

國立體育學院教練研究所碩士論文

水中與陸上耐力訓練方式對青少年游泳選手 1500m 自由式之影響

**The Effects of Endurance Coaching on Swimming and Running on
Teenager Swimmers on 1500 Meter Freestyle**

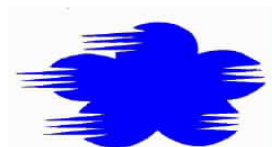
國立體育學院

N.C.P.E.S.

指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：謝易軒 撰

中 華 民 國 九 十 六 年 六 月



國立體育學院

NATIONAL COLLEGE OF PHYSICAL EDUCATION

AND SPORTS TAIWAN REPUBLIC OF CHINA

水中與陸上耐力訓練方式對青少年游泳選手 1500m 自由式之影響

摘 要

青少年正值身心發展關鍵階段，探討訓練方式的影響將有助於其發揮最大運動潛能。本研究採用水上與陸上耐力訓練方式為例，探討兩種不同耐力訓練方式對青少年游泳選手在 1500m 運動能力之影響。以期能找出最適訓練方式，以提供教練作為日後青少年游泳選手耐力訓練方式的參考。邀請台東縣游泳代表隊十二名青少年選手參與本研究，將選手們隨機分配至水中耐力訓練組與陸上耐力訓練組，各六名。每週進行三次，每次訓練時間為二十分鐘，持續進行五週，以訓練強度為個人無氧閾值之水中持續游與陸上持續跑訓練。訓練週期結束後，觀察受試者之安靜值心跳率、1500m 游泳成績、以及運動結束後血乳酸與心跳率的變化情況。以 T-test 分析，選手運動前後在各項指標上的變化，以及比較兩組選手接受不同訓練方式後在各項指標上的差異。結果顯示兩組受試者安靜值心跳率有顯著下降，然而陸上耐力組，在 1500m 游泳結束後的心跳率較水中耐力組佳。且五週訓練後，其心跳率恢復能力顯著改善，而且在 1500m 測試中，成績有顯著提升。顯見，陸上耐力訓練方式對於運動能力之提升顯著優於水中耐力訓練。

關鍵詞：不同耐力訓練、血乳酸、心跳率、青少年、游泳。

The Effects of Endurance Coaching on Swimming and Running on Teenager Swimmers on 1500 Meter Freestyle

ABSTRACT

This study explored the swimming performances by two different endurance training on teenage swimmers on 1500 meter freestyle in the purpose of recommendations for future training courses. Twelve teenage swimmers were selected from the representative swimming team in Taitong and randomly assigned into two endurance training groups, running and swimming respectively. There were six swimmers in each group and the participants had finished the assigned training program for five weeks, three times every week, 20 minutes per time. The coaching was intensifying participants' continuous individual anaerobic threshold by running on land or swimming in the pool. This study adopted indexes of the spending time of 1500-meter swimming, the resting heart rate, the blood lactate level, and the heart rate by the pre- and post- training. T-test analysis results suggested the resting heart rate significantly declined in both groups. However, only in group B the heart rate after swimming significantly recovered and the performance in 1500-meter freestyle improved. It means that coaching a swimmer on the endurance coaching by running is better than by swimming.

Key word: The different endurance coaching, blood lactate, heart rate, teenager, swimming.

致 謝 詞

「進修，是爲了看見世界的遼闊。」父親總是如此勉勵我。「朝自己所喜歡的方向前進。」則是母親所給於我的支持。正因爲這兩句話，今日我終於能在這裡感謝他們。

本次論文得以順利完成，首先感謝指導教授張嘉澤老師的殷勤指導與督促，您的愛徒之心不僅指導學業，更是學生訓練選手時的最大後援。而呂欣善教授和張思敏教授對於本論文內容的專業分析與切實回饋，也讓學生得以在寫作中獲得更多作學問的方法；在此致上最誠摯的敬意與謝意。

在學習研究的路途上，感謝季力康所長的教導，因爲有您，所以對於統計有更深一層的認識，也得以更順利完成本研究。也謝謝湯文慈教授對於學生的支持，使學生在年近三十時，仍能參與大運會的游泳賽事，在此年紀得以兼顧課業並獲得運動佳績。當然，能夠如此無後顧之憂的學習和參賽，一定要感謝月娥姐，因爲有妳，所上的一切事務都得以圓滿處理。

研究的過程中，麟祺、純玉、佳慧和嘉吉，謝謝你們不辭辛勞的遠從台北下來台東幫忙。尤其是佳慧，總是在我最需要的時候大力相挺，讓我免去許多的困擾。也感謝留在組上支援的煥清和其他夥伴，謝謝你們。

最後要感謝學習幕後的支援者：林月蕊校長和學校同仁，沒有您們的同意和支持，我無法在職進修；亦師亦友的張德勝老師和淑瑛，謝謝你們的統計支援；嘉凡，沒有妳的督促，說不定現在的我還不知道何謂用功讀書；正仁學長，沒有您的介紹我就無法遇到一輩子的恩師「嘉澤老師」；曜彰，提供一切生

活所需的好學弟，使我免於露宿街頭的後勤司令；嘉良和建成，在訓練路程中相互支援的好伙伴，讓我得以安心進修的支持者；參與測試的選手們，台東泳隊冬季的拯救者，因為你們，所以練習夥伴們不用再承受許多煎熬；還有許許多多支持我和幫助我的朋友，謝謝你們！



作者簡介

姓 名：謝易軒

性 別：男

出生日期：65.04.16

學 歷：台灣省立台東高中

國立花蓮師範學院初等教育學系

國立體育學院教練研究所

經 歷：台東縣瑞豐國小教師

台東縣台東市復興國小教師兼體育組長

台東縣游泳代表隊教練

主修領域：訓練生理與健康、運動能力診斷

主要專長：運動專項體能訓練

目 錄

第壹章	緒論	1
第一節	問題背景與動機	1
第二節	研究目的	3
第三節	研究範圍與限制	3
第四節	研究假設	4
第五節	名詞操作定義	4
第六節	研究的重要性	6
第貳章	文獻探討	7
第一節	青少年與耐力訓練	8
第二節	耐力訓練與心跳率	8
第三節	運動訓練的專項性	9
第四節	運動訓練與血乳酸	10
第五節	文獻總結	11
第參章	研究方法與步驟	13
第一節	研究對象	13
第二節	實驗時間與地點	14
第三節	實驗流程	15
第四節	實驗方法	16
第五節	實驗儀器	18
第六節	統計資料處理與分析	20

第肆章	結果與分析	21
第一節	受測者基本資料與基礎檢測	21
第二節	安靜值心跳率	24
第三節	最大運動結束後心跳率	25
第四節	運動結束後第五分鐘(E5)恢復心跳率	28
第五節	前後測之運動結束後最大乳酸值	30
第六節	1500m 前後測游泳成績	32
第伍章	討論	35
第一節	水中與陸上耐力訓練方式對體循環系統之影響	35
第二節	水中與陸上耐力訓練方式對能量代謝系統之影響	39
第三節	水中與陸上耐力訓練方式對 1500m 自由式成績之影響	41
第陸章	結論與建議	43
第一節	結論	43
第二節	建議	44
參考文獻		45
一	中文部分	45
二	外文部分	45

附錄	-----	49
一	受試者須知暨家長同意書	----- 49
二	運動能力診斷疾病調查表	----- 50



表 目 錄

表 4-1	各組間基本資料同質性考驗-----	21
表 4-2	各組間 1500m 前測之同質性考驗-----	22
表 4-3	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)1500m 及有氧和 無氧閾值之平均速度、心跳率-----	23
表 4-4	A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)前後測之平均安靜 值心跳率(min^{-1})-----	24
表 4-5	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前後測之最大運 動結束後第一(E1)、三(E3)、五(E5)、七(E7)、 十(E10)分鐘之心跳率(min^{-1})-----	26
表 4-6	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前後測之最大運 動結束後第五分鐘(E5)之心跳率(min^{-1})-----	29
表 4-7	1500m 運動結束後最大乳酸平均值 (mmol/l)-----	30
表 4-8	1500m 前後測游泳成績(sec)-----	32
表 5-1	第五分鐘心跳率(E5)恢復之耐力能力指標-----	37
表 5-2	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前後測之最大運 動結束後第五分鐘心跳率(E5)恢復之耐力能力 (min^{-1})-----	38
表 5-3	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力) 之體循環效能 比較-----	39

圖 目 錄

圖 3-1	實驗流程-----	15
圖 3-2	Polar S610i 運動心率錶-----	18
圖 3-3	Biosen C_line 乳酸血糖分析儀-----	18
圖 3-4	Moten 電子哨與 Seiko 碼表-----	19
圖 4-1	基礎檢測 A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力) 1500m 游泳運動結束與無氧閾值之心跳率-----	23
圖 4-2	A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力) 前後測之平均安靜值心跳率-----	25
圖 4-3	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前測之最大運動結束後第一(E1)、三(E3)、五(E5)、七(E7)、十(E10)分鐘之心跳率-----	27
圖 4-4	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)後測之最大運動結束後第一(E1)、三(E3)、五(E5)、七(E7)、十(E10)分鐘之心跳率-----	28
圖 4-5	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前後測之最大運動結束後第五分鐘(E5)之心跳率(min^{-1})-----	29
圖 4-6	A 組(水中耐力)1500m 前後測之最大乳酸平均值(mmol/l)-----	31
圖 4-7	B 組(陸上耐力)1500m 前後測之最大乳酸平均值(mmol/l)-----	31
圖 4-8	A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)1500m 前後測之平均成績-----	32
圖 4-9	A(水中耐力)組 1500m 前後測受測者個人成績-----	33
圖 4-10	B(陸上耐力)組 1500m 前後測受測者個人成績-----	34

第壹章 緒 論

第一節 問題背景與動機

游泳，世界上最受人矚目的競技運動之一。無論奧運會的參賽項目如何增減，游泳與田徑至今依然為其兩大主軸，各強國莫不投注最多心力以爭取最佳成績。而今日的日本與中國大陸在游泳項目中嚴然亦佔有一席之地。而剖析其選手可以發現，多數的好手皆在青少年時期便已發跡。如：中國大陸的蛙泳好手羅雪娟(Xuejuan Luo)，在其青少年時期便拿下 2001 年世界游泳錦標賽 50m 和 100m 蛙式兩項世界冠軍。

即使是美國和澳洲近年來亦是如此。美國的菲爾普斯(Michael Phelps)以十五歲之姿即獲得 2000 年奧運 200m 蝶式第五名，而在 2003 年世界游泳錦標賽更是一舉奪下三金二銀的好成績，其中在 200m 和 400m 混合泳當中更是以破紀錄的成績技壓群雄。在澳洲，1982 年出生，號稱魚雷的索普(Ian Thorpe)，1998 年世界游泳錦標賽便拿下了兩面金牌，隔年的泛太平洋游泳錦標賽中更破了三項世界紀錄。Tudor(1999)指出在 1968-1988 年間參與奧運的游泳選手的平均年齡女子為 18.9 歲，男子為 21.6 歲，到了 1988 冬季和夏季奧運會時，前六名的選手平均年齡女子為 17.5 歲，男子為 20.1 歲。凡此種種皆可看出現今的優秀運動選手之年齡層有向下的趨勢。這一切都歸咎於運動科學的發達，科學化訓練進步所呈現的結果。

Tudor(1999)亦指出現今的運動員培養階段中，六至十歲為啓蒙階段，十一至十四歲為運動員形成階段，十五歲起為專門

化訓練開始階段。而延峰(1995)也指出從事游泳運動的訓練年齡為七至十歲。既然訓練年齡已向下延伸，那麼青少年時期適合什麼樣的訓練呢？Ekblom(1969)提出青春期的耐力訓練對於建立將來高水準的有氧適能是重要的。因此似乎有氧性的耐力訓練是較適合的。然而就訓練的專項性而言，Kiens, Essen-Gustavsson, Christensen & Saltin(1993)採用乳酸閾值做為訓練強度，發現使用固定式腳踏車訓練，對於提升跑步之乳酸閾值沒有幫助，相對的跑步訓練的方式對於腳踏車亦幫助不大，因此推論運動具有其專項性。也就是說水中的耐力訓練方式對於生理上和成績上的進步似乎較優於陸上耐力訓練方式。

氣溫十五度，水溫二十度，一群青少年游泳選手換好衣服在池邊正準備進入泳池中作訓練，儘管教練不斷催促，這群青少年就是不願進入水中。直到教練以身作則親自下水，並裝出一付不會冷的態勢，選手們才咬著牙入池作訓練。台灣近年來雖然已有許多的溫水泳池，只是多數為民營，訓練者常常必須付費使用，而校隊礙於經費問題，往往無法讓選手在溫水中訓練，但在冬季時，水溫約二十度，氣溫更是常低於十五度，選手與教練們為了使成績更加進步，只好忍受如此的環境。而Lowdon(1992)及陳嘉儒(民 92)都曾在低溫 17℃ 和 20℃ 水溫中測試 1500m 自由泳時，發生受試者因水溫過低而導致呼吸困難、胸口疼痛、手腳不協調等現象。因此在這樣的環境之中選手如何能長時間在水中作訓練呢？有鑑於此，本研究想藉由將耐力訓練的部份做為操控變項，並將其分為水中與陸上耐力訓練，而技術與速度訓練等其餘訓練項目，則依舊在水中進行，來了解陸上耐力訓練是否能取代水中耐力訓練，進而減低選手在冬季時必須浸泡於低溫中的時間，降低失溫的危險性及選手

在低溫中所造成生理上的壓力。

第二節 研究目的

本研究目的旨在探討：

- 一、水中與陸上耐力訓練方式對青少年選手安靜值心跳率之影響。
- 二、水中與陸上耐力訓練方式對青少年選手 1500m 游泳結束後心跳率恢復之影響。
- 三、水中與陸上耐力訓練方式對青少年選手 1500m 游泳乳酸堆積之影響。
- 四、水中與陸上耐力訓練方式對青少年選手 1500m 游泳成績之影響。

第三節 研究範圍與限制

- 一、本研究之測量指標，係以台東縣游泳代表隊十二名青少年選手為代表，以隨機分配水中耐力訓練組六名，陸上耐力訓練組六名。
- 二、本研究結果適用於青少年游泳選手在心跳率、血乳酸及 1500m 游泳成績之參考依據。

第四節 研究假設

- 一、不同耐力訓練方式後，兩者間對青少年游泳選手的安靜值心跳率有差異。
- 二、不同耐力訓練方式後，兩者間對青少年游泳選手 1500m 游泳運動結束後心跳率有差異。
- 三、不同耐力訓練方式後，兩者間對青少年游泳選手 1500m 游泳運動結束後第五分鐘(E5)心跳率有差異。
- 四、不同耐力訓練方式後，兩者間對青少年游泳選手 1500m 游泳運動結束後血乳酸值有差異。
- 五、不同耐力訓練方式後，兩者間對青少年游泳選手 1500m 游泳成績有差異。

第五節 名詞操作定義

一、不同的耐力訓練方式：

本研究以水中持續游與陸上持續跑訓練的方式，每次訓練時間為二十分鐘，訓練強度皆為個人無氧閾值。

二、生物參數：

(一)血乳酸(Blood Lactate)：

血乳酸是肌肉活動時能量代謝的一種產物，在不同的運動強度中，血液中的乳酸堆積量，能反映出能量供應系統的情形。運動後血乳酸值乃利用耳垂採血 10 μ l 方式，透過血乳酸分析儀(Biosen C_line)分析血液中乳酸的堆積量。

(二)心跳率(Heart Rate)：

心跳率指單位時間內心臟跳動之頻率。心跳率能夠反映出身體對運動負荷的感受。

(三)1500m 游泳成績：

指選手採水中出發方式，在水中以連續游方式盡全力游畢 1500m 自由式(freestyle)所耗費之總時間。

(四)運動結束後心跳率：

指選手在 1500m 游泳結束後開始紀錄之心跳率，分別以 E1、E3、E5、E7、E10 代表運動結束後第一分鐘(E1)、第三分鐘(E3)、第五分鐘(E5)、第七分鐘(E7)及第十分鐘(E10)心跳率。

(五)安靜值心跳率：

本次實驗之安靜值心跳率係指前、後測前請受試者平躺三分鐘後，所採集之安靜心跳率。

第六節 研究的重要性

本研究在探討青少年游泳選手經過五週的水中和陸上訓練後，其安靜值心跳率、1500m 游泳成績、運動結束後後血乳酸與運動結束後心跳率的變化情況，以提供教練作為日後選手耐力訓練方式的參考。



第貳章 文獻探討

青少年由於正處於成長階段，所以是否適合做耐力訓練？而耐力訓練又會帶給他們生理上何種影響？這是本研究必須先行瞭解之處。若其適合做訓練，那麼在強度上要如何制定？我們知道耐力訓練需要比技術或速度訓練使用更多的時間。在低水溫中，Scott & Edward (2001)指出身體瘦小的人，在 16°C 的水中游泳 30 分鐘後，體溫將下降到 34.5°C。如此將會影響選手的生理狀況，造成失溫現象。而 Lowdon(1992)及陳嘉儒(民92)都曾在低溫 17°C 和 20°C 水溫中測試 1500m 自由泳時，發生受試者因水溫過低而導致呼吸困難、胸口疼痛、手腳不協調等現象。所以在低水溫下做長時間訓練其危險性將是比在一般的水溫中來的高。此時若能藉由陸上訓練的替代方式來降低危險性，將是有益於選手的健康與安全。然而，在陸上耐力訓練所呈現之生理適應和訓練效果是否能替代水中耐力訓練，以減低選手在冬季時所面臨的困境？卻是我們必須先去了解和探討的。因此下列將就青少年與耐力訓練之關係、耐力訓練對心跳率的影響、運動訓練是否具專項性及運動訓練與血乳酸之關係分別進行探討，以解開上述各項疑問。

第一節 青少年與耐力訓練

青少年是否應該實施耐力訓練？實施耐力訓練是否會對其造成生理上的影響？由於正處於成長階段，所以此一課題是我們首先必須要去探討和了解的。Ekblom(1969)提出青春期的耐力訓練對於建立將來高水準的有氧適能是重要的。延峰(1995)也指出青少年選手的一般耐力應在八歲開始打下基礎。藉由此階段的耐力發展，以提高將來對專項的適應能力。Rowland(1985)的研究中也觀察到了耐力訓練能夠降低兒童與青少年的心跳率並增加其 $VO_2 \max$ 。而Rowland & Blum(2000)更發現，男孩和成年男性在經過耐力訓練後，其心血管系統的成長兩者間並無顯著差異。Scott & Edward (2001)亦指出從事跑步或游泳等耐力運動的兒童，其心血管系統不但沒有傷害，最大有氧能力甚至可以和成人相提並論。可見耐力訓練對青少年的心血管系統是有益其生理發展。

第二節 耐力訓練與心跳率

在耐力訓練後，心臟循環系統方面的適應有：心肌肥大(增加心臟每分鐘容量)、同樣強度負荷心跳率減少、降低安靜值心跳率、增加紅血球量、血液容量增加及改善血液流動特性(Hollmann, 1982)。而 Lengyel & Gyarfas(1979)的研究發現，受過訓練的青少年，其心肌質量與心臟容量會增加。另外 Smith & Mitchell(1988)的研究也指出在接受耐力訓練後，受試者的安靜值心跳率會下降，固定強度的心跳率也會下降，而每跳輸出量

則是增加。所以經由耐力訓練後，可以預見的一個生理上的適應即是安靜值心跳率的下降及相同強度下心跳率減少。在實施耐力訓練後，肌肉中的微血管密度也會大量增加，進而加速血液流動與代謝。也由於紅血球量增加、血液容量增加和血液流動能力改善，所以相對的提升了將氧和營養運送到組織，及移除廢物的能力，也就提昇了運動能力。

第三節 運動訓練的專項性

採用不同的運動型態訓練耐力，是否對專項運動成績有所幫助，向來是人們所研究的一個課題。Scott & Edward (2001) 提到特殊性與接受訓練的各類肌肉適應類型有關。如果投入運動的肌肉是屬於耐力類型，則這一類型基本適應是微血管與粒線體增強，產生有氧能量，進而強化肌肉能力。雖然耐力性運動能增加有氧能量，然而，Klens 等人在 1993 採用兩組人分別作腳踏車與跑步訓練，卻指出訓練的型態不同將影響訓練的效果。而 McArdle 等人(1978)的研究卻發現跑步的耐力方式對於游泳運動時的心跳率有顯著下降的幫助。Lieder 等人(1989)在使用腳踏車的 75%VO₂max 作為運動強度設定，分別採跑步與游泳方式訓練，也發現兩者對於腳踏車的 VO₂max 的進步分別為 28%和 25%。Snyder 等人(1992)則發現母鼠在分別採用游泳及跑步兩種不同運動方式訓練耐力後，其生理適應是相同的。

因此，就上述文獻中可以看出，訓練型態的不同，對於生理適應似乎是較少爭議。然而，對於運動的專項性而言，卻依然有著相衝突的一面。

第四節 運動訓練與血乳酸

一、血乳酸的來源

Murray, Granner, Mayes, Rodwell(1999)說明所有細胞皆利用葡萄糖當作能量來源的其主要途徑為糖酵解作用(glycolysis)，在此能量代謝當中，葡萄糖會經由糖酵解途徑而代謝成為丙酮酸(pyruvate)和乳酸(lactate；La)。糖酵解作用無論在有氧或無氧的狀態下都可以作用。在氧氣充足下，乳酸不會堆積，丙酮酸則會進一步被氧化成CO₂和水；當氧氣供應不足時，NADH的再氧化反應減弱並偶合至丙酮酸變成乳酸的反應上，以形成NAD，使糖酵解作用能繼續進行；此過程可使肌肉運動時不受氧化容量的限制。然而這樣將造成乳酸堆積。而過多的乳酸可在組織、血液及尿液中偵測到。人體在運動中，能量的使用比安靜時多200倍(Scott & Edward, 2001)。所以在高強度運動中，由於所需要的能量代謝大增，組織內糖酵解作用加速，而氧氣提供不足，因此乳酸開始堆積並釋放至血液中，而一些組織(肝、腎、骨骼肌及心臟)則會消除乳酸。所以血乳酸來源是肌肉等組織所產生的乳酸釋放至血液，和組織消除血液乳酸兩者間平衡後的情形。

二、血乳酸與運動訓練

Hollmann(1959)以換氣轉折點作為無氧閾值的評價開始，就打開了以無氧閾值作為研究與訓練應用的序幕。生理活動會對體能訓練產生許多反應，乳酸即為其中一項。所以乳酸濃度變化，即可反映出訓練狀態。在Hollmann提出無氧閾值作為訓

練運用之後，開始有 Mader et al. (1976), Keul et al. (1979), Stegmann et al. (1981), Simon et al. (1981) 及 Bunc et al. (1985) 的理論提出。在歷經多年的討論與實務上的應用，最後以 Mader et al. (1976) 4mmol/l 乳酸值為無氧閾值速度，最具訓練上之實用性。德國奧林匹克中心更採用 Mader 所提出的理論，將設計出的 Laktat-Exprot 共用軟體之無氧閾值設為 4mmol/l。趙家琪等人 (1995) 提到無氧閾值是有氧耐力訓練的適宜強度，在無氧閾值的強度中可以提高運動員心血管系統。現今，使用血乳酸評定運動員的有氧和無氧代謝能力，並依此設定運動強度，已成為實驗室中常見的現象和訓練中較簡便的方式。因此以乳酸做為運動負荷強度的生化指標，且用於訓練強度的評定、調控、及應用於訓練方法的選擇和運動疲勞的診斷 (Weinecker, 1993；林文發，1996；馮煒權，1998)。

1500m 自由泳約耗時二十分鐘以上，在能量代謝系統中，用來執行長時間運動 (超過 10 分鐘) 的能量，最主要來自有氧代謝 (Scott & Edward, 2001)。800m 和 1500m 游泳中有氧代謝佔了 80% 的能量來源 (Neumann et al., 1993)。在此狀況下，利用無氧閾值做為訓練強度是一個適宜的強度。

第五節 文獻總結

耐力訓練對於青少年的生理影響是正面的，甚至為了將來得到更優異的成績，耐力訓練是一項必須從小做起的訓練項目。只是耐力訓練往往必須耗費較長時間，而長時間在低水溫中卻會對選手造成生理上的壓力及不適，為了減低選手訓練時

的危險性及增進訓練效果，在探討了專項性問題後，發現採用陸上耐力訓練方式來替代水中訓練具有研究的空間。因此本研究在實際訓練環境中，確實有其實施之必要性



第參章 研究方法與步驟

本研究方法與步驟中共分為六節：第一節研究對象；第二節實驗時間與地點；第三節實驗步驟；第四節實驗方法；第五節實驗儀器；第六節資料處理與統計分析，現分別敘述如下：

第一節 研究對象

本研究以台東縣游泳代表隊十二名青少年為研究對象，平均年齡為十三歲。進行研究之前，先請家長填寫同意書（如附錄一），並請學生填寫運動能力診斷疾病調查表（如附錄二）以瞭解學生之一般性健康狀況。其後，測驗受試者之 1500m 游泳總時間，然後以 1500m 總時間為標準，以隨機分配方式，將這十二名學生分為水中耐力訓練組六名與陸上耐力訓練組六名。訓練方式皆為持續性訓練，水中訓練組採自由式方式進行，陸上訓練組採跑步方式進行；依生理適應原則四到六週，訓練期為五週，每週進行三天的訓練，每次訓練時間各為二十分鐘。

第二節 實驗時間與地點

一、預試時間：

實驗前準備階段 95 年 1 月 13 日。

二、前測時間：

本研究於 95 年 1 月 18 日實施前測。

三、無氧閾值測試時間：

本研究於 95 年 1 月 20 日實施。

四、後測時間：

本研究於 95 年 2 月 24 日實施後測。

五、實驗地點：

台東縣仁愛國小游泳池。

第三節 實驗流程

本研究兩組之實驗流程皆相同，測驗時間為五週，每週之星期一、三、五為實施訓練。前後測採集樣本時間分別為訓練前一週之星期五及第五週星期五，整個實驗流程如圖 3-1 所示。

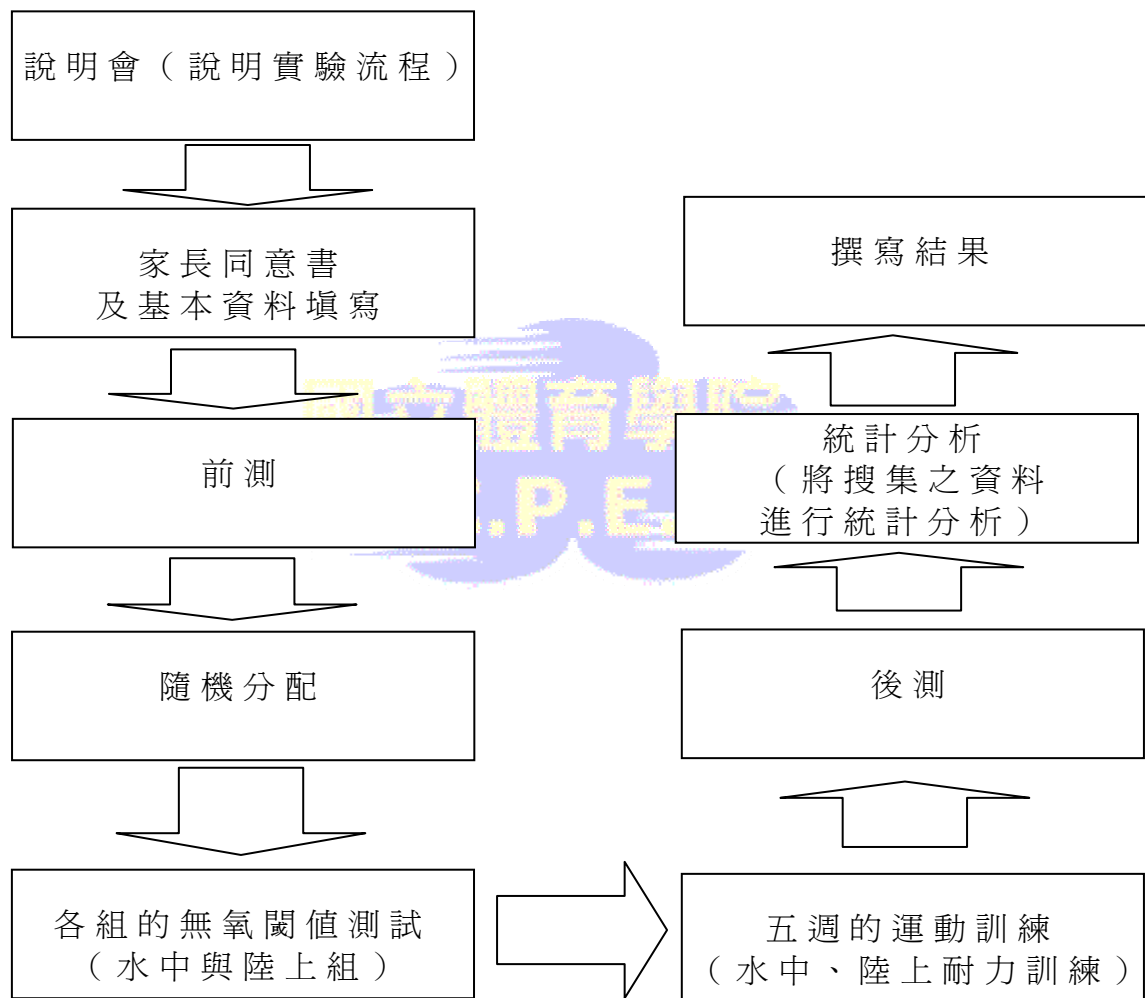


圖 3-1 實驗流程

第四節 實驗方法

一、實驗設計：

本研究將以受試者前測時 1500m 成績作為隨機分配方式之依據，將受試者隨機分配至水中耐力訓練組與陸上耐力訓練組各六名，每組分別於前測、後測時實施安靜值心跳率、1500m 自由式成績，以及運動結束後血乳酸與運動結束後心跳率之測量。

二、訓練方式：

依生理適應(adaptation)原則 4-6 週(Neumann, 1991)，利用每週訓練三天，訓練時間為上午六時三十分至該組訓練課程結束(每組訓練前皆在水中先完成熱身、技術與速度訓練)，給予前測後五週的不同訓練方式，於 95 年 1 月 18 日實施前測，95 年 2 月 24 日實施後測。

(一)各組在耐力訓練前，皆在水中完成熱身及技術與速度訓練之訓練單元。

(二)水中耐力組：以個人無氧閾值 4mmol/l 之 La 的速度在水中進行自由泳 20 分鐘。

(三)陸上耐力訓練組：以個人無氧閾值 4mmol/l 之 La 的速度在 200m 的操場跑 20 分鐘。

三、測量方法：

(一)安靜值心跳率：前、後測前請受試者平躺三分鐘後，採用型號為 s610i 之 polar 運動心率錶測量運動前安靜值心跳率。

(二)測試 1500m 自由泳：要求受試者盡個人最大速度游完 1500m 自由泳，並紀錄其成績。

(三)運動結束後血乳酸：受試者在完成 1500m 後立即採血，並使用 EKF 公司出產之 Biosen C_Line 乳酸血糖分析儀做分析，以了解運動後血乳酸之含量。

(四)運動結束後心跳率：採用型號為 s610i 之 polar 錶測量運動結束後之心跳率。

(五)運動強度測量：各組皆先診斷基礎耐力能力，A(水中耐力)組以 0.9m/s 為起始速度進行 200m 自由式測試，每階中間休息 30sec 以便採血。B(陸上耐力)組以 2.5 m/s 為起始速度進行 5min 跑步測試，每階中間休息 30sec 以便採血。兩種方式皆實施至受試者耗竭為止。然後以德國乳酸分析軟體，分析其有氧及無氧閾值之速度與心跳率，進而設定運動強度至個人無氧閾值，以進行速度控制。

第五節 實驗儀器



圖 3-2 Polar S610i 運動心率錶



圖 3-3 Biosen C_line 乳酸血糖分析儀



圖 3-4 Moten 電子哨與 Seiko 碼錶

國立體育學院
N.C.P.E.S.

第六節 統計資料處理與分析

本研究將實驗所得之原始資料，經完善整理後，依前、後測資料分別輸入電腦，以 SPSS 10.0 軟體進行各項統計分析。

- 一、本研究採用描述性統計建立各項基本資料。
- 二、以變異數同質性考驗，以確認水上與陸上兩組受試選手之安靜值心跳率，以及 1500m 游泳結束後心跳率、血乳酸及游泳總時間在訓練前無差異。
- 三、本研究採用相依樣本 T-test 分析，分別考驗水中耐力訓練組訓練前後安靜值心跳率，以及 1500m 游泳結束後的心跳率、血乳酸及游泳總時間在前後測中是否達顯著差異。本研究採用相依樣本 T-test 分析，分別考驗陸上耐力訓練組之安靜值心跳率、1500m 游泳結束後的心跳率、血乳酸及游泳總時間在前後測中是否達顯著差異。
- 四、對水中與陸上兩組受試選手在安靜值心跳率，以及 1500m 游泳結束後心跳率、血乳酸及游泳總時間在前後測中做變異數分析，比較不同訓練方式之耐力訓練效能。
- 五、本研究顯著水準 $p < .05^*$, $p < .01^{**}$, $p < .001^{***}$ 。

第肆章 結果與分析

本章將所得結果分成受測者基本資料與基礎檢測、安靜值心跳率、最大運動結束後心跳率、1500m 速度與最大心跳率、運動結束後最大血乳酸值、1500m 游泳成績等六部分加以分析，以下依序說明各項結果並以分析且使用圖表加以呈現。

第一節 受測者基本資料與基礎檢測

本研究分為 A 組(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)兩組。表 4-1 中經獨立樣本單因子變異數分析兩組基本資料同質性，顯示各組間的年齡、身高及體重均無顯著差異($P>0.05$)，表示受測者具同質性。表 4-2 則為受測者分組之前測資料，經獨立樣本單因子變異數分析顯示，兩組在前測中之安靜值心跳率、1500m 運動結束後心跳率(E1)、運動結束後第五分鐘心跳率(E5)、1500m 運動時間及運動結束後最大乳酸值皆無顯著差異($p>0.05$)，兩組同質性高。

表 4-1 各組間基本資料同質性考驗

項目	組別	平均數	標準差	F 值
年齡(year)	A 組(水中耐力)	12.67	1.21	.06
	B 組(陸上耐力)	12.83	1.17	
身高(cm)	A 組(水中耐力)	160.50	7.45	.02
	B 組(陸上耐力)	161.17	9.09	
體重(kg)	A 組(水中耐力)	52.00	5.90	.00
	B 組(陸上耐力)	51.67	12.23	

表 4-2 各組間 1500m 前測之同質性考驗

項目	組別	平均數	標準差	F 值	P
安靜值心跳率(HR)	A 組(水中耐力)	67.00	3.69	.19	>0.05
	B 組(陸上耐力)	66.17	2.93		
1500m 運動結束後最大心跳率(HR)	A 組(水中耐力)	182	8.8	1.96	>0.05
	B 組(陸上耐力)	174	10.2		
1500m 運動結束後第五分鐘(E5)心跳率(HR)	A 組(水中耐力)	112	13.1	.26	>0.05
	B 組(陸上耐力)	109	7.6		
1500m 運動成績(sec)	A 組(水中耐力)	1426.51	114.66	.74	>0.05
	B 組(陸上耐力)	1485.64	123.00		
1500m 運動結束後最大乳酸(mmol/l)	A 組(水中耐力)	6.01	2.83	.10	>0.05
	B 組(陸上耐力)	5.60	1.40		

$P < 0.05^*$

A 組(水中耐力)基礎檢測 1500m 游泳平均速度為 $1.1 \pm 0.1 \text{ m/s}$ ，B 組(陸上耐力)則為 $1.0 \pm 0.1 \text{ m/s}$ 。其中個人最大速度 A 組(水中耐力)為 1.2 m/s ，B 組(陸上耐力)為 1.1 m/s 。游泳 2-4 mmol/l 基礎耐力測試，A 組(水中耐力)2 mmol/l 速度為 $0.9 \pm 0.1 \text{ m/s}$ ，4 mmol/l 速度則為 $1.1 \pm 0.1 \text{ m/s}$ 。心跳率於 2 mmol/l 為 $142 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ ，4 mmol/l 為 $169 \pm 13 \text{ min}^{-1}$ 。B 組(陸上耐力)2 mmol/l 速度為 $2.5 \pm 0.4 \text{ m/s}$ ，4 mmol/l 速度則為 $3.4 \pm 0.4 \text{ m/s}$ 。心跳率於 2 mmol/l 為 $160 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ ，4 mmol/l 為 $184 \pm 12 \text{ min}^{-1}$ 。如表 4-3 所示。

在基礎檢測心跳率分析上，圖 4-1 為 A 組(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)基礎檢測心跳率分析。1500m 運動結束心跳率，兩組差異為 10 min^{-1} ($p > 0.05$)。無氧閾值 4 mmol/l 心跳率，A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)差異為 16 min^{-1} ($p < 0.05$)。

表 4-3 A 組 (水中耐力)、B 組 (陸上耐力) 1500m 及有氧和無氧閾值之
平均速度、心跳率

	A 組 (水中耐力)		B 組 (陸上耐力)	
	m/s	HR	m/s	HR
1500 m(m/s)	1.1 ± 0.1	182 ± 8.8	1.0 ± 0.1	174 ± 10.2
2mmol/l (m/s)	0.9 ± 0.1	142 ± 9	2.5 ± 0.4	160 ± 6
4 mmol/l (m/s)	1.1 ± 0.1	169 ± 13	3.4 ± 0.4	184 ± 12
<i>p</i>	>0.05	>0.05	>0.05	$<0.05^*$

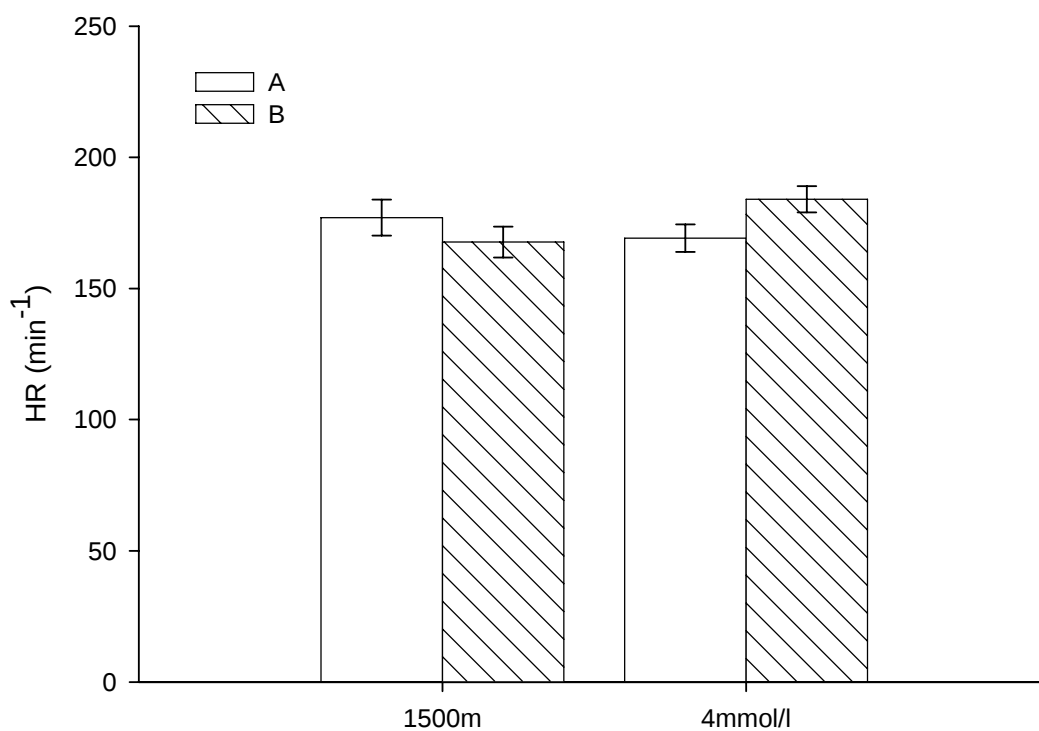


圖 4-1 基礎檢測 A(水中耐力)與 B 組 (陸上耐力) 1500m 游泳運動
結束與無氧閾值之心跳率

第二節 安靜值心跳率

A組(水中耐力)安靜值心跳率在前測時為 $67 \pm 3.68 \text{ min}^{-1}$ ，後測時為 $61.33 \pm 5.12 \text{ min}^{-1}$ ，前後測達顯著差異($p < 0.05$)。B組(陸上耐力)安靜值心跳率在前測時為 $66.17 \pm 2.93 \text{ min}^{-1}$ ，後測時為 $61.67 \pm 2.88 \text{ min}^{-1}$ ，前後測達顯著差異($p < 0.05$)。也就是說經由訓練之後，兩組之安靜值心跳率皆呈現下降趨勢，而且A組(水中耐力)和B組(陸上耐力)間的訓練效能是沒有顯著差異的。(如表 4-4 及圖 4-2 所示)

表 4-4 A(水中耐力)與B組(陸上耐力)前後測之平均安靜值心跳率
(min^{-1})

	A 組(水中耐力)	B 組(陸上耐力)
T-1	67.00 ± 3.68	66.17 ± 2.93
T-2	61.33 ± 5.12	61.67 ± 2.88
Diff	5.66 ± 3.14	4.50 ± 1.76
p	$< 0.05^*$	$< 0.05^*$

$P < 0.05^*$

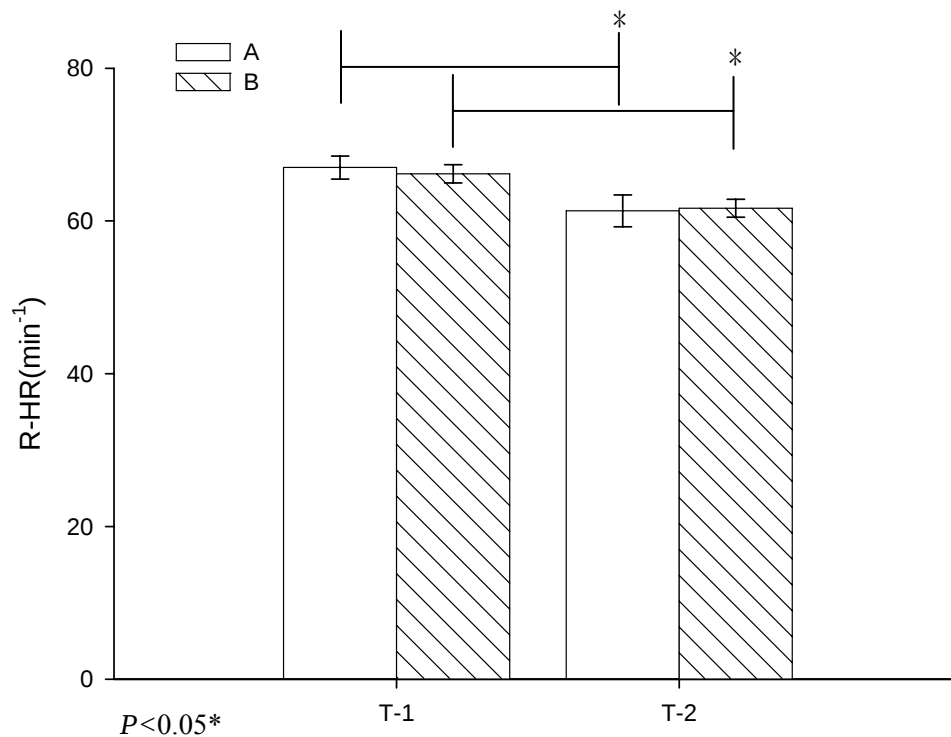


圖 4-2 A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)前後測之平均安靜值心跳率

第三節 最大運動結束後心跳率

最大運動結束後心跳率分別測量第一(E1)、三(E3)、五(E5)、七(E7)及十(E10)分鐘。A組(水中耐力)在前測時E1的心跳率為 $182 \pm 8.8 \text{ min}^{-1}$ ，E3 為 $120 \pm 13.1 \text{ min}^{-1}$ ，E5 為 $112 \pm 13.1 \text{ min}^{-1}$ ，E7 為 $106 \pm 13.6 \text{ min}^{-1}$ ，E10 為 $104 \pm 11.0 \text{ min}^{-1}$ 。後測時E1 為 $159 \pm 18.0 \text{ min}^{-1}$ ，E3 為 $115 \pm 6.3 \text{ min}^{-1}$ ，E5 為 $112 \pm 5.7 \text{ min}^{-1}$ ，E7 為 $107 \pm 9.3 \text{ min}^{-1}$ ，E10 為 $104 \pm 8.2 \text{ min}^{-1}$ 。B 組(陸上耐力)在前測時其E1 為 $174 \pm 10.2 \text{ min}^{-1}$ ，E3 為 $117 \pm 7.5 \text{ min}^{-1}$ ，E5 為 $109 \pm 7.6 \text{ min}^{-1}$ ，E7 為 $100 \pm 9.0 \text{ min}^{-1}$ ，E10 為 $94 \pm 6.2 \text{ min}^{-1}$ 。後測時E1 為 $149 \pm 24.6 \text{ min}^{-1}$ ，E3 為 $113 \pm 4.5 \text{ min}^{-1}$ ，E5 為

$02 \pm 6.4 \text{ min}^{-1}$

，E7 為 $100 \pm 4.0 \text{ min}^{-1}$ ，E10 為 $96 \pm 2.6 \text{ min}^{-1}$ ，如表 4-5 所示。無論是 A 組(水中耐力)或是 B 組(陸上耐力)在前後測最大運動心跳率的比較上皆有下降趨勢，且達顯著差異($p < 0.05$)，如圖 4-3、圖 4-4 所示。

表 4-5 A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前後測之最大運動結束後第一(E1)、三(E3)、五(E5)、七(E7)、十(E10)分鐘之心跳率(min^{-1})

		E1	E3	E5	E7	E10
T-1	A	182 ± 8.8	120 ± 13.1	112 ± 13.1	106 ± 13.6	104 ± 11.0
	B	174 ± 10.2	117 ± 7.5	109 ± 7.6	100 ± 9.0	94 ± 6.2
T-2	A	159 ± 18.0	115 ± 6.3	112 ± 5.7	107 ± 9.3	104 ± 8.2
	B	149 ± 24.6	113 ± 4.5	102 ± 6.4	100 ± 4.0	96 ± 2.6

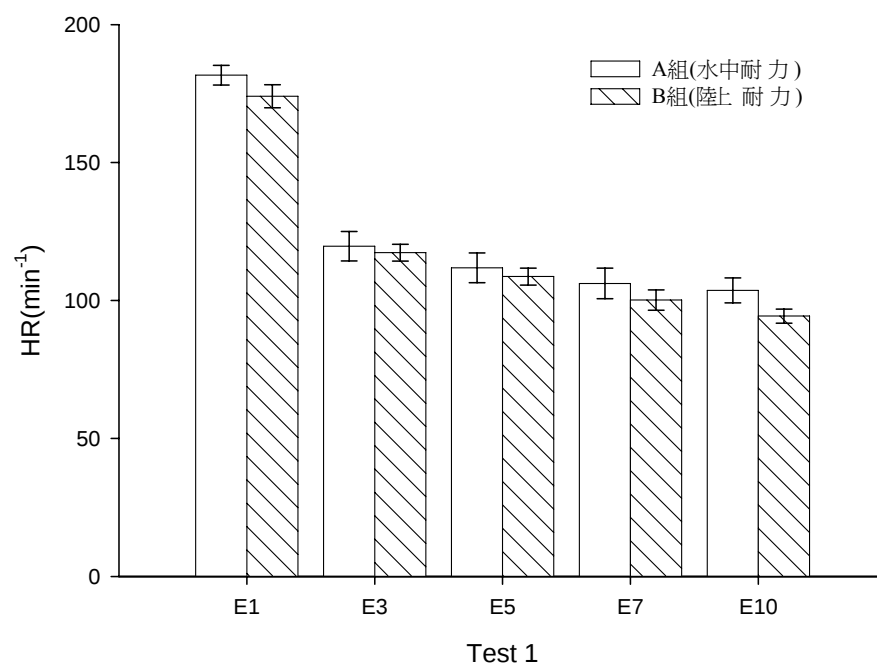


圖 4-3 A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前測之最大運動結束後第一(E1)、三(E3)、五(E5)、七(E7)、十(E10)分鐘之心跳率

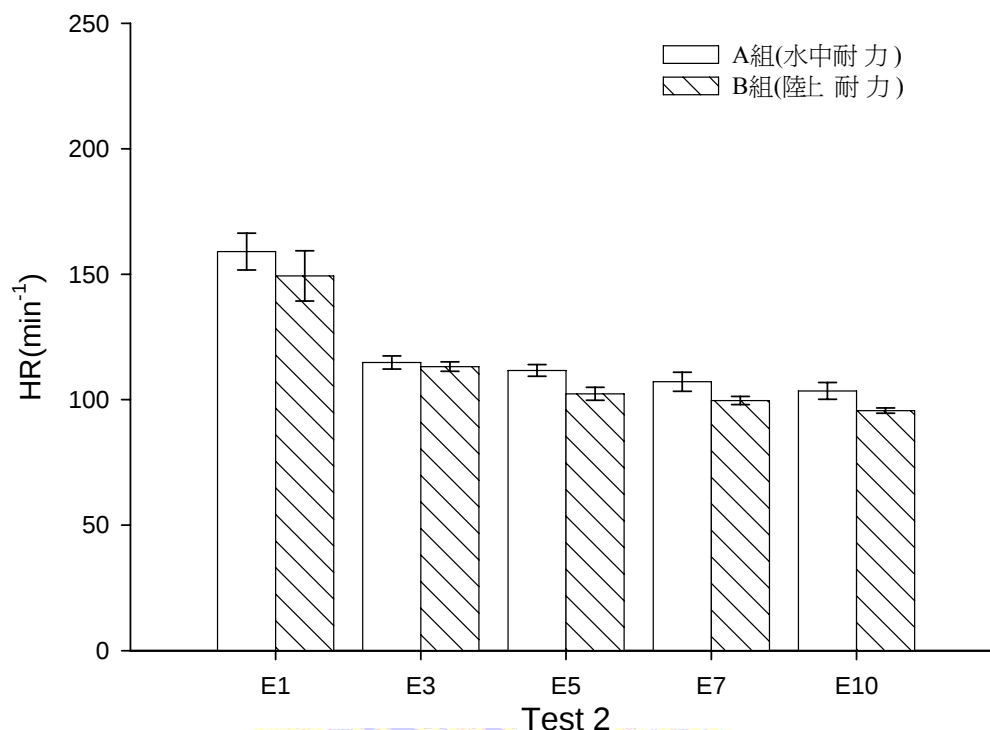


圖 4-4 A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)後測之最大運動結束後第一(E1)、三(E3)、五(E5)、七(E7)、十(E10)分鐘之心跳率

第四節 運動結束後第五分鐘(E5)恢復心跳率

運動負荷結束心跳率於 Test-1 之 A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)平均值標準差分析可看出，A 組(水中耐力)E5 之心跳率為 $112 \pm 13.1 \text{ min}^{-1}$ ，B 組(陸上耐力)E5 之心跳率為 $109 \pm 7.6 \text{ min}^{-1}$ 。A(水中耐力)、B 組(陸上耐力)E5 心跳率平均值未達差異。Test-2 時運動負荷結束心跳率，A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)平均值標準差為 A 組(水中耐力)E5 之心跳率為 $112 \pm 5.7 \text{ min}^{-1}$ ，B 組(陸上耐力)E5 之心跳率為 $102 \pm 6.4 \text{ min}^{-1}$ 。後測時 A(水中耐力)、B 組(陸上耐力)E5 心跳率平均值差異則為 10

min^{-1} 達顯著差異 ($p < 0.05$)，如表 4-6 及圖 4-5 所示。

表 4-6 A組(水中耐力)、B組(陸上耐力)前後測之最大運動結束後
後第五分鐘(E5)之心跳率(min^{-1})

		E5	P
T-1	A 組(水中耐力)	112 ± 13.1	>0.05
	B 組(陸上耐力)	109 ± 7.6	
T-2	A 組(水中耐力)	112 ± 5.7	$<0.05^*$
	B 組(陸上耐力)	102 ± 6.4	

$P < 0.05^*$

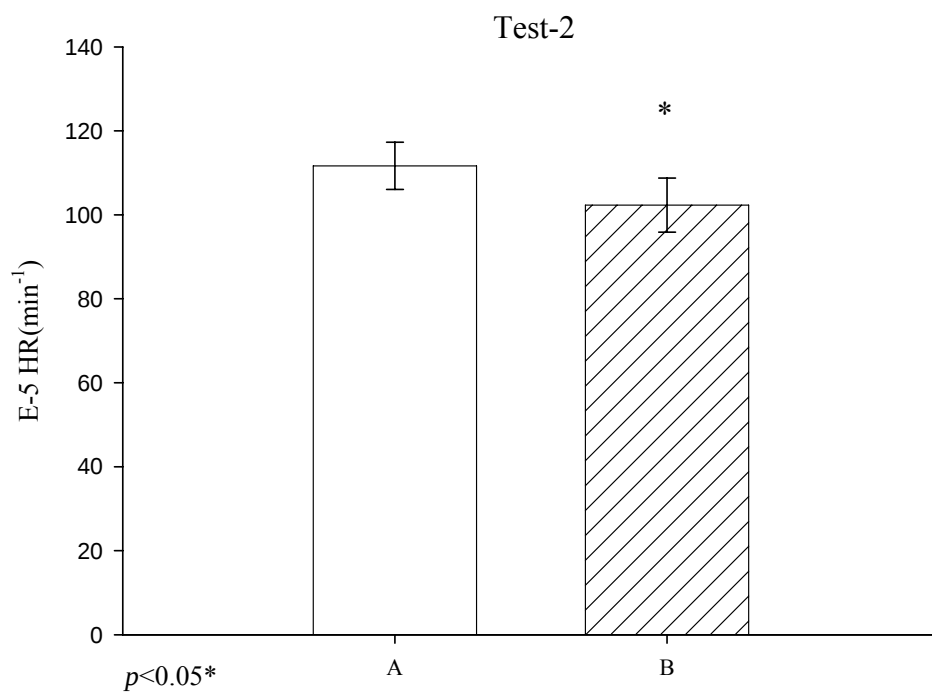


圖 4-5 A組(水中耐力)、B組(陸上耐力)前後測之最大運動結束後
第五分鐘(E5)之心跳率(min^{-1})

第五節 前後測之運動結束後最大乳酸值

從表 4-7 可以見到，在 1500m 前後測中，A 組(水中耐力)在前測中最大乳酸平均值為 $6.01 \pm 2.83 \text{ mmol/l}$ ，後測為 $3.79 \pm 1.42 \text{ mmol/l}$ ，乳酸值具下降趨勢(圖 4-6)，且達顯著差異 ($p < 0.05$)。另外，B 組(陸上耐力)在前測時最大乳酸平均值為 $5.60 \pm 1.40 \text{ mmol/l}$ ，後測則為 $4.27 \pm 1.73 \text{ mmol/l}$ ，亦達顯著差異 ($p < 0.05$)，從圖 4-7 中可以看出 B 組(陸上耐力)乳酸值下降的趨勢。

表 4-7 1500m 運動結束後最大乳酸平均值 (mmol/l)

	A	B
T-1	6.01 ± 2.83	5.60 ± 1.40
T-2	3.79 ± 1.42	4.27 ± 1.73
Diff.	2.23 ± 1.72	1.34 ± 0.95
<i>p</i>	$< 0.05^*$	$< 0.05^*$

$P < 0.05^*$

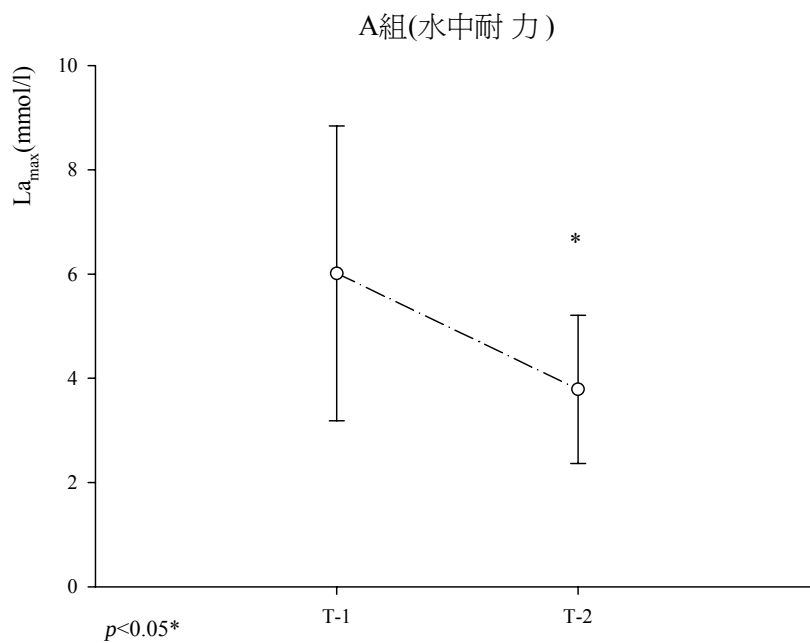


圖 4-6 A 組(水中耐力)1500m 前後測之最大乳酸平均值 (mmol/l)

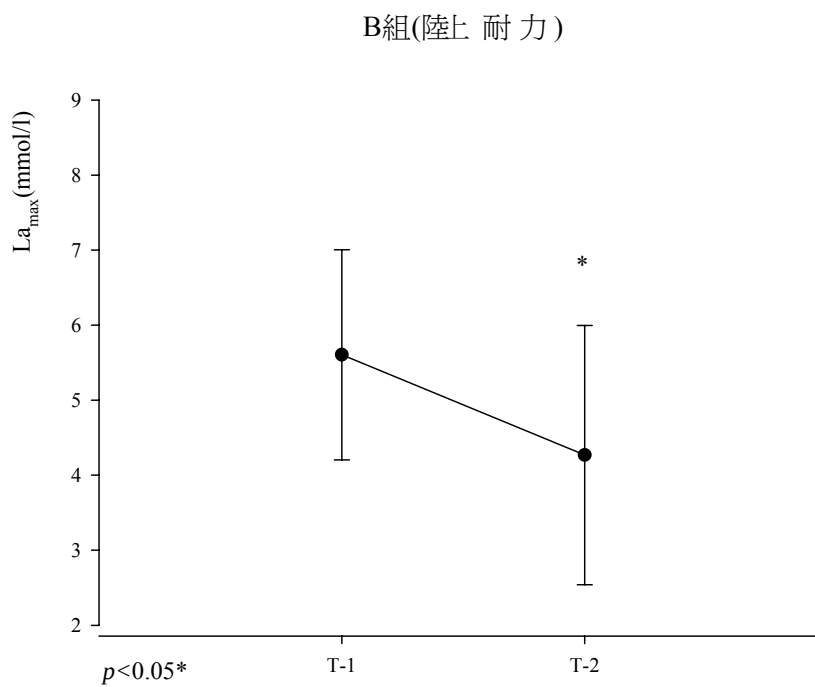


圖 4-7 B 組(陸上耐力)1500m 前後測之最大乳酸平均值 (mmol/l)

第六節 1500m 前後測游泳成績

在 1500m 游泳成績之前後測中，A 組(水中耐力)的 1500m 平均成績前測時為 1426.51 ± 114.66 秒，後測時則為 1416.61 ± 105.20 秒，A 組(水中耐力)前後測中未達顯著差異。B 組(陸上耐力)前測時為 1485.64 ± 123.00 秒，後測為 1422.62 ± 131.18 秒。B 組(陸上耐力)前後測達顯著差異 ($p < 0.05$)。(如表 4-8、圖 4-8、圖 4-9 及圖 4-10 所示)

表 4-8 1500m 前後測游泳成績(sec)

	A	B
T-1	1426.51 ± 114.66	1485.64 ± 123.00
T-2	1416.61 ± 105.20	1422.62 ± 131.18
Diff	9.90 ± 41.89	63.02 ± 24.40
p	> 0.05	$< 0.05^*$

$P < 0.05^*$

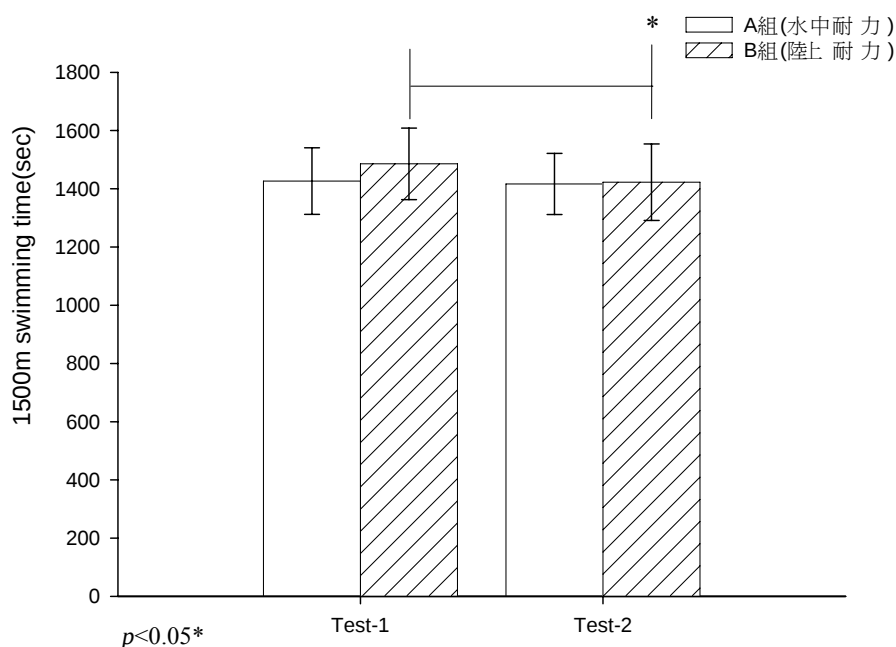


圖 4-8 A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)1500m 前後測之平均成績

A組(水中耐力)

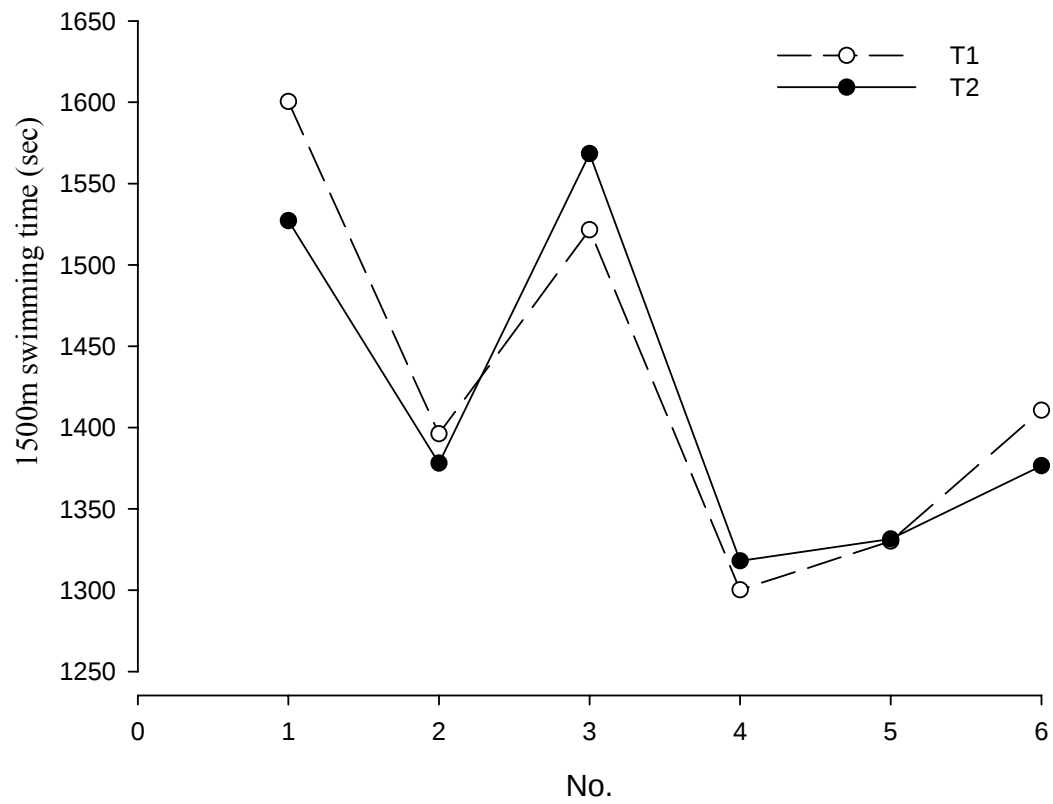


圖 4-9 A(水中耐力)組 1500m 前後測受測者個人成績

B組(陸上 耐力)

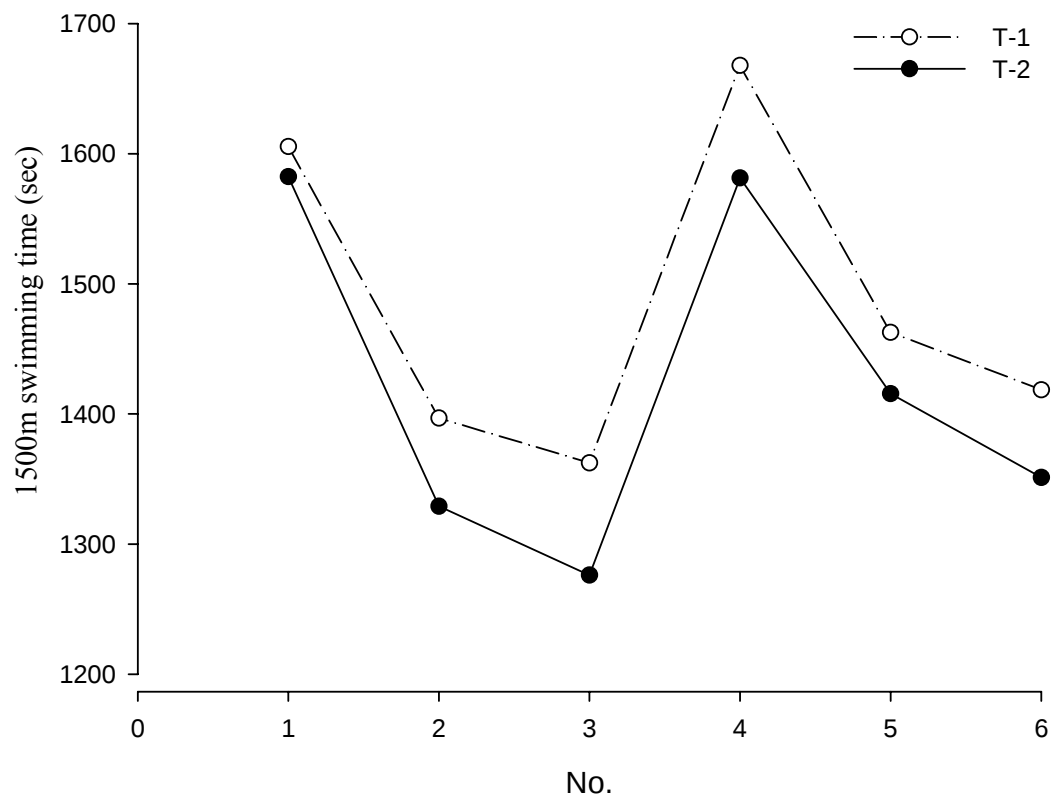


圖 4-10 B(陸上耐力)組 1500m 前後測受測者個人成績

第伍章 討論

本研究主要目的在於五週水中與陸上耐力訓練，對於青少年生理反應之效果。以提供游泳團隊在冬季時有不同的耐力訓練方式。生理方面，觀察的重點為體循環系統與能量代謝系統。在體循環部分以安靜值心跳率與運動心跳率為指標，能量代謝系統則以血液中乳酸值濃度為指標。運動能力方面則以 1500m 自由式之成績為指標。

第一節 水中與陸上耐力訓練方式對體循環系統之影響

一、安靜值心跳率

Hollmann(1982)提到在耐力訓練後，安靜值心跳率會下降乃是心臟循環系統適應的表現。經過五週訓練之後，兩組安靜值心跳率都產生下降並皆達顯著差異，A 組(水中耐力)($p<0.05$)，B 組(陸上耐力)($p<0.05$)，而 A 組(水中耐力)和 B 組(陸上耐力)兩者在安靜值心跳率的訓練效能是相同的，未達顯著差異。所以以安靜值心跳率做為耐力訓練效果評估，兩種耐力訓練方式對於提升耐力有相同效果。此一結果和 Smith & Mitchell (1988) 所做的研究是相同的，也就是在接受耐力訓練後，受試者的安靜值心跳率會呈現下降趨勢。

二、最大運動心跳率

耐力訓練 4-6 週左右，身體便會有所適應：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)。Eriksson & Koch(1973)的研究發現，經由訓練可以增加每跳輸出量達 20%。Lengyel & Gyarfas (1979)提到受過訓練的青少年，心肌質量和心臟容量會提高。Stewart & Gutin (1976); Hollmann(1982); Smith & Mitchell(1988)等人提出在持續的中強度耐力運動後，人體會反映出心肌肥大（增加心臟每分鐘容量）、同樣強度負荷心跳率減少、降低安靜值心跳率、增加紅血球量、血液容量增加及改善血液流動特性等適應現象。在經過五週的訓練後，1500m自由式測試，其最大運動負荷心跳率下降達顯著差異，其中 A 組（水中耐力）前測為 $182 \pm 8.8 \text{ min}^{-1}$ 後測為 $159 \pm 18.0 \text{ min}^{-1}$ ($p < 0.05$)。B 組（陸上耐力）前測為 $174 \pm 10.2 \text{ min}^{-1}$ 後測為 $149 \pm 24.6 \text{ min}^{-1}$ ($p < 0.05$)。本研究結果符合 Stewart & Gutin (1976); Hollmann(1982); Smith & Mitchell(1988)所研究的耐力訓練效果。在 1500m 個人最大運動強度的狀況下受測，受測者皆盡最大運動能力受測，因此，我們從心輸出量 = 心跳率 $\times$ 每跳輸出量的觀點可以發現：若心輸出量不變，則在心跳率下降的情況下，可以知道每跳輸出量增加了。若心輸出量增加，則在心跳率下降的情況下，亦可知每跳輸出量增加。唯有當心輸出量減少時，則在心跳率下降的情況下，我們無法得知每跳輸出量是否增加或減少。從 1500m 自由式的後測成績，我們發現在前後測中，A 組（水中耐力）的 1500m 平均成績前測時為

1426.51±114.66 秒，後測時則為 1416.61±105.20 秒。B組(陸上耐力)前測為 1485.64±123.00 秒，後測為 1422.62±131.18 秒。其中B組(陸上耐力)前後測達顯著差異 ($p<0.05$)。1500m 個人最大運動強度的狀況下受測，受測者最大心跳率下降，但 1500m速度提升，因此其有氧耐力增加。這和 Eriksson和 Koch的研究相符合，本研究也發現到的，前測時A(水中耐力)、B組(陸上耐力)間心跳率無顯著差異，在後測A(水中耐力)、B組(陸上耐力)兩者亦未達顯著差異。最大強度下的心跳率下降，A組(水中耐力)和B組(陸上耐力)有著相同的趨勢，也就是兩種訓練方式對於最大心跳率下降有著相同效能。

三、恢復心跳率

Hollmann et al. (1978) 提到E5 之心跳率恢復可以當作耐力能力的一個指標，其分析後為第五分鐘心跳率超過 130 min^{-1} 為（差）； $130-120 \text{ min}^{-1}$ （不好）； $120-105 \text{ min}^{-1}$ 為（佳）； $105-100 \text{ min}^{-1}$ （非常好）； 100 min^{-1} 以下為（高競技能力）。如表 5-1 所示。

表 5-1 第五分鐘心跳率(E5)恢復之耐力能力指標

耐力 指標	差	不好	佳	非常好	高競技能力
第五分 鐘心跳 率(E5)	> 130	130-120	120-105	105-100	< 100

從表 5-2 可以看出運動負荷結束後第五分鐘心跳率(E5)的 Test- 1 之 A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)平均值標準差為，A 組(水中耐力)E5 之心跳率為 $112 \pm 13.1 \text{ min}^{-1}$ ，B 組(陸上耐力)E5 之心跳率為 $109 \pm 7.6 \text{ min}^{-1}$ 。A(水中耐力)、B 組(陸上耐力)E5 心跳率平均值未達差異。兩者之恢復心跳率皆在於 $120-105 \text{ min}^{-1}$ 之間，耐力能力佳。Test-2 時運動負荷結束心跳率，A(水中耐力)與 B 組(陸上耐力)平均值標準差為 A 組(水中耐力)E5 之心跳率為 $112 \pm 5.7 \text{ min}^{-1}$ ，B 組(陸上耐力)E5 之心跳率為 $102 \pm 6.4 \text{ min}^{-1}$ 。A 組(水中耐力)E5 之心跳率為 $112 \pm 5.7 \text{ min}^{-1}$ ，其心耐力能力無改變，而 B 組(陸上耐力)E5 之心跳率下降為 $102 \pm 6.4 \text{ min}^{-1}$ ，耐力能力為非常好。後測時 A(水中耐力)、B 組(陸上耐力)E5 心跳率平均值差異則為 10 min^{-1} 達顯著差異($p < 0.05$)。

表 5-2 A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)前後測之最大運動結束後第五分鐘心跳率(E5)恢復之耐力能力(min^{-1})

		E5	耐力能力	P
T-1	A 組(水中耐力)	112 ± 13.1	佳	>0.05
	B 組(陸上耐力)	109 ± 7.6	佳	
T-2	A 組(水中耐力)	112 ± 5.7	佳	$<0.05^*$
	B 組(陸上耐力)	102 ± 6.4	非常好	

$P < 0.05^*$

綜合上述所觀察到的結果，實施水中與陸上耐力訓練對於青少年的體循環系統的改進是有幫助的，且從表 5-3 可以觀察到藉助陸上耐力訓練是優於水中耐力訓練。

表 5-3 A 組(水中耐力)、B 組(陸上耐力)之體循環效能比較

	安靜值心跳率	運動結束後最大心跳率	E5 心跳率
A	P<0.05*	P<0.05*	佳
B	P<0.05*	P<0.05*	非常好
效能	相同效能	相同效能	B 優於 A

第二節 水中與陸上耐力訓練方式對能量代謝系統之影響

在能量代謝中，Murray, Granner, Mayes, Rodwell(1999)提到，假如肌肉在有氧狀況下收縮時，乳酸不會堆積，丙酮酸雖成為糖酵解的終產物但它不會堆積，而是進一步氧化成CO₂和水。當氧氣供應不足時，NADH的再氧化作用無法完全從粒線體內的呼吸鏈中獲得，因此使得反應減弱，為了完成氧化作用，此時NADH的再氧化反應會偶合至丙酮酸變成乳酸的反應上，以確保糖酵解作用能在缺氧的狀況下持續完成供能程序。此一步驟使NADH再產生足夠的NAD供給糖酵解反應中另一循環時的甘油醛-3-磷酸脫氫酶使用，使糖酵解作用能在缺氧狀況下繼續進行。所以當氧氣供給較低時，則運動中的血乳酸值會高於氧氣供應較多時的血乳酸值。在本次 1500m 前後測的研究中，A組(水中耐力)前測最大乳酸平均

值為 $6.01 \pm 2.83 \text{ mmol/l}$ ，後測為 $3.79 \pm 1.42 \text{ mmol/l}$ ，乳酸值達顯著差異 ($p < 0.05$) 的下降趨勢。B組(陸上耐力)前測時最大乳酸平均值為 $5.60 \pm 1.40 \text{ mmol/l}$ ，後測則為 $4.27 \pm 1.73 \text{ mmol/l}$ ，其下降亦達顯著差異 ($p < 0.05$)。這說明了無論在陸上或水中耐力訓練，在改善能量代謝都具有顯著性幫助。從運動專項性來看，Kiens等人(1993)採用乳酸閾值做為訓練強度，前後測中所有受試者都接受腳踏車和跑步兩種測試，並於前測得出受試者於兩種運動方式中的乳酸閾值速度。接著讓受試者自由選擇接受固定式腳踏車訓練或是接受跑步訓練八週，然後進行後測。後測發現，接受跑步訓練者，其後測中跑步測試的乳酸閾值提高58%，而固定腳踏車測試只增加20%。另外接受固定腳踏車訓練組，則僅在固定腳踏車測試中提高乳酸閾值39%。而Lieder等人(1989)使用腳踏車的75%VO₂max作為運動強度設定，分別採跑步與游泳方式訓練，得出兩者對於腳踏車的VO₂max的進步皆有進步，跑步為28%，游泳則為25%。另外Snyder等人(1992)使用母鼠做研究，在分成游泳及跑步兩組不同運動方式訓練耐力後，發現其生理適應是相同的。本次研究所有訓練皆於水中完成，僅有耐力訓練方分為水中和陸上之分組，也只有此一部分有專項性適應問題。此次研究發現，A組(水中耐力)其乳酸值下降37%，而B組(陸上耐力)其乳酸值下降22.17%，兩者間則未達顯著性差異。所以本次研究從最大乳酸量著手亦產生和Lieder等人相似的結果。本研究未和Kiens等人所做結果相似，主要因素是否因為本研究僅有耐力訓練有非專項化現象，其餘皆專項化所致。若僅將耐力訓練提於陸上訓練，其生理適應方面似乎並未受運動專項性之影響。

第三節 水中與陸上耐力訓練方式對 1500m 自由式成績之影響

Tudor (1999)提到專項化訓練，或進行與專項訓練型態相似的訓練，可以使人在型態上和機能上對該運動的特殊性產生適應。研究中發現，人類身體會對其參與之運動產生適應(Astrand & Rodahl 1970; Mathews & Fox 1976)。Kiens等人(1993)的研究中，提出運動具有專項性之特色。

1500m測試，A組(水中耐力)的 1500m平均成績前測 1426.51 ± 114.66 秒，後測為 1416.61 ± 105.20 秒。A組(水中耐力)於前後測未達顯著差異。B組(陸上耐力)前測為 1485.64 秒，後測為 1422.62 ± 131.18 秒。B組(陸上耐力)則於前後測達顯著差異 ($p < 0.05$)。Scott & Edward (2001)提到，在二十分鐘的衰竭運動型態，有氧代謝提供 90%的能量。此類依賴氧化能量的運動，其限制運動表現的因素包括輸送氧氣的心血管系統、及參與運動肌肉的粒線體含量。Powers, Wade, Criswell, Herb, Dodd, Hussain(1995)提到會影響耐力訓練效果並不只是肌肉的運動型態。人類是否能以非最大功率運動量持續長時間活動，並非只靠肌肉型態之改變，更需要運動者身體內部平衡的恆定能力。這些維持體內恆定的因素有肝臟負荷、肌肉肝醣儲存、心血管與體內溫度調節適應力等 (Scott et al, 2001)。Zintl(1994)在訓練上將耐力區分為一般耐力和專項耐力兩種。一般耐力是屬於基礎耐力，其主要目的是提升有氧能力。也就是心臟輸出能力與能量代謝系統改善，做為專項耐力訓練的先決條件。Tudor(1999)則說，耐力可分成兩種：全面性(一般性)和專項性耐力。全面性耐力雖與專項性無關，但將會在各種型態的競技運動中，增加獲勝的機率，尤其是有氧耐力運動的運動員。

本次研究中發現，A組(水中耐力)雖然在安靜值心跳率、最大運動心跳率、血乳酸方面有顯著性差異，但在 1500m速度上卻無顯著性提高。反觀B組(陸上耐力)不但在安靜值心跳率及血乳酸濃度和A組(水中耐力)有相同的下降。在最大運動心跳率及耐力能力判斷方面，更優於A組(水中耐力)，因此雖然運動型態上B組(陸上耐力)在耐力訓練上非專項運動的肌肉型態，但生理內部對於耐力的適應卻明顯優於A組(水中耐力)，所以在後測中其 1500m運動能力顯著性的進步符合Zintl 和Tudor對於全面性耐力訓練的看法。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

經過五週的水中與陸上耐力訓練，對於青少年生理方面及運動成績方面的影響，得出下列結論。

一、降低安靜值心跳率，A(水中耐力)和 B(陸上耐力)組都產生下降並皆達顯著差異，兩組在安靜值心跳率的訓練效能是相同的。

二、A(水中耐力)組 E5 之心跳率在經過五週訓練後，其心跳率恢復能力無改變，而 B 組(陸上耐力)後測時 E5 之心跳率則提升至非常好之組別。

三、A(水中耐力)和 B 組(陸上耐力)最大乳酸平均值皆有下降趨勢且兩者間未達顯著差異，所以水中及陸上耐力訓練對於降低最大乳酸量有相同效能。

四、1500m 測試中，A 組(水中耐力)的成績未達顯著提升，B 組(陸上耐力)則於前後測中達顯著差異，成績有提升，說明陸上耐力訓練優於水中耐力訓練。

五、B 組(陸上耐力)在安靜值心跳率及血乳酸濃度和 A 組(水中耐力)有相同的下降。在耐力能力及運動能力判斷方面，更優於 A 組。說明陸上耐力訓練優於水中耐力訓練。

第二節 建議

從上述中發現，陸上耐力訓練對於降低運動結束後第五分鐘恢復心跳率(E5)及提升 1500m 成績是優於水中耐力訓練，而在降低安靜值心跳率、運動結束後最大心跳率和運動結束後最大乳酸量部分，則是和水中有著一樣的效能。所以青少年於冬季訓練時，採用陸上耐力訓練替代水中耐力訓練是一項可行的方案。



參考文獻

- 陳嘉儒(2004)：水溫對游泳成績表現、血乳酸及尿蛋白之比較。
教練研究所論文。桃園縣：國立體育學院。
- 趙佳琪、田時佳編著(1995)：實用運動訓練問答。台北：浩園文化事業有限公司。
- 延峰編著(1995)：實用運動生理問答。台北：浩園文化事業有限公司。
- 林文弢(2000)：運動負荷的生化評定。廣東：廣東高等教育出版社。
- 馮煒權(1995)：運動生物化學原理。北京：北京體育大學出版社。
- Bar-Or, Oded. (1983). *Pediatric sports medicine for the practitioner : from physiologic principles to clinical applications*. New York : Springer-Verlag, 1-27.
- B Kiens, B Essen-Gustavsson, NJ Christensen and B Saltin(1993). Skeletal muscle substrate utilization during submaximal exercise in man: effect of endurance training. *The Journal of Physiology*, Vol 469, Issue 1 459-478.
- Bunc, V., J.Heller, J. Nowak, J. Leso(1985). Determination of the individual anaerobic threshold.*Acta Univiersitatis Carolinae, Gymnics* 21(1).73-81 .
- Eklblom, B. (1969). Effect of physical training on oxygen transport system in man. *Acta Physiologica Scandanavica* 328(Suppl.), 1-45.
- Eriksson B.O; Koch, G. (1972). Effect of physical training on hemodynamic response during submaximal and maximal

- exercise in 11-13-year old boys. *Acta Physiologica Scandanavica* 384(Suppl.), 1-48.
- Ingier, F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite cross-county skiers: A longitudinal study. *Journal of Sports Sciences* 10, 49-63.
- Hollmann, W., Rost, R. (1982): Belastungsuntersuchungen in der Praxis. *Grundlagen Technik und Interpretation*
- Hollmann, W. Liesen, H., Rost, R., Kawahats, K. (1978). *Über das Leistungsverhalten und die Trainerbarkeit im Alter. Z. Geront.* 11:312
- Hollmann, W. (1959). The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood, the ventilation(PoW) and untrained person. *Pan American Congress for Sports Medicine*. Chikago.
- 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.
- Keul, J., G. Simon, A. Berg, H.-H. Dickhuth. I. Goerttler, R. Kubel(1979): Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Dtsch. Z. Sportmed*,30(7).212-218
- 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.
- Lieber DC, Lieber RL, Adams WC. (1989). Effects of run-training and swim-training at similar absolute

- intensities on treadmill VO₂max. *Medical Science Sports Exercuse*. Dec21(6). 655-61.
- Lowdon B.J, McKenzie D, Ridge BR.(1992). Effects of clothing and water temperature on swim performance. *Aust J Sci Med Sports* 24:33~ 8.
- Murray, Granner, Mayes, Rodwell(1999). *Harper's Biochemistry*. (25th ed.). USA: McGraw-Hill.
- Mader, A., H. Liesen, H. Heck, H. Phillppi, R. Rost, P. Schürch, W. Hollmann.(1976) : Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin* 27(4): S.80-88.
- McArdle WD, Margel JR, Delio DJ, Toner M, Chase JM. (1978) Specificity of run training on VO₂ max and heart rate changes during running and swimming. *Medical Science Sports*. Spring10(1):16-20.
- Neumann, G. (1991): Zur Leistungsstruktur der Kurz- und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sportmedizinischer Sicht. *Leistungssport* 21, S. 29-31.
- Neumann, G.; Pfützner, A.; Hottentott, K. (1993): *Alles unter Kontrolle*. 1 Auflage. Aachen: Meyer & Meyer. 127-138
- Powers SK, Wade M, Criswell D, Herb RA, Dodd S, Hussain R.(1995) Role of beta-adrenergic mechanisms in exercise training-induced metabolic changes in respiratory and locomotor muscle. *International journal of sports medicine*. 1995 Jan;16(1):13-8.
- Rowland, T. (1992). Trainability of the cardio respiratory system during childhood. *Canadian Journal of Sports Sciences* 17, 259-263.

- Rowland TH, Blum JW. (2000). Cardiac dynamics during upright cycle exercise in boys. *Am.J.Hum Blo*(12):749-757
- Scott. Power & Edward T. Howlwy (2001). *Exercise physiology: theory and application to fitness and performance*, 4th McGraw-Hill.
- Snyder A, Zierath JR, Hawley JA, Sleeper MD, Craig BW. (1992)The effects of exercise mode, swimming vs. running, upon bone growth in the rapidly growing female rat. *Mech Ageing Dev.* 66(1). 59-69.
- Stegmann, H., W. Kindermann, A. Schnabel: Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 2(3): 160-165 (1981).
- Simon, G.A.; Berg, A.; Dickhuth, H.; Simon, Alt A.; Keul, J. (1981).: Bestimmung der anaeroben Schwelle in abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit. *Dtsch. Z. Sportmed.* 32: 7-14
- Tudor O. Bomp (1999) *Periodization-4th Edition - Theory and Methodology of Training*. USA, Human Kinetics Publishers.
- Weinecker, H.; Strobel, G. (1993): *Sportmedizin: Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. S. 58-60.9
- Zintl, F. (1994): *Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung*. S.40-45.

附錄一

受試者須知暨家長同意書

研究題目：水中與陸上耐力訓練方式對青少年游泳選手 1500m
自由式之影響

指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：謝易軒

單 位：國立體院教練研究所

聯絡電話：0928-581710

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和法律上之責任等事項向受試者說明清楚。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。受試者如改變意願可通知研究員，隨時退出本研究而不受任何限制。參與本研究之受試者必須了解並同意下列事項：

- 一、實驗時間自民國 95 年 1 月 13 日至 2 月 24 日止。
- 二、受試者在實驗期間須穿著指定服裝至仁愛國小游泳池前集合，並依照安排時間進行各項測試。
- 三、測試所得資料可能發表於學術性雜誌刊物等，但受試者之姓名及隱私將予以保密。

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身分接受測試。

受試者簽名：_____ 日期：_____

監護人簽名：_____ 日期：_____

測試主持人簽名：_____ 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
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. 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：_____				