

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

不同心肺耐力測驗於國中男生
生理參數之差異分析
THE COMPARED FOR DIFFERENT
CARDIORESPIRATORY ENDURANCE TEST IN JUNIOR
HIGH SCHOOL MALE STUDENTS



研 究 生：楊鎮安 撰

指導教授：高明峰 教授

中 華 民 國 100 年 1 月

論文名稱：不同心肺耐力測驗於國中男生生理參數之差異分析

總頁數：84 頁

院校所組別：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：九十九學年度第一學期碩士學位論文

研究生：楊鎮安

指導教授：高明峰 博士

中文摘要

本研究目的在探討 1600 公尺跑走測驗、12 分鐘跑走測驗及三分鐘登階測驗三種常用於檢測國中生心肺耐力測驗之差異分析，並與跑步機測 $VO_2\max$ 做相關比較，試圖找出國中男生最適合預測 $VO_2\max$ 之測驗方式。以七名國中八年級男生為受試者，測驗過程全程配戴 Metamax 3B 氣體分析器，量測各項測驗在運動中及運動後恢復期 90 分鐘之心跳數、心跳率、呼吸交換率、能量消耗、呼吸次數以及運動後過攝氧量（EPOC）等生理參數，先將四項測驗做運動前後之差異比較，再分析各測驗間之相互關係。研究結果顯示：一、登階測驗在運動前後之呼吸交換率無顯著差異。二、登階測驗在運動中之能量消耗、呼吸交換率及心跳率皆顯著低於 1600 公尺跑走及 12 分鐘跑走測驗。三、登階測驗恢復期呼吸次數及所測得之心肺耐力指數與 $VO_2\max$ 無顯著相關。四、1600 公尺跑走測驗在恢復期之心跳數與能量消耗顯著高於跑步機測驗及登階測驗。五、1600 公尺跑走測驗在總 EPOC、EPOC1 及 EPOC2 方面，皆顯著高於 12 分鐘跑走測驗與登階測驗。六、1600 公尺跑走測驗成績與 $VO_2\max$ 達顯著負相關（ $r=-.887, p<.01$ ）。依結果推估，登階測驗在運動強度及運動時間方面皆明顯不足，並且測得之心肺耐力指數及恢復期呼吸次數皆與 $VO_2\max$ 無顯著相關，因此不適宜當作預測 $VO_2\max$ 之心肺測驗，而 1600 公尺跑走測驗在心跳率、運動中能量消耗以及各時段累積 EPOC 的速度方面與跑步機測驗較具同質性，加上 1600 公尺跑走測驗成績與跑步機測驗所測得之 $VO_2\max$ 具高度相關，即可解釋 1600 公尺跑走測驗是較適合用以檢測此階段青少年心肺耐力之測驗方式。

關鍵詞：心肺適能、運動後過攝氧量、能量消耗、1600 公尺跑走測驗、登階測驗、
12 分鐘跑走測驗

Yang, Chen-An (2010). The compared for different Cardiorespiratory endurance test in junior high school male students

Unpublished master thesis, National Taiwan College of Physical Education.

Abstract

The purpose of this study is to investigate the three kinds of tests as 1600-meters walk-run test, 12-min walk-run test, and three minutes step test that are used to find out difference analysis in test cardiorespiratory fitness of male junior high school students, and they are conducted of related comparison using treadmill to test $VO_2\text{max}$, with an attempt to find out the most suitable testing method to predict $VO_2\text{max}$ for male junior high school students. For this test, 7 grade 8 students are being employed as the subjects, and they will put on Metamax 3B gas analyzer throughout the entire process to measure heart beat times, heart beat rate, respiratory exchange ratio (RER), energy consumption, respiratory times, and EPOC and other biological parameters. First, difference analysis before and after sport is conducted for these tests, and then conducted of cross relationship among each of the tests. As indicted from the research results: 1 before and after step test, there is no prominent difference for RER; 2, energy consumption, RER, and heart beat rate of step test are all prominently lower than those of 1600-meters walk-run test and 12-min walk-run test; 3. breathing times during recovery period of step test and cardiorespiratory fitness index detected are not prominently related to $VO_2\text{max}$; 4. heart beat times during recovery period of 1600-meters walk-run test and energy consumption are prominently higher than those treadmill test and step test; 5. for 1600-meters walk-run test in holistic EPOC, EPOC1, and EPOC 2, they are clearly higher than those of 12-min walk-run test and step test; 6. score of 1600-meters walk-run test and $hVO_2\text{max}$ have prominently reached negative correlation ($r=-.887$, $p<.01$) ; As estimated from the result, step test is clearly insufficient in terms of athletic intensity and sporting time, and the cardiorespiratory fitness index detected and breathing times during recovery period are not prominently related to $VO_2\text{max}$, therefore, it is not suitable to be used as cardiorespiratory fitness test to estimate $VO_2\text{max}$. As for 1600-meters walk-run test, its heart beat rate, energy consumption during sport, and speed and EPOC accumulated in every stage are much homogeneous to that of treadmill, in addition to the fact that score results detected from 1600-meters walk-run test and that detected from $VO_2\text{max}$ are highly correlated, it can then explain

that 1600-meters walk-run test can be taken as the measures more suitable to test the cardiorespiratory fitness of youth during this stage.

Key words: Cardiorespiratory fitness, EPOC, energy expenditure, 1600-meters walk-run test, step test, 12min walk-run test

謝 誌

三年了，一邊教書一邊唸書的日子，似乎要告一段落了，這三年鎮安歷經了許多的人生大事，從擔任行政職辦理校際體育競賽、支援協助臺中全國運動會，到結婚、買房子、還有兩個月前初生的小女娃，一切美好的回憶都好像昨天才發生的事情。

十分感謝指導老師高明峰老師，在這三年不斷的給懵懂無知的我提點與指導，從課程的講述到論文方向，每每都要麻煩老師替我費心了，真是對老師這個大學長感到非常的抱歉，還有陳裕鏞老師，許多生理學的課程讓鎮安獲益良多，還記得課後陳老師還常與鎮安話家常關心日常生活，到現在都還覺得非常溫暖，另外謝謝親切的伯偉同學，雖然你的年紀比我小，但懂得卻比我多很多，常常假日被我拉出來教我儀器使用方法以及數據分析方式，念研究所對我而言不但是長知識，更是交了好朋友，真的，謝謝所有教過鎮安與幫忙過鎮安的貴人，自認是一個體育人，從來沒想過自己能做研究，也沒料到自己有一天似乎可以跟讀書扯的上邊，單憑對體育的一股熱情，喜歡運動、想要探究運動原理，才考進體研所，一開始雖然跌跌撞撞，特別感謝我的老婆佑真，在我上課以及做實驗、寫論文的日子裡，許多家務以及成堆的尿布，都是太太一手包辦，為了讓我沒有後顧之憂，並且一路鼓勵我、支持我，總覺得如果沒有太太在身邊陪伴，單靠鎮安本身的能力似乎太過勉強，另外還要謝謝親愛的爸爸與媽媽，你們是世界上最慈愛的父母，永遠用鼓勵代替責備。最後，對於沒提到的朋友們，在此獻上我衷心的感謝與祝福，謝謝你們。

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
謝 誌	
目 錄	
表 目 錄	VIII
圖 目 錄	
第一章 緒 論	1
第一節 動機與背景	1
第二節 研究目的	4
第三節 研究假設	4
第四節 研究範圍與限制	5
第五節 研究之重要性	6
第六節 名詞解釋與操作型定義	7
第二章 文獻探討	10
第一節 1600 公尺跑走測驗與最大攝氧量相關性之探討	10
第二節 12 分鐘跑走測驗與最大攝氧量相關性之探討	12
第三節 登階測驗與最大攝氧量相關性之探討	13
第四節 實驗室內測量最大攝氧量之相關研究	15
第五節 評估能量消耗的方法	19
第三章 研究方法與步驟	21
第一節 研究架構	22
第二節 研究步驟	23
第三節 實驗對象與實驗時間及地點	24
第四節 實驗儀器與設備	24

第五節 實驗流程與步驟	26
第六節 資料處理與分析	30
第四章 結果	31
第一節 研究對象之基本資料分析	31
第二節 不同心肺功能測驗之心跳率、呼吸交換率運動中 與恢復期前後差異比較	34
第三節 不同心肺功能測驗整體各項生理數值之相關 ..	48
第四節 最佳預測最大攝氧量之指標	50
第五章 討論	56
第一節 不同心肺耐力測驗生理數值差異與相關討論 ..	56
第二節 不同心肺功能測驗與最大攝氧量之相關程度 ..	60
第三節 本章總結	63
第六章 結論與建議	69
第一節 結論	69
第二節 建議	71
引用文獻	72
附錄一 受試者同意書	78
附錄二 身體活動健康調查表	82
附錄三 教育部體適能心肺耐力常模	84

表 目 錄

表 1-1 Bruce Protocol	7
表 4-1 受試者基本資料	32
表 4-2 受試者測驗成績	33
表 4-3 四種心肺耐力測驗之運動時間	33
表 4-4 不同測驗呼吸交換率在測驗中與恢復期之比較	35
表 4-5 不同測驗心跳數在測驗中與恢復期之比較	36
表 4-6 各項測驗運動中與恢復期之呼吸次數	38
表 4-7 各項測驗運動中與恢復期之能量消耗	40
表 4-8 各項測驗運動中與恢復期之心跳數	41
表 4-9 不同測驗在運動中及恢復期心跳數、心跳率、能量消耗及呼吸交換率變異數分析摘要表	43
表 4-10 各項測驗 EPOC1、EPOC2、EPOC3 之資料	46
表 4-11 不同組別 EPOC 的變異數分析摘要表	47
表 4-12 不同測驗及整體各項生理數值資料	48
表 4-13 不同測驗及整體各項生理數值之相關	49
表 4-14 1600 公尺跑走測驗成績預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表	50
表 4-15 總 EPOC 預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表	52
表 4-16 總 EPOC 與 EPOC1 數值預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表	53
表 4-17 總 EPOC 與 EPOC1 數值預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表	55

圖目錄

圖 3-1 研究架構圖	22
圖 3-2 研究步驟流程圖	23
圖 3-3 氣體分析器組件圖	24
圖 3-4 跑步機測最大攝氧量施測圖	27
圖 3-5 三分鐘登階測驗施測圖	28
圖 4-1 四種心肺耐力測驗運動時間資料	34
圖 4-2 不同測驗呼吸交換率在測驗中與恢復期之比較	35
圖 4-3 不同測驗心跳數在測驗中與恢復期之比較	37
圖 4-4 各項測驗運動中與恢復期之呼吸次數	39
圖 4-5 各項測驗運動中與恢復期之能量消耗	40
圖 4-6 各項測驗運動中與恢復期之心跳數	42
圖 4-7 四種測驗 EPOC1、EPOC2、EPOC3 比較圖	46
圖 4-8 1600 公尺跑走測驗成績預測最大攝氧量簡單迴歸分析 圖	51
圖 4-9 總 EPOC 預測最大攝氧量簡單迴歸分析圖	52

第一章 緒論

第一節 動機與背景

國民基本體能已成為各國逐漸重視的主題，因為基本體能是所有活動的基礎，若沒有建立良好的基本體能，除了會影響日常生活作息，還會影響健康狀況，增加醫療負擔，因此，如何建立終生運動的觀念與習慣，該如何增進國民體適能觀念與提倡體適能活動，已是許多先進國家施政的主要目標。

體適能分為競技體適能與健康體適能，一般學校所推廣的多為健康體適能，即與健康有關的體適能，包含有肌力、肌耐力、心肺耐力、柔軟性、身體組成等五個因素，而現代人因電腦時代的來臨，加上生活作息、工作方式的改變，往往缺乏適度的運動，或是足夠的運動強度，導致國民體適能水平逐年不斷下降。

『心肺耐力』是指人體心臟、肺臟及血液循環，運送全身氧氣的功能。氧氣是維持生命的基石，人體任何一部位若缺乏氧氣，都將產生病變。心肺耐力佳的人能有效地利用進入人體內的氧氣，因此活動力也能較強，擁有較佳的有氧運動能力。而檢測心肺耐力實際上則時檢測最大攝氧量。

最大攝氧量除受年齡、性別、體重影響外，以生理學的角度，影響最大攝氧量的三大因素包括肺換氣量、最大心輸出量、與動靜脈血含氧差，影響此三項因素者又有心臟每跳輸出量、心肌力、心容積、心肌循環、最大心跳率、肌微血管、肌氧化能力等。

最大攝氧量(maximal oxygen uptake； $VO_2\max$)為一個人

在海平面上，從事最激烈的運動下，組織細胞所能消耗或利用之氧的最高值，在國內亦常被稱之最大耗氧量或最大氧攝取量，目前被專家學者認為是迄今為止，評價個人有氧作業能量、心肺耐力或心肺功能的最佳單一之指標。許多研究人員認為最大攝氧量具有獨立特性，和其他速度、肌力等體能要素相關低，且是作業能量(work capacity)及最大心肺功能的最佳指標，牽涉身體最重要器官系統中之心、肺、肌肉、神經，是一個人，從事激烈身體作業，發揮潛能，代表『能耐』的客觀標準，在運動訓練上，也被用來判定相對的運動強度，及運動訓練前能力的鑑定、運動訓練中強度的判定、擬定運動訓練計畫的依據等(林正常，1997)。

最大攝氧量的測量分實測法與預估法兩類，實測法使用道格拉斯袋(Douglas bag)、腳踏車或跑步機，儀器昂貴且檢測上較複雜，且一次僅能一人操作，預估法則為間接測量之方法，檢測上較為簡便、經濟，不一定要在實驗室內操作。目前國內學生測量心肺耐力方法有許多種類，中學階段有教育部訂定之三分鐘登階測驗、800公尺跑走測驗、1600公尺跑走測驗，常見的還有9分鐘跑走測驗、12分鐘跑走測驗，而在校隊選手訓練上則有3000公尺跑走、20公尺漸速來回跑等。

登階測試(step test)早在1925年就有學者hambley & pembrey開始使用13英吋的階高，及24次/分與18次/分等兩種不同負荷的登階測試來區分一般人的體能(引自薛淑琦，1993)，而1994年美國哈佛大學疲勞研究室研發出哈佛登階測試，測試人體對高體力負荷的適應能力和身體機能的恢復能力(Brohua，1943)。而教育部為了要提昇中小學生的

體適能與運動習慣，實施體適能護照，其中測試心肺耐力的代表項目為男生 1600 公尺跑走與女生 800 公尺的跑走及三分鐘登階測驗。1 英哩等於 1609 公尺，考量操場四圈為 1600 公尺，教育部因而以 1600 公尺跑走進行國中男生心肺耐力測驗是合理的。此外，間接預估法常用的 12 分鐘跑走測驗，根據創辦人 Cooper(1968)博士的研究報告，12 分鐘跑走測驗成績與最大攝氧量之相關 $r = .897$ ，可以有效預測男性運動員之最大攝氧量。

而登階測驗在預測最大攝氧量之各項研究上相關程度不依，操作方式更是千百種，不同階高、不同登階頻率、不同測量時間皆對結果有所影響，故其準確性一直存有疑慮，但它的確是目前檢測心肺耐力最安全、簡便之方法。故本研究中欲增加量測登階測驗恢復期之呼吸次數，試圖瞭解是否恢復期呼吸次數之變化與心肺耐力指數、最大攝氧量有顯著相關。

由於研究者本身在國民中學任教，每學期固定為學生量測登階測驗與 1600 公尺跑走，但由於兩者皆為量測心肺耐力之方法，究竟何種方法最適宜？操作之結果有何差異？何以不使用 12 分鐘跑走測驗？基於國內目前對於國中男生跑走測驗、登階測驗方面相關之研究甚少及上述原因，於是激起欲探討國中階段學生不同心肺耐力測驗即登階測驗、1600 公尺跑走測驗、12 分鐘跑走測驗與最大攝氧量之相關性，並分析不同之心肺耐力測驗，以國中學生為受試者，所測出之心肺耐力值有何差異的想法。

第二節 研究目的

綜合上述研究之動機與背景，本研究之目的在探討：

- 壹、國中階段男生三分鐘登階測驗心肺耐力指數、1600 公尺跑走測驗成績、12 分鐘跑走測驗成績與最大攝氧量之相關性。
- 貳、分析國中階段男生檢測三分鐘登階測驗、1600 公尺跑走測驗、12 分鐘跑走測驗測驗中與恢復期 90 分鐘後之心跳率、呼吸交換率之差異。
- 參、三分鐘登階測驗後恢復期之呼吸次數與心肺耐力指數、最大攝氧量之相關性。
- 肆、探討三種不同的心肺功能測驗何者最適宜用來預測國中階段男生之最大攝氧量。

第三節 研究假設

- 壹、國中階段男生量測三分鐘登階測驗之心肺耐力指數與最大攝氧量無顯著相關。
- 貳、國中階段男生量測 1600 公尺跑走測驗成績與最大攝氧量無顯著相關。
- 參、國中階段男生量測 12 分鐘跑走測驗成績與最大攝氧量無顯著相關。
- 肆、登階測驗後恢復期之呼吸次數與心肺耐力指數、最大攝氧量無顯著相關。
- 伍、1600 公尺跑走測驗、12 分鐘跑走測驗成績與登階測驗恢復期之呼吸次數無顯著相關。

第四節 研究範圍與限制

壹、研究範圍

- 一、研究對象：以台中市光明國中八名男性學生為對象，隨機抽樣 7 名心肺水平在教育部體適能心肺常模銅牌水準以上之受試者。
- 二、研究範圍：本研究以台中市 7 名 13-15 歲身心無重大急病及慢性急病之國中男生為研究對象，不符合研究條件之國中生則不在此研究範圍內。

貳、研究限制

- 一、由於受經費及人力的限制，因而無法大量取樣，只能以 7 名受試者進行實驗研究，可能使研究結果的效度受到影響。
- 二、由於個人遺傳特質、健康狀況、生活型態、生活環境等因素的差異，只能要求受試者維持平常之生活飲食、作息。
- 三、受試者進行最大攝氧量檢測、登階測驗後恢復心跳數與呼吸次數以及跑走測驗之成績，可能會受到受試者外在和內在因素的影響而產生變化。實驗過程中，將控制實驗室空間避免外界干擾(如聲音或實驗操作者以外的人群)，測驗時的環境溫度與濕度都會影響受試者的核心溫度、刺激心跳數、改變血液流速，惟實驗過程控制環境溫度為 22-26℃，空氣濕度則無法加以控制，為本研究之限制。

第五節 研究之重要性

三分鐘登階測驗與1600公尺跑走測驗在國中階段，是體適能檢測的必測項目之一，但長期以來對於三分鐘登階檢測之準確性不斷有人提出質疑，本實驗利用Metamax 3B氣體分析器，全程記錄登階之心跳率及呼吸交換率，並且由於運動時之呼吸次數約為安靜時之兩倍，故加入登階後恢復期之呼吸次數作為檢測參數，若能準確量測個人安靜時之呼吸次數，摒除外在與內在因素之影響，再測量運動時以致恢復期呼吸次數的變化情形，是否能成為登階測驗測量心肺耐力之新參數。並且國內對於國中階段男生在心肺耐力檢測方面的相關研究甚少，若能探究三種測量心肺耐力方法在檢測上測量結果之差異，並分析其原因，並找出最能有效預測國中男生之最大攝氧量之迴歸公式，則對於未來有意致力此方面之研究者，則可提供研究之方向並做為參考，亦希望能對於目前國內體適能之心肺耐力測驗相關研究，盡一份心力。

第六節 名詞解釋與操作型定義

壹、最大攝氧量(maximal oxygen uptake； VO_2max)

最大攝氧量是指一個人在海平面上，從事最劇烈的運動下，組織細胞每分鐘所能消耗或利用氧的最高值(林正常，1997)。而最大攝氧量與最大攝氧峰值(VO_2peak)不同之處在於攝氧峰值是指氧攝取量測驗時出現的最高值，但不見得是該受試者真正的最大值。本實驗之最大攝氧量是指受試者在實驗室內用跑步機以Bruce法(漸增負荷方式)所測得，每隔三分鐘增加負荷直到受試者疲勞困憊為止。

表 1-1 Bruce Protocol
(21 minutes)

STAGE	TIME (min)	SPEED (km/h)	ELEVATION (%)
1	3	1.7	10.0
2	3	2.5	12.0
3	3	3.4	14.0
4	3	4.2	16.0
5	3	5.0	18.0
6	3	5.5	20.0
7	3	6.0	22.0

貳、心肺功能測驗

心肺功能測驗主要即是測量心肺耐力，通常我們使用間接的方法量測，而非實驗室的心肺功能量測有最大跑步測驗

(Maximal run Tests)、步行測驗(Walk Tests)及加拿大家庭體適能測驗(Canadian Home Fitness Test)三大類，最大跑步測驗包括有固定時間類型的如在9~15分鐘內所盡力跑的距離，以及固定距離的如1~2英哩(1600~3200公尺)跑步內所花費的時間兩種，優點為與 $VO_2\max$ 具有高相關性，且跑與走都是天賦的本能，能同一時間測量大量的人數以及花費較少，缺點則是生理反應難以監測，難以掌控受測者的動機，但動機對結果的影響卻往往非常重要。本篇研究所所著重之心肺功能測驗為12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗以及教育部所訂定之三分鐘登階測驗。

參、三分鐘登階測驗(three minutes step test)

國民健康體適能測驗中的三分鐘登階測驗，觀察操作登階運動三分鐘後的心跳恢復能力，來了解受測者的心肺耐力，使用35公分高台階，以每分鐘96拍速度上下階梯24次(4拍上下一拍)，持續3分鐘，測量運動後1分30秒(HR1)、2分30秒(HR2)、3分30秒(HR3)的心跳數，並將測得的心跳數及運動持續時間導入公式計算其心肺耐力指數，心肺耐力指數愈高愈好。(心肺耐力指數=運動持續時間 $\times 100 / 2(HR1 + HR2 + HR3)$)。

肆、呼吸次數(Respiratory rate)：

運動時每分鐘的換氣量(呼吸量)增加，以迎合運動的氧的需求，最大運動時換氣量可能增加至安靜時的十數倍之多(林正常，1998)。正常人呼吸次數與肺活量有很大的關係，又因肺活量深受身體塊頭的影響，除以體重之肺活量相對值對肺功能更具意義，故本研究所指之呼吸次數，需除以受試者體重。

伍、1600公尺跑走測驗(1600-meters walk-run test)：

在400公尺的跑道上，測驗前介紹起跑線和終點線，受試者聞發令員鳴槍後開始起跑，受試者必須盡全力跑走完全程，測驗的時間以「秒」為單位來做測量及紀錄。

陸、12分鐘跑走測驗(12-minute walk-run test)：

在標準的400公尺跑道上進行測驗，測驗前先將跑道劃分為八個區域，以起跑線為基點，每50公尺為一區域，再以阿拉伯數字標明區域，並在各區域旁放置三角錐作為區域記號，受試者聞發令員鳴槍後開始起跑，受試者必須盡全力跑走完12分鐘，測驗的距離以「公尺」為單位來做測量及紀錄。

第二章 文獻探討

最大攝氧量為心肺耐力測驗重要的指標，在施測上有許多不同的直接與間接施測方法，本篇研究中的三種心肺耐力測驗與最大攝氧量之相關文獻皆有專家學者曾對研究者所提出之變相有部分研究，在此分為五節做介紹，分別是第一節1600公尺跑走測驗與最大攝氧量相關之探討，第二節12分鐘跑走測驗與最大攝氧量相關性之探討，第三節登階測驗與最大攝氧量相關性之探討，第四節實驗室內測量最大攝氧量之相關研究與第五節評估能量消耗的方法，分述如下：

第一節 1600 公尺跑走測驗與最大攝氧量相關之探討

一英哩等於1609公尺，即約等於1.6公里，目前教育部所在心肺耐力檢測上實施之1600公尺跑走測驗，即是參考國外實施已久之一英哩跑走測驗，國高中男生實施1600公尺跑走測驗，女生實施800公尺跑走測驗，是檢測青少年心肺耐力的間接測量方法，測量時以時間(秒)為計量單位，並利用回歸公式預測出最大攝氧量，是近幾年來常被廣泛使用的測量方式。

Krahenbuhl等(1978)以83名國小一、二、三年級之學童為實驗對象，進行不同距離心肺耐力測驗(800、1200和1600公尺)，所得的結論發現為：『800公尺以上』距離之跑走測驗所獲得的成績與最大攝氧量的相關係數較高。

Massicotte, Gauthier, & Markon(1985)以國小10~12歲學童為實驗對象，進行1600公尺跑走測驗與最大攝氧量的相關

性研究，並使用跑步機以Bruce測驗法測得最大攝氧量，研究結果顯示1600公尺跑走測驗與最大攝氧量相關達到 $r=-.66$ 。Buono, Roby, Micale, Sallis, & Shepard(1991)以90位學生為受試對象，其中分為男性45人、女性45人(其中5年級學童30位為 10.6 ± 0.5 歲、8年級學童30位為 12.8 ± 0.6 歲、11年級學童30位為 16.1 ± 1.1 歲)，施測1600公尺跑走測驗、登階測驗、腳踏車測功計與跑步機測驗所測得之最大攝氧量做效度比較，研究結果顯示：一英里跑走測驗的三組受試者成績與最大攝氧量的相關達顯著水準($r=-.73$ ， $p<.01$)。

Maccormack等(1991)研究影響6-14歲孩童1英里跑走測驗表現的相關因素，依年齡分為3組，分別為6-8歲組(27位)、9-11歲組(17位)及12-14歲組(15位)，研究結果顯示：測驗之成績隨著年齡的增加，年紀越大的組別成績表現愈好越明顯。

George, Vehrs, Allsen, Fellingham, & Fisher(1993)以149位大學男女生為受試對象，探討1英里跑走測驗與在實驗內所測得的最大攝氧量的相關，研究結果顯示：1英里跑走測驗成績與最大攝氧量為高相關， $r=-.87$ ，因此，可以用1英里跑走測驗來預測最大攝氧量。

國內林信甫(2000)以33位男性(年齡 20.8 ± 2.1 歲)大學生為受試者，使用平衡次序法安排受試者分別接受實驗室最大攝氧量測試、1600公尺跑走、1600公尺快走等測試，研究結果顯示：1600公尺跑與最大攝氧量為高相關， $r=-.742$ ，1600公尺快走與最大攝氧量的相關係數 $r=-.453$ ， $p<.05$ ，而跑步的相關係數又優於快走之相關，此1600公尺跑與走的測驗和最大攝氧量的相關係數可支持George等(1993)的論點，說明1600公尺跑走測驗是預測最大攝氧量的有效方法。

第二節 12 分鐘跑走測驗與最大攝氧量相關性之探討

12分鐘跑走測驗是由 Cooper(1968)博士所發展出來，方法簡單有效並與最大攝氧量呈高度相關。Cooper以113位美國空軍官兵為實驗對象實施測驗，以6至12分鐘的各種時間跑走測驗來預測最大攝氧量，研究結果顯示：12分鐘跑走測驗與最大攝氧量進行比較，兩者之間相關達到 $r=.897$ 。

Disch, Frankiewicz, & Jackson(1975)以60位男性大學生為實驗對象，進行50碼、100碼、0.5英哩、0.75英哩、1英哩、1.25英哩、1.50英哩、1.75英哩、2英哩及12分鐘跑走測驗，發現0.5英哩(800公尺)、0.75英哩(1200公尺)、1英哩(1600公尺)、1.25英哩(2000公尺)、1.50英哩(2400公尺)、1.75英哩(2800公尺)、2英哩(3200公尺)及12分鐘跑走測驗都可作為預測最大攝氧量之測驗距離。

McNaughton & Cooley(1998)以32位平均年齡 20.14 ± 0.34 歲的男性學生為實驗對象，同時比較慢跑、12分鐘跑走、1.5英哩跑走及20公尺漸速來回跑四項心肺耐力測驗方式對最大攝氧量的相關，結果12分鐘跑走、1.5英哩跑走及20公尺漸速來回跑皆呈現高相關，其中又以12分鐘跑走的相關係數最高($r=.87$)，作者並提出12分鐘跑走、1.5英哩跑走及20公尺漸速來回跑皆能對身體活動水準高的年輕群體提供準確的心肺耐力預測。

國內刁小倚(2005)以30名男女性高中籃球運動員(男性14名，年齡 15.8 ± 0.2 歲、最大攝氧量 $49.2\pm1.9\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，女性16名，年齡 15.6 ± 0.2 歲、最大攝氧量 $45.4\pm1.3\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)測量1600公尺跑走測驗(女性800公尺)、12分鐘跑走測

驗(女性9分鐘)及登階測驗與最大攝氧量之相互關係，研究結果發現：男性受試者最大攝氧量與12分鐘以及1600公尺跑走測驗呈顯著相關($r=.801$ ， $r=-.658$ ； $p<.05$)。即高中男女籃球運動員實施12分鐘、1600公尺、9分鐘以及800公尺跑走測驗皆能有效預測最大攝氧量。

第三節 登階測驗測驗與最大攝氧量相關性之探討

登階測驗為西元1943年美國哈佛大學疲勞實驗室Brouha所創，並進一步發展為哈佛登階測驗，當時的測驗方式以是20英吋(50.8公分)的木箱，於規定時間內進行上上下下反覆踩踏的運動，頻率為每分鐘上下30次，持續時間五分鐘，用以測驗大學生在劇烈運動後，脈搏數恢復的程度，來判斷其心肺耐力之優劣。

Fox(1973)以135位17-32歲的男性為受試者，研究哈佛登階測試與最大攝氧量之相關，設定登階之階高為20英吋(50.8公分)，頻率為每分鐘上下30次，持續運動五分鐘，以跑步機測量最大攝氧量。研究結果顯示：最大攝氧量與登階測試中心肺耐力指數的相關係數為 $r=.38$ ，達顯著水準($p<.01$)。

Francis, K. & Cuipepper, M.(1988)以30位19-35歲的女性為受試者，進行三分鐘之登階測試，研究登階測試與最大攝氧量之相關。以身高 $\times 0.187$ (公分)的比例為階高，頻率為每分鐘上下30次，測量登階後站姿休息時第5-20秒的心跳數，並以跑步機測量最大攝氧量。研究結果顯示：最大攝氧量與登階測試中恢復心跳數的相關係數為 $r=-.70$ ，達顯著水準($p<.05$)。

Buonoe等(1991)以45位10-18歲的青少年為受試者，研究登階測驗與最大攝氧量之相關，設定登階之階高為41.3公分，男性以每分鐘24次的頻率，女性以每分鐘22次的頻率，持續運動三分鐘，以跑步機測量最大攝氧量。研究結果顯示：最大攝氧量與登階測驗中心肺耐力指數的相關係數為 $r=.48$ ，達顯著水準($p<.01$)。

國內鄭安成與林正常(1993)以14位18-29歲的男性為受試者，研究修正後的哈佛登階測驗與最大攝氧量之相關，設定登階之階高為40公分，頻率為每分鐘上下30次，持續運動三分鐘，以跑步機測量最大攝氧量。研究結果顯示：最大攝氧量與登階測試中心肺耐力指數的相關係數為 $r=.69$ ，達顯著水準($p<.01$)。

Francis & Brasher(1992)以33位18-47歲的男性為受試者(平均身高178.1公分，體重80公斤，最大攝氧量為 $50.8\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)，研究登階測驗與最大攝氧量之相關。實驗進行三種不同的三分鐘登階測試，以身高 $\times 19\%$ (公分)的比例為階高，每分鐘22、26、30次的頻率，量取登階後站姿第5-20秒的心跳數，以跑步機測量最大攝氧量。研究結果顯示：最大攝氧量與恢復心跳數達顯著相關水準，22次/分的相關係數為 $r=-.77$ ，26次/分的相關係數為 $r=-.81$ ，30次/分的相關係數為 $r=-.81$ ，均達顯著水準($p<.05$)。

國內林正常與王文筆(2002)以60名19-21歲政戰學校二年級之男生為受試者，研究三分鐘登階測驗後，比較恢復期以走動、站立與靜坐等三種不同恢復方式所測得之體力指數，並探體力指數與3000公尺耐力跑成績的相關。研究結果顯示：三分鐘登階測驗後走動、站立與靜坐恢復方式所得之

心肺耐力指數分別為 77.93 ± 8.94 , 53.59 ± 11.03 與 51.99 ± 10.48 ；3000公尺耐力跑成績為 867.22 ± 76.06 秒。三分鐘登階測驗後的走動、站立與靜坐等三種恢復方式之心肺耐力指數均與3000公尺跑步成績無顯著的相關。顯示三分鐘登階測驗後不同恢復方式影響心肺耐力的評估結果，並且三分鐘登階測驗不宜作為3000公尺跑步的替代項目。

第四節 實驗室內測量最大攝氧量之相關研究

壹、最大攝氧量

在實驗室內測試最大攝氧量的普遍方式有跑步機、腳踏車測力器及升降用踏台等，其中原地跑步機是最好的一種，因為跑步是一全身性的運動、跑步不受技術影響且負荷強度可以自由的調整(林正常，1996)。通常讓受試者接受最大運動負荷或接近最大運動負荷之強度(70~85%)，並在運動末段採集呼吸，由氣體分析器所採集呼氣之氧氣、二氧化碳之比率，即呼吸交換率或呼吸商，來預估其每分鐘攝氧量之最大值。

目前最早發現運動後仍持續做高攝氧量的觀念是在西元1910年Benedict和Carpenter兩位學者所發表的，依照他們的發現，兩個不同實驗組別在運動過後休息的7至13個小時，受試者的休息代謝率(RMR)提升了11.1%，因此認為EPOC代表了RMR的上升情況，原本起初認為運動不只要攝氧，能量也是會慢慢消耗，(Passmore & Johnson, 1960)發現三名受試者以每小時6.4公里速度走16公里的路，而且在運動後7個小時RMR提升了15%，而且(deVries & Gray 1963)在有氧運動也發

現了運動後有高攝氧量的情況，在一個小時的混合有氧運動之後的六個小時，RMR提升了10%。(Edwards et al., 1935)研究在經過兩個小時的足球比賽之後的15個小時，身體的休息代謝提升了25%。以上皆是有關EPOC的概念，但是這些學者的研究並沒有非常明確的介定運動時間和運動的持續時間為何？只提供了部分的資訊來描述控制組的情況，也未說明受試者的個人因素及生理數值、條件，因為會影響RMR的高低，包括了有主要運動中的特定內容、所攝取的食物(咖啡因、茶鹼)、受測溫度的控制以及個人的心理因素等等，在之前的研究幾乎都沒有考量進去，導致早期的學者們對於EPOC本身無法有很深入的了解。

Froelicher等(1974)以15位自願者為受試對象，在跑步機上直接測量最大攝氧量，比較三種不同測驗方法Bruce法、Taylor法、Balke法與最大攝氧量之相關，研究結果顯示：Bruce法與最大攝氧量的相關 $r=.82$ ，到達高相關。

Jopke(1981)在一項全美1400個運動測驗的研究中發現，測驗使用跑步機者佔71%，其中以Bruce法佔65.5%為最多。Bruce法由1.7mph的速度及坡度10%開始，每三分鐘坡度增高2%，速度增快0.8~0.9 mph，非專業運動員很少能超過第四階段。測量年輕受試者或運動適能較高者時以Bruce法為佳。

貳、EPOC的相關文獻

所謂EPOC就是指運動過後攝氧量並不會馬上恢復到安靜時期的攝氧量，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短暫和持久的兩個部分，雖然早期的研究表明EPOC可能會經過幾個小時之後出現，但也有部分學者得到結論認為EPOC出現的時間非常短暫，兩種相呼矛盾，而目前的研究結果顯示是運動持續時間和運動強度的差異所導致EPOC時間的不同。早期Hill(1923)等學者提出氧債的觀念，他們認為運動後會有較高攝氧量的原因是為了要償還初期運動的缺氧，deVries & Gray(1963)等人也發現在經過一個小時有氧運動之後的六個小時，休息代謝率(RMR)提升10%。而Margaria(1933)等人將氧債的概念認為是乳酸性的氧債，處理反應較慢，而目的是處理血液中的乳酸以及ATP的再生成。

在這些在早期的研究中，學者們並未詳細交代他們實驗的運動強度或是運動中的變因、持續時間，而且對於一些會影響RMR的變因如：溫度、食物的攝取、運動的種類、咖啡因及茶鹼的攝取有無、受試者心理狀態...等等因素，都沒有做明確的界定與說明。直至最近1984年Gasser & Brook等人提出短暫運動後，攝氧量可以在幾分鐘之後恢復至安靜期的狀態，若是在長期且激烈的運動過後，恢復至安靜期的攝氧量將會延長到好幾個小時，這樣的概念才促使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，仍持續做較高的能量消耗以及攝氧量，這就是所謂「運動後過攝氧量」，英文則是EPOC(Excess Post-Exercise Oxygen Consumption)的觀念。

目前最早發現運動後仍持續做高攝氧量的觀念是在西元

1910年Benedict & Carpenter兩位學者所發表的，依照他們的發現，兩個不同實驗組別在運動過後休息的7至13個小時，受試者的休息代謝率(RMR)提升了11.1%，因此認為EPOC代表了RMR的上升情況，原本起初認為運動不只要攝氧，能量也是會慢慢消耗，(Passmore & Johnson 1960)發現三名受試者以每小時6.4公里速度走16公里的路，而且在運動後7個小時RMR提升了15%，而且(deVries & Gray 1963)在有氧運動也發現了運動後有高攝氧量的情況，在一個小時的混合有氧運動之後的六個小時，RMR提升了10%。(Edwards et al., 1935)研究在經過兩個小時的足球比賽之後的15個小時，身體的休息代謝提升了25%。以上皆是有關EPOC的概念，但是這些學者的研究並沒有非常明確的界定運動時間和運動的持續時間為何？只提供了部分的資訊來描述控制組的情況，也未說明受試者的個人因素及生理數值、條件，因為會影響RMR的高低，包括了有主要運動中的特定內容、所攝取的食物(咖啡因、茶鹼)、受測溫度的控制以及個人的心理因素等等，在之前的研究幾乎都沒有考量進去，導致早期的學者們對於EPOC本身無法有很深入的了解。

後來，有更多的控制個人因素的研究已經完成，使得近期幾年對於EPOC有更深入的探討。有一些研究已經證實，EPOC有可能會持續幾個小時，(Gore et al., & Bahr et al., 1990 / 1993)，但是也有其他研究得出結論認為，EPOC只行使了短暫的時間或是沒有 (Elliot & Hagberg, 1988/1980)。這些產生矛盾的結果，如果考慮到運動強度和持續時間，或許就可以有個明確的EPOC理論，但若另外考慮性別和不同的運動模式，例如無氧和有氧，這些因素也是有可能會導致EPOC

上的不同。

第五節 評估能量消耗的方法

水分子同位素標定法(doubly labeled water, DLW)由 Schoeller & Van Santen於1982年第一次發表，它不受限於實驗室或室外活動，讓受試者可以自由活動，測試時間短期四天，長期可達二十天之久，受試者僅需喝下DLW，並收集其尿意或唾液，即可收集到能量消耗的數據，由於氧氣在體內與能源物質結合後，會生成水與二氧化碳，而氫離子僅存在於水中。因此透過水分子的同位素標定，可用來回推能量消耗的情形。此技術(Schoeller & Fjeld, 1991)用來評估耗氧量之方法被認為是評估日常身體活動基本能量消耗最精確的方法(Cooper, 2003)，至於缺點則是成本相當昂貴，實在不適用於大樣本的研究。

Megan, N. & Hawkins(2007)等人找了52名受試者(36名男性，16名女性)從事三個階段的增強式測驗。此方法應用Haldane原理(無氮參與的代謝過程)，使用大型氣袋收集受試者呼出之氣體，之後分析袋內氧氣與二氧化碳之濃度，和測量袋內氣量，而計算出最大攝氧量(VO_2)和二氧化碳產生量(VCO_2 max)，再用適當之換算方法而求得能量消耗(Kcal)，研究結果發現在 VO_2 max(63.3 ± 6.3 ml/kg/min；平均值 $\pm$ 標準差) VO_2 max與高原期(62.9 ± 6.2 ， $N=156$ ； p 值0.77)在統計數據結果出來之後是沒有區別的。這些數據對於Megan, N. & Hawkins等人的假設提供強而有力的支持，的確最大攝氧量的出現時機是在最大運動強度下，並且伴隨著高原期之後的一個峰值。

Treuth, Margarita, Anne, Adolph, & Nancy 等人在 1988 年提出以能量消耗的方法來預測兒童心跳率使用的工具，此工具屬於加速規的一種。研究目的是以 20 名兒童的心跳率來預測 24 小時能量消耗，測量期間包括休息，睡眠，運動，兒童身體活動的監測是在腿上裝上加速規。實驗地點在兒童營養研究中心，上午 8:00 開始進行實驗。第一步程序為兒童接受 $VO_2\max$ 實驗，之後在吃早餐，然後完成了人體組成的評估。接下來是說明如何操作實驗室(room respiration calorimetry)裡所有必須用到的設備(對講機，電視/錄像機等)接著進入生理實驗室(監測熱量的喪失)(3.5 小時後完成 $VO_2\text{peak}$ 實驗)。兒童們在實驗室必須聽從觀測者的指示包含運動和睡覺，24 小時之後於第二天早上，測量其基礎代謝率(BMR)受試者離開實驗室後，還必須戴上 POLAR 錶進行 24 小時的監測，由家裡發出訊號至實驗室，於三週後再返回實驗室，估計測得知總熱量為 7,41061,326 千焦耳/天。

第參章 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。全章共分為六節，依序為第一節研究架構；第二節研究流程；第三節實驗對象與實驗時間及地點；第四節實驗儀器；第五節實驗流程與步驟；第六節資料處理與分析，茲分述如下：

第一節 研究架構

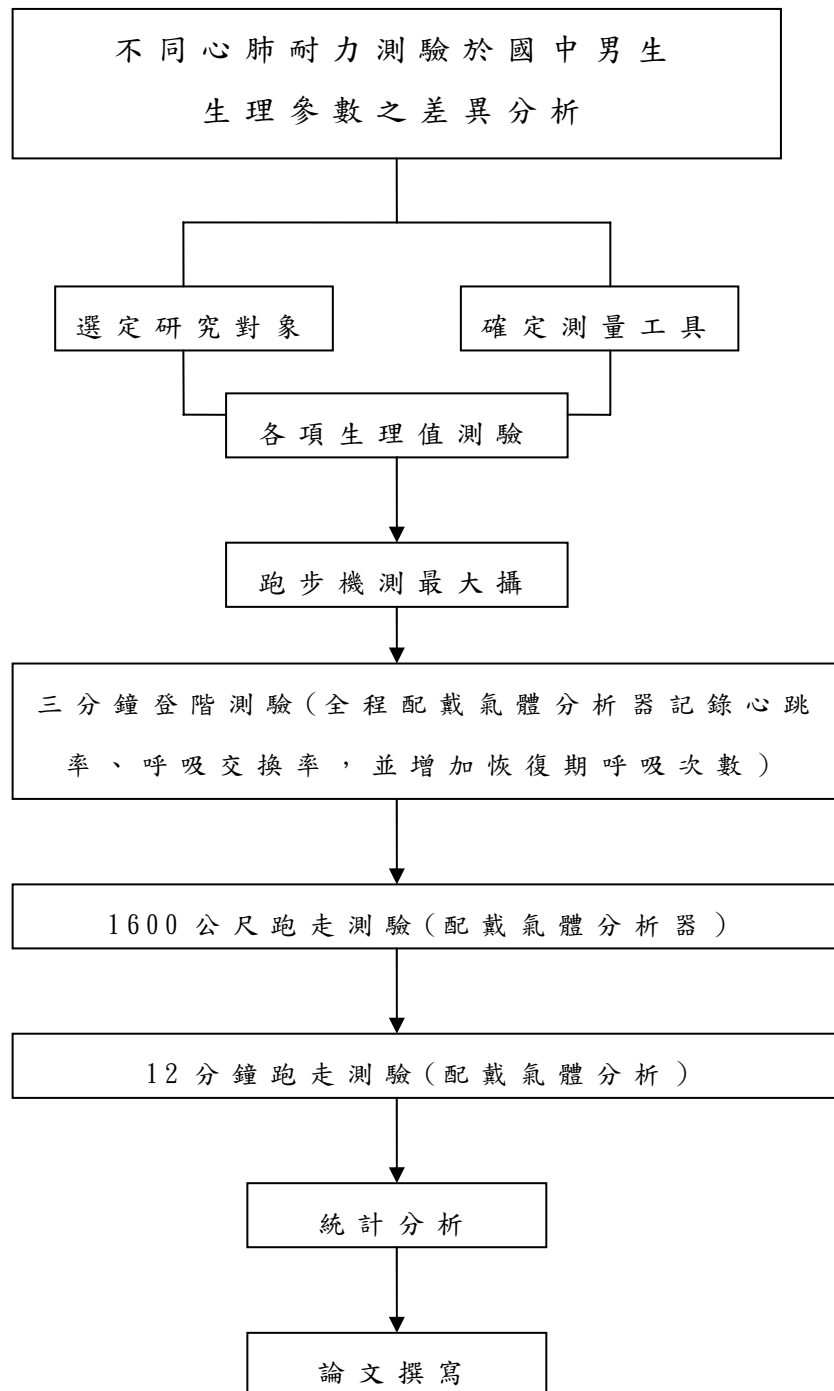


圖 3-1 研究架構圖

第二節 研究步驟

本研究之研究步驟如下圖所示：

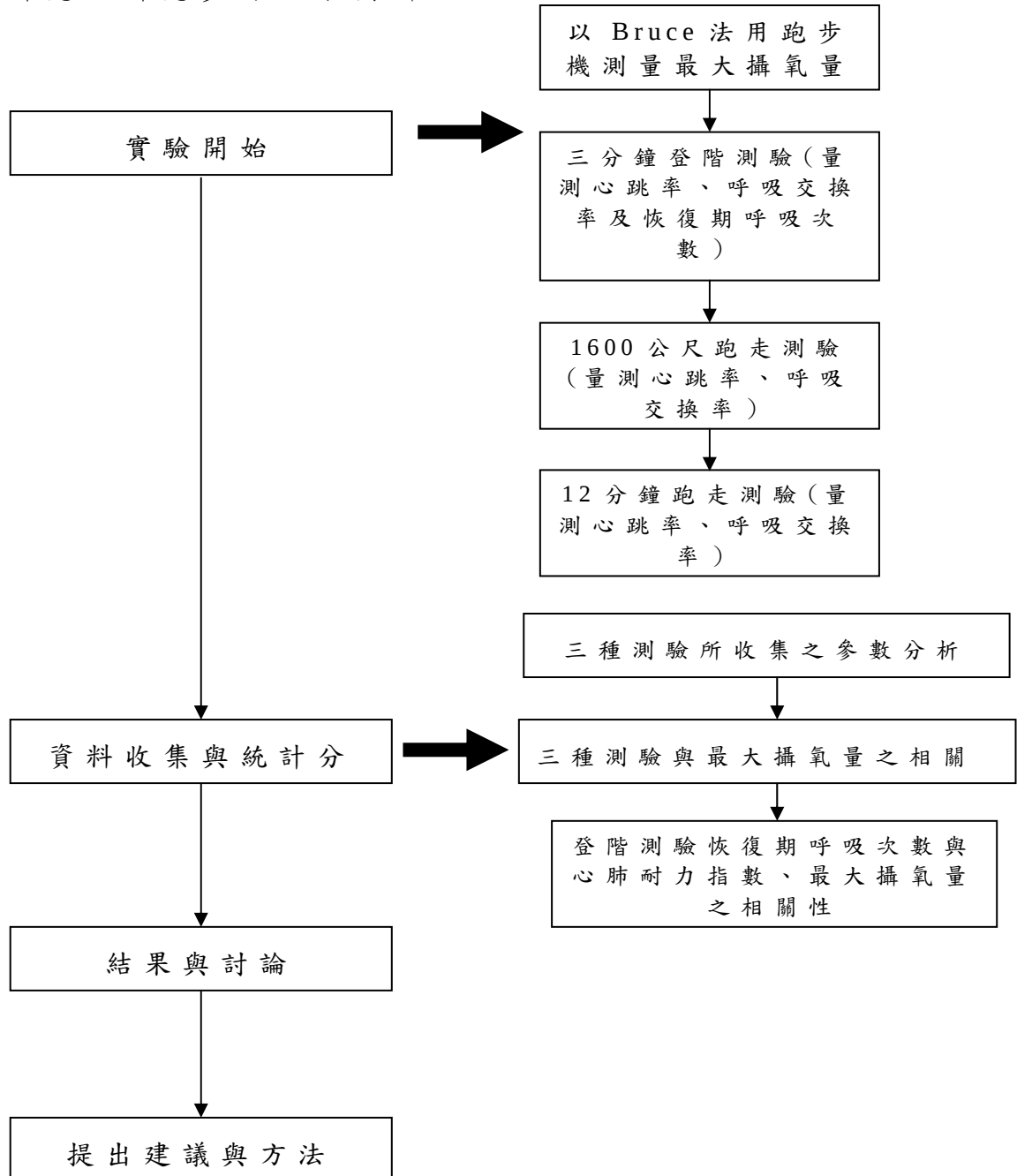


圖 3-2 研究步驟流程圖

第三節 實驗對象與實驗時間及地點

- 壹、實驗對象：本研究以台中市國中學生為研究對象，採隨機抽樣共7名男學生為受試者，年齡為13~15歲，且受試前三個月內無骨科及關節病史。
- 貳、實驗前研究期間：中華民國98年1月至98年11月。
- 參、正式實驗時間：中華民國99年1月至99年6月。
- 肆、實驗地點：國立台灣體育學院體育場。

第四節 實驗儀器與設備

本研究所需要的實驗儀器與設備，包含測量部份及資料處理部份：

壹、實驗器材：

一.Cortex Metamax 3B 可攜式氣體分析器組件



專用筆電



面罩模組



主機系統



無線裝置模組



Polar心跳錶

圖 3-3 氣體分析器

二.跑步機

三.碼錶

四.心電圖

五.酒精、棉花

六.35公分高之木箱

七.節拍器

貳、資料處理部份：

使用 SPSS for 12.0 版統計分析軟體。

第五節 實驗流程與步驟

本研究進行以Bruce法在跑步機上測量最大攝氧量、1600公尺跑走測驗、12分鐘跑走測驗、以及三分鐘登階測驗四種測驗，實驗之時間進度均事先與實驗對象進行協調並取得同意後，再制訂時間並通知地點，並按時進行測量。

壹、實驗前向7名受試者說明檢測之方法以及注意事項。

貳、建立受試者基本資料並記錄受試者年齡、聯絡方式與緊急聯絡人，並測量身高、體重以便量測BMI值。

參、填寫健康狀況調查表並要求受試者據實回答調查表內容，以瞭解受試者過去有無不利參加實驗之相關病史。並幫助受試者瞭解自己的身體健康狀況，同時提供測驗人員在實驗之前，是否有需要建議受試者做更進一步的健康檢查。

肆、實驗地點於國立台灣體育學院體育場。

伍、研究測量步驟流程如下：

一、本研究以台中市某國中八年級之男同學，採隨機抽樣共7名，範圍為13~15歲，心肺能力為1600公尺測驗成績在教育部體適能常模水準為銅牌以上之同學，且受試前三個月內無骨科及關節病史。

二、實驗開始前先集合實驗參加者，說明實驗流程及注意事項，並取得受試者之實驗同意書。

三、最大攝氧量測驗步驟：

(一)最大攝氧量的測試方法採用在原地跑步機上以Bruce測驗方法進行測試。

(二)全程監控心跳率與呼氣中氧與二氧化碳量之變化。

(三)最大攝氧量之判定：

- 1.呼吸交換率(respiratory exchange ratio) ≥ 1.0 。
- 2.心跳率在最大預測值的10次/分上下。
- 3.每分換氣量高於100升/分。
- 4.主觀的疲勞、衰竭和無法繼續運動測驗。



圖 3-4 跑步機測最大攝氧量施測圖

四、登階測驗步驟：

- (一)測驗開始前先幫受試者戴上心跳監控器(Polar)及MetaMax 3B氣體分析器。
- (二)在登階之木箱上，做上上下下一次四拍的登階測驗，測驗階高固定為35公分、節拍器頻率固定為96拍/分，以四拍上下階梯為一次，運動持續時間為三分鐘。
- (三)受試者隨節拍器速度，連續上上下下登階三分鐘，三分鐘終了時，聽到『停』口令時，應立刻停止動作並在恢復期

採坐式恢復。

(四)施測者以 Polar 監測受試者之運動後最高心跳率(HR0)，並開始測量恢復期心跳數，先休息一分鐘後，開始量測驗恢復心跳數一分~一分三十秒(HR1)、二分~二分三十秒(HR2)、三分~三分三十秒(HR3)，三個恢復期的脈搏數帶入公式求出心肺耐力指數(心肺耐力指數=運動持續時間× $100/2(HR1+HR2+HR3)$)，並且全程監控 HR、 VO_2 、 VCO_2 以及呼吸次數的變化情形。

(五)若上下台階的節拍慢了三次以上，或無法完成三分鐘的登階測驗時，應馬上停止並紀錄其運動時間。



圖 3-5 三分鐘登階測驗施測圖

五、1600公尺跑走測驗步驟：

- (一)測驗開始前先幫受試者戴上心跳監控器(Polar)及MetaMax 3B氣體分析器。
- (二)發令員喊『預備-鳴槍』，受試者採站立式出發，計時員同時按下錶。
- (三)在400公尺的操場1600公尺跑走為四圈，受試者通過終點線的同時，按下碼錶並紀錄所耗費的時間，耗費時間以秒計。
- (四)全程監控心跳率、呼吸交換率的變化情形。

六、12分鐘跑走測驗步驟：

- (一)測驗開始前先幫受試者戴上心跳監控器(Polar)及MetaMax 3B氣體分析器。
- (二)發令員喊『預備-鳴槍』，受試者採站立式出發，計時員同時按下錶。
- (三)12分鐘跑走測驗不限距離，在400公尺的跑道上劃分8個區塊，每50公尺為一區塊，當時間到，受試者聞『停』之口令時，紀錄所跑的距離，距離以公尺計。
- (四)全程監控心跳率、呼吸交換率的變化情形。

陸、信度與效度：

為求實驗之信度，學生們在跑步機上接受最大攝氧量之測試、三分鐘登階測驗、1600公尺跑走以及12分鐘跑走測驗，皆採隔週依相同方式實施再測；而三分鐘登階測驗與1600公尺跑走測驗為目前教育部、體委會皆採用之心肺耐力指數評定方法，故本研究以目前教育部體適能網站所頒佈之體適能常模為效標。

第六節 資料處理與分析

本篇研究之統計方法以實驗所測得之每分鐘心跳率、呼吸次數及二氧化碳比例(呼吸交換率)、登階測驗的心肺耐力指數與恢復期呼吸次數、1600公尺跑走成績、12分鐘跑走成績等相關參數，使用 SPSS 12.0 中文版統計套裝軟體進行統計分析，分述如下：

壹、以皮爾森積差相關法(Pearson product-moment correlation)分析三分鐘登階測驗所得之心肺耐力指數、1600公尺跑走測驗成績、12分鐘跑走測驗成績分別與最大攝氧量的相關性，並且測量登階測驗恢復期呼吸次數與測得之心肺耐力指數及最大攝氧量的相關性，再分別以重複量數 t 檢定(Student's t-test)考驗其相關係數的差異。

貳、以單因子變異數分析三分鐘登階測驗、1600公尺跑走測驗、12分鐘跑走測驗及跑步機測最大攝氧量測驗中所有時期的各項生理數值，並做事後比較。

參、以多元迴歸分析(multiple regression)建立國中男生體適能心肺耐力測驗成績預測最大攝氧量之迴歸公式。以最大攝氧量為依變相，身體組成 BMI 值、性別、年齡、及心肺耐力測驗成績(三分鐘登階測驗所得之心肺耐力指數、1600公尺跑走測驗成績、12分鐘跑走測驗成績)為自變相，進行迴歸分析。

肆、本研究所有統計值的顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

第四章 結果

本研究以國中二年級男生七名為受試者，分別接受三分鐘登階測驗、12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗等三種心肺耐力測驗，藉以探討不同測量模式之結果與跑步機測最大攝氧量及心肺耐力指數之差異。內容敘述共分為四小節，第一節為研究對象之基本資料分析，第二節為不同心肺功能測驗之心跳率、呼吸交換率運動中與恢復期前後差異比較，第三節為不同心肺功能測驗整體各項生理數值之相關，第四節為最佳預測最大攝氧量之指標。

第一節 研究對象之基本資料分析

此次接受實驗之受試者為就讀台中市立光明國中之國中二年級學生共七位，體適能成績為心肺耐力測驗成績在教育部分佈之體適能常模中銅牌水準之上的男同學，無校隊訓練但平時皆有良好之運動習慣，利用假日時間至光明國中學校操場進行測驗，基本生理條件如表 4-1，以平均數±標準差表示：

表 4-1 受試者基本資料

	平均數	標準差	變異數
身高	168.11	1.91	3.67
年齡	14.00	0	0
體重	54.86	4.56	20.81
BMI	19.46	1.83	3.36
安靜心跳率	90.86	6.52	42.48
安靜攝氧量	3.36	0.76	0.57

七位受試者在無外力干擾的狀況下，在最大攝氧量實驗後兩小時坐在椅子上休息一小時，所測得平均安靜攝氧量為 $3.36 \pm 0.76 \text{ ml/kg/min}$ 、平均安靜心跳率為 $90.86 \pm 6.52 \text{ bpm}$ ，以平均數 $\pm$ 標準差呈現，如表 4-1。此外，每位受試者皆穿戴氣體分析儀器於國立台灣體育學院生理學實驗室二樓運科中心進行最大攝氧量之測試，測試方法為 Bruce 法，受試者均在跑步機跑到體力衰竭的情況下停止運動，所測得受試者的最大攝氧量平均為 $37.63 \pm 4.64 \text{ ml/kg/min}$ ，心肺耐力指數為 48.79 ± 4.63 ，登階三次恢復期加總之呼吸次數為 39.29 ± 9.69 次，12 分鐘跑走測驗成績為 1957.14 ± 182 公尺，1600 公尺跑走成績為 504.29 ± 31.22 秒，如表 4-2 所示，皆以平均數 $\pm$ 標準差呈現：

表 4-2 受試者測驗成績

	心肺耐力指數	登階三次恢復期呼吸次數	12 分鐘跑走成績(m)	1600 公尺跑走成績(s)	最大攝氧量
平均數	48.79	39.29	1957.14	504.29	37.63
標準差	4.63	9.69	182.00	31.22	4.64
變異數	21.43	93.90	33123.81	974.57	21.52

受試者接受四項心肺耐力測驗所測得之運動時間，12 分鐘跑走測驗為 720 ± 0 秒，1600 公尺跑走測驗為 504.29 ± 31.22 秒，跑步機測最大攝氧量時間為 893.43 ± 163.53 秒，三分鐘登階測驗為 180 ± 0 秒，如下表 4-3 所示：

表 4-3 四種心肺耐力測驗之運動時間

	12 分鐘跑走測驗(s)	1600 公尺跑走測驗(s)	跑步機測驗(s)	登階測驗(s)
平均數	720.00	504.29	893.43	180.00
標準差	0.00	31.22	163.53	0.00
變異數	0.00	974.57	26741.95	0.00

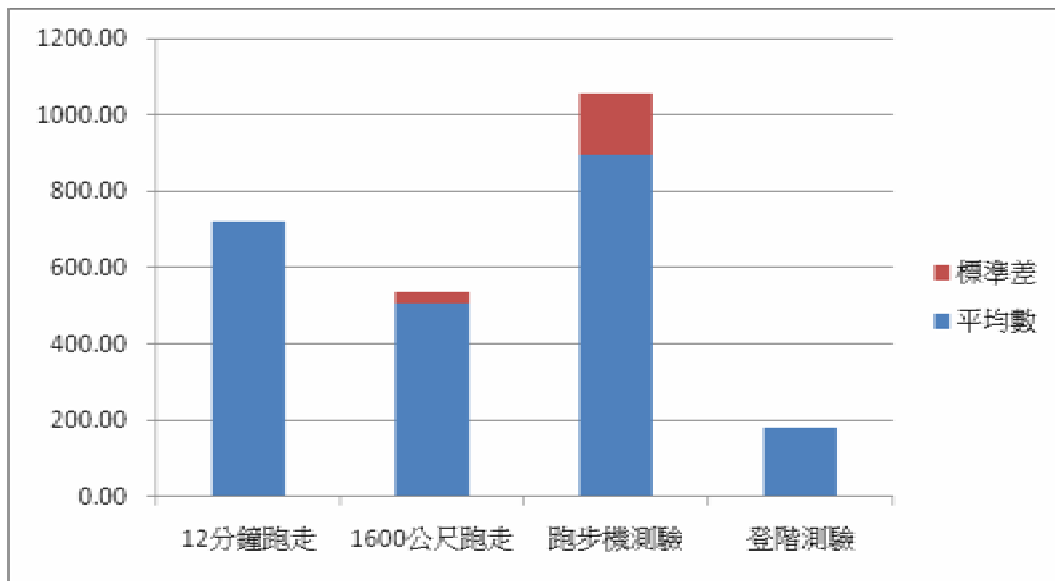


圖 4-1 四種心肺耐力測驗運動時間資料

第二節 不同心肺功能測驗之心跳率、呼吸交換率運動中與恢復期前後差異比較

壹、不同測驗呼吸交換率在測驗中與恢復期之比較

受測者配戴氣體分析器在室外溫度攝氏 22~26 度的環境下進行測試，由測試開始至測驗後 90 分鐘，為完整測試時間，測試者配戴分析器中間不間斷，完整記錄各項生理數值，包含能量消耗、呼吸交換率、心跳率、心跳數等，進行三分鐘登階測驗、1600 公尺跑走測驗、12 分鐘跑走測驗與跑步機測最大攝氧量之測驗中與恢復期的呼吸交換率，以成對樣本 t 檢定考驗，研究結果顯示，除登階測驗之測驗中與恢復期呼吸交換率未達顯著外，其餘三項測驗前後比較皆有顯著差異，如下表 4-4 所示：

表 4-4 不同測驗呼吸交換率在測驗中與恢復期之比較

種 類		測 驗 中	恢 復 期	<i>t</i>	<i>p</i>
登 階 測 驗	平 均 數	1.16	1.04	1.80	0.11
	標 準 差	0.23	0.08		
1600 公 尺 跑 走	平 均 數	1.56	1.06	3.26*	0.02
	標 準 差	0.36	0.14		
12 分 鐘 跑 走	平 均 數	1.56	1.10	4.63*	0.00
	標 準 差	0.30	0.09		
跑 步 機 測 驗	平 均 數	1.43	1.15	7.90*	0.00
	標 準 差	0.10	0.16		

註： $p < .05$

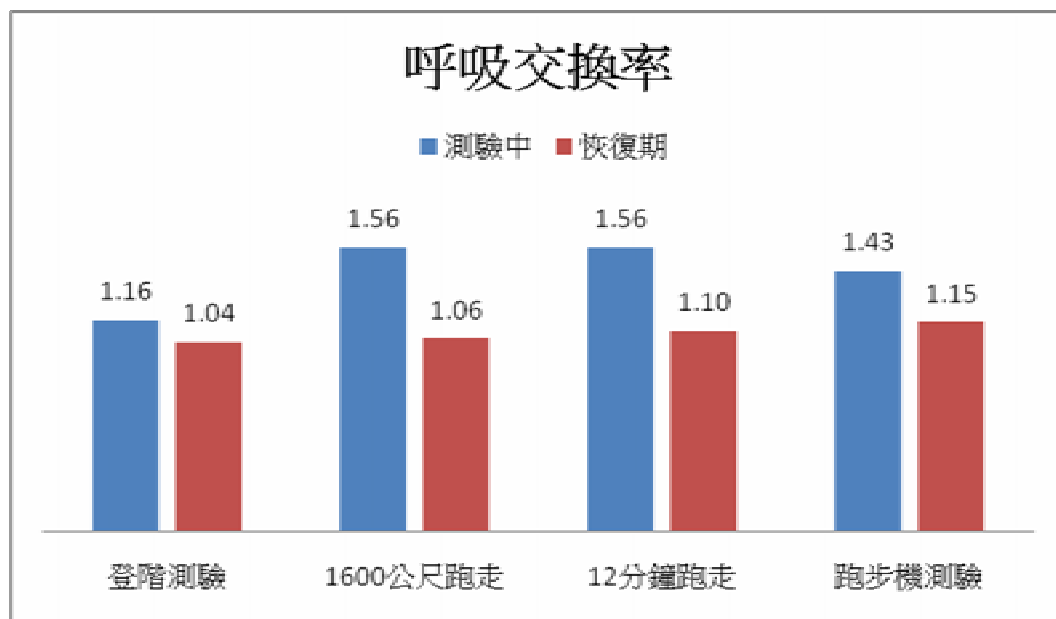


圖 4-2 不同測驗呼吸交換率在測驗中與恢復期之比較

貳、不同測驗心跳率在測驗中與恢復期之比較

三分鐘登階測驗、1600公尺跑走測驗、12分鐘跑走測驗與跑步機測最大攝氧量之測驗中與恢復期之心跳率進行前後比較，研究結果顯示四項測驗測驗中與恢復期之心跳率皆有顯著差異，如下表 4-5 所示：

表 4-5 不同測驗心跳率在測驗中與恢復期之比較

種 類		測 驗 中	恢 復 期	<i>t</i>	<i>p</i>
登階測驗	平均數	159.18	103.62	17.23*	0.00
	標準差	6.31	9.7		
1600公尺跑走	平均數	185.06	118.69	24.13*	0.00
	標準差	21.08	18.15		
12分鐘跑走	平均數	184.47	113.01	22.12*	0.00
	標準差	9.55	10.35		
跑步機測驗	平均數	169.55	112.49	21.89*	0.00
	標準差	14.14	8.81		

註： $p < .05$

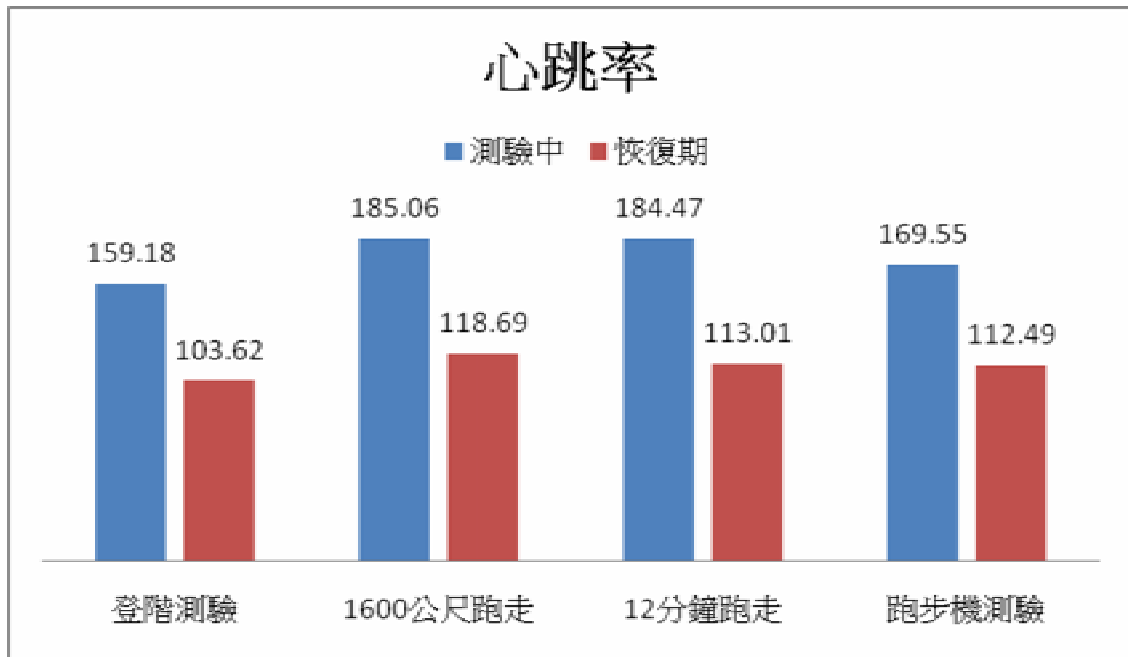


圖 4-3 不同測驗心跳數在測驗中與恢復期之比較

參、各項測驗運動中與恢復期之呼吸次數

受試者配戴氣體分析器，全程記錄 12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗、跑步機測驗與登階測驗運動中及運動後 90 分鐘內之呼吸次數，所測得之各項數值如表 4-6 所示：

表 4-6 各項測驗運動中與恢復期之呼吸次數

時期		平均數	標準差	變異數
運動中	12 分鐘跑走	581.57	98.02	9607.29
	1600 公尺跑走	489.14	90.85	8253.81
	跑步機測驗	554.57	92.20	8500.62
	登階測驗	113.29	15.78	248.90
恢復期	12 分鐘跑走	1606.71	433.15	187621.57
	1600 公尺跑走	1802.00	391.35	153152.67
	跑步機測驗	1889.14	289.11	83583.48
	登階測驗	1640.14	415.93	172994.48
	登階測驗三次	39.29	9.69	93.90
	恢復期加總			
總呼吸次數	12 分鐘跑走	2188.29	503.09	253099.57
	1600 公尺跑走	2291.14	415.60	172723.48
	跑步機測驗	2443.71	296.54	87937.57
	登階測驗	1753.43	424.01	179786.29

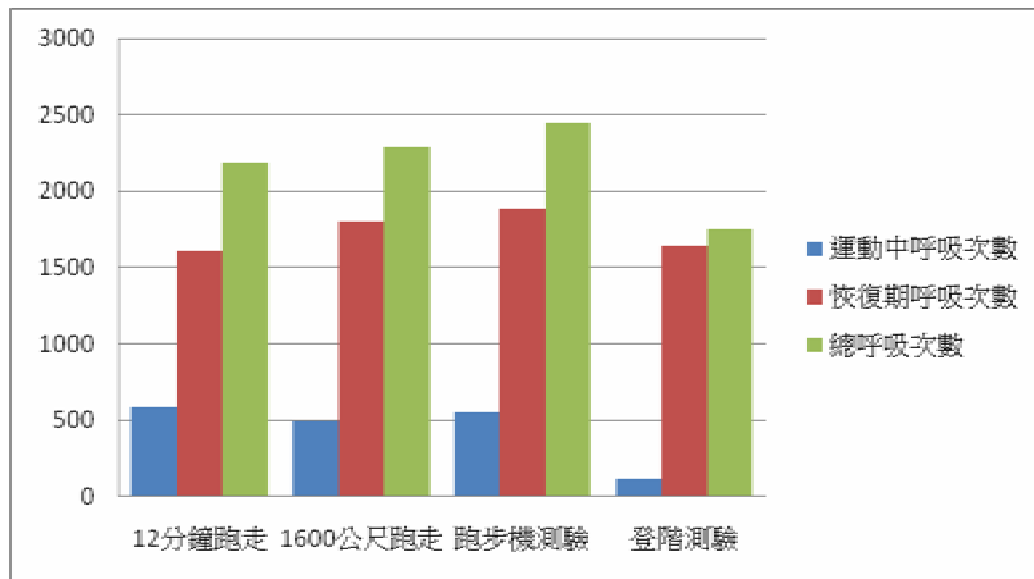


圖 4-4 各項測驗運動中與恢復期之呼吸次數

肆、各項測驗運動中與恢復期之能量消耗

受試者配戴 Metamax 3B 氣體分析器，全程記錄 12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗、跑步機測驗與登階測驗運動中及運動後 90 分鐘內之能量消耗(kcal)，所測得之各項數值如表 4-7 所示：

表 4-7 各項測驗運動中與恢復期之能量消耗

能量消耗		平均數	標準差	變異數
運動中	12 分鐘跑走	481.76	78.05	6091.05
	1600 公尺跑走	473.98	134.81	18175.01
	跑步機測驗	468.12	54.47	2967.40
	登階測驗	83.83	18.11	328.10
恢復期	12 分鐘跑走	989.69	284.29	80818.94
	1600 公尺跑走	1164.89	163.88	26856.39
	跑步機測驗	790.60	236.66	56009.79
	登階測驗	830.41	90.20	8136.27
總能量消耗	12 分鐘跑走	1471.45	263.06	69200.09
	1600 公尺跑走	1638.87	269.94	72865.76
	跑步機測驗	1258.72	269.61	72688.84
	登階測驗	914.24	103.88	10790.51

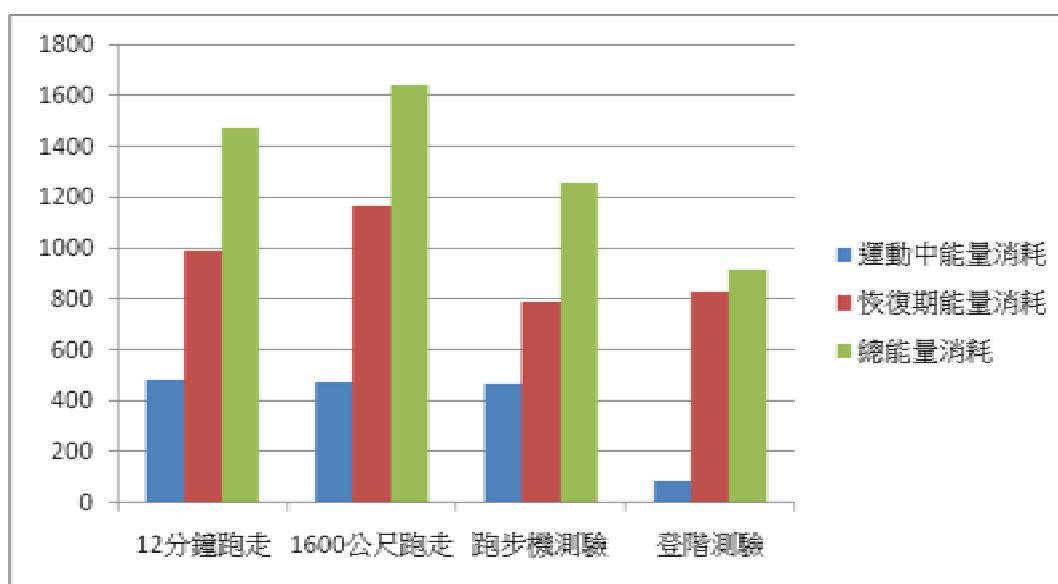


圖 4-5 各項測驗運動中與恢復期之能量消耗

伍、各項測驗運動中與恢復期之心跳數

受試者配戴 Metamax 3B 氣體分析器，全程記錄 12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗、跑步機測驗與登階測驗運動中及運動後恢復期 90 分鐘內之心跳數，所測得之各項數值如表 4-8 所示：

表 4-8 各項測驗運動中與恢復期之心跳數

心跳數		平均數	標準差	變異數
運動中	12 分鐘跑走	2213.57	114.62	13137.62
	1600 公尺跑走	1635.71	310.58	96458.57
	跑步機測驗	2445.14	599.33	359197.14
	登階測驗	477.71	18.90	357.24
恢復期	12 分鐘跑走	11955.71	873.21	762489.90
	1600 公尺跑走	13026.71	806.95	651171.90
	跑步機測驗	11065.57	850.97	724148.62
	登階測驗	10081.29	893.75	798785.57
總心跳數	12 分鐘跑走	14169.29	944.63	892317.90
	1600 公尺跑走	14662.43	940.03	883662.29
	跑步機測驗	13510.71	1322.40	1748742.57
	登階測驗	10559.00	903.95	817131.33

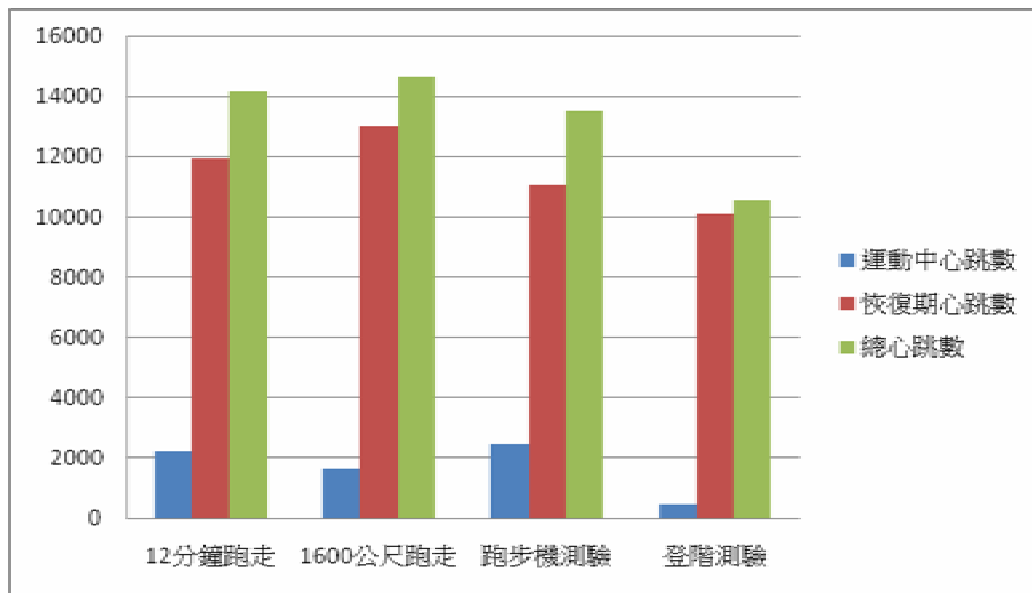


圖 4-6 各項測驗運動中與恢復期之心跳數

陸、不同測驗在運動中及恢復期心跳數、心跳率、能量消耗及呼吸交換率之變異數分析

各項生理數值比較除恢復期心跳率及運動中呼吸交換率無顯著外，其他各項皆達顯著，進行事後比較可知，登階測驗運動中之心跳率及運動中之呼吸交換率與 12 分鐘跑走測驗及 1600 公尺跑走測驗運動中之心跳率及呼吸交換率有顯著差異，運動中心跳數的比較上，除 12 分鐘跑走測驗與跑步機測最大攝氧量測驗無差異外，其他比較皆達顯著，恢復期心跳數方面，登階測驗與 12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗達顯著差異，1600 公尺測驗與跑步機測驗達顯著差異，總心跳數方面，僅登階測驗與 12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗、跑步機測驗皆達顯著差異，運動能量消耗比較上，登階測驗與 12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗、跑步機測驗皆達顯著差異，恢復期能量消耗方面，1600 公尺跑走測

驗與跑步機測驗、登階測驗達顯著差異，總能量消耗方面，登階測驗與12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗達顯著差異，1600公尺測驗與跑步機測驗達顯著差異，四項測驗在運動時間方面，各項之間皆有顯著差異，相關資料如表4-9所示：

表4-9 不同測驗在運動中及恢復期心跳數、心跳率、能量消耗及呼吸交換率變異數分析摘要表

		平方和	自由 度	平均平方和	F 檢定	顯著性	事後 比較
運動中心 心跳率	組間	3288.65	3	1096.22	5.66	0.00**	(1)>(4)
	組內	4652.34	24	193.85			(2)>(4)
	總和	7940.99	27				
恢復期 心跳率	組間	813.27	3	271.09	1.78	0.18	
	組內	3649.18	24	152.05			
	總和	4462.45	27				
運動中 呼吸交 換率	組間	0.75	3	0.25	3.48	0.03*	(1)>(4)
	組內	1.72	24	0.07			(2)>(4)
	總和	2.47	27				
恢復期 呼吸交 換率	組間	0.04	3	0.01	0.96	0.43	
	組內	0.36	24	0.02			
	總和	0.40	27				
運動中 心跳數	組間	16218401.54	3	5406133.85	46.09	0.00**	(1)>(2)
	組內	2814903.43	24	117287.64			(1)>(4) (2)>(3)
	總和						

							(2)>(4)
	總和	19033304.96	27				(3)>(4)
恢復期 心跳數	組間	33150822.11	3	11050274.04	15.05	0.00**	(1)>(4)
	組內	17619576.00	24	734149.00			(2)>(3)
	總和	50770398.11	27				(2)>(4)
總心跳 數	組間	71029451.86	3	23676483.95	21.81	0.00**	(1)>(4)
	組內	26051124.57	24	1085463.52			(2)>(4)
	總和	97080576.43	27				(3)>(4)
運動中 能量消 耗	組間	802436.78	3	267478.93	38.82	0.00**	(1)>(4)
	組內	165369.31	24	6890.39			(2)>(4)
	總和	967806.08	27				(3)>(4)
恢復期 能量消 耗	組間	611179.83	3	203726.61	4.74	0.01*	(2)>(3)
	組內	1030928.34	24	42955.35			(2)>(4)
	總和	1642108.17	27				
總能量 消耗	組間	2051064.90	3	683688.30	12.13	0.00**	(1)>(4)
	組內	1353271.18	24	56386.30			(2)>(3)
	總和	3404336.09	27				(2)>(4)
運動時 間	組間	1984121.71	3	661373.90	95.45	0.00**	(3)>(1)>
	組內	166299.14	24	6929.13			(2)>(4)
	總和	2150420.86	27				

註：* $p<.05$ ，** $p<.01$ ；(1)12分鐘跑走測驗(2)1600公尺跑走測驗(3)跑步機測驗(4)登階測驗

柒、不同各項測驗 EPOC1、EPOC2、EPOC3 數值

七位受試者在四項心肺測驗後，至實驗室進行 EPOC 之量測，以測驗後半小時所測得之數值設為 EPOC1，半小時至一小時所測得之數值設為 EPOC2，一小時至一個半小時所測得之數值設為 EPOC3，所得 12 分鐘跑走測驗的 EPOC1 數值為 $2.22 \pm 1.05 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC2 的數值為 $0.85 \pm 0.62 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC3 的數值為 $0.52 \pm 0.63 \text{ml/kg/min}$ ，1600 公尺跑走測驗的 EPOC1 數值為 $5.26 \pm 2.14 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC2 的數值為 $2.321 \pm 1.15 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC3 的數值為 $1.27 \pm 1.19 \text{ml/kg/min}$ ，跑步機測最大攝氧量所測得之 EPOC1 數值為 $4.13 \pm 1.27 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC2 的數值為 $1.05 \pm 0.58 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC3 的數值為 $0.45 \pm 0.54 \text{ml/kg/min}$ ，登階測驗所測得之 EPOC1 數值為 $2.06 \pm 1.26 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC2 的數值為 $0.88 \pm 1.27 \text{ml/kg/min}$ ，EPOC3 的數值為 $0.72 \pm 1.24 \text{ml/kg/min}$ ，如下表 4-10 所示：

表 4-10 各項測驗 EPOC1、EPOC2、EPOC3 之資料

		EPOC1	EPOC2	EPOC3
12 分鐘跑走測驗	平均值	2.22	0.85	0.52
	標準差	1.05	0.62	0.63
1600 公尺跑走測驗	平均值	5.26	2.32	1.27
	標準差	2.14	1.15	1.19
跑步機最大攝氧測驗	平均值	4.13	1.05	0.45
	標準差	1.27	0.58	0.54
登階測驗	平均值	2.06	0.88	0.72
	標準差	1.26	1.27	1.24

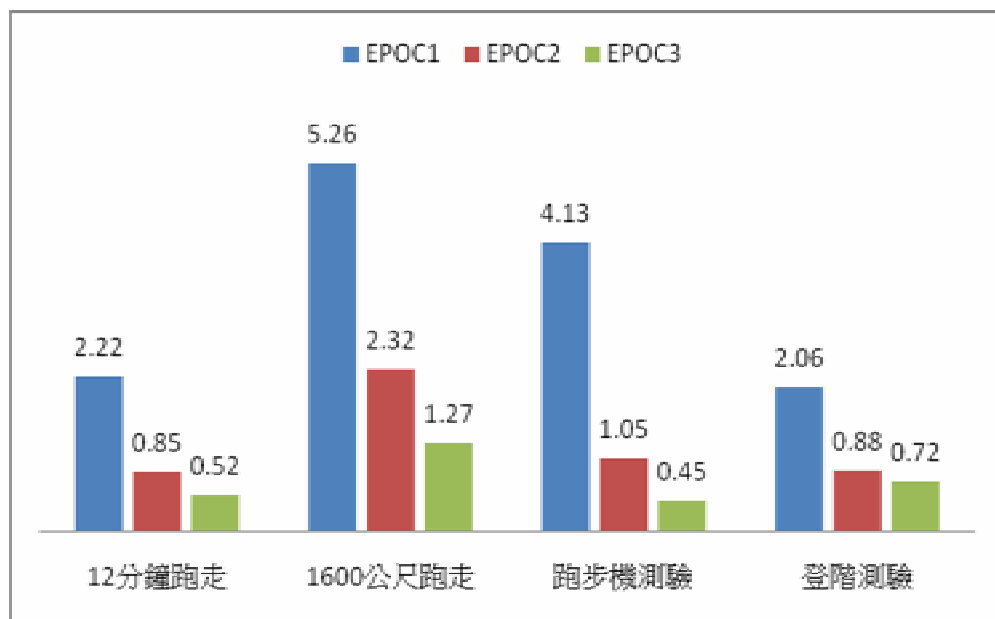


圖 4-7 四種測驗 EPOC1、EPOC2、EPOC3 比較圖

捌、不同測驗 EPOC1、EPOC2、EPOC3 之變異數分析

如表 4-11 所示，1600 公尺跑走與 12 分鐘跑走、登階測驗在 EPOC1、EPOC2、總 EPOC 的比較上皆有顯著差異，EPOC3 的比較上，各項測驗皆未達顯著，而跑步機測驗在各項 EPOC 的比較上則與另三項測驗皆無顯著差異。

表 4-11 不同組別 EPOC 的變異數分析摘要表

		平方和	自由 度	平均平 方和	F 檢定	顯著性	事後比較
EPOC1	組間	50.32	3	16.77	7.57	0.00	(2)>(1)
	組內	53.18	24	2.22			(2)>(4)
	總和	103.50	27				
EPOC2	組間	10.35	3	3.45	3.68	0.03	(2)>(1)
	組內	22.52	24	0.94			(2)>(4)
	總和	32.88	27				
EPOC3	組間	2.91	3	0.97	1.10	0.37	
	組內	21.24	24	0.89			
	總和	24.16	27				
總 EPOC	組間	127.96	3	42.65	4.61	0.01	(2)>(1)
	組內	221.98	24	9.25			(2)>(4)
	總和	349.94	27				

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ；(1)12 分鐘跑走測驗(2)1600 公尺跑走測驗(3)跑步機測驗(4)登階測驗

第三節 不同心肺功能測驗整體各項生理數值之相關

本節將國內各類用於檢測心肺耐力之測驗所得之數值與最大攝氧量及BMI值做相關比較，各項測驗數值包括1600公尺跑走測驗、12分鐘跑走測驗、心肺耐力指數、登階測驗三次恢復期加總之呼吸次數、登階測驗之運動能量消耗以及跑步機測最大攝氧量之EPC1、EPOC2、EPOC3。七位受試者之心肺耐力指數為 48.79 ± 4.63 ，登階三次恢復期呼吸次數總和為 39.29 ± 9.69 次，運動能量消耗為 303.82 ± 126.12 kcal，12分鐘跑走測驗成績為 1957.14 ± 182.00 公尺，1600公尺跑走成績為 504 ± 31.22 秒，最大攝氧量為 42.58 ± 6.35 ml/kg/min，EPOC1為 4.13 ± 1.27 ml/kg/min，EPOC2為 1.05 ± 0.58 ml/kg/min，EPOC3為 0.45 ± 0.54 ml/kg/min，BMI值為 19.46 ± 1.83 ，如表4-12：

表 4-12 不同測驗及整體各項生理數值資料

	心肺耐力指數	呼吸次數	運動能量消耗	12分鐘成績	1600公尺跑走成績		
平均數	48.79	39.29	303.82	1957.14	504.29		
標準差	4.63	9.69	126.12	182.01	31.22		
變異數	21.43	93.9	15905.79	33123.81	974.57		
	VO ₂ max	EPOC1	EPOC2	EPOC3	總 EPOC	BMI	
平均數	37.63	4.13	1.05	0.45	5.63	19.46	
標準差	4.64	1.27	0.58	0.54	2.14	1.83	
變異數	21.52	1.63	0.34	0.29	4.59	3.36	

經相關矩陣結果發現受試者的最大攝氧量與1600公尺跑走測驗、EPOC1成績有顯著相關($r=-.887$ 、 $r=-.797$)，12分鐘跑走測驗與登階三次恢復期加總呼吸次數有顯著相關($r=.827$)，EPOC3與登階運動能量消耗、EPOC2有顯著相關($r=.902$ 、 $r=.783$)，總EPOC與最大攝氧量、EPOC1、EPOC2、EPOC3皆有顯著相關($r=-.816$ 、 $r=.934$ 、 $r=.889$ 、 $r=.811$)，BMI指數與其他參數皆無顯著相關，結果如表4-13所示：

表 4-13 不同測驗及整體各項生理數值之相關

	心肺耐力指數	登階恢復期呼吸次數	登階運動能量消耗	12分鐘跑走成績	1600公尺成績	最大攝氧量	EPOC1	EPOC2	EPOC3	總EPOC	BMI
心肺耐力指數	1	-.635	-.317	-.720	-.215	.031	-.208	.293	.145	-.008	.643
登階呼吸次數		1	-.251	.827*	.617	-.366	.402	-.242	-.222	.118	-.597
登階運動能量消耗			1	-.598	.574	.301	.294	.523	.902**	.542	.513
12分鐘跑走成績				1	.306	.649	.099	-.438	-.237	-.142	-.471
1600公尺成績					1	-.887**	.631	.317	.550	.599	-.130
最大攝氧量						1	-.797*	-.617	-.694	-.816*	-.044
EPOC1							1	.708	.585	.934**	.211
EPOC2								1	.783*	.889**	.556
EPOC3									1	.811*	.544
總EPOC										1	.413
BMI											1

註：* $p<.05$ ，** $p<.01$

第四節 最佳預測最大攝氧量之指標

壹、以1600公尺測驗成績預測最大攝氧量

本研究先以最大攝氧量($VO_2\max$)為依變項，心肺耐力指數為自變項，以SPSS for Windows 12.0套裝統計軟體進行簡單迴歸分析，採用強迫進入法，結果得到迴歸公式如下：

$$Y = -0.132X_1 + 104.107$$

$$Y = VO_2\max(\text{ml/kg/min})(r = .887, r^2 = .787)$$

$$X_1 = 1600\text{公尺跑走測驗成績}$$

其1600公尺跑走測驗預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表如表4-14，迴歸分析圖表如圖4-8所示：

表 4-14 1600 公尺跑走測驗成績預測最大攝氧量之簡單迴歸
分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	r^2
迴歸	101.62	1.00	101.62	18.45	0.01*	0.787
殘差	27.53	5.00	5.51			
總和	129.15	6.00				

註：* $p < .05$

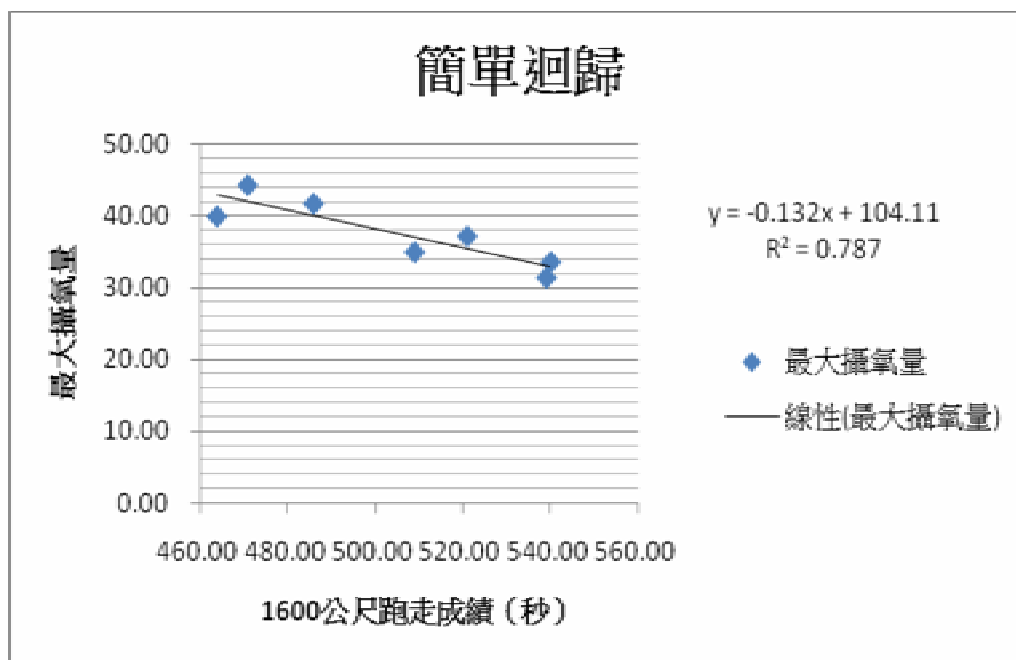


圖 4-8 1600 公尺跑走測驗成績預測最大攝氧量簡單迴歸分析圖

貳、以總 EPOC 預測最大攝氧量

本研究再以最大攝氧量 ($VO_2\max$) 為依變項，總 EPOC 為自變項，以 SPSS for Windows 12.0 套裝統計軟體進行簡單迴歸分析，採用強迫進入法，結果得到迴歸公式如下：

$$Y = -1.767X_1 + 47.579$$

$$Y = VO_2\max(\text{ml/kg/min})(r = .817, r^2 = .665)$$

$$X_1 = \text{總 EPOC}(\text{ml/kg/min})$$

以總 EPOC 預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表如表 4-15 所示，迴歸分析圖表如圖 4-9：

表 4-15 總 EPOC 預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表

變異 來源	平方和	自由度	平均平 方和	F 檢定	顯著性	r^2
迴歸	85.92	1	85.92	9.94	0.03*	0.665
殘差	43.23	5	8.65			
總和	129.15	6				

註：* $p < .05$

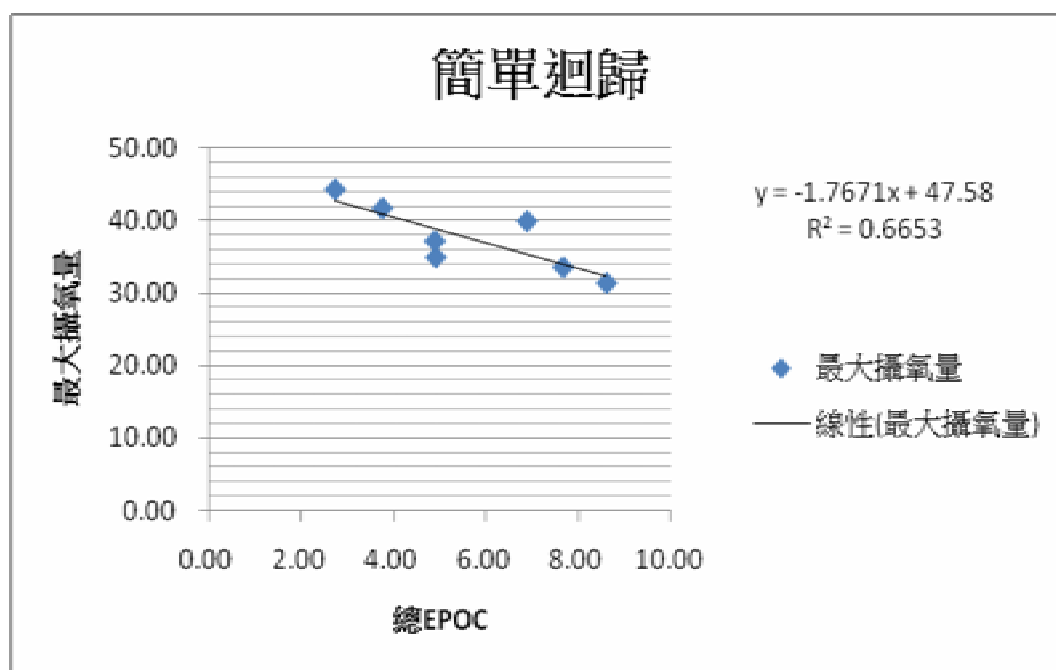


圖 4-9 總 EPOC 預測最大攝氧量簡單迴歸分析圖

參、以總 EPOC 數值與 EPOC1 數值預測最大攝氧量

本研究再以最大攝氧量($VO_2\max$)為依變項，總 EPOC 與 EPOC1 為自變項，以 SPSS for Windows 12.0 套裝統計軟體進行多元迴歸分析，採用強迫進入法，結果得到迴歸公式如下：

$$Y = -1.207X_1 - 1.007X_2 + 48.591$$

$$Y = VO_2\max(\text{ml/kg/min})(r = .822, r^2 = .675)$$

$$X_1 = \text{總 EPOC}(\text{ml/kg/min})$$

$$X_2 = \text{EPOC1}(\text{ml/kg/min})$$

以總 EPOC 與 EPOC1 數值預測最大攝氧量之多元迴歸分析摘要表如表 4-16 所示：

表 4-16 總 EPOC 與 EPOC1 數值預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	r^2
迴歸	87.18	2	43.59	4.16	0.04*	0.675
殘差	41.97	4	10.49			
總和	129.15	6				

註：* $p < .05$

以上面兩張表結果來做比較，發現預測最大攝氧量再加入EPOC1數值，的確會提高解釋變異程度從66.5%增加到67.5%，也就是說總EPOC數值加入EPOC1的數值的確會增加預測最大攝氧量的準確性。

肆、以總 EPOC 數值、EPOC1 數值與 1600 公尺成績預測最大攝氧量

本研究再以最大攝氧量($VO_2\max$)為依變項，總EPOC數值、EPOC1數值與1600公尺跑走測驗成績為自變項，以SPSS for Windows 12.0套裝統計軟體進行多元回歸分析，採用強迫進入法，結果得到回歸公式如下：

$$Y = -1.104X_1 + 0.278X_2 - 0.094X_3 + 89.906$$

$$Y = VO_2\max(\text{ml/kg/min})(r = .956, r^2 = .913)$$

$$X_1 = \text{總 EPOC}(\text{ml/kg/min})$$

$$X_2 = \text{EPOC1}(\text{ml/kg/min})$$

$$X_3 = 1600 \text{公尺跑走測驗成績}$$

以總EPOC數值、EPOC1數值與1600公尺跑走測驗成績預測最大攝氧量之多元迴歸分析摘要表如表4-17所示：

表 4-17 總 EPOC 與 EPOC1 數值預測最大攝氧量之簡單迴歸
分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	r ²
迴歸	117.97	3.00	39.32	10.55	0.04*	0.913
殘差	11.18	3.00	3.73			
總和	129.15	6.00				

註：* $p < .05$

以上面三張表結果來做比較，發現預測最大攝氧量加入總 EPOC 數值、EPOC1 數值及 1600 公尺跑走測驗成績，會再提高解釋變異程度從 66.5% 增加到 91.3%，也就是說加入總 EPOC 數值、EPOC1 數值與 1600 公尺跑走測驗成績會大幅增加預測最大攝氧量的準確性。

第五章 討論

本章將分析第四章之研究結果，共分為三節：第一節不同心肺耐力測驗生理數值差異討論、第二節不同心肺功能測驗與最大攝氧量之相關程度及第三節本章總結。

第一節 不同心肺耐力測驗生理數值差異討論

壹、呼吸交換率

每位受試者在接受各項測驗前，由配戴儀器至運動開始再到運動後恢復期一個半小時，皆觀測至少兩小時之生理參數，並在恢復期休息狀態進行運動後過攝氧量EPOC的計算，經由實驗結果顯示，12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗及跑步機測最大攝氧量測驗在運動中及恢復期之呼吸交換率，有顯著差異，亦可說明為此三項測驗具有一定強度，有達到一定運動的效果，因為呼吸交換率在運動中顯著高於恢復期，另外，登階測驗在運動中與恢復期之呼吸交換率並無顯著差異，可以解釋為登階測驗之運動強度過低，也可能因為運動時間過短，導致前後並無顯著差異發生。之後再將12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗之運動中呼吸交換率進行事後比較，發現三分鐘登階測驗之運動中呼吸交換率顯著低於12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗($p<.01$)，跑步機測驗之運動中呼吸交換率則與其他三項測驗無顯著差異，可以解釋為登階測驗與12分鐘跑走測驗及1600公尺跑走測驗相較之下，運動強度強度明顯較弱，而跑步機測驗若與此三項測驗任一項比較起

來，則以呼吸交換率來看，同質性較高，皆無明顯差異，亦可解釋為此三項測驗運動中之呼吸交換率與最大攝氧量測驗無顯著差距。另外，再比較12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗之恢復期呼吸交換率，發現所有測驗之間皆無顯著差異，說明受試者在四種測驗恢復期一個半小時內之呼吸交換率，同質性高，並無明顯差別。

貳、心跳率

心肺耐力測驗目的是用以方便檢測最大攝氧量，而檢測最大攝氧量的條件之一，則是觀察運動是否達到最大心跳數，一般最大心跳率之通用公式為220減去受試者年齡，而筆者觀察七位受試者於登階受測驗中，僅一位達最大心跳率，並且實驗結果顯示，12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗在運動中及恢復期之平均心跳率，有顯著差異，而運動中心跳率顯著高於恢復期亦證明此四項心肺耐力測驗皆具有一定強度並達到運動的效果，之後再將12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗之運動中心跳率進行事後比較，發現三分鐘登階測驗之運動中心跳率顯著低於12分鐘跑走測驗與1600公尺跑走測驗($p<.05$)，跑步機測驗之運動中心跳率則與其他三項測驗無顯著差異，可以解釋為登階測驗與12分鐘跑走測驗及1600公尺跑走測驗相較之下，運動強度明顯較弱，而跑步機測驗若與此三項測驗任一項比較起來，而由於無明顯差異，所以亦可解釋為最大攝氧量測驗與此三項心肺耐力測驗之心跳率頗具同質性。另外，再

比較12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗之恢復期呼吸交換率，發現所有測驗之間皆無顯著差異，說明受試者在四種測驗恢復期一個半小時內之呼吸交換率，同質性高，並無明顯差別，此二項結果與四項測驗在呼吸交換率方面所得之結論得到前後呼應。

參、能量消耗

實驗結果顯示，12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗之運動中能量消耗交互比較，僅三分鐘登階測驗與另三項之間有顯著差異($p<.01$)，其他兩兩相比皆無顯著差異，推測應與主要運動時間有極大相關，因為登階測驗運動時間顯著小於其他三項測驗，另外，將四項測驗之恢復期90分鐘能量消耗做比較，發現1600公尺跑走測驗恢復期能量消耗顯著高於跑步機測驗與登階測驗恢復期，配合之後討論的運動後EPOC，發現恢復期能量消耗與EPOC達顯著相關($p<.01$)，推測可能與1600公尺測驗於室外檢測及受試者努力程度有關，因為12分鐘跑走測驗之恢復期能量消耗在研究結果方面亦高於登階及跑步機測驗，只是未達顯著，僅1600公尺測驗達顯著相關，但12分鐘跑走測驗與1600公尺跑走測驗皆在室外檢測，推測可能受檢測場地及檢測方式影響。最後再將四項測驗之總能量消耗比較，發現1600公尺跑走測驗恢復期能量消耗顯著高於跑步機測驗與登階測驗恢復期，這點與恢復期之比較相同，另外12分鐘跑走測驗在總能量消耗上亦顯著高於登階測驗，推測原因與檢測場地及檢測方式有關，在室外測驗造成較高的能量

消耗及EPOC，讓身體負擔較大，所以恢復期能量消耗及總能量消耗方面，出現室內測驗與室外測驗產生顯著差異的結果。

肆、運動時間與心跳數

所有受試者在接受12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗所測得之運動時間有顯著的不同($p<.01$)，運動時間有少至多排序依序為三分鐘登階測驗、1600公尺跑走測驗、12分鐘跑走測驗、跑步機測驗，而運動時間與運動心跳數所測得之相關高達0.955($p<.01$)，另外，將12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗之運動中總心跳數相互比較，發現僅12分鐘跑走測驗與跑步機測驗未達顯著，可說明12分鐘跑走測驗的測驗時間同質性，最接近跑步機測驗，接著再將12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗之恢復期心跳數相互比較，登階測驗與12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗有顯著差異($p<.01$)，跑步機測驗與1600公尺測驗有顯著差異($p<.01$)，由於恢復期時間記錄為90分鐘固定，理論上恢復期心跳數應該不會有太大差異，估計除了運動強度可能有些微影響外，推測可能與測驗受試者內在差異有關。最後，將12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗所測得之總心跳數相互比較，發現僅登階測驗與另三項測驗有顯著差異($p<.01$)，推估原因與運動中心跳數有關，由於登階測驗之運動時間僅三分鐘，運動時間明顯小於另外三項測驗，當然會影響總心跳數，而12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗與跑步機測驗之間總心跳數無顯著

差異，雖然運動中心跳數其中有差異，但推測由於恢復期觀測時間為90分鐘，故可能淡化原本之差異，造成此三項測驗在總心跳數上具有同質性，畢竟心跳數隨著受試者個人因素、體質、受測當天溫度等，皆會產生誤差。

第二節 不同心肺功能測驗與最大攝氧量之相關程度

壹、登階測驗與最大攝氧量之相關

以登階測驗三次恢復期所量測脈搏數所得到之心肺耐力指數，以及三次恢復期所測得之呼吸次數總數，與最大攝氧量皆無顯著相關，雖然三分鐘登階測驗具有施測流程方面、簡短、測驗場地較小且無危險性之優點，但三分鐘登階測驗卻是具有高信度但是卻低效度的心肺耐力測驗，本實驗結果與林瑞興(民85)實驗結果可做比較，他以11-12歲男童進行登階測驗與最大攝氧量相關之研究，發現心肺耐力指數與原地跑步機測得之最大攝氧量呈現低相關且未達顯著水準($r=.14$; $p<.05$)，三個恢復期心跳數與最大攝氧量之相關分別為($r=-.20$, $r=-.02$, $r=-.00$)未達統計上顯著水準($p<.05$)，他認為恢復期心跳率跟環境與情緒有很大的關係，刁小倚(2004)也指出96拍/分的三分鐘測驗，對體能較佳的對象較無法測出真正體能，由於參與本次實驗的受試者屬於心肺能力較高之學生，所以以96拍/分的三分鐘測驗，可能因為強度太低，登階頻率可能需加快或者也許需要更多時間，例如 Banerjee & Chatterje(1983)以54位13-19歲的青少年男性為受試者，登階高度設定為46公分，頻率30次/分，運動時間持續為五分鐘，研究結果顯示心肺耐力指數與最大攝氧量達到相關係數

$r=.70$ ，因為他提升了頻率及持續時間才能測量出真正體能，而本次實驗因設計而提升登階高度並加入新參數呼吸次數，但所測得之結果卻皆與最大攝氧量無顯著相關，有可能本次受試者最大攝氧量皆是屬於優勢族群，登階測試對於心肺能力在體適能標準銅牌水準以上之受試者的負荷太小，以致於心肺耐力指數加上呼吸次數不能當作有效的預測最大攝氧量的指標。

貳、12分鐘跑走測驗與最大攝氧量之相關

本實驗結果所測得12分鐘跑走測驗之成績與對最大攝氧量、EPOC及BMI各項參數上皆無顯著相關，12分鐘跑走測驗成績僅與三分鐘登階三次恢復期呼吸次數達到顯著相關，筆者以為卻是恰巧，因為12分鐘跑走測驗在本研究中之運動強度相對低於1600公尺跑走測驗與跑步機測最大攝氧量測驗，加上測驗成績與最大攝氧量並無顯著相關，並且登階恢復期呼吸次數也僅與此成績達相關，故筆者以為此結果為來仍須以更嚴謹之實驗流程控制，才能檢視其校度，畢竟以筆者所觀察，當遇到跑走測驗時，當運動時間拉長，以國中階段的男生而言，除非具備較高的心肺水準，否則多半會以一半走夾帶一半跑步接受測驗，因為心肺水準不允許受試者盡力跑完全程，加上對12分鐘跑走測驗並不熟悉，無論是在配速或是測試的策略、熟悉度上，都明顯不夠適應，導致會以習慣的1600公尺跑走方式跑步，也亦可能歸因於筆者在說明測驗前對於測驗方式講解不夠清楚，導致受試者以慣用跑法接受檢測，加上在室外接受檢測，時間拉的越長，自然耗能與疲勞更加迅速累積，所以容易提早到達身體負荷，但此時實驗

時間卻尚未結束，反而在8~9分鐘左右已將體力耗盡，餘下三分鐘左右的時間僅能以快走或是慢走撐完全程，此實有可能已進入動態恢復狀態，導致實際在12分鐘跑走測驗後所測得之EPOC1整體減少，也影響到了EPOC2、EPOC3及整體EPOC量，造成實驗結果的誤差。

參、1600公尺跑走測驗與最大攝氧量之相關

本研究結果顯示，1600公尺跑走測驗成績與最大攝氧量達高度負相關($r=-.881$ ， $p<.01$)，與EPOC1亦達到高度負相關($r=-.797$ ， $p<.05$)，可解釋為當1600公尺跑走測驗成績越好、秒數越小時，受試者的最大攝氧量數值越高，並且所產生之EPOC1越少，與本實驗之研究假設之一相符合，亦與部分學者所做研究相呼應，例如Buono, Roby, Micale, Sallis, & Shepard(1991)以5年級、8年級、11年級學生共90位為受試對象施測1600公尺跑走測驗、登階測驗、腳踏車測功計與跑步機測驗所測得之最大攝氧量做效度比較，研究結果顯示：一英里跑走測驗的三組受試者成績與最大攝氧量的相關達顯著水準($r=-.73$ ， $p<.01$)，內容不同的是本實驗以8年級男生，且心肺適能水準為教育部體適能標準銅牌水準以上之受試者為實驗對象，算是心肺適能在國中階段較為優秀的群組，另外，國內林信甫(2000)以33位男性(年齡 20.8 ± 2.1 歲)大學生為受試者，使用平衡次序法安排受試者分別接受實驗室最大攝氧量測試、1600公尺跑走、1600公尺快走等測試，研究結果顯示：1600公尺跑與最大攝氧量為高相關， $r=-.742$ ，1600公尺快走與最大攝氧量的相關係數 $r=-.453$ ， $p<.05$ ，而跑步的相關係數又優於快走之相關，故筆者推論，若受試者對於心肺測

驗之熟悉具一定程度，只要運動時間在合理範圍，做出適當之配速，即盡量全程盡量以跑步型態取代走路型態，理應12分鐘跑走測驗及1600公尺跑走測驗皆能有效預測最大攝氧量，不過本實驗結果並未證實國中階段之男生是否亦同，雖然Cooper(1968)博士早已以美國空軍官兵為實驗對象而檢測出12分鐘跑走與最大攝氧量達高相關($r=.897$)，且國內刁小倚(2005)以30名男女性高中籃球運動員測量1600公尺跑走測驗、12分鐘跑走測驗及登階測驗與最大攝氧量之相互關係，研究結果發現：男性受試者最大攝氧量與12分鐘以及1600公尺跑走測驗呈顯著相關($r=.801$ ， $r=-.658$ ； $p<.05$)，即高中男女籃球運動員實施12分鐘、1600公尺、9分鐘以及800公尺跑走測驗皆能有效預測最大攝氧量，但在本實驗中僅有1600公尺跑走測驗與最大攝氧達高度相關，極有可能為受試者對12分鐘跑走測驗不夠熟悉，造成配速、體力調節上的誤差，導致身體提早到超越負荷但測驗時間未到，開始以走路型態增加12分鐘跑走之測驗距離，提早進入動態恢復狀態而影響實驗結果，可能在條件設定上須更加嚴謹。

第三節 本章總結

壹、EPOC 檢測方法

EPOC對於心肺耐力的解釋與重要性是非常顯而易見的，但究竟如何才能準確測量每位受試者之EPOC？所謂功欲善其事，必先利其器，怎樣的工具才適合？早期學者在量測EPOC的實驗，大多使用道格拉斯袋，但對於這些儀器的準確度以及容易造成的誤差卻不一定有實際計算、考慮過，為了準確量測EPOC，本實驗使用信效度非常高的氣體分析器

Metamax 3B作為分析EPOC的工具，增加量測準確性，但除此之外，實驗前控制條件能不能做得很嚴謹亦很重要，除了要控制受試者的體重，攝取的食物種類以及運動模式必須要一致，量測EPOC的時間還要拉長到睡眠的時候，甚至必須要睡在實驗室一個晚上直至隔天早上，這時使用間接測量工具困難度就會提升很多。

由於本實驗1600公尺跑走測驗、12分鐘走測驗的運動強度雖然到100%，但是運動時間不到半小時，且所有人皆在90分鐘之內幾乎恢復到安靜攝氧量，故無須考慮到睡眠時間，更不用說強度低且時間短的登階測驗。另外，性別不同所要控制的因素也會有所不同，如果要測量女性EPOC的話，必須考慮月經週期的差異，以便精準控制受試者條件一致性的情況，然而本實驗無女性受試者故無須考慮，而是以一般國中生中心肺水平較高的男生為受試者。

另外，基本生理數值之基準值(baseline)的計算也是一個問題，該問題出現於學者們在測量基準值和EPOC之間的時間不一致的情況。因為人體各項生理狀況在不同時間、環境、溫度下，皆會有些許偏差，所以究竟早上測的準還是下午測的準，在哪裡施測，都容易影響測量結果，導致錯估了EPOC的結果。本實驗考慮到早上攝氧量偏高這項因素，採用實驗完恢復期90分鐘後再測量10分鐘，做為安靜的基準值當作安靜攝氧量，但是因為受到受試者內在差異的因素，仍必須要有大量的研究數據才能明確的定義EPOC，本實驗採用Metamax 3B氣體分析器僅減少錯估及誤差的機率，但仍無法百分百解釋各受試者EPOC量，此考驗仍有待後續研究者以更完善之工具及嚴謹步驟一一克服。

貳、不同測驗各期 EPOC 之比較

本實驗結果觀測12分鐘跑走測驗、1600公尺跑走測驗、跑步機測最大攝氧量測驗及三分鐘登階測驗後恢復期90分鐘，將前30分鐘恢復期所測得之運動後過攝氧量設為EPOC1，30~60分鐘恢復期所測得之運動後過攝氧量為EPOC2，60~90分鐘所測得之運動後過攝氧量設為EPOC3，交互比較後發現，四項測驗除在EPOC3之比較上皆無顯著外，EPOC1、EPOC2及總EPOC之比較都呈現1600公尺跑走測驗顯著高於12分鐘跑走測驗及登階測驗之情形，而跑步機測驗在各時期EPOC及總EPOC方面與其他三項測驗皆無顯著差異，而登階測驗則是無論在運動時間或是EPOC累積上，強度皆略顯不足，由此結果可推論，EPOC的累積，並非由運動時間決定，而本次實驗結果與許多學者(Bahr et al., 1987; Brehm & Gutin 1986; Christensen & Hagberg 1950; Knuttgen 1970; Lukin & Ralston 1962; Schneider et al., 1968)的研究結果所證實出的EPOC和運動強度有高度相關相類似，他們認為運動強度越強，EPOC的生成量就會越多，而如果運動強度達到100%VO₂max，則EPOC就會呈倍數增加 (Brehm & Gutin 1986; Christensen & Hagberg 1950; Hagberg et al., 1980; Knuttgen 1970)。將本次實驗結果與Gore & Withers等人在1990年作跑步機實驗的結果做比較，Gore將運動持續時間分為三個時段，分別是20、50、80分鐘以及運動強度為30、50、70%VO₂max。每個人共完成了九種實驗，每次實驗之間間隔兩天，測量每個人總共八個小時EPOC的數據，並加以統計分析。EPOC在運動強度為30%VO₂max下三種運動持續時間20

分(1.01L)、50分(1.43L)、80分(1.04L)沒有顯著差異($p>.05$)，不過在運動強度為70%VO₂max下三種運動持續時間20分(5.68L)、50分(10.04L)、80分(14.59L)有顯著差異($p>.05$)，運動強度為50%VO₂max下三種運動持續時間20分(3.14L)、50分(5.19 L)、80分(6.10L)也有顯著差異($p>.05$)，依照此實驗結果，學者們認為運動強度影響EPOC的程度比運動持續時間還要來得大，與本次實驗結果相類似。

在運動持續時間與EPOC的生成量的關係上，本實驗結果認為運動持續時間跟EPOC的生成量沒有一定的關係，因為不能確保受試者全程努力之程度，1600公尺跑走測驗為多數國中數目前使用以檢測心肺耐力之常用方法，本實驗之受試者平均受測時間為504±31.22秒，12分鐘跑走測驗之受測時間為720±0秒，跑步機測驗為893.43±163.53秒，但有另一點不同的地方為施測內容，本實驗之受試者在接受實驗前，於國中階段皆已測驗過1600公尺跑走測驗3次以上，對於運動強度之瞭解，所以對於要如何分配體力及配速上，也就是熟悉度方面，應有一定程度之瞭解，而12分鐘跑走測驗卻由於時間拉的較長，受試者可能無法以1600公尺跑走之施測模式盡全力跑完全程，在配速上造成走路比例容易偏高，這點可能是影響運動強度及EPOC方面主要因素，因為跑者心想盡力，但在實驗本身之熟悉度確實有分別，另外在跑步機測試上，Bruce法採取由緩而急，坡度由高而低的漸進式強度，與1600公尺跑走測驗受試者全程跑步之方式亦有所區別，並且在熟悉度上同樣有差，故雖然運動時間為四項測驗中最長的測驗，但所造成的EPOC卻與1600公尺跑走測驗相仿，這點以與Wenger(1985)所做的實驗以及Gore和Withers的研究相比較，Wenger

認為影響EPOC的因素，運動持續時間比運動強度來得重要，他做了50%VO₂max38分鐘的腳踏車實驗(EPOC為8.41L)顯著高於70%VO₂max 30分鐘(EPOC為5L)，不過他們只做了單一性之比較，沒有確實控制實驗的變因，另外(Chad & Wenger1988)又以VO₂max70%腳踏車實驗分別騎乘30、45和60分鐘，EPOC分別為6.6L(128分鐘)、14.9L(204分鐘)及33L(455分鐘)。(Quinn et al., 1994)以VO₂max70%跑步機實驗分別運動20、40和60分鐘，3小時的EPOC分別為8.6、9.8和15.2L。因為Chad & Wenger計算EPOC時間不同所以也沒辦法做比較，不過可以確定的是在高強度運動中，運動持續的時間長短都會有EPOC的產生，而且時間越長EPOC的量也會越多，但是運動持續時間不是最主要的因素，這項結論也符合本次實驗的結果。

參、以1600公尺跑走成績預測最大攝氧量之迴歸公式

本實驗結果顯示，登階三次恢復期呼吸次數、心肺耐力指數、登階運動能量消耗以及12分鐘跑走測驗成績皆未與最大攝氧量達顯著相關，而若單一以1600公尺跑走測驗成績預測受試者之最大攝氧量，公式為 $Y = -0.132X_1 + 104.107$ ，但是此公式準確性卻不夠高，解釋變異程度僅達78%，但若以相關矩陣中與最大攝氧量有達高相關之總EPOC及EPOC1兩項指標一同加入預測，可得公式 $Y = -1.104X_1 + 0.278X_2 - 0.094X_3 + 89.906$ ，則可讓預測最大攝氧量之解釋變異程度高達91%，故筆者以此迴歸方程式設定為預測最大攝氧量之最有效公式，不過由於計算EPOC之公式及過程甚為複雜，這對於未來檢測最大攝氧量仍有極大難度與考驗，若能改以12分鐘跑

走測驗、心肺耐力指數等其他檢測成績來預測，在操作上勢必相對容易，但解釋變異程度方面卻又會低上許多百分點，並且也因為這幾項指標皆未達顯著相關，所以未來在研究上，應再找出其他較易取得之新參數加入計算，並控制好受試者的內在變因，才能建立更有效預測最大攝氧量之迴歸公式，在落實全民體能及推廣體適能觀念上，有更方便、迅速、準確的心肺耐力檢測方式。

肆、結論

原本一般人的觀念會誤以為運動時間越長的測驗，理論上會有越高的運動強度，所累積的 EPOC 相對越多，但經由本研究結果顯示，運動強度之高低與運動時間之相關無絕對關係，這點與運動中受試者本身無論是內在差異、配速方式、運動型態(例如跑或走)、受測溫度以及當天生理狀況，皆會造成實驗誤差，故以本實驗結果而論，1600 公尺跑走測驗之運動時間雖不及 12 分鐘跑走測驗，但所測出成績卻與跑步機測最大攝氧量測驗達顯著相關，故本實驗以 1600 公尺跑走測驗成績為自變相製作預測最大攝氧量之多元迴歸公式，至於登階測驗則是在運動時間、EPOC 累積量以及呼吸交換率、心跳率等參數上，與其他測驗多有顯著差距，故筆者推論在國中階段，尤其是心肺能力較為優秀的群組中，三分鐘登階測驗較不適宜作為預測最大攝氧量之測驗，而三種測驗中 1600 公尺跑走測驗則是相對適合的測驗。

第六章 結論與建議

第一節 結論

壹、本研究結果顯示國中階段男生心肺適能水準在教育部體適能常模銅牌以上之受試者，進行 12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗及三分鐘登階測驗，僅 1600 公尺跑走測驗與最大攝氧量達高度負相關($r=-.887$ ， $p<.01$)，即測驗秒數越小代表心肺能力越好，加上 1600 公尺跑走測驗在心跳率、運動中能量消耗以及各時段累積 EPOC 的速度方面與跑步機測驗較具同質性所，以可推論三項心肺耐力測驗中，1600 公尺跑走測驗最適合用來預測最大攝氧量，不過透過迴歸公式得知解釋程度仍不高，僅 79% ($Y=-0.132X_1+104.107$ ， X_1 為 1600 公尺跑走成績， $r=.887$ ， $r^2=.787$)，若能加入總 EPOC 及 EPOC1 導出公式，則可提高變異解釋度為 91% ($Y=-1.104X_1+0.278X_2-0.094X_3+89.906$ ， X_1 為總 EPOC， X_2 為 EPOC1， X_3 為 1600 公尺跑走成績， $r=.956$ ， $r^2=.913$)但若如此操作，在取得參數的過程會變得為困難、複雜，無論是時間上或是準確度上皆有一定難度，此點有待克服。

貳、12 分鐘跑走測驗、1600 公尺跑走測驗及跑步機測驗在測驗中與恢復期 90 分鐘之呼吸交換率皆有顯著差異，僅三分鐘登階測驗在運動中與恢復期呼吸交換率無顯著差異，可解釋為三分鐘登階測驗可能由於本身的運動時間過短或或是運動強度偏低，導致前後無顯著差異，至少表現在呼吸交換率方面如是，另外此四項測驗在心跳率方面則是皆有顯著差

異，可以解釋為皆具有一定運動強度，不過登階測驗全程皆無受試者到達最大心跳率，故登階測驗雖有達到運動實效，但若要以此測驗量測最大攝氧量則明顯不夠說服力。

參、將四項測驗所得各種生理參數綜合比較，結果顯示，三分鐘登階運動無論在運動時間、EPOC 累積量、運動能量消耗、運動中心跳數、運動中心跳率等各參數之比較上，多數顯著低於其他三項心肺測驗，並且登階測驗所測得之恢復期呼吸次數以及心肺耐力指數皆與受試者之最大攝氧量無顯著相關，可說明若以國中階段心肺耐力較優秀的男生為受試群組時，三分鐘登階測驗並不適合作為預測最大攝氧量的工具，畢竟在運動時間及強度兩項重要指標上，皆無法迫使受試者到達最大心跳，也就是最大運動強度，若想以此來預測最大攝氧量，誤差未免太大。

第二節 建議

壹、本實驗使用昂貴的 Metamax 3B 氣體分析器，但由於使用外接式充電電池，每次電量只能使用兩小時左右，故在量測 EPOC 時，無法持續測量直到每位受試者之 EPOC 完全結束，加上配戴儀器之專用衣服，為學長母親所設計，並非原廠製造，所以受試者在穿戴跑步受測時，需要以雙手按住儀器避免過度晃動，如此可能會造成些許能量消耗及呼吸不順暢，影響呼吸次數，期望未來儀器在開發上，能有續電力更佳之電池，並且設計室外跑步量測之專用配備，以提高實驗設計上的嚴謹度。

貳、由於本次實驗設計在樣本人數上並未到達理想的條件，基於研究資源、及測試時間僅能利用假日上的限制(對象為在學學生)，時間不容易安排及控制，加上受限於電池兩小時之設定以及室外天氣，亦並非每個假日皆能操作實驗，所有人力資源上的安排僅由筆者一人獨力完成，期望未來應設立較完整、完善之研究團隊，以非配每個研究者之專屬工作，才能把實驗做的更盡善盡美，畢竟體適能為國內學生必定檢測之項目，實有必要在測量方式上多花時間與心力。

引用文獻

中文部份

- 王順正、林正常(1995)：登階測驗評估最大攝氧量的效度概化。《體育學報》，20，351-362。
- 林瑞興、龍田種(1995)：國小男生側跳和登階測驗與最大攝氧量之相關研究。《體育學報》，20，317-328。
- 王文筆、林正常(2002)。登階測驗恢復方式對心肺耐力指數的影響-以政治作戰學校專科二年級男生為例。《大專體育學刊》，4(2)，179-186。
- 劉錦謀、林貴福(2007)：登階運動後不同恢復期心跳數與心肺耐力指數評估最大攝氧量之分析。《運動生理暨體能學報》，6，131-142。
- 鄭安城、林正常(1993)：登階測驗對最大攝氧量的預估研究。《體育學報》，16，327-339。
- 林正常(1997)：《運動生理學》。台北市：師大書苑。
- 林正常(1995)：《運動生理學實驗指引》。臺北市：師大書苑有限公司。
- 林清山(1992)：《心理與教育統計學》。臺北市：東華書局股份有限公司。
- 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。
- 陳坤禎(2000)：《應用運動生理學》。台北市：五南書局。

英文部份

- Asmussen E. (1946). Aerobic recovery after anaerobiosis in rest and work. *Acta physiologica Scandinavica*, 11, 197-210.
- Alpert N. R. (1965). Lactate production and removal and the regulation of metabolism. *Annals of the New York Academy of Sciences* 119, 995-1002.
- Benedict F. G., & Carpenter T. M. (1910). *The metabolism and energy transformations of healthy man during rest*. Washington, DC , The Carnegie Institute.
- Bang O. (1936). The lactate content of the blood during and after muscular exercise in man. *Scand Arch Physiol* 74 [Suppl 10]:49-82.
- Banerjee P. K., & Chatterjee S. (1984). Harvard step test as a measure of physical fitness in adolescent boys. *Indian Journal Medicine Respiratory*, 79, 413-417.
- Bielinski, R., Schutz, Y., & Jequier, E. (1985). Energy metabolism during the postexercise recovery in man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 42(1), 69-82.
- Brouha, L. (1943). The step test: A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. *Research Quarterly*, 14(1), 31-36.
- Buono, M. J., Roby, J. J., Micale, F. G., Sallis, J. F., & Shepard, W. E. (1991). Validity and reliability of predicting maximum oxygen uptake via field tests in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 3,

250-255.

- Burke, E. J. (1976). Validity of selected laboratory and field test of physical working capacity. *Research Quarterly*, 47(1), 85-104.
- Christensen, E. H., & Hagberg, P. (1950). Steady-state, O₂ deficit and O₂ debt at severe work. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie, einschliesslich Arbeitsphysiologie* 14, 251-254.
- Consolazio C. F., Johnson R. E., & Pecora L. J. (1963). *Physiological measurements of metabolic functions in man*. New York:McGraw-Hill,47.
- Cerretelli, P., Shindell, P., Pendergast, D. P., Di Prampero, P. E., & Rennie, D. W. (1977). Oxygen uptake transients at the onset and offset of arm and leg work. *Respiration Physiology*, 30, 81-97.
- Chad K. E., & Wenger H. A. (1985). The effects of duration and intensity on the exercise and post-exercise metabolic rate. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 17 (4), 14-18
- Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake. *Journal of American Medical Association*, 203(3), 135-138.
- Cooper, K. H., Gey, G. O., & Bottenberg, R. A. (1968). Effects of cigarette smoking on endurance performance. *Journal of American Medical Association*, 203(3), 189-192.

- Disch, J., Frankiewicz, R., & Jackson, A. (1975). Construct validation of distance run tests. *Research Quarterly*, 46(2). 169-176.
- 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.
- Elliot, D. L., Goldberg, L., & Kuehl, K. S. (1988). Does aerobic conditioning cause a sustained increase in the metabolic rate? *The American Journal of the Medical Sciences*, 296, 249-251.
- Francis, K., & Cuipepper, M. (1988). Validation of a three minute high-adjusted step test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 28(3), 229-233.
- Francis, K., & Brasher, J. (1992). A height-adjusted step test for prediction maximal oxygen consumption in males. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(3), 282-287.
- Fox, E. L. (1973). Simple technique for predicting maximal aerobic power. *Journal of Applied Physiology*, 35, 914-916
- Froelicher, V. F., Brammell, H., Davis, G., Noguera, I., Stewart, A., & Lancaster, M. C. (1974). A comparison of three maximal treadmill exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*. 36, 720-725.

- George, J. D., Vehrs, R. R., Allsen, D. E., Fellingham, G. M., & Fisher, A. G.(1993). VO₂max estimation from a submaximal 1 mile track jog for fitcollege age individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(3), 401-406.
- 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.
- Hagberg, J. M., Mullin, J. P., & Nagle, F. J. (1980). Effect of work intensity and duration on recovery O₂. *Journal of Applied Physiology*, 48, 540-544.
- Krahenbuhl, G. S., Pangrazi, R. P., Petersen, G., Burkett, L. N., & Schneider, M. J.(1978). Field testing cardio respiratory fitness in primary school children. *Medicine and Science in Sport*, 10(3), 208-213.
- Massicotte, D. R., Gauthier, R., & Markon, P. (1985). Prediction of VO₂max from the running performance in children aged 10-17 years. *Journal of Sports Medicine and Physical*, 25(1), 10-17.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., Pechar, G. S., Jacobson, L., & Ruck, S. (1972). Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step-test scores in college women. *Medicine and Science in Sports*, 4, 182-186.
- McCormack, W. P., Cureton, K. J., Bullock, T. A, & Weyand, P. G. (1991). Metabolic determinants of 1-mile run/walk

performance in children. *Medicine and Science in Sports & Exercise*. 23(5), 611-7.

附錄一 受試者同意書

國立台灣體育學院

受試者同意書

試驗主題：不同心肺耐力測驗對於國中男生生理參數之差異比較	
執行單位：國立台灣體育學院體育研究所	
試驗主持人：高明峰 博士	職稱：助理教授
協同主持人：楊鎮安	職稱：研究生
緊急聯絡人：	緊急聯絡電話：
自願受試者姓名： [研究員填寫]	編號：
性別：	年齡：
通訊地址：	
電話：()	手機號碼：
一、試驗目的： 我們敬邀您參加一項能與國外實驗設備(直接測量法)相媲美關於人體能量消耗之研究計畫。本計畫想要瞭解以間接式測量儀器-攜帶型氣體分析儀 (Metamax 3B) 之使用成效。依本實驗之理論依據，期能檢視你的心肺耐力現況；經由實驗儀器觀測以紀錄你的最大攝氧量及運動後過攝氧量，藉以比較不同心肺測驗與最大攝氧量之相關，找出國中階段較適宜預測最大攝氧量之變項，最終達成全民健康之理想目標並提升國家競爭力。	

二、試驗方法：包括(一)受試者條件與數目；(二)實驗設計與流程步驟，(三)實驗期間；(四)評估與統計方法。

(一)受試者條件與數目

1.受試者須符合以下所有條件方能參加本試驗

(1)國中八年級心肺水平在教育部體適能常模銅牌以上之男學生。

(2)BMI 值介於 18~22 之間。

(3)無心血管、高血壓、糖尿病、肺疾病、肝與腎疾病與骨骼疾病等。

所有受試者或其監護人必須在進入試驗前簽署受試者同意書。

2.預估將有 10 位國中八年級受試者參與實驗。

(二)實驗設計與流程步驟

受試者基本體能之測量，包含四種不同最大攝氧量之測試方法：1600 公尺跑走測驗、12 分鐘跑走測驗、三分鐘登階測驗、跑步機測最大攝氧量測驗；若您同意參加本研究，試驗主持人會先為您做評估，以確認您是否合乎試驗條件，並告知您各實驗設計與流程。

在第一次試驗期之後一週同一時段將由主持人安排您回實驗室進行第二次、不同活動強度的試驗。在這兩次試驗中主持人將會對您的心肺適能進行分析說明，請您務必參加這兩次試驗。

整個試驗期間，我們會針對您配合實驗儀器的輔助操作，在配戴期間的不舒適反應進行紀錄並改進，以確保受試者身心靈的安定並提升研究的準確性。

(三)實驗期間 本試驗將於 98 年 12 月至 99 年 6 月間進行。 (四)評估與統計方法 基本人體資料、生活強度模式、體脂肪率及整體臨床表現將以描述性統計的方式呈現；統計分析將採回歸分析來檢定不同活動強度下預估最大攝氧量之回歸方程式。
三、參與試驗費用說明： 參與本試驗將不需額外支付任何費用。
四、參與試驗可能獲得之效益： 研究團隊希望透過本試驗結果，讓您瞭解心肺適能之情況，進而控制體重變化，研究人員在試驗期間會提供您最完善的醫療照顧。
五、可能產生之副作用及危險： 佩帶儀器後可能發生的副作用包括嗜睡(25%)、頭暈(15%)、肩(頸)酸痛(20%)、面罩不舒服(15%)、呼吸困難(20%)、活動不便(5%)。 處理方法：當您有任何不適情況發生時，請告訴試驗主持人，研究人員將給予您最妥善的照顧。
六、權利和責任：參加本臨床試驗，依醫療法您的權益至少涵蓋下列兩項： 若執行係依照所訂試驗計劃書引起之傷害時，試驗委託者將依法負損害賠償責任。 (一)本臨床試驗計畫之執行機構將維護您在試驗過程當

中應得之權益。

(二)您的隱私保護

- 1.試驗主持人及協同主持人對您的試驗紀錄、所收集到的數據、結果分析將會保密，且會利用編碼以保護您的姓名不被公開。除了有關機構依法調查外，我們會維護您的隱私。
- 2.試驗所得資料可因學術性需要而發表，但對您之隱私(如姓名、試驗號碼...等)將不會公佈，予以絕對保密。
- 3.若在試驗期間受到任何傷害或對自身權益產生疑問，請聯絡楊鎮安老師，電話為 0919XXXXXX。

七、若身體生理上產生嚴重不適，有拒絕參加試驗之權利，即可隨時撤回同意書並退出實驗，而此決定並不會引起任何不愉快或影響日後對您的照顧。

試驗主持人簽名：

日期：

八、本人已詳閱上列各項資料，有關本臨床試驗計畫之疑問也經試驗主持人詳細解釋，瞭解整個實驗狀況，並經充份考慮後，本人同意擔任此次臨床試驗之自願受試驗者。

受試者簽名：

(或法定代理人)

身分證號碼：

電話：

見證人：

與受試者關係：

身分證號碼：

電話：

附錄二 身體活動健康調查表

國立台灣體育學院體育研究所

身體健康調查表

試驗主持人：高明峰 博士

協同主持人：楊鎮安

姓名(以正楷書寫)：

聯絡電話：

您有任何生理條件(包括暫時或永久性)的限制嗎？

☐ 有 ☐ 沒有

若有，請說明：_____

您目前有以下的病史或症狀嗎：

☐ 心臟疾病或心臟病

☐ 血壓過高或有高血壓

☐ 心絞痛、心悸音、心臟雜音或心律不整

☐ 中風

☐ 有心臟疾病、高血壓、中風的家族病史

☐ 肺臟相關疾病

☐ 氣喘

☐ 癲癇

☐ 藥物反應

☐ 背部、頸部、膝蓋毛病

☐ 糖尿病

若您有勾選以上任一項目，請您說明：_____

您最近曾受過傷嗎？ ☐ 有 ☐ 沒有(若有，請說明)：__

請您列出其它我們須要注意的事項：_____

※請問經過評估後您認為自己是否可以參加人體體驗？

☐ 否 ☐ 是

本人同意、授權 國立台灣體育學院體育研究所 使用
或複製所有關於本人參與試驗期間被拍攝之照片、攝影、錄音資料，作為教學及研究之用途。(不同意，請勾選)

☐ 不同意

參加者簽章：_____ 契約保證人：_____

日期：_____年_____月_____日

感謝您細心的填寫
這些資料將帶給我們寶貴的資訊
謝謝您再次的合作

附錄三 教育部體適能心肺耐力常模

教育部體適能常模																							
心肺 適能		請加強						中等						銅牌						銀牌		金牌	
男生		782	739	709	686	666	648	631	616	600	585	570	555	539	523	505	485	461	432	377			
13		749	706	676	653	633	615	599	583	568	553	537	522	506	490	472	452	428	399	356			
14		736	692	662	639	619	600	584	568	553	538	523	507	491	475	457	437	413	384	340			
15																							
女生																							
13		373	355	342	332	323	315	308	301	295	288	282	275	268	261	253	245	235	222	203			
14		380	360	347	336	327	318	311	304	297	290	283	276	269	261	253	244	233	220	200			
15		380	360	347	336	327	318	311	303	296	289	282	275	268	260	252	242	232	218	198			