

國立臺灣體育學院
National Taiwan College of Physical Education
體育研究所碩士學位論文

1500 公尺跑步心跳與速度之研究
THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE HEART RATES
AND RUNNING IN 1500 METER RUN



研究生：蔡淑婉 撰

指導教授：高明峰 博士

中華民國 100 年 6 月

論文題目：1500 公尺跑步心跳與速度之研究

總頁數：

院所組別：國立臺灣體育學院體育研究所自然科學組

畢業時間及提要別：九十九學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：蔡淑婉

指導教授：高明峰博士

中文摘要

本研究目的在於敘述中長跑者之運動表現、成績紀錄、運動強度與心跳恢復之間的關係，因此針對 24 名男性大學生進行研究。本研究將 24 名受試者分為兩組，分別為中長跑選手具有運動習慣的大專體育院校學生 12 名，及現役中長跑選手 12 名，測試與分析受試者運動成績、運動強度與心跳率分為前、中、後 3 個階段。研究結果顯示兩組的受試者在測試中半段所花的時間都是最多的，而且兩組的心跳速率都逐漸增加。然而中長跑選手的耐力與配速能力都優於具有運動習慣的大學生，因此可以在最後階段衝刺加速。另外，中長跑選手的心跳恢復到正常狀態的速度也比具有運動習慣的大學生快。根據上述，本研究結論如下：較佳的耐力與配速能力是影響從事中長跑者表現的關鍵。

關鍵詞：1500 公尺、心跳率、EPOC

Tsai, Shu-Wan(2011). The relationships between the heart rates and running in 1500 meter run, National Taiwan College of Physical Education

Abstract

To elucidate relationship between performances, records, exercise intensity and recovery, heart rates, the 24 collegiate males were recruited, The speeds, intensities and heart rate in three stages, including 12 medium distance running players group(MDRP) and 12 collegiate students (CS) group with habitual exercise. The heart rates were monitored and recorded during 1500 meter run. The speed, intensities and heart rate in three stages were analyzed. Both of two groups take the most time in middle stage however, the MORP group can keep great endurance, capacity rather than CS group to speed up in the last stage. Both of two groups in creased the heart rate with the time. The strategy of adjustment stages in MDRP group was better than SL group. The faster recovery heart rates in MDRP group. In conclusion, greater endurance capacity and better strategy of adjustment in speed were the crucial factors for performances in medium distance running.

Keywords:1500 meter, Heart Rate, EPOC

謝 誌

時光荏苒,這幾年研究所的求學生涯即將告一段落,在這一段期間,在必須兼顧學業與工作的情形下,辛苦是有代價的、也是甜蜜的。一段充實、溫馨與感恩的學習歷程,若沒有指導教授高明峰老師的磨礮砥礪,我必然無法在迷霧之中找到方向,論文無法順利完成。感謝陳裕鏞博士以及邱靖華教授,在繁忙的研究以及行政工作中撥空擔任口試委員,有了您們的建議與指正,我的研究內容才能更加完整。

回想這段研究所的求學過程,深深地感謝臺體對我的栽培,感謝良師指導及益友相伴,更感謝一路上陪伴我、支持我的家人好友及親愛的學弟妹。因為你們的鼓勵與協助才會有今日的成果。

最後,要感謝我的家人,謝謝你們讓我任性這麼久,現在終於畢業了,你們也可以更新碎碎唸的內容了;謝謝你們,我愛你們!!!

蔡淑婉 謹致

中華民國 100 年 6 月

目錄

中文摘要	-----	
英文摘要	-----	II
謝誌	-----	
目錄	-----	
表目錄	-----	
圖目錄	-----	
第一章 緒論	-----	1
第一節 問題背景	-----	1
第二節 研究動機	-----	3
第三節 研究目的	-----	4
第四節 研究假設	-----	4
第五節 研究範圍與限制	-----	5
第六節 研究之重要性	-----	6
第七節 名詞解釋與操作型定義	-----	6
第二章 文獻探討	-----	9
第一節 心跳率控制對心肺耐力相關文獻探討	-----	9
第二節 中長跑與心跳率相關文獻探討	-----	10
第三節 運動強度、心跳率相關文獻探討	-----	12
第四節 1500 公尺跑步配速相關文獻探討	-----	16
第五節 運動持續時間與強度、EPOC 相關文獻探討	-----	17
第六節 文獻總結	-----	19
第三章 研究方法與步驟	-----	20
第一節 研究架構	-----	21
第二節 研究步驟	-----	22

第三節	實驗對象	-----	23
第四節	實驗時間與地點	-----	24
第五節	實驗儀器與設備	-----	24
第六節	實驗流程與步驟	-----	24
第七節	資料處理與分析	-----	28
第四章	結果	-----	29
第一節	研究對象的背景變項資料	-----	29
第二節	1500公尺跑步分段成績分析	-----	30
第三節	1500公尺跑步與分段運動強度之分析	-----	39
第四節	1500公尺跑步之恢復心跳變化分析	-----	47
第五章	討論	-----	53
第一節	1500公尺跑步與分段配速成績、運動強度分析討論	-----	53
第二節	1500公尺跑步與運動強度、運動恢復之表現影響	---	55
第三節	本章小結	-----	56
第六章	結論與建議	-----	57
第一節	結論	-----	57
第二節	建議	-----	57
參考文獻		-----	58
一、	中文部分	-----	58
二、	英文部分	-----	61

表目錄

表 4-1	受測者基本資料-----	29
表 4-2	不同組別 1500 公尺跑步分段成績佔全程成績比較表 -----	30
表 4-3	不同組別 1500 公尺跑步分段成績佔全程成績百分比比較 表-----	33
表 4-4	不同組別 1500 公尺跑步分段成績百分比二因子混和設計 變異數分析摘要表-----	35
表 4-5	不同組別 1500 公尺跑步分段成績(%)單純主要效果變異 分析摘要表-----	36
表 4-6	不同組別 1500 公尺跑步分段成績(%)HSD 事後比較摘要 表心跳監控器(Polar)-----	37
表 4-7	選手組所佔時間比例-----	40
表 4-8	非選手組所佔時間比例-----	40
表 4-9	不同組別 1500 公尺跑步分段之運動強度佔全程百分比比 較表-----	41
表 4-10	不同組別 1500 公尺跑步分段運動強度二因子混和設計變 異數百分比分析摘要表-----	43
表 4-11	不同組別 1500 公尺跑步分段運動強度單純主要效果變異 分析摘要表-----	44
表 4-12	不同組別 1500 公尺跑步分段運動強度百分比 HSD 事後比 較摘要表-----	45
表 4-13	不同組別 1500 公尺跑步分段之運動強度佔全程成績比較 表-----	48
表 4-14	不同組別 1500 公尺跑步運動恢復二因子混和設 計變異數百分比分析摘要表-----	51
表 4-15	運動心跳恢復混合設計單純主要效果變異分析摘要表-----	52

圖目錄

圖 2-1	ACSM 心肺功能(1 英哩跑走)測驗的 20 至 29 歲常模圖 ---	11
圖 2-2	最大心跳率的實驗室驗證結果圖 -----	13
圖 2-3	三種最大心跳率評量結果的比較圖 -----	15
圖 3-1	研究架構圖 -----	21
圖 3-2	研究步驟流程圖 -----	22
圖 3-3	心跳監控器(Polar)圖 -----	26
圖 3-4	POLAR Pro Trainer 5 軟體圖 -----	27
圖 4-1	各組別 1500 公尺跑步分段成績之比較圖 -----	31
圖 4-2	不同組別 1500 公尺跑步分段成績之比較圖 -----	31
圖 4-3	不同組別 1500 公尺配速跑分段成績百分比之比較圖 -----	34
圖 4-4	不同組別 1500 公尺跑步分段成績百分比各佔全程成績之 比較圖 -----	34
圖 4-5	不同組別 1500 公尺跑步之運動強度變化之比較圖 -----	41
圖 4-6	不同組別 1500 公尺跑步各分段之運動強度各佔全程成績 之比較圖 -----	42
圖 4-7	不同組別 1500 公尺跑步各分段之運動恢復各佔全程成績 之比較圖 -----	48
圖 4-8	不同組別 1500 公尺跑步之運動恢復變化之比較圖 -----	49
圖 4-9	不同組別恢復心跳之變化分析圖 -----	50

第一章 緒論

第一節 問題背景

1500公尺跑步心跳率的測量，是反應人體的健康狀態、判定心肺功能優劣，可作為運動強度指標，及運動訓練之效果。而心跳率是日常生活中最容易取得的生理指標，無論是安靜時心跳率、運動時心跳率以及運動後恢復心跳率都能代表心肺適能的優劣。1500公尺跑步是典型速度、速度耐力、速度力量的週期性耐力項目。其能量代謝特點是有氧代謝、糖酵解和磷酸原(ATP-cp)三種供能系統兼有的混合代謝。1500公尺跑步無論在起跑或是衝刺時都不應該閉氣，而且比賽一開始就加強呼吸，以免在開始階段增加不必要的氧債使疲勞提早出現。

運動時的心跳分析，可用於評量心臟負荷，受到運動時身體活動的影響，以脈搏數作為運動強度的條件下，休息時心跳率愈低表示心肺功能愈佳。當人體在進行低強度運動時，心跳率可能會因身體漸趨穩定狀態而呈現穩定，運動強度逐漸增強時，運動心跳率也會成正比的上升（黃芊芊、王顯智，2005）。因此，我們透過選手心跳率的變化，不僅可以評估其身體狀態，還可以判定其心肺功能之優劣，以作為運動強度的指標及用來評估運動訓練的效果（林正常、王順正，2002）。有關心率變異度在運動生理之應用方面，心率變異度的測量具有非侵體性的優點，已逐漸受運動科學研究者所重視，惟目前研究多止於將運動員與非運動員比較或選手訓練前後心率變異度差異的結果呈現，倘若能將心率變異度分析與訓練過程結合，並廣泛地應用於監控運動強度、運動後恢復效果與過度訓練等方向，並能提升運動員之訓練效

果，進而增進運動成績之表現。一般認為，運動強度的提高伴隨著運動時間而增強，形成心跳率的上升現象；而當運動消退、人體休息時，心跳漸緩和，達到安靜時的心跳率。

1500 公尺跑步起源於歐洲，其跑道全長以 500 公尺的田徑場為競賽場地，1500 公尺跑步跑的第一個男子世界紀錄是創於 1892 年；而女子的 1500 公尺跑步跑其發展得較晚，直到 1972 年才被列為第二十屆奧運會的正式比賽項目。1500 公尺跑步距離是需短跑速度和長跑耐力的田徑運動項，需有良好的耐力、速度及肌力。1500 公尺跑步最重要的技術在於配速，速度分配的好才能有效發揮自己的能力，配速中常以 400 公尺分段時間及最後 300 公尺分段時間加以區分。

本研究以大專院校之選手與非選手為受試者，其對於如何速度分配、分配能量都是在校每一位選手所知的重要課程。研究中透過 1500 公尺跑步測量選手、非選手之運動強度變化與運動成績之相關研究，經由配速的運用，觀察選手、非選手的運動強度變化及恢復心跳率，可以提高運動表現。林正蘭(2002)則認為配速是選手合理分配體力和調節速度必須具備的能力，是比賽中制定發揮潛能的最佳戰術，也是控制各分段速度的基本條件。

第二節 研究動機

本研究以 1500 公尺跑步觀察於運動前後心跳變化的情形，以心跳變化進行觀察不同等級速度受測者之心跳於 1500 公尺跑步時心跳變化的情形，利用心率變異度 HRV (heart rate variability) 的方法分析，檢視測量人體安靜時或運動中，控制調節心臟律動之心臟自律神經系統活動狀況。實驗中，把心跳為控制因子，利用心跳變化之監測，來判斷運動之強度，進行運動後的心跳率恢復狀況(同時考量運動時心跳率高低與運動後的心跳恢復)，也是評估心肺功能的指標之一，其可提供運動員如何對運動恢復的有用資訊。運動停止後的每隔一分鐘測量一次至五分鐘止之心跳率與運動中最大心跳率之差異，將可對心臟及自律控制系統適應性提供有用的資訊並可使我們於各體對運動的反應有更全面性的了解。

第三節 研究目的

本研究目的旨在探討 1500 公尺跑步之速度與心跳變化之相關研究，以不同等級速度受測者之心跳於 1500 公尺跑步時心跳變化的情形，具體的研究目的分述如下：

- 壹、不同組別之 1500 公尺跑步，以 500、1000 和 1500 公尺區間成績進行分段比較。
- 貳、不同組別跑步之運動成績與心跳變化之差異。
- 參、探討 1500 公尺跑步運動成績與心跳率、心跳恢復之變化。

第四節 研究假設

- 壹、不同組別之 1500 公尺跑步，以 500、1000 和 1500 公尺為分段成績進行比較有顯著差異。
- 貳、不同組別跑步之運動成績與心跳變化沒有顯著差異。
- 參、1500 公尺跑步運動成績與心跳率、心跳恢復之變化沒有顯著差異。

第五節 研究範圍與限制

壹、研究範圍

一、研究對象：本研究以大專院校 24 名男性大學生為研究對象(依據成績進行分組選手 12 名，非選手 12 名)。身高為 $M=176.42\pm 5.25$ cm，體重為 $M=66.08\pm 5.36$ kg，BMI 為 $M=20.68\pm 1.52$ kg/m²。

二、研究項目：

(一)以 1500 公尺跑步過程之心跳率與運動強度之相關研究，進行比較選手與非選手 1500 公尺跑步之速度百分比及心跳恢復變化差異研究。

(二)1500 公尺跑步之各階段速度變化中，選手與非選手在 1500 公尺跑步中以分段時間分配與控制之研究。

貳、研究限制

一、受試者進行心跳率測量時，則採用心跳監控器(polar)進行測試，但受試者之生理狀況如緊張等，及無法並免。

二、本研究無法完全控制與規範受試者生活作息及飲食習慣。

三、因研究對象為體育專業學校之學生，故結論無法完全適合一般性大學學生。

第六節 研究之重要性

運動強度的判定，可以當作選擇訓練方法的指標，以促進身體健康和提高運動表現。因此若是能以簡單和有效的測驗提供有效的數據，可使運動者了解自身的體能狀況，進而輔導正確的運動，因此從心肺的相關指標如心跳率、呼吸交換率、攝氧量進行分析研究，可以正確的觀察不同運動量的變化進行推論這些測驗的正確性及有效性。

第七節 名詞解釋與操作型定義

壹、心跳率 (Heart Rate)

心跳率是指心臟每分鐘跳動的次數，也可以預估一個人心肺耐力水準的高低，而心肺耐力是指心臟、肺臟及循環系統在身體進行長時間運動時，能夠有效地供給足夠的氧氣和養份到參與運動的肌肉，並且能快速移除肌肉中乳酸的能力。心肺耐力的訓練，心跳率為指標之一。因此方進隆(1997)提出心肺適能是健康體適能中最重要的一環，心肺循環功能不佳，身體各項機能也會跟著下降。如果心肺耐力能提升，可以使我們在從事長時間性的運動或活動皆有較佳的體力及適應能力，而不會輕易產生疲勞或力不從心的感覺，工作上有充足的體力使得表現更加出色。

貳、最大心跳率 (Maximal Heart Rate)

較舊預估最大心跳率 = 220 - 年齡，其心跳率可以反應運動對身體的刺激，由於運動時心跳率不易測量，因此，以運動後瞬間的心跳率來推估運動時心跳率。本研究以跑者世界 ([Runner's World](#)) 網站撰文提供較為精確的新公式：MHR =

「 $208 - 0.7 \times \text{年齡}$ 」針對不同年齡層預估最大心跳率方式。

參、安靜心跳率 (Resting Heart Rate)

運動心跳率的測量，常常因受到運動時的身體動作影響，須以心跳率相關測量儀器來測量。在沒有相關儀器的協助下，開始進行運動心跳率測量時，常以運動剛結束時的心跳率來代表。在 1500 公尺跑步運動強度條件下的運動心跳率愈低，表示其心肺功能愈佳。當人體在低強度進行運動時，心跳率可能會因為身體漸趨穩定狀態 (state steady) 而呈現穩定。運動的強度逐漸增加時，運動心跳率與運動強度會成正比的上升，但是，當運動強度接近身體的最大運動負荷時，運動心跳率反而會有緩和上升的現象。這種心跳率不再隨運動強度增加的生理反應，代表心臟循環系統輸送血液的能力，是可限制人體繼續進行更高強度運動的主要因素之一。)，運動心跳率除了在運動剛開始的 1 至 2 分鐘會顯著上升以外，隨著運動時間的增加，運動心跳率也會慢慢的提高。

肆、心跳率控制 (Heart Rate Control)

健康狀況越好的人心跳速率越慢，在固定時間之內，心臟所跳動的次數較少，常常許多騎腳踏車、跑步等等藉由心跳率控制，訓練心肺耐力，不過大部份的人決定最高心跳率時，都是根據年齡公式 ($220 - \text{年齡}$) 而計算出來的，不過隨著運動訓練的增加或減少，最高心跳率都會因而改變。本研究利用最高心跳率來控制心跳率，請受試者配戴 Polar 心率錶，再利用 POLAR Pro Trainer 5 軟體監控心跳率及卡路里的消耗。

伍、心肺耐力 (Cardiorespiratory Endurance)

心肺耐力相關的測驗方法有、800 公尺或 1600 公尺等方法進行，這些測驗方法各有其測驗的理論依據。本研究藉由大專生 1500 公尺跑步之運動成績對心跳變化的觀察比較心肺耐力，並以運動後過耗氧量 (EPOC) 呼吸次數及所測得心跳的輸出量與攝氧量。恢復心跳率指運動過後期間，並沒有馬上回復到安靜狀態，仍持續做較高的心跳及攝氧量。

心肺耐力能提昇心肺循環功能更具效率，體能的重要依據也是觀察健康體能的重點，良好的心肺耐力除了可促進身體健康外，更可降低產生慢性疾病、血管疾病機率方法之一 (陳坤禎，1997)，所以心肺耐力的良窳不僅是觀察健康體能的焦點，也是實施健康的指標。

陸、心肺適能 (Cardiopulmonary Fitness)

心肺適能意指心血管和呼吸系統可以應付人體內在及外在各種耗能之生理活動的能力，通常可用心跳率來評估。本研究以 1500 公尺跑步來觀察心跳率之變化，並計算最大心跳率變異及運動成績變化。

柒、運動過後攝氧量 (Excess Post-exercise Oxygen Consumption, 簡稱 EPOC)

運動過攝氧量是指運動結束後攝氧量恢復至休息安靜水平時之總淨攝氧量，本研究指 1500 公尺跑步後，以坐姿休息來測量受試者 1~5 分鐘運動後的恢復期。

第二章 文獻探討

本章共分四節進行相關文獻探討，第一節為心跳率控制對心肺耐力相關文獻探討；第二節為中長跑與心跳率相關文獻探討；第三節為運動強度、心跳率相關文獻探討；第四節為 1500 公尺跑步配速相關文獻探討；第五節：為運動持續時間與強度、EPOC 相關文獻探討；第六節本章文獻總結。

第一節 心跳率控制對心肺耐力相關文獻探討

包括心臟、肺臟、血管及血液等器官組織系統的機能，當運動強度愈強、時間愈久時，氧氣需求就愈大，於是呼吸心搏會加速以供應更多的氧氣，如果心肺耐力不佳，無法供應心肺系統的負荷，我們就會上氣不接下氣，無法繼續活動。心肺耐力強，藉由心跳率之控制，骨骼肌內微血管密度增加，冠狀動脈硬化危險因子降低、心律不整、充血性心臟衰竭、高血壓、腦血管病變、週邊血管粥狀硬化等獲得改善。心跳率與心肺耐力是各種生理功能綜合性的表現，亦是健康功能要素中最重要的一環。良好的心肺耐力，可以增加心臟肌肉的強壯以及血液含氧量增加，提高心臟運作之功能；在肺臟方面，提身心肺功能，其身體之最大攝氧量(VO_{2max})也會跟著提升。根據 Mazzeo 等(1998)的結果，成年人自 25 歲開始，在隨後的每 10 年，心臟泵血及身體攝取氧氣的能力便會下降 5 至 15%；不過，持之以恆地從事耐力訓練則肯定會對此帶來幫助。因此，增強心肺耐力在一個體適能鍛煉計劃中就顯得尤為重要。而鑑於國內運動人口年齡層分佈有趨向於高齡化的情形及國人缺乏規律運動習慣比例有偏高的事實(方進隆，民 82；王瑞霞，民 83)，將不難理解國人

的健康問題，會是以心肺耐力的衰退最為嚴重，因此有必要正視改善心肺適能的問題。

適時的運動、充足的休息和睡眠是增強心肺功能的必要條件，心肺功能好的人，心肌較強、體力較好較能應付長時間的身體的活動，同時血液成分較佳較不易罹患心血管疾病，身體有較強抵抗力、預防感冒且較不易受到細菌病毒感染，甚至對於身體細胞的能量代謝均有所助益。

第二節 中長跑與心跳率相關文獻探討

運動的時候，身體所消耗的能量來自於：醣、脂肪、蛋白質，醣在氧供應充足或不足時都可以分解來提供能量，而脂肪和蛋白質只有在氧供應充足的運動條件下才能分解供能，這也就是我們所認知的有氧運動與無氧運動。也就是說無氧運動，肝醣消耗得多；而有氧運動脂肪消耗得多。一般想要減重需評量運動頻率、時間、強度等因素對體適能的效益，在運動強度的生理指標方面，包括心跳率、換氣量、攝氧量、血乳酸甚至消耗熱量等。

心肺耐力是體能的重要依據也是觀察健康體能的重點，相關的測驗方法除了登階測驗還有 12 分鐘跑走、800 公尺跑走或 1600 公尺跑走測驗等方法進行，這些測驗方法各有其測驗的理論依據，1958 年美國體育健康休閒協會 (AAHPER) 提出的美國青年體能測驗 (AAHPER Youth Fitness Test) 用來評量美國青少年的身體運動能力以來，體能檢測制度即不斷的被調整與修正。

美國運動醫學會 (ACSM) 則建議以 1 英哩的跑走成績與運動後心跳率，來評量受測者的心肺耐力 (Rockport One-Mile

Walking Test)。圖 2-1 即是 ACSM 對於 20 至 29 歲男女，1 英哩跑走測驗與運動後心跳率的常模資料圖。基於相同的運動時間與運動後心跳率的觀點來看，以 800 公尺或 1600 公尺測驗對不同受測者以相同的跑步時間完成時，運動心跳率越低者，代表心肺功能越佳。相同的，當不同受測者跑完 800 公尺或 1600 公尺測驗後的心跳率相同時，跑步時間越短者，代表心肺功能越好。無論如何，以下圖來看，不管你以多少的時間來完成 1600 公尺(1 英哩)，你的心肺功能優劣的評量，仍然需要視運動後的心跳率高低來決定。

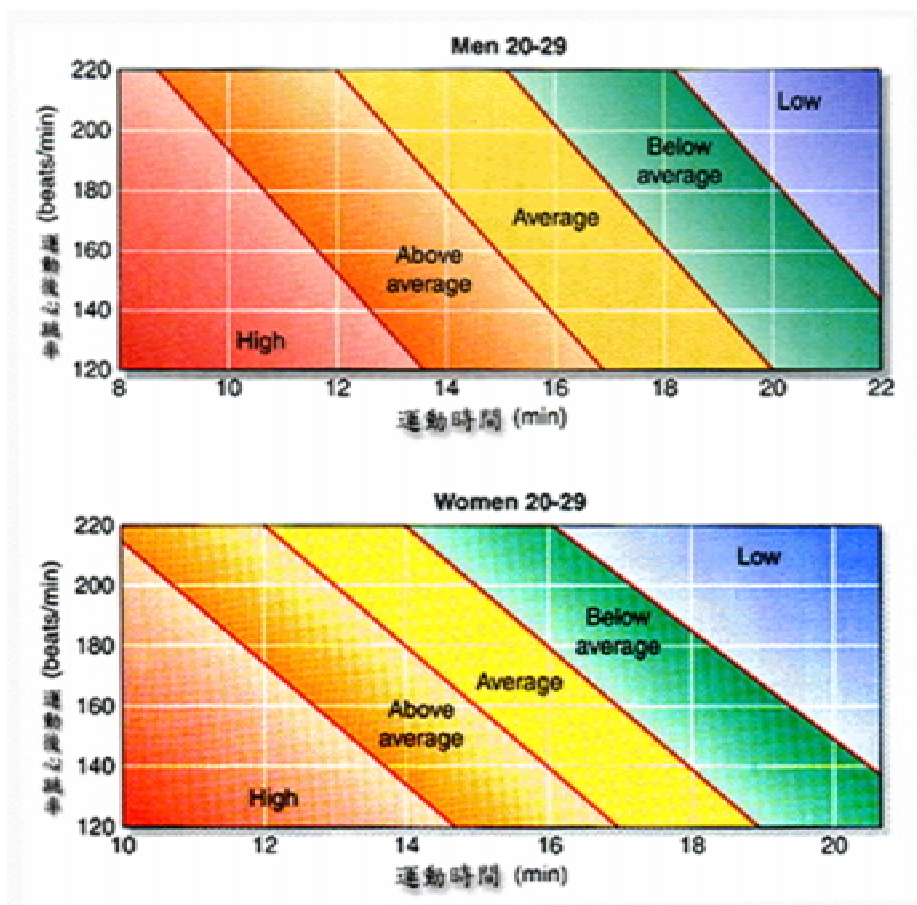


圖 2 - 1 ACSM 心肺功能(1 英哩跑走)測驗的 20 至 29 歲常模圖

註：美國運動醫學會(ACSM)之常模資料圖

因此，透過 800 公尺跑走或 1600 公尺跑走後運動心跳率的校正，將可以有效降低跑步測驗的困難度。

第三節 運動強度、心跳率相關文獻探討

楊群正(2005)研究發現，在運動過程中以 58% VO₂max 強度跑步 1 小時，跑者 VO₂ 並不會因為運動時間的增加而改變，卻從每分鐘 148 次心跳率增加到 162 次。研判只要運動強度高於 30% VO₂max，固定強度下的運動過程中，心跳率就不會達到穩定狀態(王順正，2000)。Tanaka, Monahan, and Seals (2001)以統整分析(Meta-analytic)研究法進行研究，共蒐集 351 個研究，當中有 18,712 個受試者的研究結果及相關之 492 個群體，結果推估發現最大心跳率的公式為「 $208-0.7x$ 年齡」(相關為 -0.90)；以 514 位健康男性的實驗室最大心跳率驗證的結果發現，推估最大心跳率的公式為男性「 $209-0.7x$ 年齡」($r=-0.79$)，女性「 $207-0.7x$ 年齡」($r=-0.73$) (如圖 2-2)。

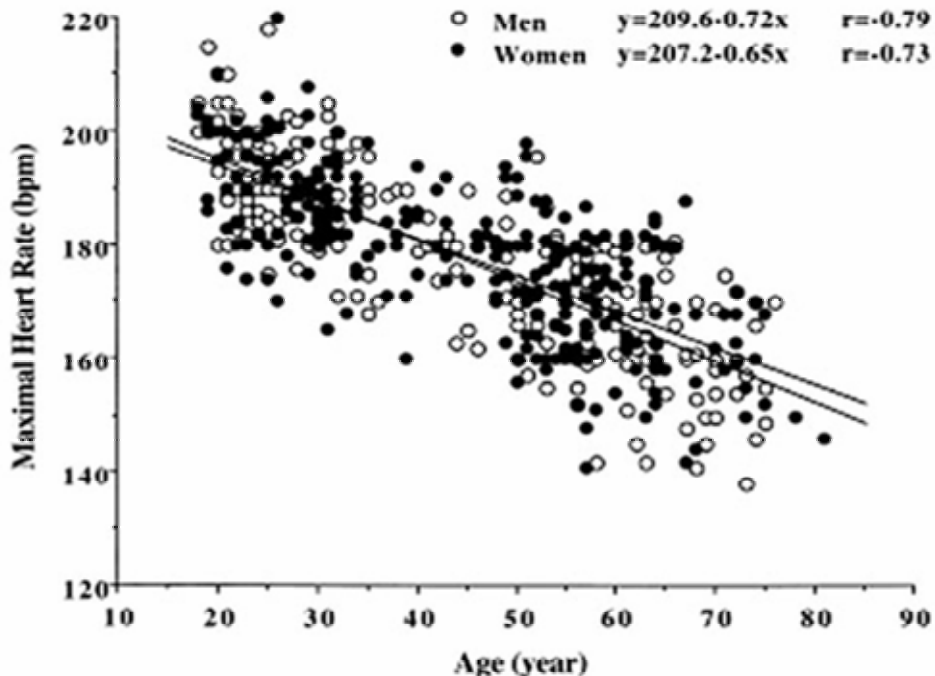


圖 2 - 2 最大心跳率的實驗室驗證結果圖。

註：Tanaka, Monahan, and Seals (2001)

比較「 $220-\text{年齡}$ 」與「 $208-0.7x$ 年齡」的公式以 20 與 60 歲不同年齡為對象，計算 80% 最大運動心跳率其結果如下：舊法 = $(220-20) \times 0.8 = 200 \times 0.8 = 160$ ，新法 = $【208-(0.7 \times 20)】 \times 0.8 = 194 \times 0.8 = 155$ ，差距有 +5 bpm。以 60 歲老年人之 80% HRmax 為例，舊法 = $(220-60) \times 0.8 = 160 \times 0.8 = 128$ ，新法 = $【208-(0.7 \times 60)】 \times 0.8 = 167 \times 0.8 = 133$ ，差距反而有 -5 bpm 之多。以這種方式有低估老年人 HRmax 的傾向。

一般影響年齡、性別、體能水準、安靜心跳率、心血管疾病、海拔高度、體重、運動型態、最大努力程度等等都是

影響最大心跳率的因素。 Dagny (2006) 以 (Runner's World) 網站撰文提供較為精確的新公式： (A) $MHR = 208 - 0.7 \times \text{年齡}$ ，(B) $MHR = 205 - 0.5 \times \text{年齡}$ 並加以比較其差異；浩浩 (2006) 也將 A、B 組與 220-年齡三種公式製成表格，發現在三十歲之前，「220-年齡」的預測值最高，公式 B 其次；而在三十歲之後到四十歲間時，公式 B 的預測值最高，而「220-年齡」其次；在四十歲時，「220-年齡」與公式 A 的預測值相同，但「220-年齡」從此之後所預測值都是最低的，而公式 B 的預測值在三十歲之後的預測值都是最高(如圖 2-3)。認為「220-年齡」在三十歲以前高估 MHR，而在四十歲之後又低估 MHR。跑者世界的編輯人員對 A、B 這兩組公式進行測試，結果達成以下結論：兩組公式對年紀在四十歲以下的跑者都可適用，但對四十歲以上跑者而言，公式 B 就較精確。因此，跑者世界以公式 B 為評量跑者最大心跳率的標準公式 (We now believe that (B) is the single best formula for predicting maximum heart rate, and we're adopting it as our Runner's World standard.)。

Finding Your MHR

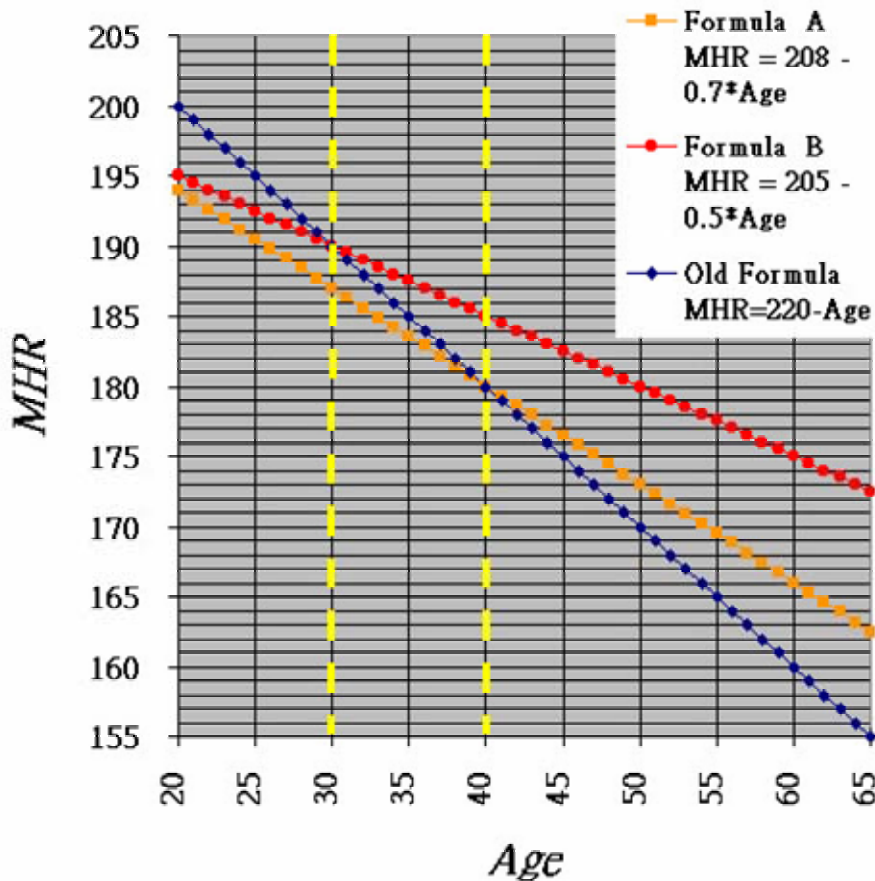


圖 2 - 3 三種最大心跳率評量結果的比較圖
註:(資料來源:<http://www.taipeimarathon.org.tw/知識園地/專文報導/FindingYourMHR.htm>)

綜合以上研究顯示，使用「220-年齡」的最大心跳率預估方式，似乎有低估運動強度的現象存在(針對40歲以上的運動參與者而言)，因此，在利用其從事相關研究時應該加以考量，若能利用「220-年齡」、「208-0.7x 年齡」、「205-0.5x 年齡」針對不同年齡層加以驗證，或許是一個有趣的研究課題。

第四節 1500 公尺跑步配速相關文獻探討

配速之分配是 1500 公尺跑步比賽當中失敗與成功的決定關鍵，配速之訓練，常是 1500 公尺跑步跑訓練中重要的課題之一，藉由比賽及平常測驗訓練中，找出選手配速上有所補強及突破，使比賽中能充分運用及獲得較佳的成績與名次。

1932 年芬蘭的 Nurmi 是第一位使用配速觀念的選手，為了對抗勁敵在最後衝刺跑的優勢及刷新當時的世界紀錄，卻因 Nurmi 第 3 圈採用維持快速的配速，導致第 4 圈無法衝刺而慘遭滑鐵盧；卻也創下了選手自我配速觀念的先例。張永政(1984)以狹義說明配速之來講，應可當作速度的分配來解釋，在競賽的用語中可解釋已預測的時間距離跑完比賽前之預測時間。許安東(1990)以廣義說明配速是指所決定的距離以分段時間控制。王世和等學者(1994)1987、1990、1993 年之世界田徑錦標賽及 24、25 屆奧運會中 1500 公尺跑步之配速進行研究，發現最後一圈明顯快於前段。

1500 公尺跑步發現與理想配速變化均不同，配速如照生理機制規律進行，加上在以後訓練中進行調整，並能得到自己最理想的配速狀態。

第五節 運動持續時間與強度、EPOC 相關文獻探討

EPOC就是指運動之後的恢復期仍持續作較高攝氧量，不會馬上恢復到安靜時期，身體還是持續做較高的能量消耗。從運動期恢復至安靜期的攝氧量時間的長短，就要視運動的強度或運動持續時間而異。

運動後過攝氧量包括了快速期和慢速期兩個部分，很多因素影響EPOC快速期的階段，像是償還血液和肌肉的養債、身體溫度的提升、乳酸的移除、磷酸基酸的再合成。EPOC是結合多種人體生理機制下所代謝的產物。

慢速期牽涉到與三酸甘油酯的比例循環(TG/FA cycle)的影響，運動期間的壓里影響之下，運動停止後的一段期間，碳水化合物轉變為脂肪幫身體提供所需之能量，使的身體內的腦下垂體前葉會分泌身長激素、促腎上腺皮質激素(ACTH)，兒茶酚胺等等激素，而其中激素中又引發生糖素的分泌，仰制胰島素之分泌，因此可刺激脂肪細胞釋放脂肪酸和肝醣的分解，形成糖質新生作用，提供能量給肌肉使用。

在早期的研究表明EPOC可能會經過幾個小時之後出現，事後有學者得到結論認為EPOC出現的時間非常短暫，這互相矛盾的結果顯示是運動中持續時間和強度的差異所導致EPOC時間的不同。早期提出氧債的假說Hill et al(1923)，認為運動後會有較高攝氧量的原因是要償還初期運動的缺氧，將氧債解釋是乳酸性的氧債，反應較慢目的是處理血液中的乳酸以及ATP的再生成(Margaria et al, 1933)。Herxheimer et al (1926)發現一般人在運動過後經過36~48小時攝氧量未恢復到原本安靜期的水準， DeVries and Gray et al (1963)也經由實驗中發現，經過一個小時有氧運動後恢復期六個小

時，RMR提升了10%。早期的研究中，學者們並未詳細交代他們實驗的時間及運動強度，而且也沒說明其一些控制上的變因會影響RMR，例如：運動的種類、食物的攝取、溫度、受試者之生理因素...等等因素。直至1984年Gasser and Brook等提出經由長時間且激烈的運動過後，恢復至安靜期的攝氧量將會延長至好幾個小時；相對的短時間運動後，攝氧量可在幾分鐘之後恢復至安靜時的狀態，因這樣的觀念才促使EPOC的產生。運動期間攝氧量的提升也伴隨著能量消耗隨之增加，而運動過後期間，心跳率和攝氧量並沒有馬上回復到安靜狀態，仍持續做較高的攝氧量及能量消耗，這就是所謂「運動後過攝氧量」英文則是EPOC(Excess Post-Exercise Oxygen Consumption)。

早期發現運動過後仍持續做高攝氧量的概念是在西元1910年Benedict和Carpenter兩位學者發表研究的，他們發現兩種不同實驗組別在運動過後休息至7~13個小時，受試者休息代謝率(RMR)提升了11.1%。EPOC代表了RMR的上升情況，起初認為運動中能量會隨著消耗，攝氧也跟著增大。Herxheimer et al(1926)研究中，五名未接受訓練的受試者在運動過後之36~48小時並不會馬上恢復到安靜狀態。(Edwards et al., 1935) 研究足球比賽中經過兩個小時賽程後，觀察15小時恢復狀態，身體的休息代謝提升了25%。Passmore & Johnson(1960)也發現三名受試者以每小時6.4公里速度走16公里的路，運動恢復後的7小時RMR提升了15%，且(deVries & Gray 1963)在有氧運動也發現了運動後有高攝氧量的情況，以1小時的混合有氧運動後觀察受試者6小時的恢復狀態，RMR提升了10%。以上這些學者的研究雖沒有明確的界定運

動時間和運動的持續時間為何?卻讓早期學者們對於EPOC初步的了解。

後來，因有更多的器材設備及控制個人因素的之相關研究陸續完成，使得近期幾年對於EPOC有更深入的探討。

第六節 文獻總結

綜合以上文獻得知心跳率、運動強度等，將會影響到1500公尺跑步成績，其中配速常扮演相當重要的角色，1500公尺跑步跑運動訓練包含心肺耐力訓練、中長跑專項訓練及配速訓練。長期運動訓練能提升HRV、運動強度，提升運動員之運動後恢復，在規劃運動訓練時須考量其強度、類型及持續時間，才能助於日後成績之提升。

第三章 研究方法與步驟

本章旨在說明研究過程中所採用的研究方法與步驟。研究以 polar 心跳錶記錄於 1500 公尺跑步全程運動時各位置心跳變化情形。全章共分為六節，依序為第一節研究架構；第二節研究流程；第三節實驗對象及實驗動作；第四節實驗時間與地點；第五節實驗儀器；第六節實驗流程與步驟；第七節資料處理與分析，茲分述如下：

第一節 研究架構

本研究之研究架構如圖 3-1 所示：

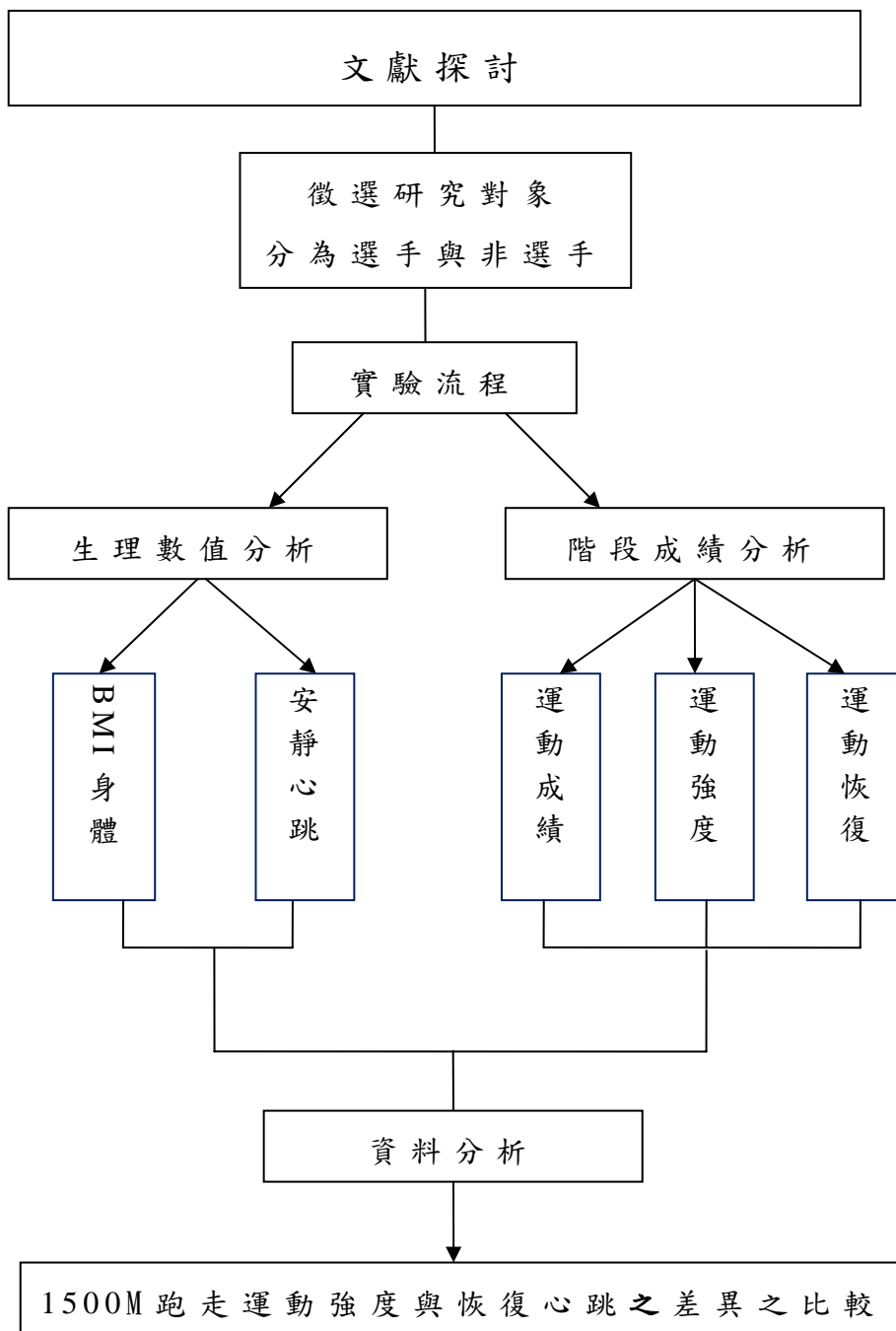


圖 3 - 1 研究架構圖

第二節 研究步驟

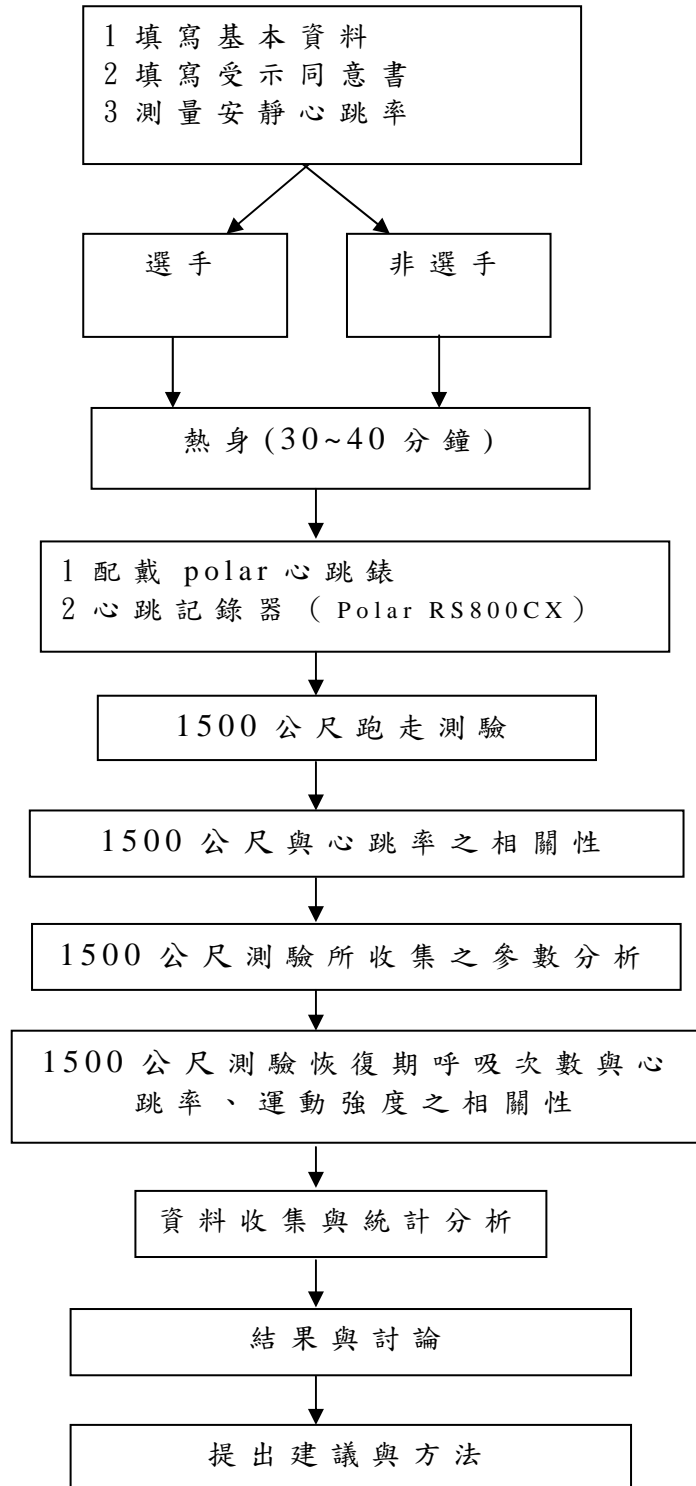


圖 3 - 2 研究步驟流程圖

第三節 實驗對象

本研究以國立台灣體育學院自願參與的健康男性學生 24 名為受試對象，其中 12 名為持續受訓練之現役中長跑選手，以及 12 名有運動習慣之大專體育院校學生，依據跑步成績分成兩組；第一組為選手組，第二組為非選手組。於實驗開始前向受試者解說本實驗的目的、過程及注意事項。

第四節 實驗時間與地點

- 壹、實驗前研究期間：中華民國 99 年 8 月至 99 年 10 月
- 貳、正式實驗時間：中華民國 100 年 1 月至 100 年 3 月
- 參、實驗地點：國立台灣體育學院田徑場 400MPU 跑到進行測驗。

第五節 實驗儀器與設備

本研究所使用到的實驗儀器與設備分述如下：

- 壹、Polar 心跳錶 (Polar RS800CX) 與 WearLink 胸帶，用於記錄運動過程中選手的心跳變化情形。(如圖 3-3)。
- 貳、POLAR Pro Trainer 5 軟體，用於下載心跳表之資料與處理心跳變化的數據處理與資料的校正。(如圖 3-4)。
- 參、攝影機：用於記錄跑步時選手移動的位移及時間記錄。
- 肆、血壓心跳記錄器，用於紀錄受測者於 1500M 跑步前後血壓變化記錄。

第六節 實驗流程與步驟

本研究進行 1500 公尺跑步測驗於實驗測量前均事先與實驗對象進行協調並取得同意後，再進行測量。

- 壹、實驗前向受試者說明測量方法及注意事項，並填寫實驗同意書。
- 貳、實驗地點於標準之田徑場地進行測驗。
- 參、1500 公尺跑步測驗步驟
 - 一、測驗前準備

先進行安靜心跳率及血壓測驗，為求資料正確性，以兩

次測量取其心跳血壓之平均值，待安靜心跳血壓測驗完畢後隨後進行熱身。

二、測驗開始前先幫受試者戴上心跳錶（Polar），並確定各項功能可以確實記錄於心跳紀錄錶上，其心跳取樣頻率設為60HZ。

三、1500公尺跑步測驗步驟

（一）測試跑道以（國際田聯手冊）規定標準半圓式田徑場跑道全長為400M，由兩個直道和兩個彎道組成。目前國際國內田徑比賽通常使用以下規格的田徑場。

（二）終點線和起跑線需設置旗誌標示，並於每一百M進行標誌藉以判別每百M分段成績。

（三）每組以4名一同接受測試。

四、測驗步驟

（一）於400M田徑場跑3又3/4圈，為求起跑之心跳記錄方便，在起跑前先原地於起跑線靜止約30秒，使其心跳下降，依據測驗人員訊號開始跑步測驗。

（二）當受試者即出發後，計時員幫忙數圈數及記錄每100公尺跑步的時間，其心跳率全記錄在心跳表中。



圖 3 - 3 心跳監控器 (Polar) 圖

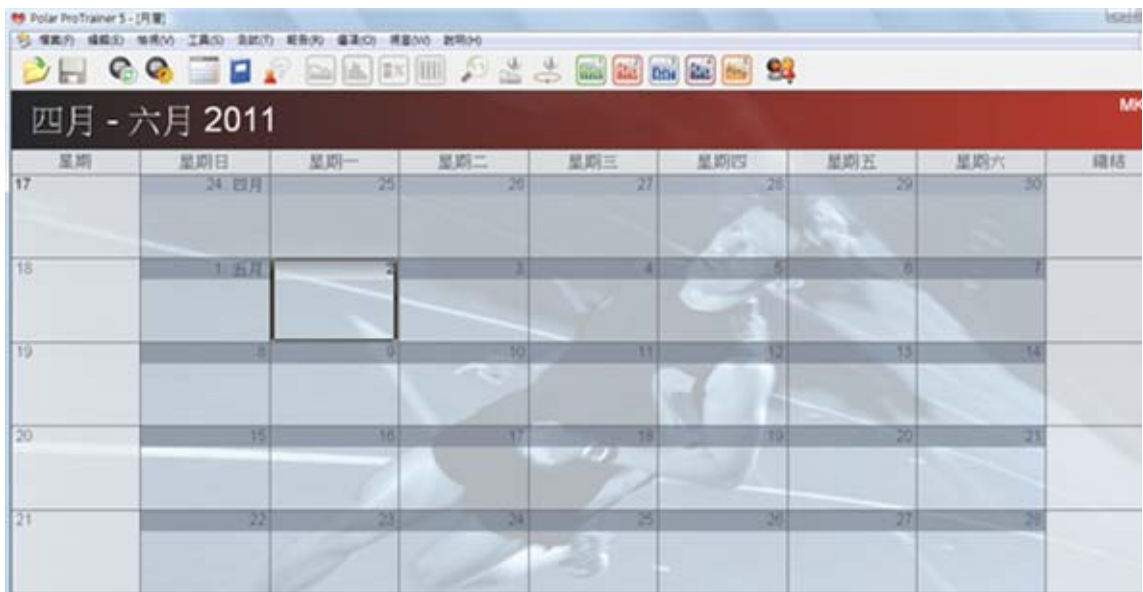


圖 3 - 4 POLAR Pro Trainer 5 軟體圖

第七節 資料處理與分析

本研究之統計方法以實驗所測得之 1500M 跑走成績、運動強度、恢復心跳率等相關參數，以 SPSS 12.0 版統計分析軟體分析，方式如下：

- 壹、以描述性統計呈現不同組別之 1500M 跑走分段測驗成績和；以二因子混和設計變異數分析比較不同組別之運動強度與各階段跑走成績百分比及恢復時間之差異。
- 貳、在變異分析不同組別之跑走成績百分比、運動強度恢復時間與恢復心跳率是否達顯著性。若達顯著性差異時，以 HSD 事後比較加以考驗之。
- 參、本研究所有統計值的顯著水準訂為 $\alpha < .05$ 。

第四章 結果

本節實驗的結果內容共分成四節，第一節為研究對象的背景變項資料分析，第二節為 1500 公尺跑步分段成績分析，第三節為 1500 公尺跑步與分段運動強度之分析，第四節為 1500 公尺跑步之恢復心跳變化分析。

第一節 研究對象的背景變項資料

本研究受試者為 1500 公尺跑步時之心跳與速度變化，以男性大學生共 24 名為對象，在接受 1500 公尺跑步受試者中分成選手組和非選手組兩組，第一組選手組為中長跑選手 12 名（身高為 $M=176.42\pm 5.25$ cm，體重為 $M=61.83\pm 6.29$ kg，BMI 為 $M=19.83\pm 1.25$ kg/m²，成績為 $M=273.80\pm 14.20$ sec），第二組為非選手組 12 名（身高為 $M=176.83\pm 5.23$ cm，體重為 $M=70.33\pm 4.44$ kg，BMI 為 $M=22.54\pm 1.79$ kg/m²，成績為 $M=359.44\pm 27.10$ sec）為受試對象，進行比較不同跑步時間之 1500 公尺跑步速度及心跳變化研究。本研究受試者基本資料表 4-1 所示。

表 4 - 1 受測者基本資料

組別	人 數	身高（公分）		體重（公斤）		BMI		成績（秒）	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1	12	176.42	5.25	61.83	6.29	18.83	1.25	273.80	14.21
2	12	176.83	5.24	70.33	4.44	22.53	1.79	359.44	27.10
總和	24	176.62	5.245	66.08	5.36	20.68	1.52	316.62	20.65

註：組別 1 為選手組；組別 2 為非選手組

第二節 1500 公尺跑步分段成績分析

本節探討 1500 公尺跑步時之各分段成績之比較分析，將跑步成績分為前中後三段成績，如表 4-2，第一組為選手組為中長跑選手 12 名運動員各分段時間（前段 0~500 公尺為 $M=91.32\pm 6.40$ 秒，中段 500-1000 公尺為 $M=94.50\pm 6.53$ 秒，後段 1000-1500 公尺為 $M=87.99\pm 5.03$ 秒），第二組為非選手組為非選手 12 名運動員各分段時間（前段 0~500 公尺為 $M=112.15\pm 10.49$ 秒，中段 500-1000 公尺為 $M=126.23\pm 12.22$ 秒，後段 1000-1500 公尺為 $M=121.06\pm 10.34$ 秒），從圖 4-1 可看出選子在 1500 公尺跑步分段成績中，成績相當平均；相對在非選手中，以前段 0-500 公尺和中段 500-1000 公尺成績相差較多，後段 1000-1500 公尺時，可能受肌耐力或心肺耐力不佳等因素之影響，造成成績不佳。圖 4-2 中選子因經長期耐力訓練，比賽經驗豐富；在速耐力、心肺耐力相對較高於非選手組。

表 4 - 2 不同組別 1500 公尺跑步分段成績佔全程成績比較表

組別	0-500 公尺		500-1000 公尺		1000-1500 公尺	
	M	SD	M	SD	M	SD
1	91.32	6.40	94.50	6.53	87.99	5.03
2	112.15	10.49	126.23	12.22	121.06	10.34
	101.74	13.62	110.37	18.83	104.53	18.67

註：組別 1 為選手組；組別 2 為非選手組。單位（秒）

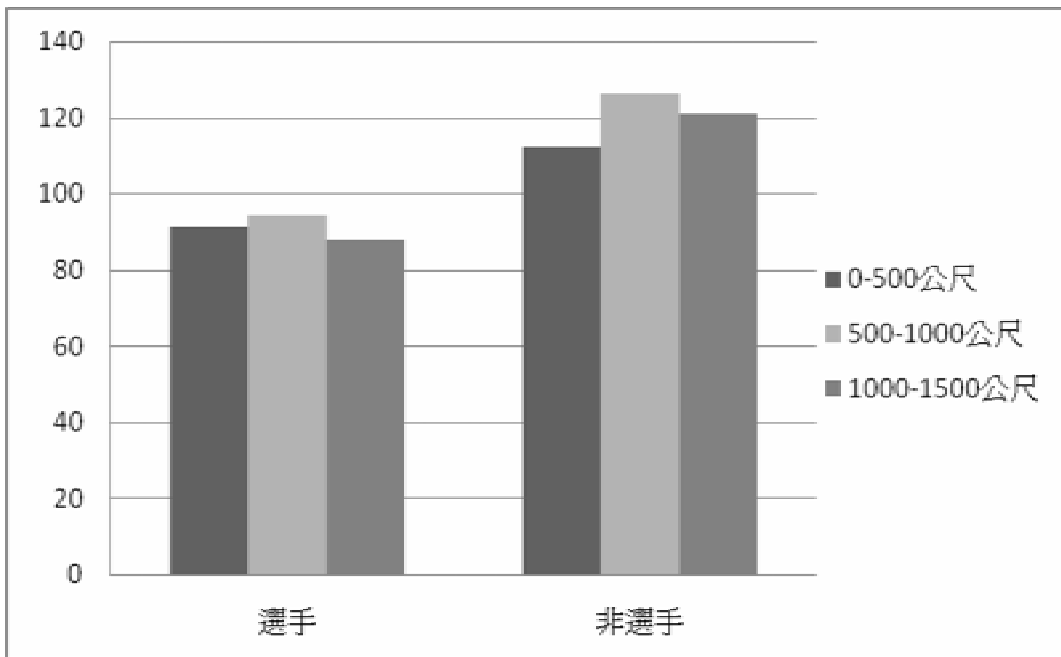


圖 4 - 1 各組別 1500 公尺跑步分段成績之比較圖

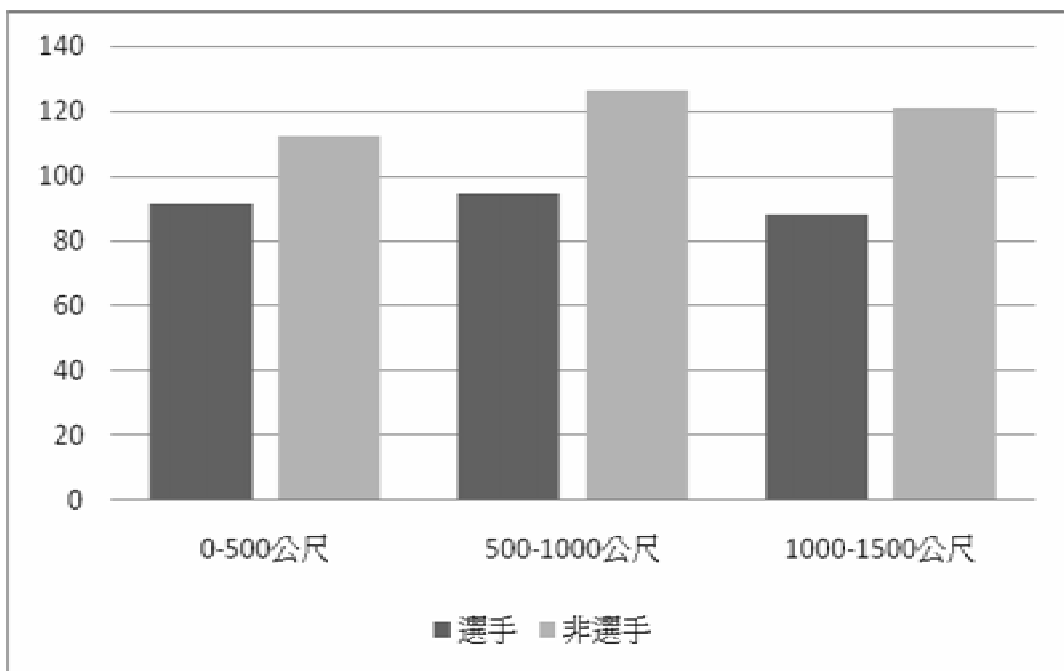


圖 4 - 2 不同組別 1500 公尺跑步分段成績之比較圖

在不同組別受測者之分段成績之百分比分析比較，其結果如表 4-3 所示，不同組別選手之各分段成績並無顯著差異，其選手組各分段時間百分比（前段 0~500 公尺為 $M=33.34\pm 1.15\%$ ，中段 500-1000 公尺為 $M=34.49\pm 1.09\%$ ，後段 1000-1500 公尺為 $M=32.17\pm 1.79\%$ ），非選手組各分段時間（前段 0~500 公尺為 $M=31.20\pm 1.57\%$ ，中段 500-1000 公尺為 $M=35.08\pm 1.37\%$ ，後段 1000-1500 公尺為 $M=33.72\pm 2.10\%$ ），選手與非選手分段成績之百分比，從圖 4-3 可看出選手在 1500 公尺跑步分段成績百分比比較中，分配與控制速度上以中段成績百分所佔之時間最多；在後段時選手因有控制分段速度使體力上有辦法做最後衝刺。在非選手以前段和中段分段成績百分比相差較多，後段時，配速不當，導致後段體力提早消耗殆盡。圖 4-4 在前段配速中，非選手在成績百分比中因為不懂的配速因此高過選手（選手 $M=33.34$ ，非選手 $M=31.20$ ），在中段時選手與非選手成績百分比變化已明顯出現差距（選手 $M=34.49$ ，非選手 $M=35.08$ ），在後段兩組為最明顯，選手有配速觀念因此有足夠體力能夠發揮實力；非選手不善於分配及估計自己的體力，而導致雖有配速之觀念，但體力也過早消耗殆盡，以至於最後成績不進理想（選手 $M=32.17$ ，非選手 $M=33.72$ ）。

表 4 - 3 不同組別 1500 公尺跑步分段成績佔全程成績百分比

比較表

組別	0-500 公尺		500-1000 公尺		1000-1500 公尺	
	M	SD	M	SD	M	SD
1	33.34	1.15	34.49	0.90	32.17	1.79
2	31.20	1.57	35.08	1.37	33.72	2.18
	32.27	1.73	34.79	1.17	32.95	2.10

註：組別 1 為選手組；組別 2 為非選手組。單位(%)

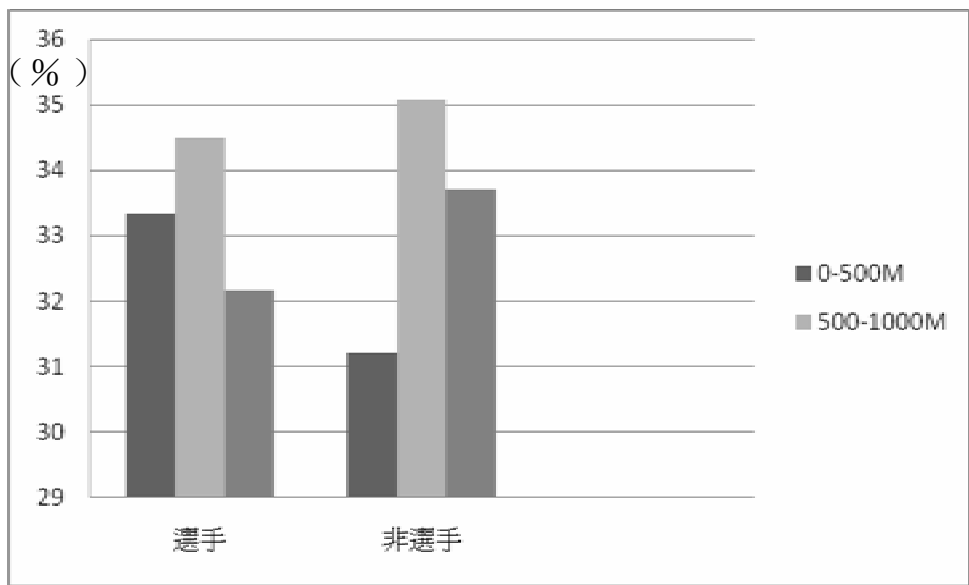


圖 4 - 3 不同組別 1500 公尺配速跑分段成績百分比之比較圖。

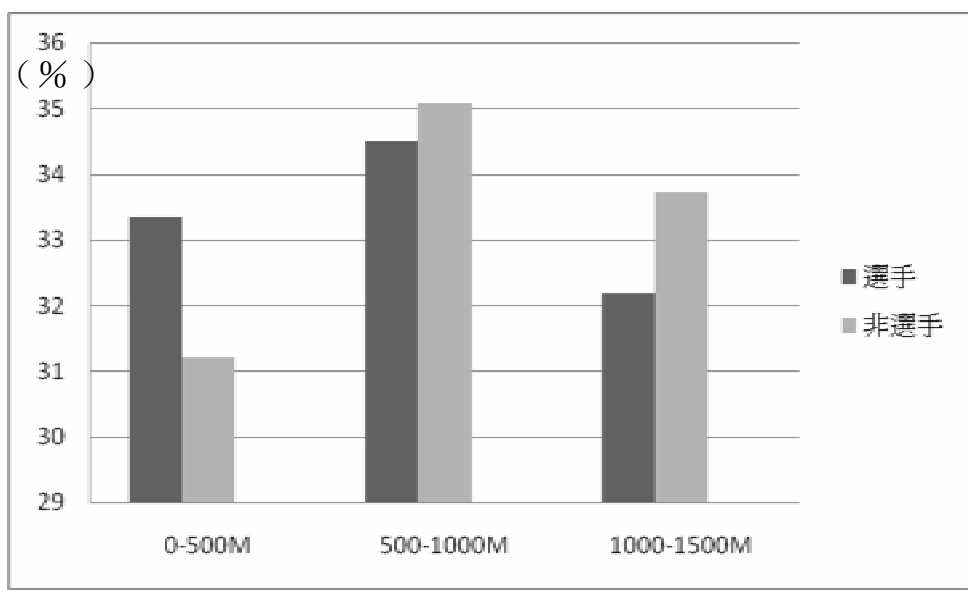


圖 4 - 4 不同組別 1500 公尺跑步分段成績百分比各佔全程成績之比較圖。

表 4-4 為兩組受試者在「不同組別之分段成績」上各測量階段之二因子混和設計變異數分析統計結果，由表中顯示選手組與非選手組之間無顯著差異 ($F = .647$, $P > .05$)，但在三個階段之分段成績上結果有顯著的差異 ($F = 11.356$, $P < .05$)，顯示選手與非選手間因分段配速不同，所達到分段成績有所不同。此外，組別與分段成績交互比較其差異，結果顯示訓練組別(選手、非選手)與分段成績兩因子之交互作用達顯著 ($F = 6.091$, $P < .05$)。

表 4 - 4 不同組別 1500 公尺跑步分段成績百分比二因子混和設計變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間					
組別	5.556	1	5.556	0.647	.430
分段成績 (%)	81.696	2	40.848	11.356*	.000
組別 × 分段成績 (%)	43.818	2	21.909	6.091*	.005
組內					
區組	1.889	22	8.586		
誤差	158.268	44	3.597		
總數	291.227	71	80.496		

* $p < .05$ 。單位：(%)

由於「組別(選手、非選手)」與「分段成績(%)」之間有交互作用存在，故進一步以「單純主要效果」加以考驗，比較選手與非選手組在各階段中成績對於配速是否有影響。

表 4 - 5 不同組別 1500 公尺跑步分段成績(%)單純主要效果變異分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
階段					
(前)0~500 公尺	27.371	1	27.371	11.278*	.001
(中)500~1000 公尺	2.095	1	2.095	0.863	.224
(後)1000~1500 公尺	14.353	1	14.353	5.914	.070
誤差	160.157	66	2.427		
分段成績(%)					
選手	32.271	2	16.136	4.484*	.008
非選手	93.243	2	46.621	12.944*	.001
誤差	158.268	44	3.599		

* $p < .05$ 單位:(%)

由表 4-5 單純主要效果發現選手與非選手在中段($F = 0.863$, $P > .05$)與後段($F = 5.914$, $P > .05$)雖無顯著差異，但在前段($F = 11.278$, $P < .05$)之成績表現有顯著之差異。選手($F = 4.484$, $P < .05$)與非選手($F = 12.994$, $P < .05$)在分段成績選手方面皆達顯著差異，故此三階段需以進一步比較考驗，如表 4-6 所示，以找出成績百分比之階段平均數之間有顯著差異存在。

表 4-6 在分段成績裡，選手與非選手組中的單純主要效果之考驗均達顯著水準，所以要進行各組之事後比較，以選手與非選手中哪個階段平均數之間有顯著差異。

表 4 - 6 不同組別 1500 公尺跑步分段成績 (%)HSD 事後比較
摘要表

選手組	後段 (32.17)	前段 (33.34)	中段 (34.49)
後段 (32.17)	—	1.161	2.319*
前段 (33.34)		—	1.158*
中段 (34.49)			—
非選手組	前段 (31.20)	後段 (33.72)	中段 (35.08)
前段 (31.20)	—	2.522*	3.885*
後段 (33.72)		—	1.363
中段 (35.08)			—

註：* $p < .05$

註：前段(0-500 公尺) 中段(500-1000 公尺) 後段(1000-1500 公尺)

在各組中，每段成績以成績秒數較少的階段排至較多的階段

如表 4-6 所示，其中選手組在中段成績 (%) 與前段、後段成績 (%) 均達顯著水準，但前段成績百分比與後段成績 (%) 之間未達顯著準。而非選手組在前段成績 (%) 與中段、後段成績 (%) 均達顯著水準，但中段成績百分比與後段成績 (%) 之間未達顯著準。

在分段成績中選手與非選手組之間的比較：以表 4-3 組別

在各階段之單純主要效果的比較為前段(0-500 公尺)選手組(33.34%)與非選手組(31.20%)之平均數為(32.267)，中段(500-1000 公尺)選手組(34.49%)與非選手組(35.08%)之平均數為(34.768)，後段(1000-1500 公尺)選手組(32.17%)與非選手組(33.72%)之平均數為(32.946)比較。選手與非選手在分段成績百分比各間段數值有交互作用存在，在前段成績平均速度百分比中，非選手組優於選手組；但在中段開始，成績平均速度百分比，非選手組速度明顯變慢，選手組在成績百分比中配速非常平均。

第三節 1500 公尺跑步與分段運動強度之分析

探討 1500 公尺跑步時之各分段運動強度之比較分析，運動強度是跟心跳有關係，一般而言心跳越高，運動強度就會越強，運動強度與心跳關係是成正比，因此擷取受試者全程心率錶的監測紀錄數據，依運動強度區分成高、中、低三種層次，並將 1500 公尺跑步，依距離每 500 公尺區分成『前』、『中』、『後』三段，再根據前、中、後三段所紀錄之心跳率，統計出表 4-7、4-8。將跑步成績分為前中後三段成績，在選手與非選手分段運動強度分析比較，如表 4-9，選手組各分段運動強度(前段 0~500 公尺為 $M=76.95\pm 7.02\%$ ，中段 500-1000 公尺為 $M=86.81\pm 6.64\%$ ，後段 1000-1500 公尺為 $M=89.98\pm 5.99\%$)，非選手組各分段運動強度(前段 0~500 公尺為 $M=77.75\pm 9.73\%$ ，中段 500-1000 公尺為 $M=88.75\pm 6.62\%$ ，後段 1000-1500 公尺為 $M=92.52\pm 5.99\%$)。選手與非選手在運動強度變化中，從圖 4-5 發現選手與非選手間運動強度呈現上升的狀態，不管是否受過訓練，在長時間的運動下，運動強度會隨運動時間逐漸增加。圖 4-6 在前、中、後各段運動強度選手與非選手的皆無差異，若在加上前一節討論的成績一起比較，即相同運動強度下，非選手較選手成績較差，表示可能經過訓練的選手其肌耐力等等皆比非選手優，因此雖然運動強度沒有顯著差異但成績有差異的狀況出現。

表 4 - 7 選手組所佔時間比例(%)

運動強度		前段	中段	後段
高強度	90% 以上	19.17%	41.17%	68.33%
	80~90%	28.58%	49.41%	26.08%
中強度	70~80%	31.50%	9.42%	2.67%
	60~70%	11.08%	0.00%	0.00%
低強度	50~60%	4.67%	0.00%	0.00%
	40~50%	3.33%	0.00%	0.00%
	30~40%	1.67%	0.00%	0.00%

表 4 - 8 非選手組所佔時間比例(%)

運動強度		前段	中段	後段
高強度	90% 以上	6.33%	26.08%	68.33%
	80~90%	37.67%	58.25%	26.08%
中強度	70~80%	33%	13.08%	2.67%
	60~70%	14.17%	0.08%	122~143
低強度	50~60%	4.50%	0.00%	0.00%
	40~50%	3.08%	0.00%	0.00%
	30~40%	1.17%	0.00%	0.00%

表 4-9 不同組別 1500 公尺跑步分段之運動強度佔全程百分比比較表

組別	0-500 公尺		500-1000 公尺		1000-1500 公尺	
	M	SD	M	SD	M	SD
1	76.95%	7.02%	86.81%	6.64%	89.98%	5.99
2	77.75%	9.73%	88.75%	6.62%	92.52%	5.99
	77.35%	8.38%	87.78%	6.63%	91.25%	5.99

註：組別 1 為選手組； 組別 2 為非選手組。單位(%)

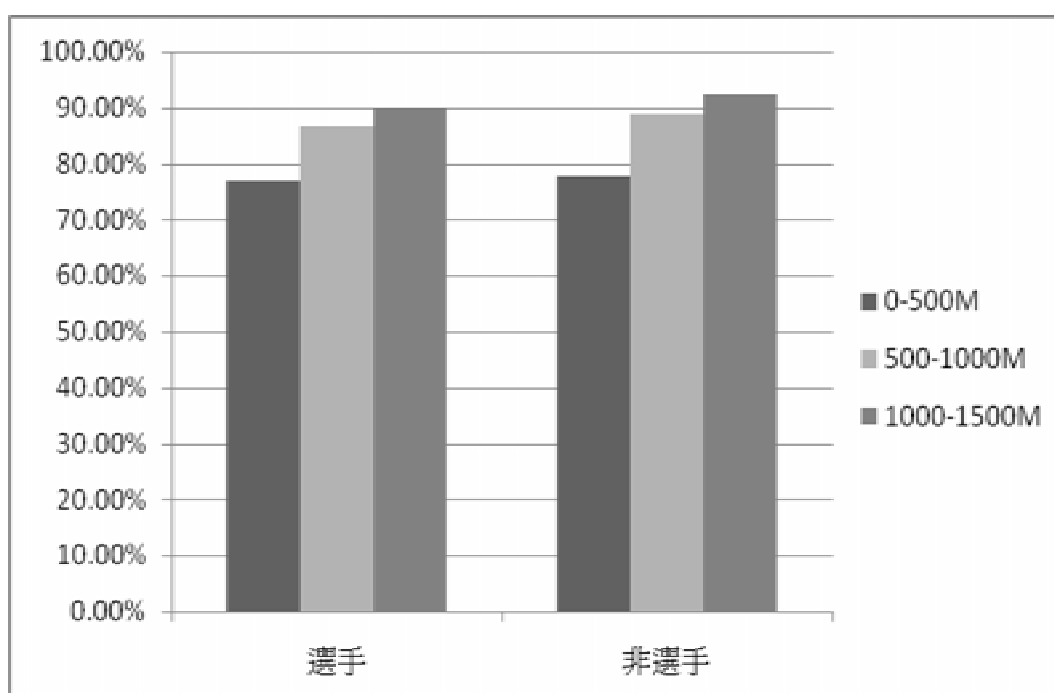


圖 4-5 不同組別 1500 公尺跑步之運動強度變化之比較圖。

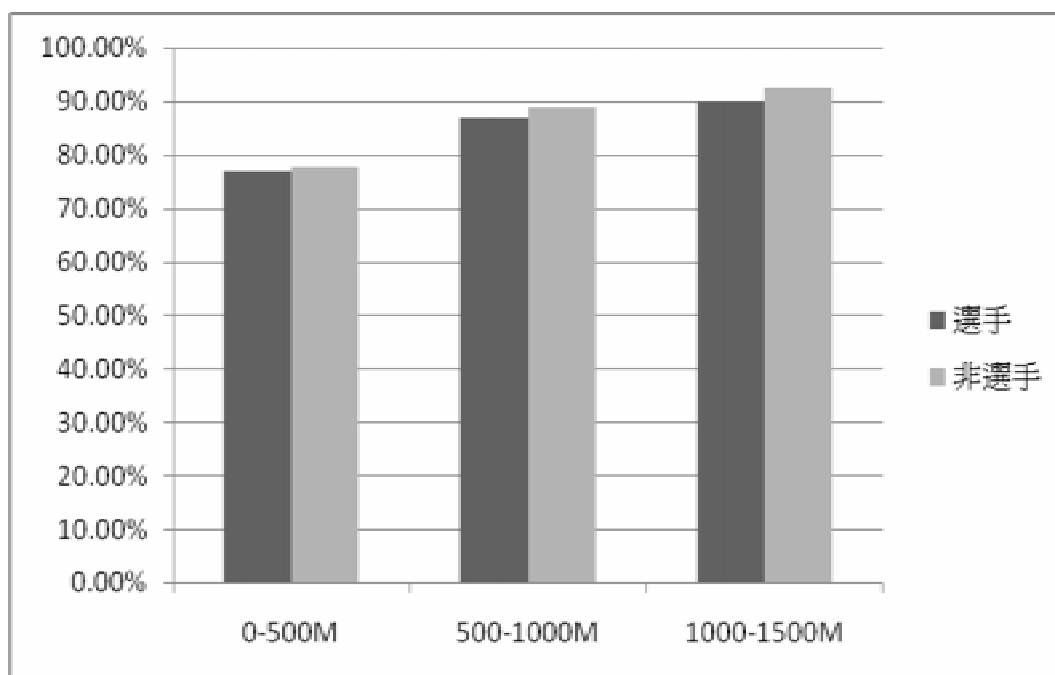


圖 4 - 6 不同組別 1500 公尺跑步各分段之運動強度各佔全程成績之比較圖。

表 4-10 為兩組受試者在「不同組別之運動強度」上各測量階段之二因子混和設計變異數分析統計結果，由表中顯示選手組與非選手組之間無顯著差異 ($F = .396$, $P > .05$)，但在三個階段之運動強度結果有顯著的差異 ($F = 233.197$, $P < .05$)，顯示選手與非選手間隨運動時間逐漸增加，所達到運動強度有所不同。將組別與分段運動強度交互比較其差異分析，結果顯示訓練組別(選手、非選手)與分段時間兩因子之交互作用未達顯著 ($F = .861$, $P > .05$)。

表 4 - 10 不同組別 1500 公尺跑步分段運動強度二因子混和設計變異數百分比分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間					
組別	55.895	1	55.895	.396	.536
運動強度(%)	2510.262	2	1255.131	233.197*	.000
組別×運動強度(%)	9.271	2	4.635	.861	.430
組內					
區組	3105.249	22	141.148		
誤差	236.820	44	5.382		
總數	5917.497	71	1462.191		

* $p < .05$ 。單位:(%)

表 4 - 11 不同組別 1500 公尺跑步分段運動強度單純主要效果

變異分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組別					
(前)0~500 公尺	3.911	1	3.911	0.077	.818
(中)500~1000 公尺	22.161	1	22.161	0.438	.481
(後)1000~1500 公尺	38.638	1	38.638	1.076	.311
誤差	3342.069	66	50.637		
分段運動強度(%)					
選手	1108.039	2	554.019	6.647*	.000
非選手	1411.494	2	705.747	8.468*	.000
誤差	5917.497	71	83.345		

*p<.05 單位:(%)

由表 4-11 單純主要效果發現選手與非選手在不同組別之分段運動強度之單純主要效果變異數比較結果發現選手與非選手在前段(F=0.077, P<.05)與中段(F=0.438, P>.05)、後段(F=1.076, P<.05)未達顯著差異。選手(F=1108.039, P<.05)與非選手(F=1411.494, P<.05)在分段成績運動強度選手方面皆達顯著差異,故此三階段需以進一步以事後比較考驗之,如表 4-10 所示,以找出運動強度之階段平均數之間有顯著差異存在。

表 4-12 在運動強度裡，選手與非選手組中的單純主要效果之考驗均達顯著水準，所以要進行各組之事後比較，以選手與非選手中哪個階段平均數之間有顯著差異。

表 4 - 12 不同組別 1500 公尺跑步分段運動強度百分比 HSD
事後比較摘要表

選手組	前段 (76.95)	中段 (86.81)	後段 (89.98)
前段 (76.95)	—	9.861*	13.028*
中段 (86.81)		—	3.168*
後段 (89.98)			—
非選手組	前段 (77.75)	中段 (88.75)	後段 (92.52)
前段 (77.75)	—	10.995*	14.759*
中段 (88.75)		—	3.764*
後段 (92.52)			—

註：* $p < .05$

前段 (0-500 公尺) 中段 (500-1000 公尺) 後段 (1000-1500 公尺)
在各組中，每段運動強度以運動強度%較少的階段排至較多的階段

在各組中，每段運動強度以強度%較低的階段排至較高的階段如表 4-12 所示，其中選手組在後段之運動強度與前段、中段運動強度均達顯著水準，而中段之運動強度與前段運動強度之間，均達顯著水準。在非選手中後段運動強度與

前段、中段運動強度均達顯著水準，而中段運動強度與前段運動強度之間，均達顯著水準。

在運動強度中選手與非選手組之間的比較：以表 4-6 組別在各階段之單純主要效果的比較為前段(0-500 公尺)選手組(76.95%)與非選手組(77.75%)之平均數為(77.354)，中段(500-1000 公尺)選手組(86.81%)與非選手組(88.75%)之平均數為(87.782)，後段(1000-1500 公尺)選手組(89.98%)與非選手組(92.52%)之平均數為(91.247)比較。選手與非選手在運動強度百分比各間段數值有交互作用存在。選手與非選手在分段成績百分比各間段數值有交互作用存在，非選手組運動強度三個階段之平均數都比選手組之平均運動強度高。

第四節 1500 公尺跑步之恢復心跳變化分析

本節探討 1500 公尺跑步時之各運動恢復之變化分析，恢復時間從運動停止後每隔一分鐘分每隔一分鐘測量一次至五分鐘止之心跳率為運動停止、一分鐘、二分鐘、三分鐘、四分鐘、五分鐘共六個時段，在選手與非選手運動恢復分析比較，如表 4-13，選手組各運動恢復期(運動停止後為 $M=184.50 \pm 9.17$ ，一分鐘時為 $M=117.42 \pm 11.68$ ，二分鐘時為 $M=125.08 \pm 10.39$ ，三分鐘時為 $M=117.33 \pm 11.52$ ，四分鐘 $M=112.42 \pm 10.33$ ，五分鐘 $M=107.92 \pm 10.77$)，非選手組各運動恢復期(運動停止後為 $M=190.54 \pm 6.63$ ，一分鐘時為 $M=152.58 \pm 9.03$ ，二分鐘時為 $M=130.92 \pm 8.22$ ，三分鐘時為 $M=117.33 \pm 9.51$ ，四分鐘 $M=118.17 \pm 9.68$ ，五分鐘 $M=113.83 \pm 9.94$)。從圖 4-7 發現選手與非選手間在運動復恢復下，不管是否受過訓練，在長時間的運動下，運動一停止，心跳率迅即下降。圖 4-8 在選手與非選手運動恢復皆無明顯差異，選手因長期持續訓練，故心肺耐力較佳，心跳數平均數明顯比非選手低。

表 4 - 13 不同組別 1500 公尺跑步分段之運動強度佔全程成績比較表

組別	運動停止		1 分鐘		2 分鐘		3 分鐘		4 分鐘		5 分鐘	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
	1	184.50	9.17	147.42	11.68	125.08	10.39	117.33	11.52	112.42	10	107.92
2	190.54	6.63	152.58	9.03	130.92	8.22	119.67	9.51	118.17	9	113.83	8.45
	187.50	8.40	150.00	10.55	128.00	9.64	118.50	10.40	115.29	10	110.88	9.94

註：組別 1 為選手組；組別 2 為非選手組。單位(秒)

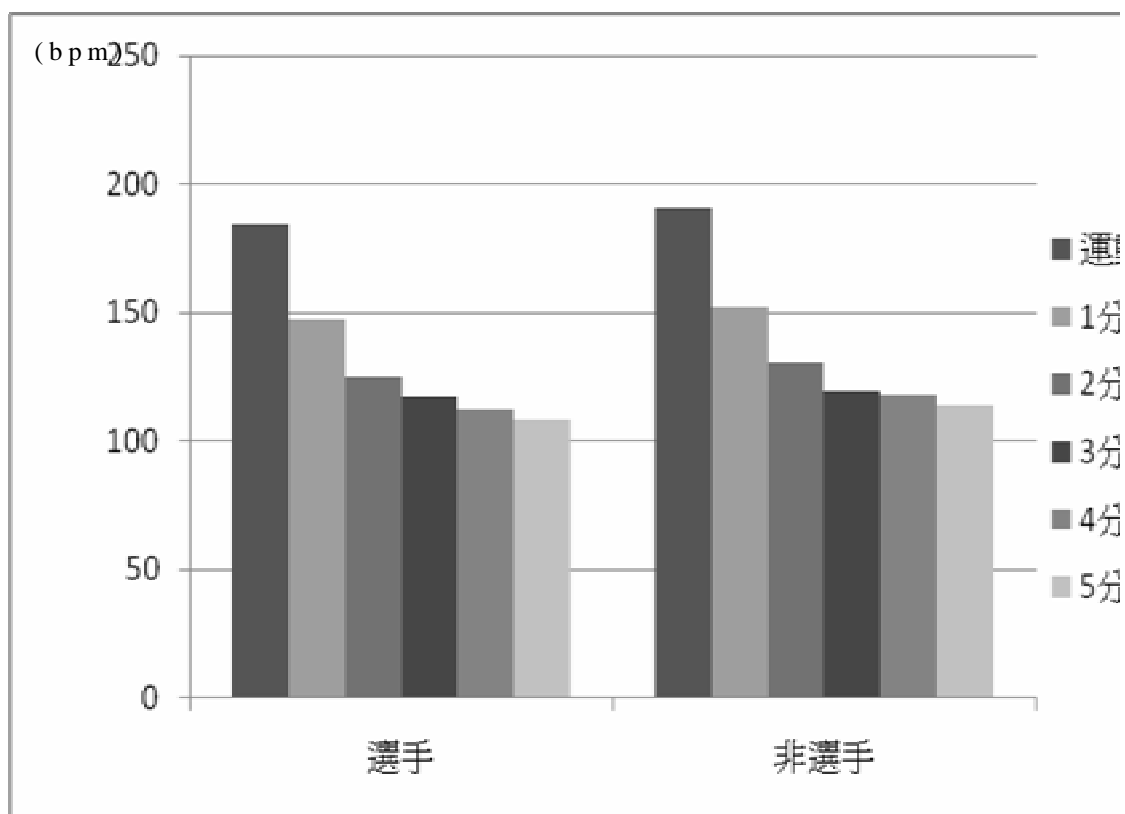


圖 4 - 7 不同組別 1500 公尺跑步各分段之運動恢復各佔全程成績之比較圖

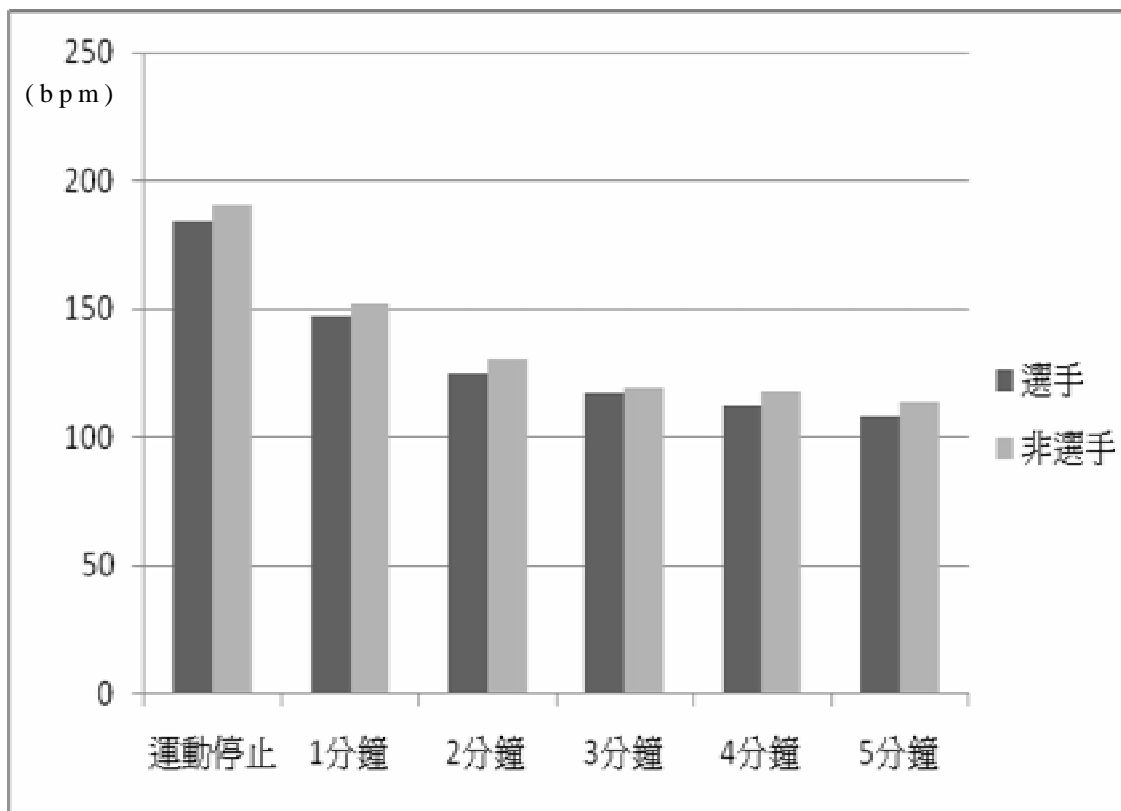


圖 4 - 8 不同組別 1500 公尺跑步之運動恢復變化之比較圖

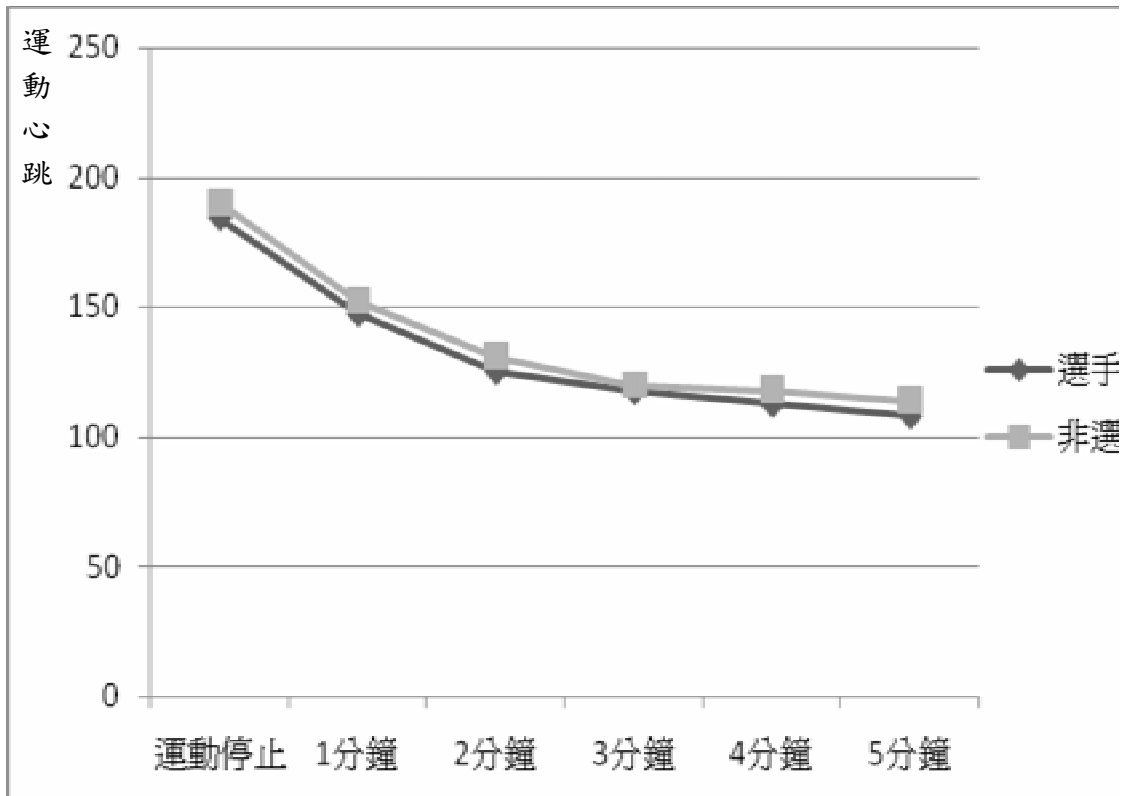


圖 4 - 9 不同組別恢復心跳之變化分析圖

由圖 4-9 選手與非選手組六個水準平均數都呈逐漸降低，顯示時間越長的水準，心跳率漸趨緩。

表 4-14 為兩組受試者在「不同組別之運動恢復」上各測量階段之二因子混和設計變異數分析統計結果，由表中顯示選手組與非選手組之間無顯著差異 ($F=2.340$, $P>.05$)，但在各組分段恢復時間的分析結果有顯著的差異 ($F=658.344$, $P<.05$)，顯示，選手與非選手間隨運動時間逐漸增加，所達到分段成績有所不同。將組別與分段運動強度交互比較其差異分析，結果顯示訓練組別(選手、非選手)與恢復時間兩因子之交互作用未達顯著 ($F=0.388$, $P>.05$)。

表 4 - 14 不同組別 1500 公尺跑步運動恢復二因子混和設計變異數百分比分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間					
組別	961	1	961.11	2.34	.140
恢復時間	102550.306	5	20510.06	658.344*	.000
組別×恢復時間	60.417	5	12.08	0.388	.856
組內					
區組	9035.222	22	410.69		
誤差	3426.994	110	31.15		
總數					

* $p<.05$ 。單位:(bpm)

表 4 - 15 運動心跳恢復混合設計單純主要效果變異分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組別					
運動停止後	216	1	216.00	2.288	.080
一分鐘	160.167	1	160.17	1.697	.238
二分鐘	204.167	1	204.167	2.163	.142
三分鐘	32.667	1	32.667	0.346	.594
四分鐘	198.375	1	198.375	2.101	.174
五分鐘	210.042	1	210.042	2.225	.149
誤差	12462.166	132	94.41		
恢復時間					
選手	50630.444	1	110126.09	325.033*	.000
非選手	51980.278	1	110396.06	333.699*	.000
誤差	3426.994	110	31.15		

* $p < .05$ 單位：(bpm)

不同組別之運動心跳恢復之單純主要效果變異數比較結果如，所示，表 4-15 發現選手與非選手在運動停止後的心跳恢復 ($F = 2.88$ ， $P < .05$) 與一分鐘的心跳恢復 ($F = 1.697$ ， $P > .05$)、二分鐘的心跳恢復 ($F = 204.167$ ， $P < .05$)、三分鐘的心跳恢復 ($F = 32.667$ ， $P < .05$)、四分鐘的心跳恢復 ($F = 198.375$ ， $P < .05$)、五分鐘的心跳恢復 ($F = 210.042$ ， $P < .05$) 無顯著差異。選手 ($F = 50630.444$ ， $P > .05$) 與非選手 ($F = 51980.278$ ， $P > .05$) 在運動心跳恢復有顯著差異。

第五章 討論

本章將分析第四章之研究結果，共分為三節：第一節將研究探討 1500 公尺跑步與分段配速成績、運動強度分析討論，第二節探討 1500 公尺跑步與運動強度及運動恢復之表現影響，第三節結論。

第一節 1500 公尺跑步與分段配速成績、運動強度分析討論

世界一流運動員，在每一圈(400 公尺)分段之速度跑中，每一圈跑的成績除了取決運動員的速度和速耐力外，與運動員在整個比賽中速度的分配有密切關係(廖冠群，2005)，因此在分段配速成績中選手組在分段成績百分比中以中段(500~1000 公尺)平均速度高於前段(0-500 公尺)及後段(1000~1500 公尺)；在後段中選手因平時之訓練加上配速之觀念，獲得較佳成績。平時有運動習慣卻沒有參加訓練的非選手組同樣以後中段平均速度高於前段及後段；但非選手組一開始，前段速度明顯大於中段速度，相反的，前段速度太快導致中段體力下滑，速度大幅度的下降，如此配速不當，是使非選手組成績較差的一大因素。選手組也因適當的訓練模式肌耐力與心肺功能較佳，且在競賽時會調配控制自己的節奏；不被其他選手所影響。卡爾·福斯特和他的同事們提出了中長跑速度以“51%~49%”配速戰略，提到在競賽時選手以全程速度的 51% 跑完前半程，以全程速度的 49% 完成後半程(李志偉，1997)。而卡爾·福斯特的 51%~49% 策略得到很多國際一流水準的中長跑選手的驗證，以中國馬家軍女子

中長跑優秀選手們印證了最佳速度分配模式與最佳成績密切相關。

選手本身就有規律的訓練，因此心肺功能較佳、體能較好，且在相同運動強度下，心跳率較非選手來的低。另外，選手與非選手在測驗前皆有熱身，但熱身對於各受試者的影響皆不相同，也是造成成績有落差的一個原因。

速度分配是中長跑運動員使用戰術最重要的內容，在賽前一定充分聽從教練安排及經驗上之考慮。速度分配上一般有5種：先快後慢型、均勻跑型、速度突變型、先慢後快型、最後衝刺型。然現代中長跑競賽中以平均高的速度進行，最後持續加速衝刺以獲得勝利的關鍵(任春香、張亞輝、鐘霖，2002)。所以從選手與非選手在運動強度與運動時間的整體來看，選手熟悉自己的體力與耐力，因此可以有規劃性的運動配速，讓自己在成績的表現上能夠達到水準，相對於非選手，在沒有訓練的狀況下，雖然有些非選手知道配速的觀念，但不了解自己體力與耐力的極限，因此花了許多力氣卻沒有得到較好的成績。因此張艷平、翟封(2003)有較好之速度基礎，還必須力求速度分配均衡，做到戰速運用自如。

第二節 1500 公尺跑步與運動強度、運動恢復之表現 影響

運動強度與運動恢復息息相關，累積相同運動時間，連續之運動與分散式運動的能量消耗差異，主要來自於運動後的恢復期。選手組與非選手組在運動後的恢復，運動一停止，原本正在上升的心跳率迅即下降，即使是最大運動強度之後，心跳率也在運動停止後二、三分鐘內下降較快，但要恢復到安靜水準，卻可能需要三、四十分鐘的時間。

影響運動恢復主要因素為運動期的運動強度與運動時間，其中以運動強度對運動恢復的影響較大。以不同運動強度與運動持續時間組合（50% VO_{2max} ×33 分、70% VO_{2max} ×22 分）操弄運動期有相同的能量消耗，進行運動後恢復期能量消耗的比較，結果發現，儘管運動期的能量消耗相同，但運動後恢復期的能量消耗卻有差異（楊忠祥、林正常，1999）。當運動強度達 70% VO_{2max} 以上時，運動時間長短明顯造成運動恢復的差異；運動強度約 50% VO_{2max} 以下時，運動時間長短則對運動恢復無顯著影響。以較低強度執行分散式運動時，因運動時間長短對運動恢復的影響甚小，似可累積多次短時間運動即可獲得與單次長時間運動相同的效果，但仍須考慮運動期的能量消耗。由於運動強度將決定分散式運動能量消耗是否較連續式運動有更佳效率，因此如何選擇適合的運動強度執行分散式運動，則是另一個重要的議題。

第三節 本章小結

綜合以上討論，我們可知要得到較佳的運動成績，除了長期的訓練，使得肌耐力與心肺耐力提升外，在競賽中，正確的配速觀念也是一項重要的課題，有了肌耐力與心肺耐力的支持下，就可以利用運動強度得到有利的配速，進而達成事半功倍的效果。換言之，肌耐力與心肺耐力為運動選手的基本功力，是支持運動配速的最大關鍵，但若是只單有肌耐力與心肺耐力，卻不懂得適當的配速，一樣無法達到較佳的成績，由此可見配速的重要性。

相同運動距離，連續式運動與分散式運動的能量消耗差異，主要來自於運動後恢復期的 EPOC。影響 EPOC 主要因素為運動期的運動強度與運動時間，其中以運動強度對 EPOC 的影響較大。

第六章 結論與建議

第一節 結論

- 壹、本研究結果顯示配速是中長跑選手比賽與訓練的重要課程之一；速度的分配及練習上之調整，可使選手在比賽中獲得佳績。
- 貳、本研究顯示選手組心肺適能比非選手來的要好，其判斷因素為選手組總運動恢復低於非選手組，回復到安靜狀態的時間平均短於非選手組，除了上述因素之外，也可由休息心跳數多寡來判斷一個人心肺適能好壞的依據。

第二節 建議

由於在心跳率與運動強度的研究發展已經逐漸趨於完善，並且相關文獻也相當的多，能夠參考以及蒐集的資料非常豐富，因此可以成為研究上最大的支持與推手。但是研究儀器上仍有所限制，例如測量心跳的心跳表，較適合測量陸上運動，雖說已經有水中心跳表的開發，但其訊號接收上，會受到接收器置於水中或陸上的差異而有所停頓與誤差，對於競速運動的研究就多了一層限制。所以若要將配速與運動強度的研究推廣至水中競速運動，則需先突破研究儀器的限制。這也是未來發展的其中一個方向。

另外，本篇文章尚未加入最大攝氧量與運動時攝氧量的測量，從攝氧量推估的能量消耗，目前並未成為此篇研究考慮的一環，若能加入攝氧量、消耗能量等等的數據，作為心跳率、配速和運動強度的對照，能使本篇研究更加完善！因此，這部分將是此研究繼續發展下去的一個方向。

參考文獻

一、中文部份

- 王世和、衛中華、張冰、王楊(1994)。探討世界大賽中1500,米跑的體力分配與戰術。《中國體育科技》，12。4-5。
- 王順正(2000)。運動心跳率的變動性。《運動生理週訊》，71(1)。2000年9月22日，取自<http://epsport.ccu.edu.tw/epsport/week/show.asp?repno=71>。
- 王瑞霞(1994)。社區老人健康體能活動參與及相關因素的探討。行政院衛生署八十三年度委託研究計畫。
- 王順正(2000)。登階測驗。《運動生理週訊》，95(1)。2001年6月08日，取自<http://epsport.ccu.edu.tw/epsport/week/show.asp?repno=95>
- 方進隆(1997) 方進隆(1997) 提昇體適能的策略與展望。《教師體適能指導》，8-21頁。
- 方進隆(1993)。《健康體能的理論與實際》。台北市：漢文書局。
- 任春香、張亞輝、鐘霖(2002)。中長跑運動員比較戰術特徵的探討。《體育與科學》，23(2)。50-52。
- 杜鎮宇(2002)。不同強度的規律運動訓練對人體安靜與運動狀態下心臟自主神經功能的影響。未出版碩士論文，國立體育學院體育研究所，桃園縣。
- 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。
- 李志偉(1997)。論中長跑運動中的最佳速度分配模式。《安徽師範大學報》，20(2)，200-104。

- 吳慧君 (1999)。運動能力的生理學評定。台北市：師大書苑。
- 吳忠芳、林正常 (2004)。非最大努力運動攝氧量與心跳率推算臨界速度之效度研究。運動生理學報，1，54-65。
- 林正蘭 (2002)。試論中長跑運動員的「速度感」及培養方法。遼寧科技，5，7頁。
- 林正常 (1997)。運動生理學。臺北市：師大書苑有限公司。
- 林正常、王順正 (2002)。健康運動的方法與保健。台北：師大書苑。
- 林佳皇 (2005)。腳踏車運動對高中甲組籃球運動員心率變異度之效應。未出版碩士論文，輔仁大學體育研究所，臺北縣。
- 林信甫 (2000)。1600公尺跑與1600公尺跑走預測最大攝氧量之研究。體育學報，28，379-388。
- 邱皓政 (2002)。量化研究與統計分析。臺北市：五南圖書出版股份有限公司。
- 浩浩 (譯) (2006)。心率監視器在訓練與比賽上的應用。2006年1月27日，網址 <http://www.taipeimarathon.org.tw/> 知識園地/專文報導/hearttrate.htm (頁74-85)。教育部印行。
- 許安東 (1990)。競賽游泳配時計劃、分析、預測和配時表擬定之研究(上)。臺大體育，17，9-14。
- 黃芊芊、王顯智 (2005)。心率變異度分析在運動之應用。大專體育，77，63-69。
- 張永政 (1984)。長距離跑的配速。師大體育，18，26-27。
- 張艷平、翟封 (2003)。現在優秀馬拉松運動員的訓練趨勢。遼寧體育科技，25(1)，1-8。

- 楊群正 (2005)。最大脂肪代謝率強度跑步運動之脂肪代謝變化研究。未出版碩士論文，國立中正大學，嘉義縣。
- 楊忠祥、林正常 (1999)。運動強度和持續時間對恢復期能量消耗的影響。體育學報，27，99-108。
- 廖冠群(2005)。男子400公尺跑各分段速度最佳化時控區間標準研究。體育科學，25(2)，55-56。
- 劉秀玲 (2005)。國小兒童田徑運動員與一般兒童心率變異度之比較。未出版之碩士論文，台北縣，輔仁大學體育研究所。
- 薛淑琦、李寧遠、陳俊忠 (1993)。不同登階測驗與最大耗氧量之相關研究。體育學報，15，263-278。
- 楊群正 (2005)。最大脂肪代謝率強度跑步運動之脂肪代謝變化研究。未出版碩士論文，國立中正大學，嘉義縣。
- 楊忠祥、林正常 (1999)。運動強度和持續時間對恢復期能量消耗的影響。體育學報，27，99-108。
- 廖冠群(2005)。男子400公尺跑各分段速度最佳化時控區間標準研究。體育科學，25(2)，55-56。
- 劉秀玲 (2005)。國小兒童田徑運動員與一般兒童心率變異度之比較。未出版之碩士論文，台北縣，輔仁大學體育研究所。
- 薛淑琦、李寧遠、陳俊忠 (1993)。不同登階測驗與最大耗氧量之相關研究。體育學報，15，263-278。

二、英文部份

- Benedict F. G. & Carpenter T. M. (1910). The metabolism and energy transformations of healthy man during rest. *Washington, DC*, The Carnegie Institute.
- Dagny, S. (2006). Follow Your Heart. *Runner's World*, Retrieved January 29, 2006 from the World Wide Web: <http://www.runnersworld.com/article/0,5033,s6-52-0-0-1039,00.html>
- deVries, H. A., Gray, D. E. (1963). After effects metabolic rate. *Research Quarterly*, 34 (3): 314-321.
- Edwards, H. T., Thorndike, A., Dill, D. B. (1935). The energy requirements in strenuous muscular exercise. *The New England journal of medicine* 213, 532-535.
- Gaesser, G.A., Brooks, G.A., 1984. Metabolic bases of exercise post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine Science Sports Exercise*. 16, 29– 43.
- Gappmaier, E. (2002). “220-Age”prescribing exercise based on heart rate in the clinic, *Cardiopatmonary Physical Therapy Journal*,13(2).11.
- Hill A. V, Lupton H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *The Quarterly Journal of Medicine*, 16, 135-171.
- Herxheimer, H., Wissing, E., Wolff, E. (1926). Spätwirkungen erschöpfender Muskelarbeit auf den Sauerstoffverbrauch. *Z Gesamte Advances in experimental medicine and biology*, 51, 916-928.

- Mazzeo, R. S., Cavanagh, P., Evans, W. J., Fiatarone, M., Hagberg, J., McAuley, E., & Startzell, J. (1998). ACSM Position Stand: Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-1008.
- Margaria, R., Edwards, H.T.M. & Dill, D.B. (1933) The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *American Journal of Physiology*, 106, 689-715.
- Passmore, R., Johnson, R.E. (1960). Interrelations among post-exercise ketosis (Courtice-Douglas effect), hydration and metabolic state. *Metabolism*, 9(1), 443-451.
- Tanaka, H., Monahan, & Seals, (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of American Coll Cardio*, 37(1). 153-156.