，顯示兩者呈正相關趨勢，相關值達 0.75。恢復心跳率越高，表示心肺能力越好，對於拔河專項持續時間方面，也會相對提升。圖 4-14 為 1~5 週 20 分鐘盡力跑距離與專項靜態最大持續時間之關係，圖中顯示兩者呈現正相

關趨勢，亦即盡力跑距離越多者，專項靜態最大持續時間也越長。

Stwart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。因此當體循環能力越好時，體細胞獲得養分的速率越快，使身體能維持較長時間的運動。當運動員在激烈運動中，需快速獲得大量 ATP時，由於有氧系統無法迅速提供所需之能量，於是能量代謝必須另尋途徑。此時便產生乳酸堆積現象，以補充緊急狀態下所需之ATP。乳酸 (Lactate) 是糖類代謝之中間產物，乳酸的堆積會干擾神經衝動的傳導、肌肉的收縮和肌肉收縮的能源，因而導致疲勞 (Klausen等, 1972；Karlsson等, 1975)。當乳酸堆積量少時，表示肌肉也較不易產生疲勞之症狀，因此本研究發現，當有氧耐力能力提昇時，乳酸堆積情況有下降趨勢(圖4-13、圖4-15)，因此對於專項持續時間之能力，亦有提升之效果。

第陸章　結論與建議

第一節　結論

本研究是以桃園縣立八德國中拔河隊，八位男生進行測試，依據Mader(1976)提出有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)理論爲訓練依據，以有氧閾值速度做爲耐力訓練強度指標，並以持續跑方式進行五週、每週三次，每次二十分鐘之有氧耐力訓練。探討在五週有氧耐力訓練(有氧閾值速度跑、20分鐘盡力跑)後，對拔河專項能力(持續時間、最大乳酸堆積、自由基)之影響。本研究結論如下：

一、 基礎耐力測試(2-4mmol/l)

(一)有氧閾值能力

實施五週有氧耐力訓練後，受試者之有氧閾值(2mmol/l)速度提升，達顯著水準($p<0.01$)。有氧閾值心跳率顯著上昇($p<0.05$)。

(二)無氧閾值能力

實施五週有氧耐力訓練後，受試者之無氧閾值(4mmol/l)速度與心跳率，皆無達顯著差異水準($p>0.05$)。

二、訓練生理適應

(一)有氧閾值速度跑

五週有氧耐力訓練後，心跳恢復率由第一週的 46%，上升至第五週的 55%，但未達顯著差異($p>0.05$)。

(二)20 分鐘盡力跑

1.實施五週有氧耐力訓練後，受試者第五週 20 分鐘盡力跑平均距離大於第一週，但未達顯著差異($p>0.05$)。

2.五週有氧耐力訓練後，心跳恢復率由第一週 44%，提升為 54%，但未達顯著差異($p>0.05$)。

三、拔河專項能力

(一)專項持續時間

實施五週有氧耐力訓練後，受試者之靜態平均持續時間與總持續時間平均值，皆明顯進步且達顯著水準($p<0.01$)。

(二)專項測試結束後乳酸堆積值

實施五週有氧耐力訓練後，第五週專項測試結束後乳酸堆積值，皆高於第一週，但皆未達顯著差異($p>0.05$)。

(三)自由基

實施五週有氧耐力訓練後，受試者之第五週專項測試 E-3 自由基平均值高於第一週，但未達顯著差異($p>0.05$)。

第二節　建議

一、 本研究測試的對象為國中拔河選手，建議未來可針對不同層級的選手進行測試。

二、本研究觀察之專項能力皆為團體表現，建議未來可觀察選手個人專項能力表現，做更進一步之分析。

三、 未來可針對不同拔河運動強度，誘發自由基之情況，做更深一步之研究。

四、本研究建議教練，應於準備期訓練階段，培養選手基礎耐力能力，並於專項期除了實施拔河專項訓練外，也必須一週訓練二至三次的有氧耐力能力，以維持選手基礎能力，進而間接提升選手短時間快速恢復之能力。

參考文獻

一、中文部份

丁文琴(1996)。**不同運動強度恢復期女性血乳酸最高值之探討**。國立台灣師範大學體育研究所碩士論文。

王永盛(1994)。**現代運動訓練**。北京：北京體育大學出版社。

江界山(1997)。簡易實用運動訓練生化評量與控制。**1997 國際大專運動教練研討會**，中華民國大專院校體育總會編印，89-105。

任 海(1994)。**中國古代體育**。台北市：商務書局。

李昭慶、王儀祥、黃谷臣(2000)。非最大運動前後心跳率變化與耐力運動表現的關係研究。**中華體育**，**13**(4)，98-105。

李俊賢(2005)。青少年的生理與發展。**中醫兒科醫學雜誌**，**7**(1)，9-23。

林昭庚、林正常、薩來欣(1994)。耳穴貼壓刺激對運動後乳酸值之影響。**中華醫藥雜誌**，**3**(2)，63-68。

林文郎、何忠峰(1998)。血乳酸與運動恢復之探討。**大專體育**，**40**，115-124。

范瑞亭(1992)。談青少年選手過早超專超量訓練之影響。**國民體育季刊**，**21**(1)，82-86。

涂瑞洪(1997)。拔河之源由及基本力學概念。**台灣省學校體育**，**2** (7)，51-56。

徐台閣、徐廣明、林明鈺、李建明、林孝義、謝伸裕(1999)。中等強度運動對脂質過氧化的影響。**大專體育學刊**，**1**(1)，29-37。

郭志輝(2004)。我國八人制拔河運動的發展。**教育部九十三年度全國各級學校八人制拔河運動學術研討會研習手冊**，19-27。

張曉昀、蔚順華(1998)。青少年運動員過度使用的傷害。**大專體育雙月刊，38**，122-127。

黃永旺(2000)。教育部八十八學年度全國各級學校拔河比賽感言。**拔河運動協會訊，2**，5。

黃任楷(2002)。青少年運動訓練問題初探。**大專體育雙月刊，61**，127-132。

樓迎統、陳君侃、黃容棋、王錫五(1996)。**實用生理學**。匯華圖書出版社。

潘玉龍、陳五洲(2001)。論我國室內八人制拔河運動之推展。**大專體育，55**，41-49頁。

謝和龍(2001)。**室內拔河生理反應之研究**。國立臺灣師範大學體育研究所碩士論文。

二、英文部分

Ashton, T., Rowlands, C., Jones, E., Young, I.S., Jackos, S.K., Davies, B. and Peters, J.R. (1998). Electron spin resonance spectroscopic of oxygen-centred radicals in human serum following exhaustive exercise. *European Journal of Applied Physiology, 77*, 498-502.

Alexander,R. McN.& Vernon,A.(1975).The mechanics of hoping by kagaroos(Macropodidae). *Journal of Zoology, 177*, 265-303.

Balakrishnan, S.D. & Anuradha, C.V. (1998). Exercise, depletion of antioxidants and antioxidant manipulation. *Cell Biochemistry and Function, 16*, 269-275.

Bejma, J., and Ji, L.L. (1999). Aging and Acute Exercise Enhance Free Radical Generation in Rat Skeletal Muscle. *Journal of Applied Physiology, 87*(1), 465-470.

Brooks, G. A. (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science Sports and Exercise, 17*, 22-30。

Burelle, Y., & Hochachka, P.W. (2002). Endurance training induces muscle-specific changes in mitochondrial function in skinned muscle fibers. *Journal of Applied Physiology, 92*, 2429-2438.

Böhmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fischer, H., Groher, W., Hess, M., Jäger, D., Martin, L., Mühlfahrt, J., Nöcker, P., Nowacki, G., Rompe, A., Thiel, B., Schmücker, O. (1975)：*Das sportmedizinische Untersuchungssystem*. Leistungssport, Beiheft. In：張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版)。

Chatteijee, s. & Bandyopadhyay.A. (1995). Effect of continuous slow-speed running for 12 weeks on 10-14-year-old Indian boys. *British Journal of Sports Medicine, 27*, 179-185.

Dalton, S.E.(1992). Overuse injures in adolescent athletes. *Sports Medicine, 13*(1), 58-70.

Davies, K.J., Quintanilha, T.A., Brook, G.A., & Packer, L. (1982). Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochemical and Biophysical Research Communications, 107*, 1198-1205.

Fitts, R.H., & Holloszy, J.O. (1976). Lactate and contractile force in frog muscle during development of fatigue and recovery. *American Journal of Physiology, 231*, 430-433.

Gee D. et al.(1981). The effect of exhaustive exercise on expired pendant as measure of in vivo lipid per oxidation in the rat. *Life Sci., 28*, 2425.

Gollnick, P. D. (1988). *Energy metabolism and prolonged* *exercise*. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Volume I: Prolonged Exercise. pp1-42. Indianapolis, Indiana :The Quaker Oats Company.

Grosser, M.; Starischka, S.; Zimmermann, E. (2001). *Das neue Konditionstraining*.

Grosser, M.; Starischka, S, Zimmermann, E. (1981). *Allgemeine Trainingsprinzipien und biologische adaptation*. In: Koelner Beitraege zur Sportwissenschaft, Bd. 8/9, 113-132.

Halliwell, B., & Gutteridge, J.M.(1998). *Free Radical in Biology and Medicine*, 3th edition, London:OXFORD.

Hettinger, T.L., & Miller, E.A. (1953). *Arbeitsphsiologie 15*, 112-126.

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 Persons. *Pan-American Congress for Sports Medicine*, Chicago. In：張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版)。

Hollmann, W. Liesen, H., Rost, R., Kawahats, K. (1978): *Über das Leistungsverhalten und die Trainerbarkeit im Alter*. Z .Geront. 11,312.

Hollmann, W.; Rost, R. (1981). *Ergometrie zur Hypertoniediagnostik*. Dt. med. Wschr. 106.

Hollmann, W., Hettinger, TH. (1990). *Sportmedizin – Arbeits – und Trainingsgrundlagen*. 3. Aufl. Stutgart-New York: Schattauer.

Holloszy, J.O. (1990). *Utilization of fatty acids during exercise*.

International Series on Sport Science Volume 21: Biochemistry of Exercise 7. pp319-327. Campaign, IL:Humman Kinetics Books.

Herring, S.A. , & Nilson, K.L. (1987).Introduction to overuse injuries. *Clinical Sports Medicine, 6*(2), 225-239.

Hultman, E., & Saholm, K. (1980). Acid-base balance during exercise. *Exercise and Sport Science Review, 8*, 41-128.

Howlett, R.A., Parolin, M.L., Dyck, D.J., Hultman, E., Jones, N.L., Heigenhauser, G.J., & Spriet, L.L. (1998). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH at varying exercise power outputs. *American Journal Physiological, 275* (Regulatory Integrative and Comparative Physiology 44), R418-425.

Itoh, H., & Ohkuwa. (1991). Ammonia and lactate in the blood after short-term sprintexercise. *European Journal of Applied Physiology, 62*, 22-25.

Jackson, M.L., Edwards, R.H.T. and Symons, M.C.R. (1985). Electron spin resonance studied of intact mammalian skeletal muscle. *Biochemical et Biophysiol Acta, 847*, 185-190.

Ji, L.L. (1999). Antioxidants and oxidative stress in Exercise, Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. *Society for Experimental Biology and Medicine, 222*, 283-292.

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.

Karlsson, J., Peterson, F. B., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G. (1975). Effect of previous exercise with arm and legs on metabolism and performance in exhaustiveexercise. *Journal of Appied Physilogy, 38*, 763-767.

Kiausen, K., Knuttgen, H. G., & Forster, H. (1972). Effect of preexisting high blood lactate concentration on maximal exercise performance. *Scandinavica Journal of Clinical Laboratory Investigate, 30*, 415-419.

Keskinen, K.L., Komi, P.V. & Rusko,. (1989). Acomparative study of blood lactate tests in swimming. *International Journal Sports Medicine, 10*, 197-201.

Korzeniewski, B., & Zoladz, J.A. (2003). Training-induced adaptation of oxidation phosphorylation skeletal muscles. *Biochemical Journal, 374*, 37-40.

Leek, B.T., Mudaliar, S.R., Henry, R., Mathieu-Costello, O., & Richardson, R.S. (2001). Effect of acute exercise on citrate synthese activity in untrained and trained human skeletal muscle. *American Journal Physiological Regulatory Integrative and Comparative Physiology, 280*, R441-447.

Lengyel, M. & Gyarfas, I. (1979). The importance of echocardiography in the assessment of left ventricular hypertrophy in trained and untrained school children. *Acta Physiological, 34*, 9-63.

Leeuwenburgh, C., & Heinecke, J.W. (2000). Oxidative stress and antioxidants in exercise. *Current Medicinal Chemistry, 8*, 829-838.

Lovlin, R., Cottle, W., Pyke, I., Kavanagh, M., Belcastro, A.N. (1987). Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology, 56*, 313-316.

Lu, J., Chen, C. Z., Xu, Y. g., & Lai, R. X. (2003). Effect of antioxidant on lipid per oxidation in skeletal muscle of exercise training aged mice. *Journal of Physical Education, 10*(4), 57-59.

Mader, A.; Lisen , H.; Philippi, H.; Rost, R., Schuerch, P.; Hollamnn, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerlistungsfaehigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmed, 27*, 80-88. In：張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版)。

Mena, P., Maynar, M., Gutierrez, J.M.,et al. (1991). Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers. adaptation to training. *International Journal of Sport medicine, 12*(6), 563-566.

Mcallister, P.M., Reiter, B.L., Amann, J.F., & Laughlin, M.H. (1997).Skeletal muscle biochemical adaptations to exercise training in miniature swine. *Journal of Applied Physiology, 82*(6), 1862-1868.

McArdle, A., Vasilaki, A., & Jackson, M. (2002). Exercise and skeletalmuscle ageing: cellular and molecular mechanisms. *Ageing Research Reviews, 1*, 79-93.

Neumann, G.; Berbalk, A. (1991). *Umstellung und Anpassung des Organismus-grundlegende Voraussetzung der sportlichen Leistungsfähigkeit.* In：張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版)。

Neumann,G.; Pfutzner, A.; Berbalk, A. (1998). *Optimiertes Ausdauertraining*. Meyer & Meyer Verlag.

Pansold, B.; Roth, W.; Zinner, J.; Hasart, E.; Gabriel, B. (1982):

Die Leistungs-Kurve ein Grundprinzip sportmedizinischer Leistungsdiagnostik. *Med u. Sport, 22*, 107-112.

Powers, S. K., & Hoekey, E.T. (2001). *Exercise physiology – theory and application to fitness and performance*. Boston：McGraw Hill.

Putman, C.T., Jones, N.L., Hultman, E., Hollidge-Horvat, M.G., Bonen, A., McConachie, D.R., & Heigenhauser, G.J. (1998). Effects of short-term submaximal training in humans on muscle metabolism in exercise. *American Journal Physiological, 275*(Endocrinology and Metabolism38), E132-139.

Staniek, K., Lars, G., Kozlov, A.V., & Nohl, H. (2002). Mitochondrial super oxide radical formation is controlled by electron bifurcation to the high and low potential. *Free Radical Research, 36*(4), 381-387.

Starritt, E.C., Angus, D., & Hargreaves, M. (1999). Effect of short-term training on mitochondrial ATP production rate in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology, 86*(2), 450-454.

Stewart, K. J., & Grtin, B. (1976). Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. *Research Quarterly, 47*, 20-110.

Venditti, P. & Meo, S.D. (1996). Antioxidants, Tissue Damage, and Endurance in Trained and Untrained Young Males Rats. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 331*(1), 63-68.

Viguie, .A., Frei, B., Shigenaga, M.K., Ames, B.N., Packer, L. and Brooks, G.A. (1993). Antioxidant status and indexes of oxidative stress during consecutive days of exercise. *Journal of Applied Physiology, 75*(2), 566-572.

Vinikka L. et al. (1984). Lipid peroxide prostacyclin and thromboxane A2 in runner during actue exercise. *Med Sci sports Exero, 16*(3), 275.

Wilmore, J. H., & Costill, D.L. (1994). *Physiology of sport and exercise* . Champaign , IL : HumanKinetics, 518 - 522 .

Wells, J. G. I., Balke, B., & Van Fossan, D.D. (1957). Lactate acid accumulation dring work. A suggested standardization of work of work classification. *Sports Medicine, 3*, 10-25.

Weicker, H.; Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Bioche mischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung* . Fischer, S. 40–56. In：張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版)

Yoshida, T., Chida M., Ichioka M., Suda Y. (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *European Journal of Applied Physiology, 56*, 7–11.

Zoll, J., Sanchcz, H., N Gucssan, B., Ribcra, F., Lampcrt, E., Bigard, X.,Serrurier, B., Fortin, D., Geny, B., Veksler, V., Ventura-Clapier, R., & Mettauer, B. (2002). Physical activity changes the regulation of mitochondrial respiration in human skeletal muscle. *Journal of Physiology, 543*(1), 191-200.

附錄一

受試者同意書

測試名稱：

執行單位：　　　　　　　　　　　　電話：
主持人：　　　　　　　　　　　　　傳真：
聯絡地址：

自願受試者：　　　　年齡：　　　　　性別：

緊急聯絡人：
電話：
聯絡地址：

參加本運動專項耐力診斷受試者個人權益將受以下保護：

1) 測試所得資料可能會發表於學術性雜誌，但受試者姓名將不會公佈，受試者之隱私將予以保密。
2) 受試者測試資料將以網絡資料庫型態呈現，供個人與教練訓練應用。
3) 受試者於測試過程中可以隨時撤回同意，退出測試。

本人已詳閱上列各項資料，有關本測試進行之疑問業經測試主持人詳細予以解釋，本人同意以自願受試者的身份接受測試。

自願受試者簽名：____________________

日期：____________________

附錄二

運動能力診斷疾病調查表

姓名:	出生年月:	身高(cm):	體重(kg):	性別:

項目:	最佳成績:	訓練年數:

請據實回答以下問題：

1. 是否有心臟疾病 ☐是 ☐否
2. 是否有血液疾病 ☐是 ☐否
3. 是否有糖尿病 ☐是 ☐否
4. 是否有高血壓 ☐是 ☐否
5. 是否有氣喘疾病 ☐是 ☐否
5. 最近六個月是否有開刀手術 ☐是 ☐否
6. 其他：

1)__________________

2)__________________

3)__________________

4)__________________

運動員簽名：______________ 日期：________________

教練簽名：__________________