

國立臺灣體育學院競技運動研究所
碩士學位論文

間歇訓練方式對青少年田徑選手生理之影響
THE EFFECTS OF PERIODIZED EXERCISE TRAINING
ON PHYSIOLOGIC CHANGES OF TRACK AND FIELD
TEENAGERS' PLAYER



研究生：賴峻男 撰
指導教授：趙榮瑞 教授
協同教授：張嘉澤 教授

中華民國九十六年六月

中文摘要

本研究目的以不同距離負荷間歇訓練方式，透過不同距離負荷間歇訓練方式對青少年選手訓練負荷對 HR、LA 之變化，作為訓練上運動能力評價、訓練效果的判斷與訓練強度掌控之應用，以彰化縣彰德國中田徑徑賽選手(200m、400m、800m)共 6 人為對象，測試方法以不同距離負荷間歇訓練後，透過恢復方式以安靜時、1' 3' 5' 7' 10' 15' 進行採血取得數據之分析。

研究結果發現：

- 一、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式後，基礎耐力、運動強度、乳酸閾值、心跳率之分析分別為：
 - (一)基礎耐力有氧-無氧閾值最大心跳率變化看來，隨著運動強度遞增而心跳率明顯上升。
 - (二)運動負荷強度平均為 6.0 m/s 以上，負荷的強度會隨著機體血乳酸濃度的下降而改變。
 - (三)乳酸變化大部分出現第 5~8 分鐘達到乳酸高峰值，運動停止後的三至五分鐘後，血乳酸的濃度才會緩慢的下降。則血糖與乳酸也呈現平行現象，表示它們是有相關的。
 - (四)經過四次測試不同距離運動後恢復心跳率的平均值出現在第五分鐘 (E-5) 明顯下降，並且達到顯著水準。
 - 二、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式，觀察其間歇期選手恢復情況之分析，並得到以下結語：
 - (一)不同距離運動負荷後血液 NH_3 變化反應， NH_3 最大平均值出現在第三分鐘 (E-3)、則 150m 出現在(E-7)。
 - (二)以 100m 個人最大乳酸堆積與 NH_3 濃度呈現顯著相關($r=0.8$)，150m 乳酸與 NH_3 達顯著相關($r=0.9$) 這顯示兩種運動負荷對青少年運動選手具有很大的幫助。
 - (三)不同運動負荷後，在 4mmol/l 無氧閾值則 200m 與 250m 之乳酸堆積達正相關，顯示兩種運動負荷非常有效。
 - (四)運動負荷最大心跳與無氧閾值心跳率則以 150m 與 200m 最大心跳與 4mmol/l 無氧閾值心跳率呈現正相關，顯示兩種運動負荷可以做為青少年徑賽選手再間歇訓練過程最佳指標。
- 總結以上，青少年運動員選手從事間歇運動訓練可透過乳酸、心跳率、血糖、 NH_3 等生化反應來監控運動強度與恢復情形及其成效。

關鍵詞：乳酸閾值、心跳率、血糖、 NH_3 、無氧閾值

Abstract

To evaluate the promoting effect of periodized running training on track and field players, the heart rate (HR) and lactate accumulation (LA) of teenager players, which are applied by periodized running training, were analyzed. Six players, as 200M, 400M, 800M runner, came from junior school in Changhua County were recruited. The blood samples were collected after resting till normal heart rate for 1, 3, 5, 7, 10, 15 minutes. The changes of maximum heart rate, which come from aerobic and anaerobic threshold, the increment of heart rate come out with training intensity. The average training load intensity is up to about 6.0 m/s. the training load intensity changed with the decrement of blood lactate concentration. The data has been shown that the peak of lactate accumulation are reach up to peak at about 5 to 8 minutes and that the LA values decay slowly at about 3 to 5 minute after exercise. Similar phenomenon observed in the change of blood glucose indicated that the correlation exist between LA and blood glucose. After undergoing four various distance running test, the recovery heart rate declined significantly at the fifth minute. The concentration of blood ammonium (NH_3) existed positive correlation to the maximum LA at 100M running test with ($r=0.8$) and at 150M with ($r=0.9$). it has shown that these two training load are benefit for promotion in teenagers' player. The LA were positive correlation to AT at 4mmol/l, when training load is at 200M and 250M. The maximum heart rates were also positive correlation to AT heart rate when training load are at 150M and 200M load. It has illustrated that these two training load are good index for periodized training program. In conclusion, effect of periodized running training can obviously promote the performance of teenagers' player. The measurement of LA, heart, blood, blood glucose and blood ammonium will be the practicable methods to monitor the efficiency of recovery after periodized running training.

Keywords: Lactic acid , Heart Rate , Glucose , NH_3 , Anaerobic thresho

誌 謝

本篇論文得以順利完成，首先感謝的是國立體院的張嘉澤博士，從開始對研究方向的摸索、架構的確定、研究方法的探討、設計等實驗過程的分析，與指導教授趙榮瑞教授不時的給我鼓勵、指導。其次，國立臺灣體院呂欣善博士撥冗擔任我的口試委員，每當我受到挫折時都會適時給予我不少寶貴的意見，使學生對本論文的研究能順利的進行完成。

再來感謝的是彰化縣彰德國中呂泰亨主任的關心與打氣，擔任實驗受試者添益、秉良、辰守、建宏、昆毅、哲永，與高中時期的葉明春教練幫忙，協助我完成研究國體張嘉澤老師實驗團隊學生們，關心我的臺灣體院師長們，讓我在研究過程得到很多他們協助與支持，謝謝妳們。

最後要感謝的是我的家人們，讓我能夠無後顧之憂完成學業。鼓勵我、支持我的信心與精神支柱，僅將這份喜悅與所有關愛我的人共享，並獻給所有我應該感謝的人。

賴峻男 謹誌

中華民國九十六年七月

目錄

中文摘要	
英文摘要	
誌謝	
目錄	
表目錄	
圖目錄	
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究問題	4
第四節 研究假設	4
第五節 研究範圍與限制	4
第六節 操作性定義	5
第貳章 文獻探討	8
第一節 間歇訓練相關之研究	8
第二節 心跳率相關之研究	10
第三節 血乳酸相關之研究	11
第四節 運動訓練的血糖與血氨變化相關之研究	13
第五節 文獻總結	15
第參章 研究方法	16
第一節 研究對象	16
第二節 實驗流程	17
第三節 實驗時間與地點	18
第四節 實驗儀器與設備	18

第五節	研究方法與步驟	19
第六節	研究參數	21
第七節	資料處理與分析	21
第肆章	結果與討論	23
第一節	基礎耐力 (2-4mmol/l).....	24
第二節	運動負荷強度	27
第三節	恢復期乳酸堆積與血糖變化	29
第四節	心跳率	36
第五節	血液 NH ₃ 分析	39
第六節	最大乳酸值與血液 NH ₃ 之關係	41
第七節	不同運動負荷乳酸堆積與無氧閾值速度之關係 ..	46
第八節	不同運動負荷最大心跳與無氧閾值心跳率之關係	48
第伍章	結論與建議	50
第一節	結論	50
第二節	建議	51
參考文獻	52
附錄	57

表目錄

表 3-1: 受試者基本資料	16
表 4-1: 基礎耐力 (2-4 mmol/l) 平均值與標準差	24
表 4-2: 不同距離運動負荷強度	27
表 4-3: 不同距離運動負荷結束乳酸堆積平均值與標準差	29
表 4-4: 不同距離恢復心跳率恢復平均值與標準差	36
表 4-5: 不同距離運動負荷血液 NH ₃ 平均值與標準差	39

圖目錄

圖 1-1:在漸增式運動中血乳酸濃度的變化	7
圖 2-1:主要生物參數改善所需之時間	12
圖 3-1:實驗流程圖	17
圖 3-2:進行檢測過程圖	19
圖 3-3:實施採血過程圖	19
圖 3-4:基礎能力檢測位置圖	20
圖 3-5:四種不同間歇訓練研究之模式	21
圖 4-1:基礎耐力乳酸與心跳率變化	25
圖 4-2:8x100m運動結束血糖濃度與乳酸堆積	31
圖 4-3:6x150m運動結束血糖濃度與乳酸堆積	32
圖 4-4:5x200m運動結束血糖濃度與乳酸堆積	33
圖 4-5:4x250m運動結束血糖濃度與乳酸堆積	34
圖 4-6:不同距離運動後恢復心跳率 E-1 與 E-5 之比較	38
圖 4-7:100m 最大乳酸值與血液 NH_3 之關係	41
圖 4-8:150m 最大乳酸值與血液 NH_3 之關係	42
圖 4-9:200m 最大乳酸值與血液 NH_3 之關係	43
圖 4-10:250m 最大乳酸值與血液 NH_3 之關係	44
圖 4-11:不同運動負荷乳酸堆積之關係	46
圖 4-12:運動負荷最大心跳與無氧閾值心跳率之關係	48

第壹章、緒論

第一節、研究背景

在歐洲，除了德國的雷音德爾、凱爾修勒等研究間歇訓練外，捷克田徑教練克雷門·凱羅仙克在 1943-1944 年，就用間歇訓練法訓練長跑選手柴托派克 (Emil Zatopek)，而柴托派克也不負眾望地在 1952 年奧運中，替捷克拿 5000 公尺、10000 公尺、馬拉松等三項金牌。自此，間歇訓練法才引起國際體壇的重視，以及廣泛的推廣。不過有關間歇訓練學理上的研究與理論建立，最早可能是 1960 年的歐斯全 (Astand) 和克理斯登森 (Christensen) 等人。間歇訓練法是我國體育運動界接受較快的一種訓練法，早在 1956 年，較為粗糙性的間歇訓練法已在我國田徑界廣為使用。此後游泳、自由車等項目也競相推廣且研究。

間歇訓練可對心肺產生較強的刺激，更可以增進磷化物 (ATP-PC) 系統的能力、增進乳酸系統能力、提升有氧能力。磷化物系統的能力是指短而激烈運動時的能力，這是無氧性的，肌肉組織使用本身儲存的 ATP 與 PC 做為能量的來源。乳酸系統的能力是肌肉從事 1~3 分鐘激烈活動的能力。間歇訓練的運動運動期能安排為 3~5 分鐘一次，可以刺激心肺，達到訓練效果。由於強度夠，時間長，同時，可增加心臟的最大輸出量，改善有氧系統。有關運動員的間歇訓練計畫要求：運動強度高低、休息時間長短、運動反覆次數、運動組數次數等，皆需要嚴格的規範，在系統化的規畫下，增進運動員的運動表現。

無論如何，間歇訓練的訓練計畫，雖然可以透過簡單的文

字描述與說明，但是，運動生理學專家與專業運動教練都知道，訓練計畫的設計其實是一門藝術。確實依據運動參與者的能力與需要，設計出來的間歇訓練計畫，才是有意義的運動參與計畫。運動訓練科學化是近年來運動科學強調的觀念，訓練必須透過科學化研究才能評估與控制運動負荷之依據，為了快速準確瞭解運動員強度以心跳率、血乳酸較常見。非最大運動負荷中，心跳率反應值得高低與心肺耐力成正比，心肺耐力優者，非最大運動心跳率較低（Scott K.Powers,Edward T.Howley(2002)，Wilmore 等人(1994)指出，一位每分安靜心跳率 80 次的未訓練者，從事運動訓練之初期數週，每週安靜心跳率可降低一次，在十週訓練後，安靜心跳率可降低至每分鐘 70 次。安靜心跳率減少，可降低心臟負擔。血乳酸值是評價生理負荷最理想的生理指標(王健，2001)。因此，可見得透過訓練所產生的效果，將改變人體本身體能狀況進而影響乳酸濃度對運動強度之反應（呂欣善、陳相榮，1997）。乳酸是無氧醣酵解所生成的產物，而影響之因素有，運動的強度與訓練狀態、肌肉型態、營養物質、運動型態及恢復方式等有關；高地運動則可能與大地氣溫有關；採血部位則可能與採集部位有關（呂欣善、陳相榮，1997）。除此之外，乳酸的生成與排除也和有氧代謝能力有關（Hollmann et al.,1966）。Mader et al.(1977) 運動負荷在無氧閾值範圍，持續運動將造成乳酸堆積。血乳酸值的變化測定，也是掌握運動強度和訓練過程中運動員代謝能力的方式；透過訓練和比賽時血乳酸值的分析，了解訓練時強度是否得宜，進而達到提昇運動成績的目的，已是非常重要的課題。運動乳酸是無氧代謝的產物，血中乳酸值安靜值：10mg

%。最大運動值一般人：70-90mg%。選手：200mg%。運動後，乳酸可在肝臟轉化為醣類；也可被一些器官當作能源。乳酸堆積使血液酸化降低PH值。乳酸可用來判定運動強度。以運動類型為耐力型運動比賽之後乳酸值甚低僅20-30mg%。短跑比賽後血中乳酸值也甚低。運動越激烈血中乳酸堆積越多。運動後30~50分鐘血乳酸可恢復至運動前之水準。乳酸可用來評估無氧運動能力中之耐乳酸能力，也可用來評估有氧運動能力。乳酸在運動上的應用幾乎與心跳率具一樣的貢獻。對優秀運動員訓練之應用價值尤超過心跳率。

間歇訓練(interval training)是一種重要的輔助性運動訓練之觀念，近年來常見到應用在耐力訓練(endurance training)或衝刺訓練(sprint training)中。然而，由於間歇訓練的理論基礎尚未釐清，因此教練常以帶隊訓練之經驗，擅自設計未具科學化訓練處方，既缺乏專業訓練之特殊考量，同時，也無法達有效的監控訓練之效果。因此本研究希望設計不同距離負荷間歇訓練方式，透過不同距離負荷間歇訓練方式對青少年田徑徑賽之選手訓練負荷對HR、LA之變化，作為訓練上運動能力評價、訓練效果的判斷與訓練強度掌控之應用，進而幫助青少年的運動選手創造佳績。

第二節、研究目的

- 一、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式後，基礎耐力、乳酸閾值、運動強度、心跳率之分析？
- 二、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式，觀察其間歇期選手恢復情況之分析？

第三節、研究問題

- 一、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式後，基礎耐力、乳酸閾值、運動強度、心跳率是否出現顯示差異？
- 二、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式，觀察其間歇期選手恢復情況是否出現顯示差異？

第四節、研究假設

- 一、青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式後，基礎耐力、乳酸閾值、運動強度、心跳率具有顯著差異。
- 二、青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式，觀察其間歇期選手恢復情況具有顯著差異。

第五節、研究範圍與限制

- 一、研究對象彰化縣彰德國中田徑徑賽選手(200m、400m、800m)共 6 人，為期兩週研究。年齡分別在 13 至 14 歲之男性青少年，從事田徑徑賽項目訓練已有 2 至 3 年之時間。
- 二、所有實驗結果受到參與者本身個別差異的影響，在進一步推論時，可能有所限制。
- 三、參與者依照研究前測得知 100m、150m、200m、250m 之最佳成績做為研究不同距離負荷間歇訓練方式之依據。
- 四、實驗期間之營養等因素暫不列本研究範圍。
- 五、透過不同距離負荷間歇訓練方式，對國中田徑徑賽之選手產生生理相關變化差異。

第六節、操作性定義

一、間歇訓練(interval training)

是一種反覆的運動，中間摻入運動期負荷與休息交替進行，而休息有嚴格的規定時間，要在機體未完全恢復情況下(心跳率降至 $120\sim 140\text{ min}^{-1}$)進行負荷，每次負荷的時間不長，一般負荷時心跳率應達到 $160\sim 180\text{ min}^{-1}$;大強度練習可達到 200 min^{-1} 。研究顯示，間歇訓練方式對於運動員之耐力提昇具有顯著效果。Harre(1975)，亦提到間歇訓練主要功能在於選手必須未完全恢復狀態下，立即進行下一次之訓練。在間歇時間主要採用積極性休息方式，如走步、慢跑等間歇訓練法，可分別增進磷化物(ATP-PC)系統，乳酸系統及有氧系統的能力。本研究是依據間歇訓練之原理原則，設計四種不同距離負荷間歇訓練方式，進行採血取得數據分析，瞭解四種不同距離負荷間歇訓練方式恢復性差異。

二、運動心跳率

心跳率是生理學中使用最多的一項生理反應指標。心跳率測試是掌握運動中運動強度的簡便方法，是監測訓練強度的方法之一，亦是目前較客觀的監控訓練的方式之一。教練與選手應知道一些影響心跳率的因素，這樣才能正確的掌握測量之數據。

一般人從事健康慢跑、游泳或其他活動時，最佳的運動強度為 60%，心跳率計算方式為(最大心跳率-安靜心跳率) $\times 0.6$ +安靜時心跳率(林正常，2002)。本研究以 GARDIO SPORT 心跳表，透過心跳率得到休息時的心跳數的恢復變化，以做為進行下依次(組)訓練的依據。

三、血乳酸值

血乳酸值的變化與運動時能量供應系統息息相關。運動訓練中血乳酸產生量影響因素包括：運動強度、參與的肌肉量及持續時間(Hultman & Saholm, 1980; Itoh & Ohkuwo, 1991)。乳酸在血中濃度(安靜值 1mmol/l 左右)可作為判斷運動強度的依據，血中乳酸濃度達 4.0mmol/l 時，可作為判斷無氧閾值，亦可做為耐力性運動項目平常體能訓練的指標 (Scott K.Powers, Edward T.Howley, 2002)。

以不同的運動強度從事運動時，血中乳酸值就有不同的堆積情形。屬於短時間高強度的運動，經常是乳酸堆積造成的主要原因之一 (Weicker et al., 1994)。當運動強度增加，乳酸之濃度亦隨之上升 (Weltman, 1995)。無氧閾值不但可以因訓練而提昇，以無氧閾值的強度，做為耐力性運動訓練的負荷基準相當有效 (Power & Howley, 2002)。

乳酸閾值又稱為無氧閾值 (anaerobic threshold)，在漸增性運動剛開始時，大部份提供肌肉收縮的能量為有氧代謝。但是，在運動的強度隨之增加時，血液中的乳酸值也相對升高，當乳酸值突然升高時其轉折點，稱之為乳酸閾值或稱為血中乳酸開始累積 (OBLA)，如圖 1-1 (Power & Howley, 2002)。乳酸閾值常被用來作為教練及選手在擬定訓練計畫或運動強度時的依據。

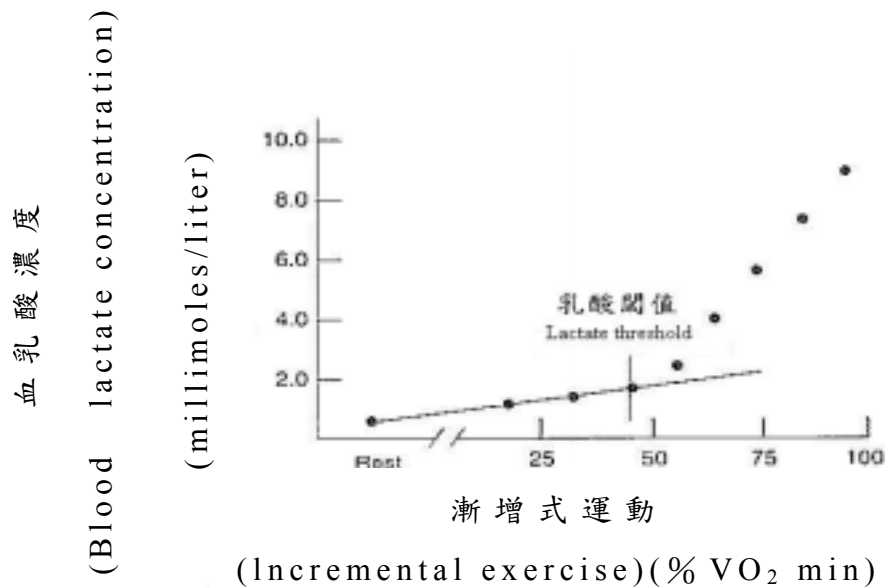


圖 1-1：在漸增式運動中血乳酸濃度的變化。（乳酸突然的升高就是乳酸閾值）（摘錄自 Power & Howley, 2002, P53）。

四、血糖 Glucose

葡萄糖是身體燃燒的首要來源，主要是來自碳水化合物；若身體對於葡萄糖需求增加，亦能夠透過醣資新生作用 (gluconeogenesis) 使蛋白質轉為葡萄糖供身體利用。然而肝臟對於維持血中葡萄糖的濃度之恒定扮演重要角色；身體血中葡萄糖濃度降低，肝臟使肝醣裂解轉變成葡萄糖進入血中維持血糖濃度的過程稱為 (glycogenolysis)。另一方面，肌肉不能使肝醣轉變回葡萄糖，所以需要經過醣酵解 (Glycolysis) 來作為燃燒。

五、血氨 NH₃

血氨 (BA 或 NH₃)。正常範圍：18~72 μmol/l。血氨作用機轉為高蛋白質、胺基酸補充劑之主要成分均為胺基酸，胺基酸可合成蛋白質，而增加肌肉量，進而增強力量及耐力，但需配合訓練才能達到效果。

第二章 文獻探討

本研究之文獻探討可分為：一、間歇訓練相關之研究。二、心跳率相關之研究。三、血乳酸相關之研究。四、運動訓練的血糖與血氨變化相關之研究。五、文獻總結。

第一節 間歇訓練相關之研究

間歇訓練是眾多訓練法中的一種，目前廣泛被運用於田徑、球類運動、各項運動訓練當中，為提昇有氧能力和耐乳酸能力的一種最佳訓練方式。

間歇訓練法是指在次(組)練習之後，嚴格控制間歇時間，在機體未完全恢復的情況下，進行下一次練習。標槍運動員多採用大強度間歇訓練法，負荷可達本人的最大強度的 90% 以上，每次負荷練習的時間相對較短。這種方法對提高運動員的無氧供能能力，發展速度和速度耐力有很大作用。練習之後應採用積極性休息方式，做些輕微活動，(如動態方式)可加速乳酸的排除，提高心血管系統和呼吸系統機能。

楊宏祥、陳培基(1995)，指出間歇訓練是有氧訓練和無氧訓練的混合訓練，間歇訓練對於提高無氧能力和有氧能力都有效的；間歇訓練提高了 ATP-PC 能力和有氧能力，在訓練中 ATP-PC 能力和有氧能力可以互相取長補短，間歇訓練可以不動用乳酸能量而反覆進行超過 LT 強度的訓練，可以避免因乳酸堆積而出現的疲勞，故可反覆進行長時間、大強度的訓練。運動強度加大，運動時間短、休息時間長的間歇訓練對提高 ATP-PC 能力有效；運動強度減小，運動時間長、休息時間短の間歇訓練對提高有氧能力有效；加大運動強度，縮短運動時間，縮短休息時間，既能提高 ATP-PC 與有氧能力。

在運動訓練結束後，人體各部機能的復原是需要時間的。根據 Zintl(1994)指出，在運動的型態以及負荷強度方面，將恢復時間分為短時間、中時間及長時間恢復三種階段。更有許多研究：探討不同訓練方式對國中男生身體組成及尿蛋白之影響發現結論指出，持續訓練方式對身體組成的影響較間歇訓練好；而間歇訓練影響尿蛋白異常量較大(王佩薰，2003)。

並有研究指出間歇訓練對划船選手測功儀之影響，以水里高工 23 位選手為對象；經過十二週間歇訓練課程後，進行 2000 公尺測功儀的各項成績變化情形，發現間歇訓練課程運用在划船選手對測功儀有明顯提昇(彭坤郎 2004)。

陳洁敏(2000)研究發現在高強度的訓練負荷後，中等負荷強度(50%以上)過低的負荷強度(20%以下)都不利於乳酸的清除；另外，負荷的強度會隨著機體血乳酸濃度的下降而改變。

Astrand & Rodahl(1986)，在自由車測驗研究中，本來只能連續維持九分鐘的工作負荷，若改以間歇進行，竟然可以在 1 小時內做上總共 30 分鐘的時間。也發現活動階段的時間越長，就算把中間休息的時間相對地延長，被測試者仍然會越感到疲累。Bowers & Foss(1993)，認為在策劃間歇訓練課表時，要先考慮鍛鍊的供能系統為何(ATP-PC 系統、乳酸系統或有氧系統等)，然後再選擇適當的運動模式進行訓練。訓練強度及運動休息比例(work-relief ratio)則應根據要鍛鍊之主要供能系統而言。Bowers & Foss 並認為要斷定訓練時的強度是否恰當，建議高中及大學生的最高心跳率目標達到 85~95%。

第二節、心跳率相關之研究

心肺適能是健康體能中一個重要的指標(李昭慶、王儀祥, 2000)。一般而言, 心功能優者, 安靜時心跳率較低, 另在同一相對運動負荷中, 心跳率上升越高者體能越差, 反之, 體能越好 (Scott K.Powers, Edward T.Howley, 2002)。心跳率可直接反映出運動員對於訓練負荷的感受, 且不需任何器材, 又因容易測量並可隨時取得數據, 所以在訓練上廣泛使用。

為了解運動中的運動強度, 其中一個較簡便的方法, 即是心跳率測試法, 由於它的方便性, 備受許多研究者所使用 (Merrill, 1993; McInnes, 1995; Gilman, 1996; Chen, 1997; 劉丹等人, 1994)。是目前監控訓練強度的方法之一, 亦是目前較客觀的監控訓練方式之一。許多情況下, 尤其是透過心跳率來控制休息時間時。而且當運動結束後, 心跳率的恢復要比乳酸消除率來得快。運動員在從事訓練後的恢復期時, 其心跳率呈現下降現象, 可是血壓卻依然維持在與運動時期一樣高的數值, 以作為供給身體各組織於恢復時期運送血液需求, 也就是說, 心跳與收縮壓在恢復期間存在著顯著性的差異。

心跳率在人體運動生理上是相當具有重要的指標。測量心跳率不但可以檢測人們的身體狀況, 另外還可以藉此判斷心肺功能好壞, 尤其是作為運動負荷的依據, 評量及估計運動所消耗的能量, 及運動訓練效果等等。劉丹(1994), 以大陸國家足球隊 18 位球員為受試者, 利用心跳率在訓練中對訓練強度的監控, 以球員能在比賽中呈現最佳的狀態。結果指出, 利用比賽的心跳率強度要求訓練時的強度其計劃是可行性

的，而且效果也達顯著。Bohmer et al. (1975) 研究指出運動結束後 5 分鐘心跳率，可以作為有氧耐力能力判斷。5 分鐘心跳率下降至 120 min^{-1} 以下者，其有氧耐力亦佳。

在 1988 年 Darr, Bassett, Morgan, and Thomas 這些專家學者，就針對 20 名男子作為研究對象，其中分為：年輕訓練者、年長訓練者、年輕非訓練者、年長非訓練者等四組；進行最大努力的漸進負荷腳踏車運動發現，訓練者與非訓練者的心跳恢復方面，並未因年齡的因素而受影響；可是在訓練者與非訓練者間的心跳恢復方面，訓練者則皆顯著優於非訓練者。換言之，心跳恢復受訓練情況的影響有相當的程度。

第三節、血乳酸相關之研究

血乳酸值的變化與運動時能量供應系統息息相關，運動血乳酸變化取決於強度及持續時間。乳酸在血中濃度(安靜值 1.0 mg 左右)可以為判斷運動強度的依據，血中乳酸濃度達 4.0 mmol/l 時，可做為判斷無氧閾值，亦可做為耐力性運動項目平常體能訓練的指標 (Scott K. Powers, Edward T. Howley, 2002)。

在同樣的運動負荷下，肌肉所代謝之乳酸值，將因器官組織對訓練所產生的適應現象，而出現下降的效應。而血液乳酸值的堆積，也將加速排除，如圖 2-1。根據 Neumann (1991) 提出的 4-6 生理適應週期原理，人體透過訓練對訓練之強度於 4-6 週將產生適應，進而提升運動能力。Klausen (1972) 曾提到，如果運動後恢復的時間過短，將造成肌肉組織及血液中的乳酸無法有效地進行排除，也就是說將會影響恢復後的運動表現。當負荷每提高一次，將會造成閾值變數又一次持續的上升，乳酸堆積也就越多。

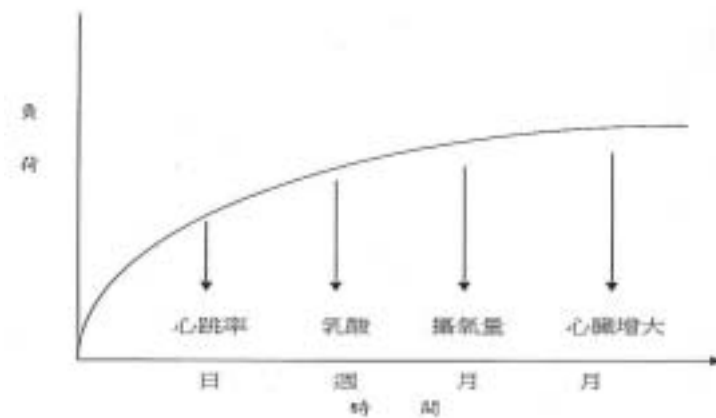


圖 2-1：主要生物參數改善所需之時間
(Neumann/Hettenrott . 2002)

在游泳運動領域中，利用血乳酸值 (blood lactate) 的檢測評估運動選手的運動能力及監控訓練強度，已是一種普遍的方法。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，血液中乳酸堆積的量，能反映出能量供應系統的情形。短時間高強度活動是造成乳酸堆積的主要原因，且乳酸的濃度高低會直接或間接的影響肌肉功能 (林文朗、何忠鋒，1998)。

學者對血乳酸值與生理負荷強度之定義一；Wells, Balke & Van-Forsan (1957)，以血乳酸的倍數作為運動強度的指標，認為中度運動的血乳酸值為正常的 1.5~2 倍，若超過 6 倍則以達到耗竭。

王忠山 (1986)，以 55 名青少年短跑運動員進行了 30 秒無氧動力測定和 60 秒負荷登階試驗，並於運動後 3~10 分鐘連續採血測定乳酸值。結果發現，乳酸峰值一般在運動後 3~9 分鐘內出現，80% 乳酸值時間出現在 5 分鐘以內，60 秒負荷

登階試驗後產生血乳酸較高，平均達到 14mmol/l，大部分在 5~8 分鐘達到乳酸峰值。

雖然運動後和運動時肌肉中的乳酸與血液乳酸平行，不過 Gollnick & Hermansen (1973)，研究指出，肌肉和血液中的乳酸值需 5-10 分鐘才能達到平衡。(Fleck & Kraemer, 1997) 認為 95% 的乳酸從血液中排除需一小時左右，但如果在訓練後做輕微的運動如走路、慢跑或伸展操可以比完全休息更快速地排除乳酸。這也本實驗觀察受試者運動後恢復情況之差異。

為了有效提高訓練的效果，常以科學方法評定運動訓練的強度與負荷量，一般係以血液的乳酸做為訓練強度的評定指標，而這項生化評定指標在不同專項及訓練型態時會有所差異，因此為各專項選手建立適當的評定指標，有助於訓練的監控進而提昇訓練效果(詹貴惠、杜美華、廖學勇、許美智，2001)。本研究設計四種不同距離負荷間歇訓練方式，運動後 1、3、5、7、10、15 分鐘分別採血以確定其個人的峰值。

第四節、運動訓練的血糖與血氨變化相關之研究

醣類是運動中主要能量來源，由於醣類在人體內吸收快、耗氧量低，其代謝最終產物是二氧化碳和水並不增加體液的酸度，因此，供給運動員的醣類可占總熱量的百分之五十到六十，Bergstron 及許多學者的研究也證實了「肝醣超量補充作用」(Glycogen loading or glycogen super compensation)(林瑞與 許美智，1996)，藉由提升肌肉肝醣貯存量，對高強度及耐力型運動的致勝關鍵，由此可見醣類之於運動員的重要性。

Winder & Galbo(1986)的研究發現當血醣濃度下降時，為

應付身體能量的需求，肝臟扮演血醣調節的角色，骨骼肌能量不足的訊息立即傳至大腦，刺激荷爾蒙的釋放，醣類新生作用因而產生。

氨的主要來源：短時間高強度運動為骨骼肌的嘌呤核酸循環，長時間力竭性運動主要與骨骼肌大量攝取支鏈氨基酸有關。運動強度遞增及長時間力竭運動，骨骼肌產氨增多。短時間力竭運動血氨與血乳酸的濃度呈正相關。萬利(2003)研究發現針對我院 20 名足球專項運動員進行了兩次不同運動強度的訓練：短跑—400m 全速跑；足球賽—90min 的足球對抗賽。實驗結果表明：運動員完成相應負荷運動後血氨值顯著高於安靜狀態測值 ($P < 0.01$)，表明其與運動強度的高度相關性。運動性疲勞的產生亦與運動後高血氨水準密切相關。因此，血氨可以用作評定運動負荷的強度和量度、運動員機體的機能狀態、疲勞程度及運動訓練程度的有效指標。

鄭陸、等人(2004)研究發現 300m 衝刺跑及 2×800m 中距離跑均可導致機體血氨水準顯著增高，血氨水準與運動強度具有密切關係，血氨峰值出現的時間以運動後 4-7min 為多，均滯後於血乳酸峰值。萬利則又在(2004)研究指出短時間高運動中血乳酸與血氨呈現正相關，兩者均呈指數增加，峰值都出現運動後 1~13 分鐘左右。Nesher(1985)等人研究顯示，運動訓練強度增加，對醣類的需求能源亦增加，並有利於刺激肝臟釋出葡萄糖進入血液，維持血糖濃度，使選手能再次獲得能量來源，能再上場出發表現運動佳績。本研究設計四種不同距離負荷間歇訓練方式，運動後 1、3、5、7、10、15 分鐘分別採血以確定其個人的峰值，瞭解青少年運動後血糖與血氨變化。

第五節、本章文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

一、間歇訓練可以依據不同的練習強度、間息時間相組合，產生不同的訓練效果，在運動期中加入休息時間，用以提高對特定體能的訓練。本實驗透過不同距離間歇訓練模式，對國中田徑徑賽之選手訓練負荷，作為訓練上運動能力評價、訓練效果的判斷與訓練強度掌控之應用，進而幫助國中運動選手創造佳績。

二、透過實驗，瞭解選手身體狀態，藉由監控心跳率來得知訓練的強度，以隨時知道選手的練習狀況更是訓練的關鍵，訓練強度太強或太弱均會妨礙訓練的執行，因此、可以根據此依據來隨時作調整，以符合科學化之訓練原則。

三、血乳酸值測定應用在訓練上已是一種普遍的科學方法，其主要功能為監控選手的訓練強度及疲勞程度。並透過不同距離間歇訓練方式，觀察其間歇期選手恢復情況之差異，更準確性監控選手各別能力，有效達到訓練成效。

四、血氣作為一項新的運動生化檢測指標已經廣泛應用到體育實踐中，尤其是在體育科學領域受到了廣泛關注。血氣與血乳酸指標的聯合應用，能夠較精確地評價運動負荷的強度、機體的機能狀態、疲勞程度及訓練程度。日後作為青少年階段訓練上運動能力評價、訓練效果的判斷與訓練強度掌控之應用

第參章、研究方法

本章主要在說明本研究之研究對象、實驗流程、實驗時間與地點、實驗儀器與設備、研究方法與步驟、研究參數、資料處理與分析等七節。各節詳述如下：

第一節、研究對象

本研究以彰化縣彰德國中田徑徑賽選手(200m、400m、800m)共 6 人為研究對象，受試者基本資料，如表 3-1。

表 3-1:受試者基本資料

受試者(n=6)	平均數	標準差	最大值	最小值
年齡(歲)	14.2	0.7	15	13
身高(公分)	164.9	5.9	174.3	154.7
體重(公斤)	54.0	3.8	59.8	48.9
運動年齡(年)	2.7	0.5	3	2

第二節、實驗流程

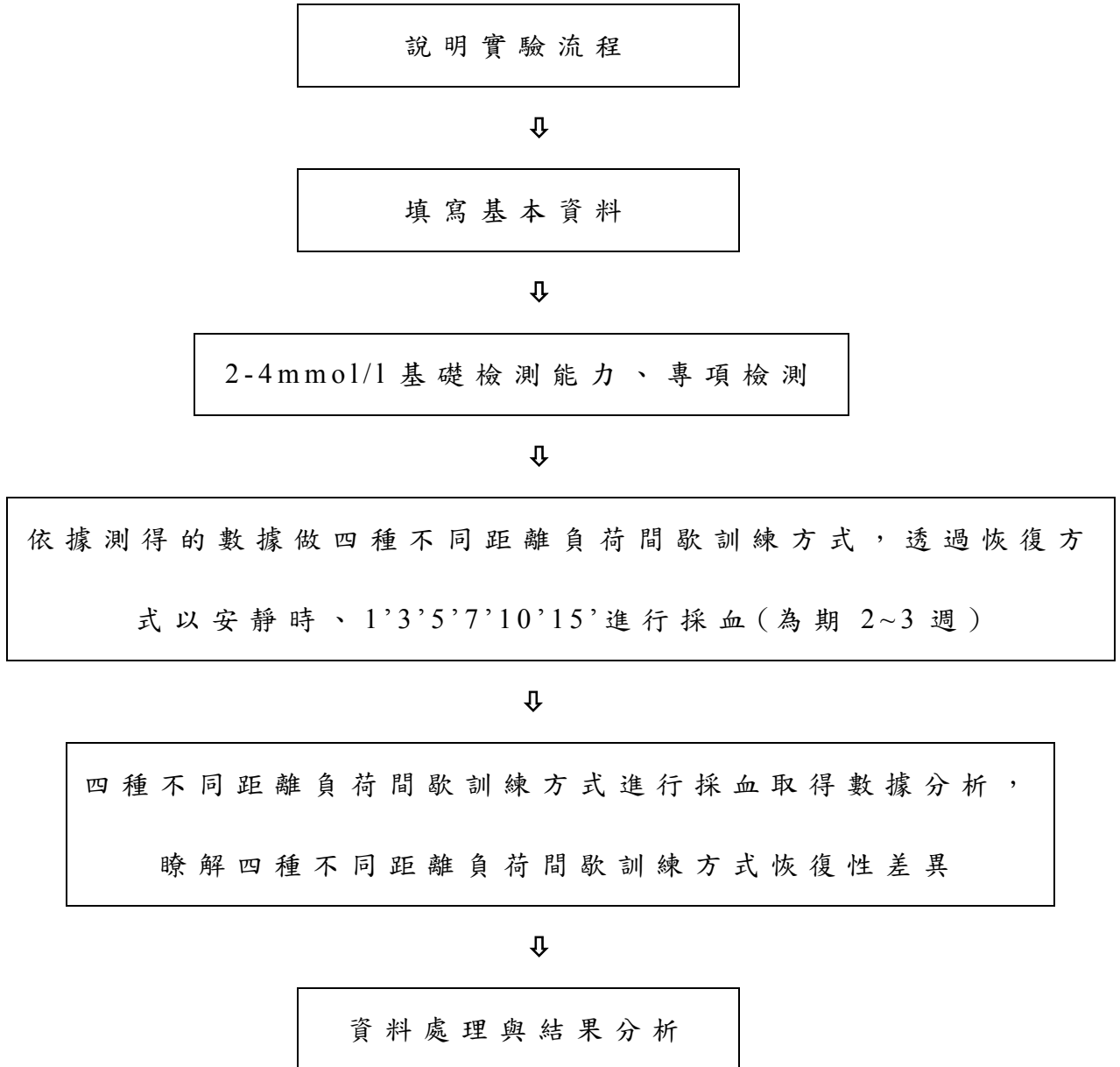


圖 3-1:實驗流程圖

第三節、實驗時間與地點

- 一、時間：比賽後下個訓練階段(訓練期共 2~3 週)。
- 二、地點：彰化縣彰德國中 200m 運動場。

第四節、實驗儀器與設備

- 一、BIOSENC-line 乳酸血糖分析儀。
- 二、CARDIO SPORT 心跳率。
- 三、PocketChemTM UA Pu-4210: 血液 NH₃
- 四、酒精、消毒用具、毛管、手術用手套、採血針、紅血球破壞劑。
- 五、SEIKO 碼表(含印表機)。

第五節、研究方法與步驟

- 一、基礎能力檢測：測試之前，受試者帶上 Polar 錶，並且於耳垂採 20 μ l 血液，做為安靜值乳酸檢驗及記取安靜心跳率，如圖 3-2、3-3 所示。



圖 3-2: 進行檢測過程圖



圖 3-3: 實施採血過程圖

熱身結束後，受試者在 200 公尺運動場上以 2.5 m/s 的速度開始進行第一階段測試。在階與階之間休息 30 s(採血與心跳率記錄)，每階速度上昇 0.5 m/s。每階持續時間為 5 分鐘，

測試進行一直到受試者所能承受之最高負荷為止。為了速度控制，在 200 公尺的跑道上放一速度控制器，速度控制器可調整每階所須跑的速度，並在 200 公尺的跑道上，每 50 公尺放至一個圓錐，如圖 3-4 所示。

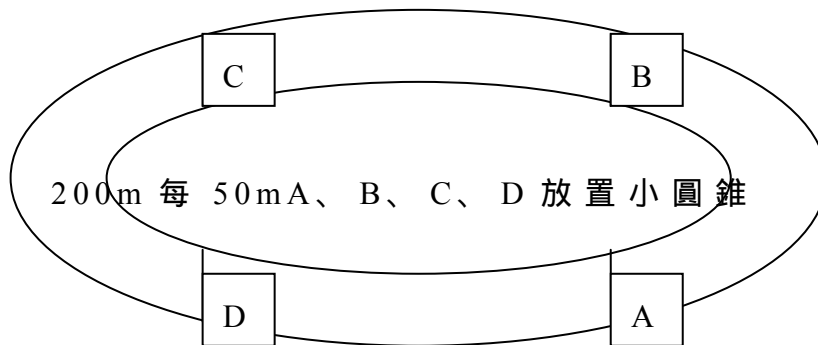


圖 3-4:基礎能力檢測位置圖

二、實驗設計四種不同距離負荷間歇訓練方式，以 100m*8、150m*6、200m*5、250m*4 訓練，個人最佳成績 90%、每趟休息 90 秒(靜態休息)。

三、實驗過程以四種不同距離負荷間歇訓練方式，透過恢復方式以安靜時、1'3'5'7'10'15' 進行採血取得數據分析，瞭解四種不同距離間歇訓練方式恢復性差異，如圖 3-5 所示。

100M*8 訓練安靜時、1'3'5'7'10'15'進行採血

↓休息 3 天(完全恢復)

150M*6 訓練安靜時、1'3'5'7'10'15'進行採血

↓休息 3 天(完全恢復)

200M*5 訓練安靜時、1'3'5'7'10'15'進行採血

↓休息 3 天(完全恢復)

250M*4 訓練安靜時、1'3'5'7'10'15'進行採血

圖 3-5:四種不同間歇負荷訓練研究之模式

第六節、研究參數

- 一、 Lactic acid: 安靜值、運動負荷結束、間歇期、恢復期
- 二、 Glucose: 安靜值、運動負荷結束、間歇期、恢復期
- 三、 NH₃: 安靜值、運動負荷結束 E3 E7 min
- 四、 Heart Rate: 安靜值、運動負荷、間歇期、恢復期 5 min

第七節、資料處理與分析

- 一、以描述性統計(Discriptive Statistics)建立各項基本資料包括平均數、標準差。
- 二、本實驗所得之生物參數數據以 spss10.0 統計軟體及曲線分析以 Sigmaplot 8.0 製作，無氧閾值判斷則採用德國奧林匹克中心所研發之軟體(Laktat-Explorer)分析。
- 三、使用相依樣本 t 檢定分析考驗間歇訓練期間乳酸值、

心跳率的變化。單因子變異數分析比較訓練期間無氧閾值之變化，如有差異時再進行 Tukey 事後比較。

四、設 $p < .05$ 為顯著水準。

第肆章 結果與討論

本研究主要目的在於探討青少年徑賽選手於四種不同距離負荷間歇訓練後基礎耐力、乳酸閾值、運動強度、心跳率之分析，其觀察間歇訓練後選手恢復情況。每次測試間隔三天，生物參數記錄於運動結束後之 1、3、5、7、10、15 分鐘。本研究結果分析與討論分為以下章節呈現：

第一節 基礎耐力 (2-4 mmol/l)

第二節 運動負荷強度

第三節 恢復期乳酸堆積

第四節 心跳率 (HR)

第五節 血液 NH_3 分析

第六節 最大乳酸值與血液 NH_3 之關係

第七節 不同運動負荷乳酸堆積與無氧閾值速度之關係

第八節 不同運動負荷最大心跳與無氧閾值心跳率之關係

第一節 基礎耐力 (2-4 mmol/l)

有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)速度與心跳率測試，有氧閾值 2 mmol/l 速度平均值為 1.8 ± 0.7 m/s，心跳率為 136 ± 22.7 mim^{-1} 。無氧閾值 4mmol/l 速度與心跳率平均值分別為 2.8 ± 0.5 m/s 與 162 ± 14.7 mim^{-1} 。個人 4mmol/l 最大速度達 3.4 m/s；最小則為 1.9 m/s。有氧閾值 2 mmol/l 個人最大與最小速度分為 2.4 m/s、1.8 m/s。2 mmol/l 與 4mmol/l 個人最大心跳率為 169 mim^{-1} 、183 mim^{-1} ，如表 4-1。

表 4-1: 基礎耐力 (2-4 mmol/l) 平均值與標準差

	2 mmol/l		4 mmol/l	
	m/s	HR	m/s	HR
M \pm SD	1.8 ± 0.7	136 ± 22.7	2.8 ± 0.5	162 ± 14.7
Max	2.4	169	3.4	183
Min	0.6	102	1.9	144

本研究以青少年徑賽選手透過四種不同距離間歇訓練前，其有氧閾值與無氧閾值能力測試結果。瞭解青少年徑賽選手基礎能力，個人 4mmol/l 最大速度達 3.4 m/s；最小則為 1.9 m/s。有氧閾值 2 mmol/l 個人最大與最小速度分為 2.4 m/s、1.8 m/s。無氧閾值對個人有氧能力、身體適能和訓練效果可以提供最重要的訊息(龔憶琳，1990)。無論哪一種無氧閾值，都必須要受測者從事不同強度遞進的運動負荷測驗，在

運動中或運動後，針對血液乳酸、換氣或心跳率反應進行分析(林正常，1995)。

自 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。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 乳酸值的速度，最具實用與方便測試進行。

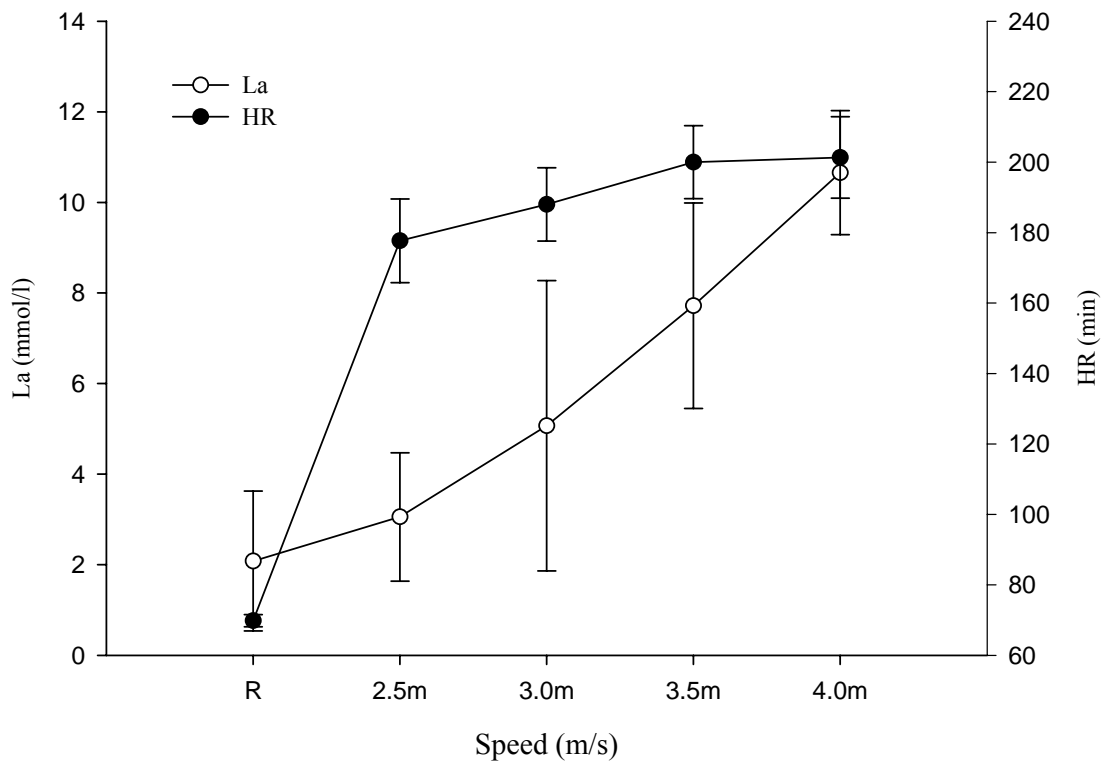


圖 4-1：基礎耐力乳酸與心跳率變化 (n=6)

由圖 4-1 青少年徑賽選手有氧-無氧閾值最大心跳率變化看來，隨著運動強度遞增而心跳率明顯上升，2 mmol/l 與

4mmol/l 個人最大心跳率為 169 min^{-1} 、 183 min^{-1} 最大心跳率出現在速度 3.5 m/s，與 ThanKa & Shindo (1985) 研究發現 10~11 歲及 12~13 男生達無氧閾值時的心跳率分別為 185 次/分鐘及 173 次/分鐘有相關。運動心跳率除了在運動開始的 1~2 分鐘會明顯上升外，運動時間增加心跳率逐漸提高。所以從低強度到大強度的漸增運動中，許多學者以相當 2 mmol/l 至 4mmol/l 的血液乳酸濃度代有氧至無氧代謝的轉移。短距離運動員在最大耗氧量、無氧閾值及無氧閾值的耗氧量 (ml/kg/min) 方面顯著低於長距離運動員，但最高乳酸濃度，最大心跳率則無差異；此外，4mmol/l 血液乳酸濃度的跑速方面長距離運動員較優 (陳相榮，1992)。

第二節 運動負荷強度

8x100m 平均值為 6.9 ± 0.4 m/s，個人最大速度 7.3 m/s，最小則為 6.4 m/s。第一次與第八次平均速度分別為 6.8 ± 0.4 、 7.0 ± 0.3 m/s，兩者差異 $+0.2$ m/s ($p>0.05$)。6x150m 個人最大與最小分別為 7.1、5.5 m/s；六次平均值為 6.7 ± 0.4 m/s；第一次與第六次兩者差異為 -0.5 m/s ($p>0.05$)。5x200m 測試平均值為 6.3 ± 0.2 m/s；單次測試第一與第五次平均值差異為 -0.3 m/s ($p>0.05$)。4x250m 測試第一次與第四次平均值未達顯著差異 ($p>0.05$)，如表 4-2。

表 4-2: 不同距離運動負荷強度 (m/s)

Exercises	Test-1 (8x100m)	Test-2 (6x150m)	Test-3 (5x200m)	Test-4 (4x250m)
1	6.8 ± 0.4	6.9 ± 0.2	6.5 ± 0.1	6.0 ± 0.1
2	7.1 ± 0.2	6.8 ± 0.1	6.3 ± 0.2	6.2 ± 0.1
3	7.0 ± 0.2	6.8 ± 0.2	6.4 ± 0.1	6.1 ± 0.1
4	7.0 ± 0.3	6.7 ± 0.2	6.3 ± 0.2	6.1 ± 0.1
5	6.9 ± 0.3	6.7 ± 0.2	6.2 ± 0.3	
6	6.8 ± 0.3	6.4 ± 0.6		
7	6.7 ± 0.2			
8	7.0 ± 0.3			

本研究設定不同距離間歇訓練強度，近年來大家認為有氧與無氧能量的比例為 40% 和 60% 但隨著平均速度的提升，所動用的能量系統亦跟著改變，有學者(李丕旺、趙建林，2001)認為 800 公尺跑，其有氧與無氧能量的比例為 15% 與 85% 相

近。本實驗以四種不同距離(100m~250m)個人最佳成績的90%進行研究目標，運動負荷強度平均為6.0 m/s以上。陳浩敏(2000)研究發現在高強度的訓練負荷後，中等負荷強度(50%以上)過低的負荷強度(20%以下)都不利於乳酸的清除；另外，負荷的強度會隨著機體血乳酸濃度的下降而改變。顯示8x100m與4x250m速度差異為+0.2、+0.1 m/s兩者差異較接近，因100m距離短容易掌握速度分配與250m距離長而次數少，兩者差異小原因。其次6x150m與5x200m速度差異最為-0.5、-0.3 m/s則距離接近速度距離遞增使速度分配不穩。

Billat(2001)從科學與實際訓練經驗的角度，指出中長跑選手在利用間歇訓練的方法，應包括有氧性與無氧性的間歇訓練，並認為中長跑選手在發展有氧能量來源時，間歇訓練時速度盡可能接近比賽的速度，而速度應根據特殊的生理反應，以最大乳酸穩定狀態的範圍配合最大速度；而以短間歇訓練似乎較難僅限於運用在無氧代謝上，而訓練的速度最好超過無氧的臨界速度，以改善生理的效果與跑步的經濟效益。

第三節 恢復期乳酸堆積與血糖變化

8x100m 運動結束恢復期最大乳酸平均值為 12.4 ± 1.7 mmol/l 於第一分鐘 (E-1) 出現，個人最大值為 14.2 mmol/l，最小則為 8 mmol/l。Test-2 6x150m 最大乳酸堆積平均值為 15.9 ± 1.9 mmol/l (E-7)，乳酸由第十分鐘 (E-10) 開始下降，第十五分鐘 (E-15) 則為下降至 14.4 ± 3.4 mmol/l。Test-3 與 Test-4 之最大乳酸堆積則分別為 16.4 ± 1.2 mmol/l (E-5) 與 16.9 ± 1.7 mmol/l (E-5) 顯現。Test-1 (100m) 乳酸排除由 E-1 至 E-15 差異為 -8.3 mmol/l ($p < 0.05$)。Test-2 乳酸排除至第十五分鐘 (E-15) 下降 -1.5 mmol/l ($p > 0.05$)。Test-3 與 Test-4 乳酸下降分別為 -0.8 mmol/l ($p > 0.05$)。如表 4-3 所示。

表 4-3: 不同距離運動負荷結束乳酸堆積平均值與標準差 (mmol/l)

	Test-1 (8x100m)	Test-2 (6x150m)	Test-3 (5x200m)	Test-4 (4x250m)
E-1	* 12.4 ± 1.7	11.5 ± 1.3	12.7 ± 1.1	11.6 ± 0.7
E-3	11.8 ± 1.3	13.7 ± 2.0	16.1 ± 1.5	15.3 ± 1.9
E-5	10.1 ± 2.4	13.9 ± 2.9	* 16.4 ± 1.2	* 16.9 ± 1.7
E-7	7.3 ± 2.1	* 15.9 ± 1.9	16.0 ± 0.9	16.2 ± 0.6
E-10	5.1 ± 2.0	15.4 ± 3.1	16.0 ± 0.6	16.6 ± 2.1
E-15	4.1 ± 1.5	14.4 ± 3.4	15.6 ± 1.3	16.0 ± 2.3

根據許多學家指出，乳酸的生成與排除也和有氧代謝能力有關。Mader et al. (1977) 運動負荷在無氧閾值範圍，持續運動將造成乳酸堆積。本研究發現，受試者在乳酸變化之比

較，四種不同距離間歇訓練方式運動後乳酸堆積變化都有顯著差異，訓練的距離越短恢復的情形較快，其原因在於能量提供系統為 ATP-PC。

以 8x100m 訓練方式是在訓練後(E-1)為最高值，其次三種不同距離間歇負荷訓練方式運動後乳酸堆積變化分別出現在 5~7 分鐘，並也符合與王忠山(1986) 乳酸峰值一般在運動後 3~9 分鐘內出現，80%乳酸值時間出現在 5 分鐘以內，60 秒負荷登階試驗後產生血乳酸較高，平均達到 14mmol/l，大部分在 5~8 分鐘達到乳酸峰值。如圖 4-2~4-5 所示，Klausen (1972) 曾提到，如果運動後恢復的時間過短，將造成肌肉組織及血液中的乳酸無法有效地進行排除，也就是說將會影響恢復後的運動表現。Wilmore & Costill ,(1988)研究顯示乳酸的堆積與運動強度呈現正相關，當運動強度越高，乳酸濃度相對的也會升高。

林正常等人(2003)指出不同強度相同運動時間血乳酸濃度變化發現，50 至 80% VO_2max 強度運動的前 5 至 10 分鐘，血乳酸濃度輕度升高之後保持穩定；而在 >85% VO_2max 強度運動中，血乳酸濃度持續升高，直至運動停止後的三至五分鐘後，血乳酸的濃度才會緩慢的下降。

8x100m 運動結束最高血糖濃度於第一分鐘 (E-1) 出現，平均值為 5.2 ± 0.8 mmol/l；個人最大值與最小值則分別為 6.8、3.5 mmol/l。第七分鐘 (E-7) 血糖濃度則開始下降 (4.8mmol/l)，如圖 4-2 所示。

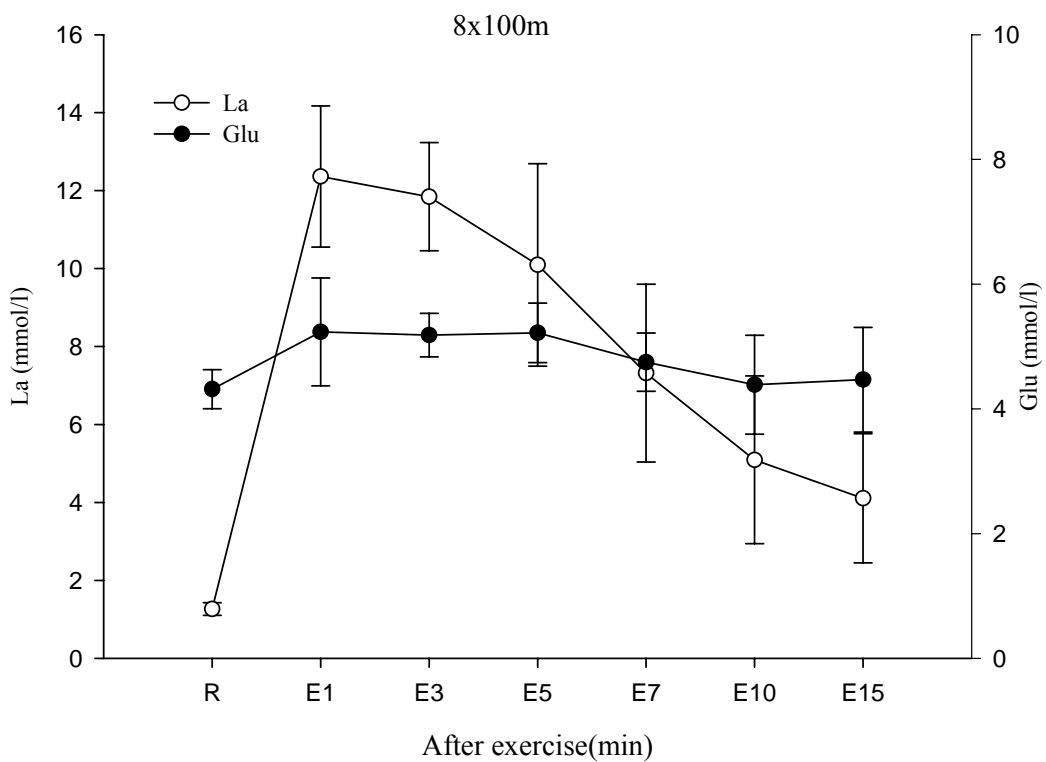


圖 4-2: 8x100m 運動結束血糖乳酸堆積濃度

Test-2 6x150m 平均值為 6.0 ± 0.7 mmol/l，最高血糖值出現於第七分鐘 (E-7) 平均值為 6.0 ± 0.7 mmol/l；個人最大值與最小值分別為 7.1、4.1 mmol/l，如圖 4-3 所示。

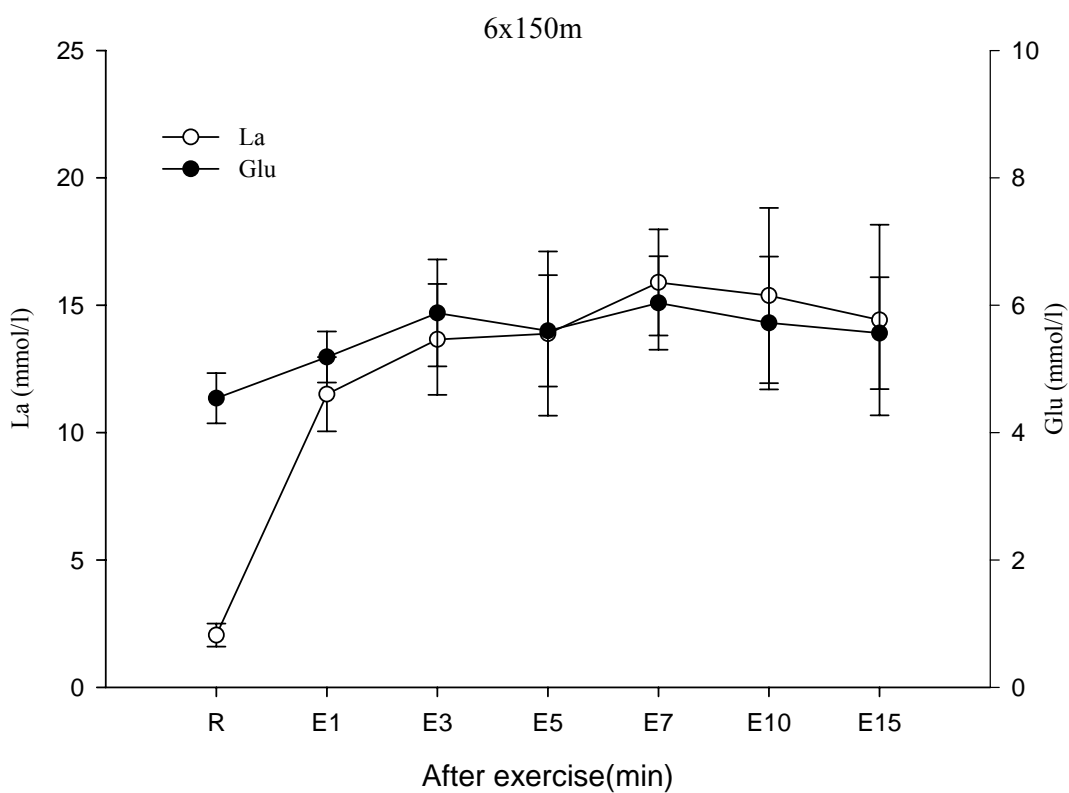


圖 4-3: 6x150m 運動結束血糖乳酸堆積濃度

Test-3 5x200m 測試最高血糖平均值為 6.8 ± 0.7 mmol/l，最高血糖值出現於第三分鐘 (E-3)，個人最大值與最小值分別為 7.3、3.9 mmol/l，如圖 4-4 所示。

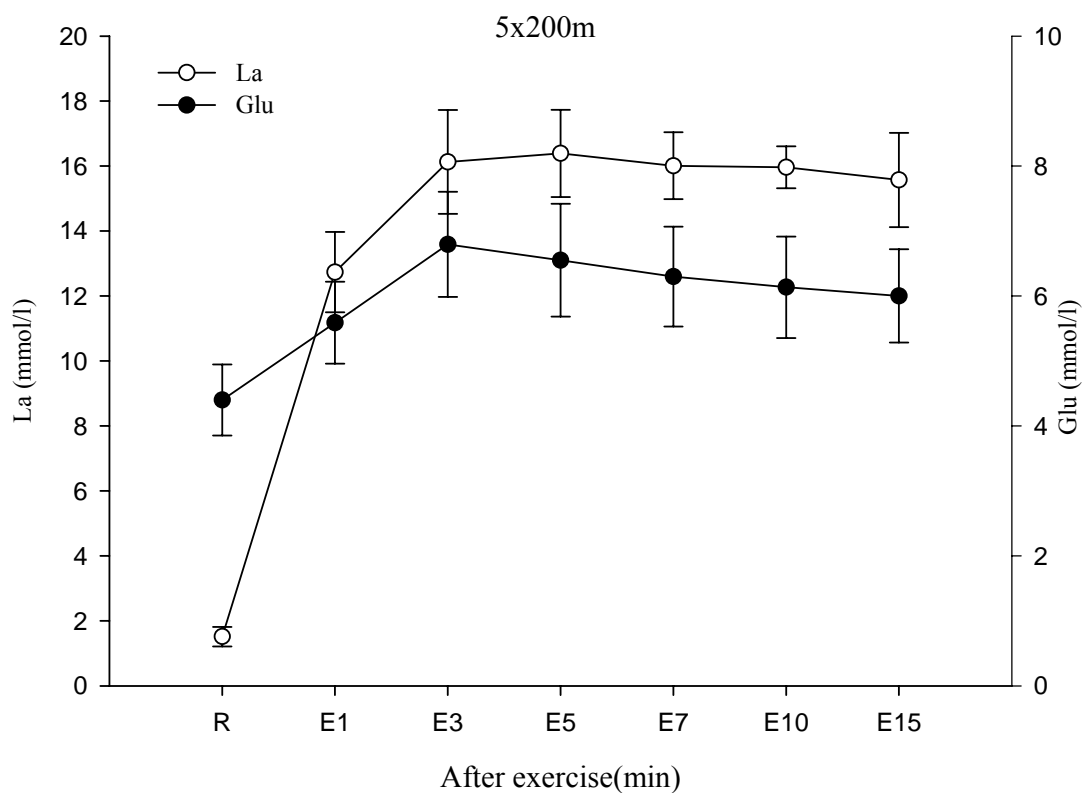


圖 4-4: 5x200m 運動結束血糖乳酸堆積濃度

Test-4 4x250m 測試最高血糖值出現於第五分鐘 (E-5) 平均值 (6.9 ± 0.9 mmol/l)，個人最大值與最小值分別為 8.2、4.6 mmol/l，如圖 4-5 所示。

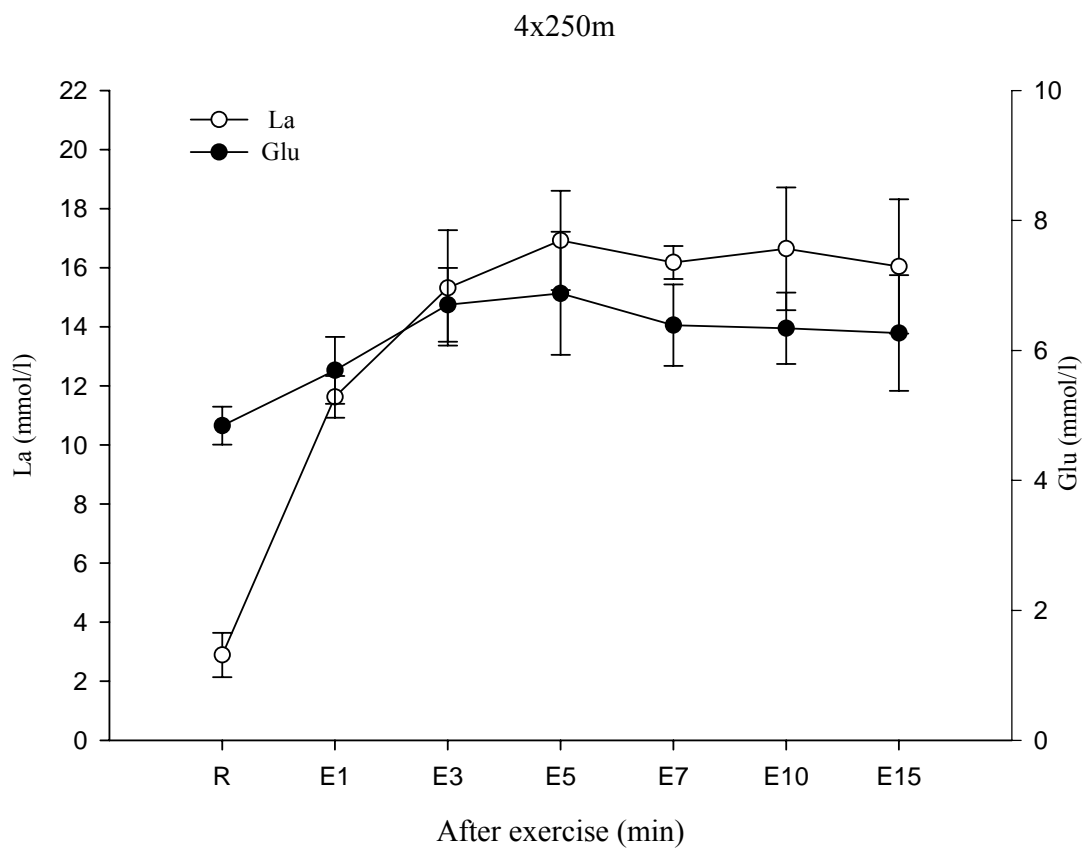


圖 4-5: 4x250m 運動結束血糖乳酸堆積濃度

血糖是指血液中的葡萄糖，它可以提供細胞做為養分，是細胞能量的主要來源。當運動負荷每提高一次，將會造成閾值變數又一次持續的上升，乳酸堆積也就越多。經過不同的運動後發現血糖與乳酸呈現平行現象，但血糖值出現不一，呈現上升又下降趨勢。Winder 與 Galbo(1986)的研究發現當

血糖濃度下降時，為應付身體能量的需求，肝臟扮演血糖調節的角色，骨骼肌能量不足的訊息立即傳至大腦，刺激荷爾蒙的釋放，醣類新生作用因而產生。長時間的運動中，血中葡萄糖含量下降，肝臟中的肝醣受到刺激而分解，並釋放葡萄糖到血液中，此時葡萄糖就被輸送到收縮的肌群中，當作能量來使用，而血液裡的葡萄糖在低強度的運動中佔比較重要的角色（林淑惠，2002）。當血糖增加時，由胰臟的胰島所分泌的胰島素進行調整作用，來維持適當的血糖量（彭佳力，2003）。而維持血糖濃度不只可預防疾病的發生，也是維持神經系統能源供應的重要因素（Reichard, 1961；陳美枝，2002）。Nesher(1985)等人研究顯示，運動訓練強度增加，對醣類的需求能源亦增加，並有利於刺激肝臟釋出葡萄糖進入血液，維持血糖濃度，使選手能再次獲得能量來源，能再上場出發表現運動佳績。

第四節 心跳率(HR)

8x100m 與 6x150m 第一分鐘 (E-1) 心跳率平均值分為 $156\pm 5.2 \text{ min}^{-1}$ 、 $158\pm 14.4 \text{ min}^{-1}$ ；5x200m 與 4x250m 第一分鐘 (E-1) 心跳率平均值則分別為 $168\pm 9.2 \text{ min}^{-1}$ 、 $166\pm 7.1 \text{ min}^{-1}$ 。個人最大心跳率四次測試分別為 163、175、179 與 173 min^{-1} ；第五分鐘心跳率恢復平均值分別為 119 ± 5.6 、 119 ± 3 、 122 ± 9.2 與 $128\pm 9.1 \text{ min}^{-1}$ 。個人第五分鐘心跳率最小值則分別為 99、102、102 與 106 min^{-1} 。心跳率第一分鐘 (E-1) 至第十五分鐘 (E-15) 下降百分比分別為 -34.6%、-30.4%、-31.6% 與 -31.9%，如表 4-4。

表 4-4: 不同距離恢復心跳率恢復平均值與標準差

	Test-1 (8x100m)	Test-2 (6x150m)	Test-3 (5x200m)	Test-4 (4x250m)
E-1	156 ± 5.2	158 ± 14.4	168 ± 9.2	166 ± 7.1
E-3	128 ± 7.9	130 ± 3.1	137 ± 9.5	135 ± 9.6
E-5	119 ± 5.6	119 ± 3	122 ± 9.2	128 ± 9.1
E-7	111 ± 4.0	118 ± 4.1	124 ± 7.2	124 ± 12
E-10	108 ± 2.0	114 ± 4.6	121 ± 8.7	118 ± 11
E-15	102 ± 2.1	108 ± 6.7	117 ± 9.6	113 ± 7.9

本研究發現，受試者在心跳率變化之比較，四種不同距離間歇訓練方式運動後心跳率變化都有顯著差異，這些受試者明顯在第三分鐘 (E-3) 完全恢復狀況，更可以表現青少年在進行間歇訓練以第三分鐘 (E-3) 為最佳休息時間控制。心肺功能

優者，安靜時心跳率較低，另在同一相對運動負荷中，心跳率上升越高者體能越差，反之，體能越好（Scott K.Powers,Edward T.Howley，2002）。不論測量運動期間或是運動結束後恢復期之心跳率，心跳率愈低者即表示心肺功能愈好。Darr 等（1988）指出，訓練者在心跳恢復方面優於非訓練者。而且當運動結束後，心跳率的恢復要比乳酸消除率來得快。運動員在從事訓練後的恢復期時，其心跳率呈現下降現象，可是血壓卻依然維持在與運動時期一樣高的數值，以作為供給身體各組織於恢復時期運送血液需求，顯示心跳與收縮壓在恢復期間存在著顯著性的差異。也就是說運動訓練是可以有效地加速心跳恢復的時間（Marsh, 2003）。Bohmer et al. (1975) 研究指出運動結束後5分鐘心跳率，可以作為有氧耐力能力判斷。5分鐘心跳率下降至 120 min^{-1} 以下者，其有氧耐力亦佳。從本研究結果圖4-7清楚顯示經過四次測試不同距離100m、150m、200m與250m後運動後恢復心跳率的平均值出現在第五分鐘（E-5）明顯下降，並且達到顯著水準。此與Lengyel & Gyarfás(1979);Stewart & Grtin(1976)等人指出在持續的中強度運動後，人體會反應出心跳率降低，心臟血液輸出量增加，由於紅血球數量增加，增進氧傳送能力，進而增加最大攝氧量及有氧系統的能量供應等觀點一致。

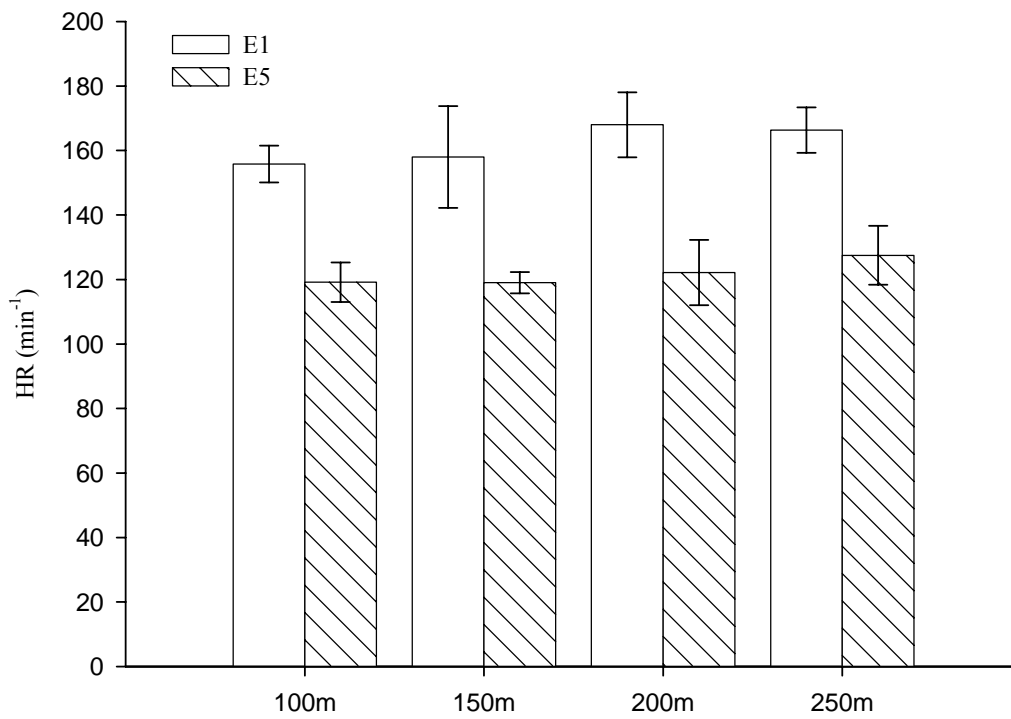


圖 4-6:不同距離運動後恢復心跳率 E-1 與 E-5 之比較

第五節 血液 NH₃ 分析

8x100m NH₃ 最大平均值出現在第三分鐘 (E-3) 為 118±17.8 μmol/l; 6x150m 第七分鐘 (E-7) 為 101.8±45.2 μmol/l; 5x200m 與 4x250m 分別為 11.3±16.6 μmol/l(E-3) 與 94.7±9.1 μmol/l(E-3)。

個人最大值 100m 為 143 μmol/l; 150m、200m 與 250m 分別為 168、131 與 115 μmol/l。

個人最小值 100m 為 34 μmol/l; 150m、200m 與 250m 分別為 46、95 與 77 μmol/l，如表 4-5。

表 4-5: 不同距離運動負荷血液 NH₃ 平均值與標準 (μmol/l)

	Test-1 (8x100m)	Test-2 (6x150m)	Test-3 (5x200m)	Test-4 (4x250m)
R	20.3±13.5	22.5±13.9	12.8±3.6	13.8±3.9
E-3	118±17.8	90.7±32.8	111.3±16.6	94.7±9.1
E-7	71.7±36.6	101.8±45.2	109.8±13.6	93.3±14.4

血氨的作用機轉為高蛋白質、胺基酸補充劑之主要成分均為胺基酸，胺基酸可合成蛋白質，而增加肌肉量，進而增強力量及耐力，但需配合訓練才能達到效果。

血氨可以用作評定運動負荷的強度和量度、運動員機體的機能狀態、疲勞程度及運動訓練程度的有效指標。(Williams, 2005)。研究發現蛋白質作為長時間運動的能量來源之速度，仍不及碳水化合物和脂肪的應用 (Poormanns, 1993); 進行持續性的動態運動時，則發

現胺基酸出現氧化的現象，且特別是支鏈胺基酸（Branched chain amino acid, BCAA），且發現蛋白質之代謝產物（ammonia）隨運動強度的漸增而增加，因此運動強度越高，則肌肉中蛋白質合成減少，且分解增加而產生肌肉蛋白質的減少；肌肉中的肝醣於運動中減少 33-55% 時，蛋白質的分解便已顯著增加，分解所得的胺基酸會成為能量供應者，另外的胺基酸則於肝臟中進行醣質新生（gluconeogenesis）（Rennie & Tipton, 2000）。

不同距離運動負荷後血液 NH_3 變化反應， NH_3 最大平均值出現在第三分鐘（E-3）、則 150m 出現在（E-7）。顯示結果與（萬利，2004）研究指出短時間高運動中血乳酸與血氨呈現正相關，兩者均呈指數增加，峰值都出現運動後 1~13 分鐘左右。鄭陸、等人（2004）研究發現 300m 衝刺跑及 2×800m 中距離跑均可導致機體血氨水準顯著增高，血氨水準與運動強度具有密切關係，血氨峰值出現的時間以運動後 4-7min 為多，均滯後於血乳酸峰值。所以運動強度遞增及長時間力竭運動，骨骼肌產氨增多。（Fitts & Metzger, 1993）指出蛋白質於分解過程中產生的代謝物（ammonia）如同碳水化合物於代謝過程中產生乳酸一樣會造成運動時的疲勞。

第六節 最大乳酸值與血液 NH_3 之關係

100m 個人最大乳酸堆積與 NH_3 濃度呈現顯著相關 ($r=0.8$)，150m 乳酸與 NH_3 達顯著相關 ($r=0.9$)；200 與 250m 之血液乳酸與 NH_3 濃度均未達顯著相關 ($r=0.4$)。如圖 4-7、4-8、4-9、4-10 所示。

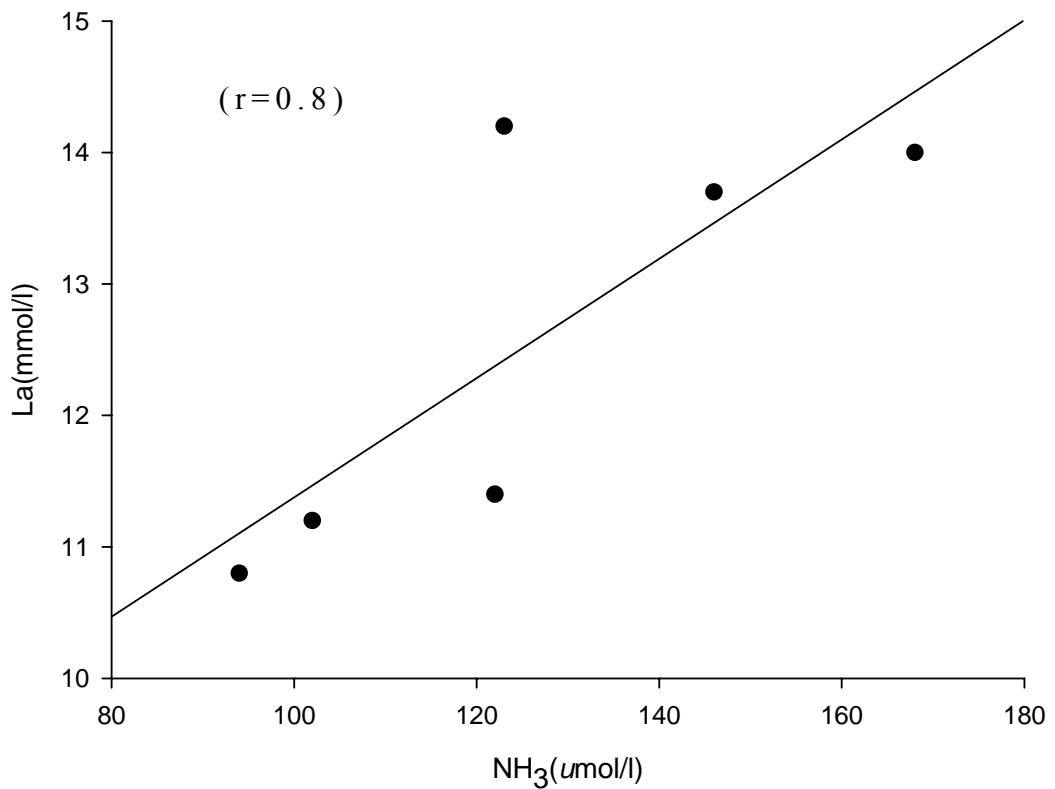
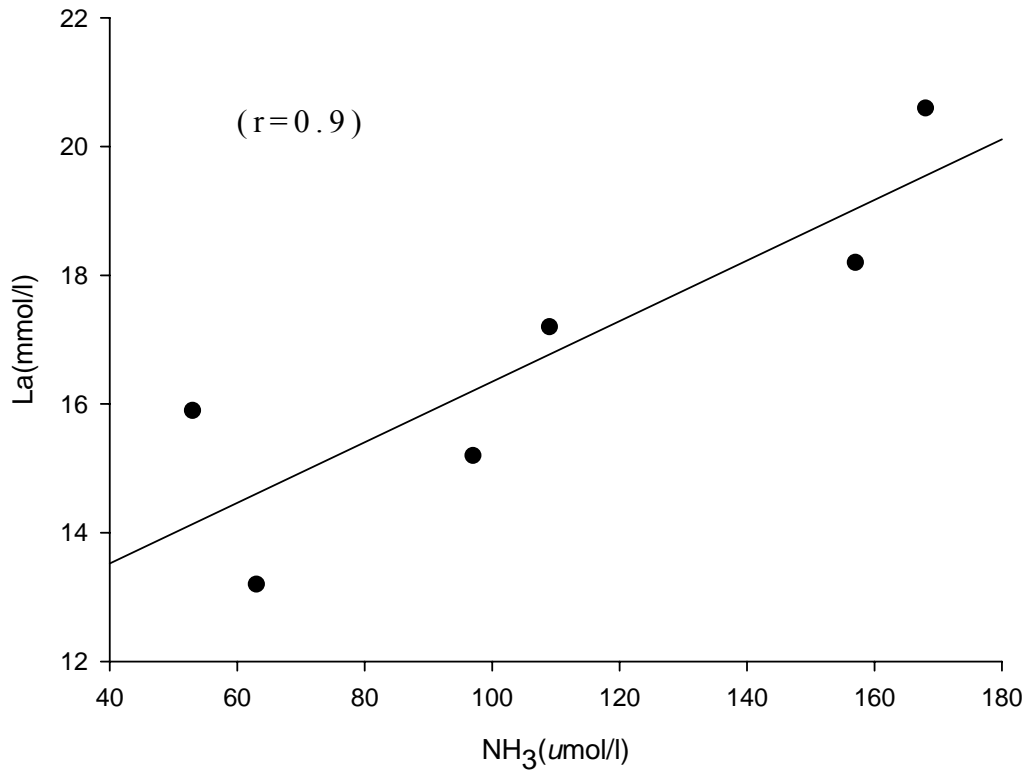


圖 4-7: 100m 最大乳酸值與血液 NH_3 之關係



圖

圖 4-8:150m 最大乳酸值與血液 NH₃ 之關係

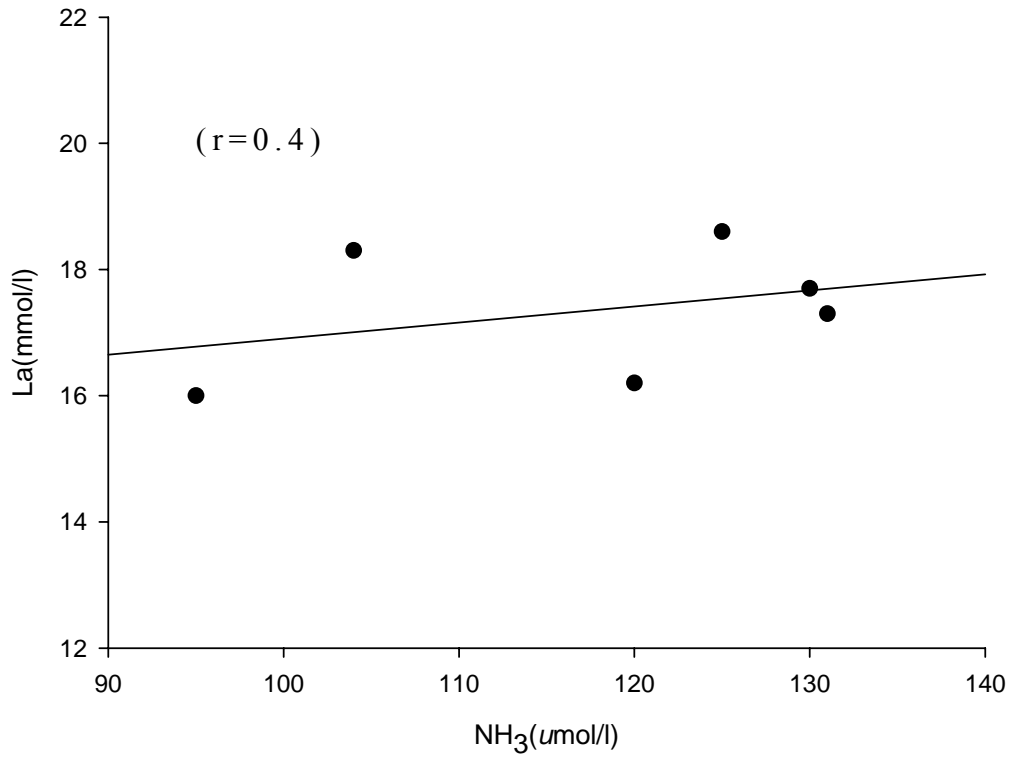


圖 4-9:200m 最大乳酸值與血液 NH₃ 之關係

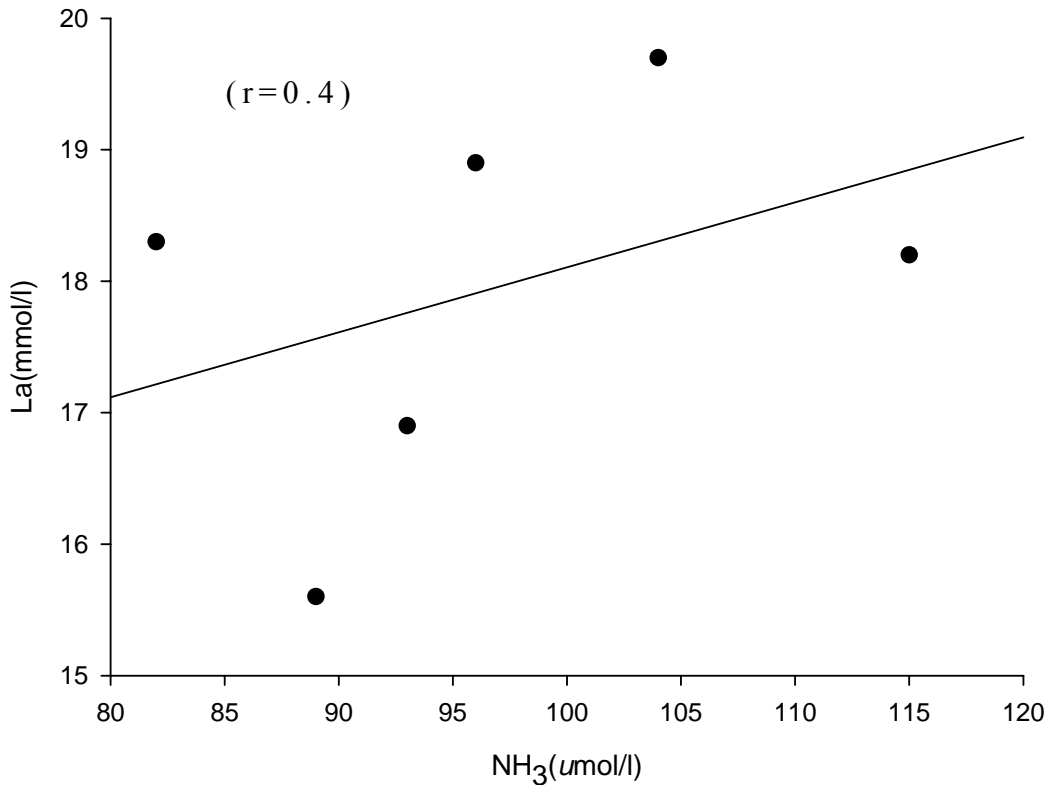


圖 4-10:250m 最大乳酸值與血液 NH₃ 之關係

短時間力竭運動血氨與血乳酸的濃度呈正相關。運動性疲勞的產生亦與運動後高血氨水準密切相關。因此，就圖 4-7、4-8、4-9、4-10 研究顯示四種不同距離運動後最大乳酸值與血液 NH₃ 的變化，100m 與 150m 呈現正相關(0.8、0.9)，這顯示兩種運動負荷對青少年運動選手具有很大的幫助。則 200m 與 250m 呈現負相關(0.4)，並不是代表此運動負荷無效。由此可見運動後的最大乳酸值與血液 NH₃ 之關係對於青少年的階段運動訓練過程中以短時間間歇訓練為主要目標。因此鄭陸，等人(2000)發現各項目受試者完成相應負荷運動

後即刻至 22 分鐘，血氨及血乳酸水準均顯著高於運動前安靜狀態測值，表現出與運動強度的高度相關性。不同項目受試者運動後血氨及血乳酸峰值出現時間各具特點，具有一定的項目特徵。

所以運動過程中，血乳酸與血氨之堆積是造成疲勞產生的原因之一，激烈運動中肌肉因收縮產生大量的乳酸，使內部氫離子濃度的增加，影響反應酶之活性而降低肌肉細胞產生 ATP 的能力，因而阻礙肌肉肌肉收縮，使得疲勞產生。

第七節 不同運動負荷乳酸堆積與無氧閾值速度之關係

100m最大乳酸堆積與4mmol/l無氧閾值速度未達顯著相關($r=0.1$);150m之最大乳酸無氧閾值亦未達顯著相關($r=0.4$);200與250m則呈現顯著相關($r=0.5$),如圖4-11所示。

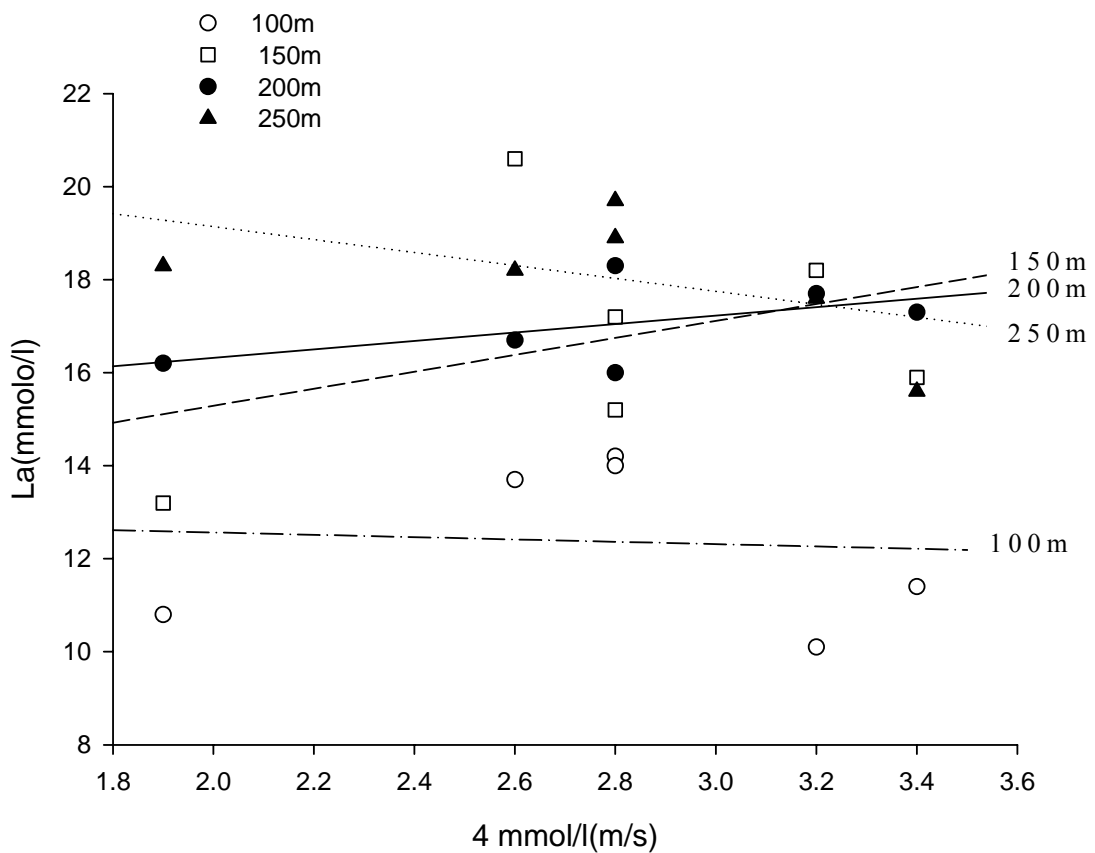


圖 4-11:不同運動負荷乳酸堆積之關係

以不同的運動強度從事運動時，血中乳酸值就有不同的堆積情形。屬於短時間高強度的運動，經常是乳酸堆積造成的主要原因之一 (Weicker et al.,1994)。當運動強度增加，乳酸之濃度亦隨之上升 (Weltman,1995)。研究顯示經過四種不同

運動負荷後，在 4mmol/l 無氧閾值 100m 與 150m 與之乳酸堆積方面呈現負相關，這代表著此訓練並非無效，則 200m 與 250m 之乳酸堆積達正相關，顯示兩種運動負荷非常有效。運動中乳酸產生的主要因素有 1.運動強度 2.參與的肌肉量 3.持續時間(Hultman & Sahlom, 1980 ; Itoch & Ohkuwo, 1991;江界山 1997;林文郎、何忠鋒, 1998)。

檢測時出現當速度愈快時，訓練最大乳酸堆積 (La_{max}) 已產生下降之現象，表示無氧閾值 (4mmol/l) 已經由訓練而逐漸達到適應，進而提升成績水準的。符合 Neumann (1991) 提出的 4-6 生理適應週期原理。有研究指出，無氧閾值不但可以因訓練而提昇，以無氧閾值的強度，做為耐力性運動訓練的負荷基準相當有效 (Power & Howley, 2002)。

第八節 不同運動負荷最大心跳與無氧閾值心跳率之關係

100m 最大心跳率與 4mmol/l 無氧閾值跳率未達顯著相關 ($r=0.1$); 150m 與 200m 之最大心跳率無氧閾值達顯著相關 ($r=0.5$ 、 $r=0.6$); 250m 則呈現無相關 ($r=0.1$)，如圖 4-12 所示。

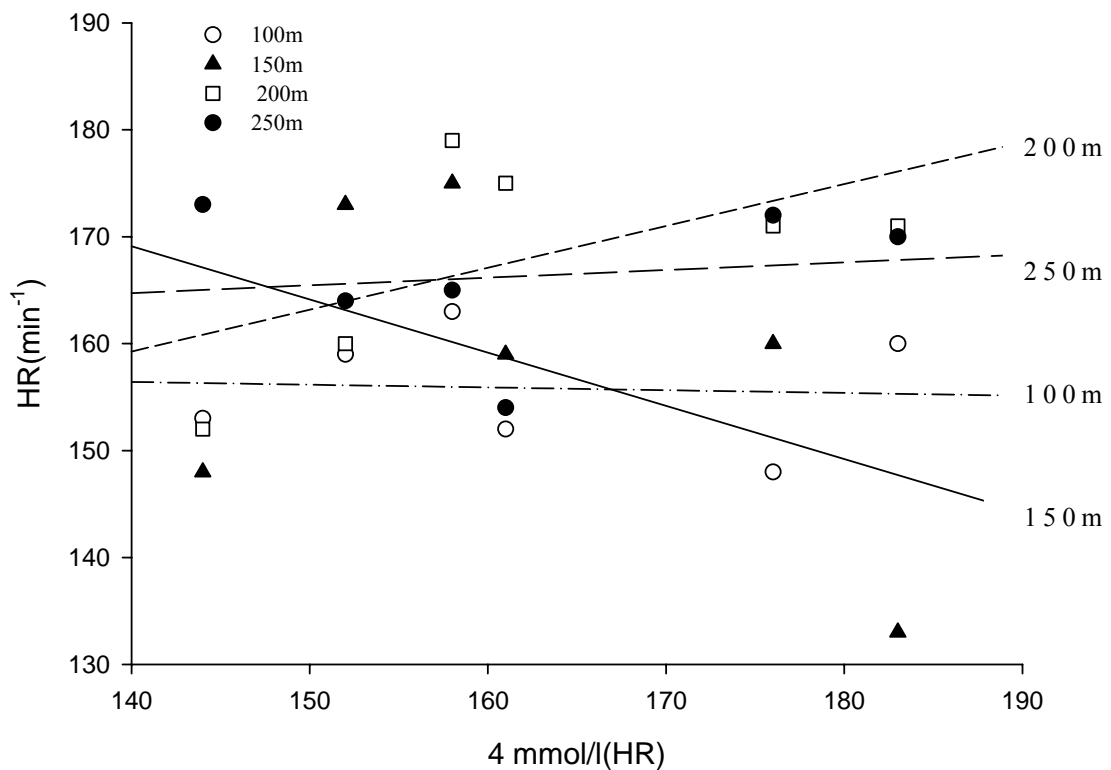


圖 4-12: 運動負荷最大心跳與無氧閾值心跳率之關係

研究顯示經過四種不同運動負荷後，在最大心跳與 4mmol/l 無氧閾值 100m 與 250m 之心跳率呈現負相關，這代表著此訓練並非無效，則 150m 與 200m 最大心跳與 4mmol/l 無氧閾值心跳率呈現正相關，顯示兩種運動負荷可以做為青少年徑賽選手再間歇訓練過程最佳指標。與詹蕙貞、張嘉澤

(2005)研究兩組受試者經五週訓練後個別能力差異變小；以有氧閾值心跳率做為訓練負荷強度，雖無法提升閾值速度但可以提升運動後恢復能力，而以無氧閾值的強度，作為耐力運動訓練的負荷基準，受試者透過訓練後身體產生適應，能力提升，乳酸代謝明顯提高，因此可以說的以無氧閾值負荷強度作訓練，對運動後恢復及專項速度方面較有顯著效果。

以一個運動員為例，在運動強度極低的情況之下運動時，發現運動心跳率會比剛開始運動時還要低；隨著運動強度的增加，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，因運動時間的增加，運動心跳率也將逐漸的提高。在運動強度達到極高時（運動心跳率達 180 次/分以上），運動心跳率隨著運動時間增加的現象，反而會因能夠增加的範圍有限而呈現緩和現象。符合 Neumann (1991) 提出的 4-6 生理適應週期原理。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究是以六名青少年運動員進行研究，經過四種不同距離負荷間歇訓練方式訓練後，探討四種不同距離負荷間歇訓練對其基礎耐力、乳酸閾值、心跳率、乳酸堆積情形與訓練負荷之影響並加以分析。並得到以下之結論：

一、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式後，基礎耐力、運動強度、乳酸閾值、心跳率之結論如下。

(一)基礎耐力有氧-無氧閾值最大心跳率變化看來，隨著運動強度遞增而心跳率明顯上升。

(二)運動負荷強度平均為 6.0 m/s 以上，負荷的強度會隨著機體血乳酸濃度的下降而改變。

(三)乳酸變化大部分出現第 5~8 分鐘達到乳酸高峰值，運動停止後的三至五分鐘後，血乳酸的濃度才會緩慢的下降。則血糖與乳酸也呈現平行現象，表示它們是有相關的。

(四)經過四次測試不同距離運動後恢復心跳率的平均值出現在第五分鐘 (E-5) 明顯下降，並且達到顯著水準。

二、針對青少年田徑徑賽選手透過四種不同距離負荷間歇訓練方式，觀察其間歇期選手恢復情況之結論如下。

(一)不同距離運動負荷後血液 NH_3 變化反應， NH_3 最大平均值出現在第三分鐘 (E-3)、則 150m 出現在 (E-7)。

(二)以 100m 個人最大乳酸堆積與 NH_3 濃度呈現顯著相關 ($r=0.8$)，150m 乳酸與 NH_3 達顯著相關 ($r=0.9$) 這顯示

兩種運動負荷對青少年運動選手具有很大的幫助。

(三) 不同運動負荷後，在 4mmol/l 無氧閾值則 200m 與 250m 之乳酸堆積達正相關，顯示兩種運動負荷非常有效。

(四) 運動負荷最大心跳與無氧閾值心跳率則以 150m 與 200m 最大心跳與 4mmol/l 無氧閾值心跳率呈現正相關，顯示兩種運動負荷可以做為青少年徑賽選手再間歇訓練過程最佳指標。

第二節 建議

本研究將以上文獻與研究結果做出以下建議：

- 一、本研究測試的對象為青少年運動員選手，受試者大部份均為國三、二年級生，六位選手從未正規的進行間歇性訓練，並設計不同距離來分析青少年運動員選手生理變化之影響，未來將更進一步，針對訓練劑量與訓練調整進行研究，尋求最佳之訓練方式與診斷模型。
- 二、青少年運動員選手階段從事運動訓練可透過乳酸與心跳率等生化反應來監控運動強度，亦可以防止過度訓練的情形發生，讓訓練更有科學性。
- 三、本研究透過不同距離的恢復情形結果明顯出現與第三、五分，這可以表示青少年選手在進行間歇性的休息指標也可做為未來訓練之依據，例如心跳率、基礎耐力及乳酸閾值之檢測，做為日後訓練模式之參考。
- 四、本研究所獲得之資料，可進一步探討青少年運動員選手經訓練後其他生化反應來幫助教練在訓練中第一時間掌控選手的狀況，並且適時的作訓練上的調整。

參考文獻

一、中文部分：

- 王忠山(1986)。短跑及跳遠運動員無氧功率和血乳酸的關係。天津體育學報，(1)，18。
- 王佩薰、黃榮松(2003)。探討不同訓練方式對國中男生身體組成及尿蛋白之影響。國立體育學院未出版碩士論文。
- 王健(2001)。血乳酸與運動強度。
<http://140.123.226.100/epsport/mainep/.asp>.
- 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後表現的關係研究。中華體育，(52)，98-105。
- 呂欣善、陳相榮(1997)。影響運動後乳酸變化因素探討。國立台灣體育學院學報，(2)，107-119。
- 林正常(1995)。運動生理學實驗指引。台北市：師大書苑有限公司。
- 林文郎、何忠鋒(1998)。血乳酸與運動之探討。大專體育，(40)，115-124。
- 林瑞與 許美智(1996)。運動時體內荷爾蒙對血糖的影響。國立體育學院論叢，(1)，130-140。
- 林淑惠(2002)。探討超級馬拉松賽跑與單次最大運動對選手生化差異影響之個案研究。碩士論文，國立台北師範大學，台北市。
- 陳美枝(2002)。籃球運動不同訓練時期葡萄糖吸收能力之變化。碩士論文，台北市立體育學院，台北市。
- 陳浩敏(2000)。大槍強度力量訓練後血乳酸消除的放鬆負荷強度的研究。體育與科學，(125)，40-43。

- 彭佳力(2003)。體適能課程對國小肥胖學童健康體適能及血液生化值影響之研究。碩士論文，國立新竹師範學院，新竹市。
- 彭坤郎、趙榮瑞(2004)。間歇訓練對划船選手測功儀成績影響之研究。國立臺灣體育學院未出版碩士論文。
- 楊宏祥、陳培基(1995)。田徑運動的間歇訓練及其影響因素。教育與現代化，(4)，P75。
- 萬利(2003)。淺析運動強度對運動員血氨值的影響及相關研究。四川體育科學，(3)，10-11。
- 詹貴惠、杜美華、廖學勇、許美智(2001)。六天桌球多球訓練期間之運動負荷生化的探討。體育科學，(31)，259-269。
- 詹蕙真、張嘉澤(2005)手球選手訓練負荷藉助心跳率對有氧-無氧閾值之影響。2005年國際運動教育學術研討會，國立體育學院。
- 劉丹、何加才、楊秀武(1990)。為國家女子足球隊備戰首屆世界盃進行訓練控制的研究。體育科學，(2)，39-43。
- 鄭陸、潘力平、隋波、高麗、劉強、周瑞霞、萬利(2004)。低壓氧艙與正常訓練運動員血乳酸、血氨比較及分析。西安體育學院學報(3)，47-50。

二、外文部分：

- Astrand, P. O. & Rodahl, K. (1986). Textbook of work physiology physiological Bases of Exercise. Third Edition. MCGRAW-HILL.
- Bohmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fischer, H., Groher, W., Hess, M., Jager, D., Martin, L., Muhlfahrt, J., Nocker, P., Nowacki, G., Rompe, A., Thiel, B., Schmucker, 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)
- Darr, K. C., Bassett, D. R., Morgan, B. J., & Thomas, D. P. (1988). Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *American Journal of Physiology : Heart Circulatory physiology*, 254, 340-343.
- Fitts, R. & Metzger, J. (1993). Mechanisms of muscular fatigue. In Poortmanns, J. (Ed.), Principles of Exercise Biochemistry. Basal, Switzerland: Karger.
- Fox, E. L., R. W. Bowers, & M. L. Foss. (1993). Exercise and the Endocrine System. In: The Physiological Basis for Exercise and Sport. Brown & Benchmark. Dubuque, IA, Inc., 5th edition, chap. 21, 602-603.
- Hultman, E. and Saholm K. (1980). Acid-balance during exercise. *Exercise and sport Science Review* 8, 41-128.
- Hollmann, W. (1966): *Intervall und Ausdauer*. In: Dokumentation zum Leistungssport.

- Itoh, H., & Ohkuwa. (1991). Ammonia and lactate in the blood after short-term exercise. *European Journal of Applied physiology*, 62, 22-25.
- Klaus Hultman, E., & Sahlm, K. (1980). Acid-base balance during exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 8, 41-128.
- Knuttgen, H. G., & Forster, H. (1972). Effect of preexisting high blood lactate concentration on maximal exercise performance. *Scandinavia Journal of Clinical Laboratory Investigation*, 30, 415-410.
- Mader, A.; Heck, H. (1986): A theory of the Metabolic Origin of „Anaerobic Threshold“. *Int. J. Sports Med.* 7: 45-65, Thieme-Verlag, Stuttgart-New York.
- Mader, A. und Hollmann, W. (1977). Zur Bedeutung der Stoffwechselleistungsfähigkeit des Eliteruders im Training und Wettkampf. *Beiheft zu Leistungssport* 9, 9-62. In: 張嘉澤，運動訓練學（未出版）。
- Poortmanns, J. (1993). Protein metabolism. In Poortmanns, J. (Ed.), *Principles of Exercise Biochemistry*. Basel, Switzerland: Karger.
- Power, S. K., & Howley, E. (2002). *運動生理學：體適能與運動表現的理論運用*（林貴福，徐台閣 & 吳慧君，Trans. 林正榮總校閱 ed.）。台北市：麥格羅希爾國際股份有限公司。
- Rennie, M. & Tipton, K. (2000). Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the

- effects of nutrition. *Annal Review of Nutrition*, 20, 457-483.
- Reichard, G. A. (1961). Blood glucose metabolism in man during muscular work. *Journal of Applied Physiology*, 16, 1001-1005.
- Wilmore, J.K., & Costill, D.L. (1994). *The physiology of sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics. 175-221.
- Weltman, A. (1995). Factor affecting the blood lactate response. The blood lactate response to exercise. *Human Kinetics*, Canada, 29-47.
- Weicker, H., Strobel, G. (1994): *Sportmedizin*. Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. In: 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整(未出版)。
- Williams, M.W. (2005). Protein: the tissue builder. In Williams, M.W. (Ed.), *Nutrition for Health, Fitness, & Sport* (pp. 207-248). New York: McGraw Hill.
- Zintl, F. (1994). *Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden Trainingssteuerung*. S.40-45.

附 錄

附錄一

受試者同意書

題目：間歇訓練方式對青少年徑賽選手生理之影響

研究者：賴峻男

聯絡電話：04-8528173 手機：0922-265576

本研究主要目的：觀察選手對間歇訓練的生理適應反應症狀。藉助乳酸閾值、心跳率等生物參數之變化，進而調整運動訓練計畫，促進訓練效果。實驗共計需4次，並進行耳垂採血。為了讓本實驗能順利進行，除了事前已充分準備外，更需要你的瞭解並同意配合下列事項：

- 一、實驗時間：，每週一、四中午12點30分至2點；共計2週。
- 二、實驗地點：彰化縣立彰德國中田徑場
- 三、檢測時請著田徑短褲、T恤、慢跑鞋與釘鞋，並請提前20分到達，檢測前二小時應進食完畢。

本研究非常需要你的參與和配合才能順利進行，如果你願意參與本研究，請在下欄填妥個人基本資料，表示願意遵守同意書內容。

感謝你的合作與協助！

自願者簽名：_____ 班級：_____ 電話：_____

聯絡處：_____

附錄二 基礎有氧耐力

基礎耐力 (2-4 mmol/l)																	
1			2			3			4			5			6		
La	HR	Glu	La	HR	Glu	La	HR	Glu	La	HR	Glu	La	HR	Glu	La	HR	Glu
1.9	72	4.5	1.2	72	4.5	5.2	72	5.4	1.3	72	4.9	1.3	72	4.1	1.6	72	4.3
4.3	164	4.9	5.3	190	4.7	1.9	180	4.2	2	187	4.2	2.2	162	3.8	2.6	183	4.7
3.9	170	4.5	11	198	6.1	3.4	195	4.8	2.9	195	4.5	5.3	186	4.4	3.5	184	4.3
6.8	182	4.8	12	207	6.4	6.7	202	5.6	6	207	5.3				7.4	202	5.4
9.6	188	5.3				12	208	6.6							10	208	6.6

附錄三、乳酸與血糖研究數據表

1/15	1		2		3		4		5		6	
	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu
R	1.11	4.9	1.36	4.28	1.23	4.37	1.05	4.06	1.41	4.05	1.44	4.24
E1	14.15	6.81	13.72	5.48	10.05	4.99	11.41	5.16	14.02	4.43	10.83	4.54
E3	12.79	5.53	12.03	5.27	11.2	5.63	11.17	4.98	13.92	4.77	9.96	4.92
E5	11.43	5.96	10.78	5.28	8.37	4.86	9.99	5.5	13.77	5.11	6.23	4.61
E7	8.02	5.2	9.06	5.37	6.45	4.74	6.81	4.67	10.02	4.36	3.55	4.16
E10	7.29	5.98	5	3.82	2.95	4.07	4.97	4.26	7.79	4.14	2.56	4.06
E15	5.93	5.96	4.52	4.02	2.32	4.66	3.68	4.54	5.95	3.5	2.25	4.13

1/18	1		2		3		4		5		6	
	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu
R	1.55	4.25	2.12	4.5	1.93	4.84	2.06	4.39	1.76	4.1	2.87	5.16
E1	12.36	5.22	14.06	5.38	10.77	5.42	10.71	5.68	10.11	4.74	11.03	4.67
E3	14.48	5.74	16.88	6.63	15.16	7.09	11.46	5.57	12.02	5.46	11.96	4.78
E5	15.88	5.59	19.61	7.01	12.12	5.77	12.1	5.43	13.58	5.52	11.58	4.27
E7	18.24	6.07	18.47	6.44	14.72	6.46	15.85	6.71	14.85	5.86	13.24	4.67
E10	16.02	5.31	20.62	7.12	17.15	6.79	11.52	5.17	15.24	5.58	11.74	4.36
E15	17.62	5.77	18.64	6.51	16.14	6.38	9.8	4.72	14.08	5.66	10.24	4.33

1/22	1		2		3		4		5		6	
	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu
R	1.28	4.29	1.77	5.44	1.4	4.44	1.24	4.03	2	3.9	1.4	4.29
E1	14.72	5.97	11.68	4.57	12.86	5.95	11.37	5.23	12.3	6.32	13.46	5.49
E3	15.73	5.98	18.6	7.27	16.01	6.89	17.27	7.82	14.18	7.11	14.95	5.69
E5	17.72	6.37	16.02	6.04	18.29	7.92	14.98	6.03	15.2	7.28	16.13	5.66
E7	16.57	6.17	16.69	6.18	17.12	7.42	14.75	5.54	14.71	6.97	16.21	5.51
E10	15.38	5.62	15.48	5.67	17.17	7.09	15.78	6.08	15.96	7.08	16	5.26
E15	15.08	5.48	14.44	5.43	17.7	6.98	16.53	6.3	13.72	6.58	15.96	5.23

1/25	1		2		3		4		5		6	
	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu	La	Glu
R	8.93	5.33	2.58	4.59	2.41	4.8	2.03	4.84	3.69	4.52	2.71	4.98
E1	12.08	5.62	11.74	5.53	12.39	6.59	10.32	5.33	11.57	5.94	11.67	5.15
E3	14.86	6.41	15.23	6.46	16.75	7.84	13.76	6.32	12.99	6.56	18.31	6.62
E5	16.87	6.47	18.16	6.99	16.52	7.75	14.01	5.77	18.9	8.19	17.1	6.1
E7	16.24	5.98	16.52	6.46	17.03	7.46	15.62	6.08	15.54	6.65	16.13	5.7
E10	17.6	6.24	17.05	6.03	19.71	7.43	15.2	6.12	13.65	6.3	16.64	5.93
E15	17	6.16	17.41	6.6	19.45	7.5	14.07	5.71	14.65	6.72	13.68	4.92

附錄四、運動恢復心跳率數據表

8*100m		HR(心跳數)						
恢復時間		安靜 R	E1	E3	E5	E7	E10	E15
1	陳添益	69	160	124	118	107	107	99
2	陳建宏	76	159	135	125	115	109	100
3	梁辰守	78	163	140	125	116	108	102
4	施秉良	62	148	116	112	110	110	103
5	林哲永	78	152	123	112	105	104	100
6	林昆毅	81	153	127	123	112	109	105
6*150m		HR(心跳數)						
恢復時間		安靜 R	E1	E3	E5	E7	E10	E15
1	陳添益	52	133	131	120	119	114	105
2	陳建宏	78	173	134	122	124	124	122
3	梁辰守	75	175	125	122	119	110	109
4	施秉良	69	160	132	116	112	114	103
5	林哲永	78	159	128	120	119	111	102
6	林昆毅	75	148	127	114	113	112	108

5*200m		HR(心跳數)						
恢復時間		安靜 R	E1	E3	E5	E7	E10	E15
1	陳添益	70	171	149	135	135	131	131
2	陳建宏	75	160	132	118	123	123	118
3	梁辰守	75	179	139	110	117	114	102
4	施秉良	71	171	149	134	132	132	125
5	林哲永	83	175	125	120	119	112	109
6	林昆毅	74	152	128	116	117	115	114
4*250m		HR(心跳數)						
恢復時間		安靜 R	E1	E3	E5	E7	E10	E15
1	陳添益	61	170	147	140	134	133	124
2	陳建宏	76	164	134	120	112	107	108
3	梁辰守	68	165	128	120	112	104	106
4	施秉良	72	172	145	138	134	121	112
5	林哲永	78	154	122	125	119	117	107
6	林昆毅	74	173	134	122	124	124	122

附錄五、運動恢復血氨研究數據表

100m*8		NH3		
恢復(抽血)時間		安靜 R	E3	E7
1	陳添益	10	102	44
2	陳建宏	12	143	136
3	梁辰守	18	110	34
4	施秉良	8	122	66
5	林哲永	27	137	104
6	林昆毅	47	94	46
150m*6		NH3		
恢復(抽血)時間		安靜 R	E3	E7
1	陳添益	33	112	157
2	陳建宏	10	138	168
3	梁辰守	26	109	75
4	施秉良	7	53	51
5	林哲永	46	86	97
6	林昆毅	13	46	63

200m*5		NH3		
恢復(抽血)時間		安靜 R	E3	E7
1	陳添益	18	130	96
2	陳建宏	16	111	125
3	梁辰守	8	104	98
4	施秉良	9	131	125
5	林哲永	12	82	95
6	林昆毅	14	110	120
250m*4		NH3		
恢復(抽血)時間		安靜 R	E3	E7
1	陳添益	10	93	88
2	陳建宏	8	106	115
3	梁辰守	17	104	104
4	施秉良	15	89	77
5	林哲永	15	94	96
6	林昆毅	18	82	81

附錄六、研究預定進度甘特圖

項目 \ 進度	九十五年						九十六年					
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
擬定研究主題	■	■										
蒐集資料	■	■	■	■	■							
擬定研究計畫					■	■						
文獻探討			■	■	■	■						
基礎能力檢測						■	■					
資料整理與評估						■	■					
進行相關研究							■	■				
彙整研究資料								■	■			
與指導教授進行 相關研究資料討									■	■		
撰寫研究論文初 稿					■	■	■	■	■	■		
進行論文審查										■	■	
完成研究論文											■	■