

國立臺灣體育大學（臺中）

National Taiwan Sport University

體育研究所碩士學位論文

國內男子足球選手與體育院校男大學生

心肺適能之分析

THE COMPARISON OF  
CARDIORESPIRATORY FITNESS IN MALE  
PE COLLEGE STUDENTS AND FOOTBALL  
PLAYERS IN TAIWAN



研究生：何伯瑋 撰

指導教授：陳裕鏞 博士

中華民國 98 年 6 月

論文名稱：國內男子足球選手與體育院校男大學生心肺適能  
之分析 總頁數：94

院校所組別：國立臺灣體育大學(台中)體育研究所自然科學組  
畢業時間及提要別：九十八學年度第二學期碩士學位論文  
研究生：何伯瑋 指導教授：陳裕鏞博士

## 中文摘要

本研究目的是在於徵求校內 21 位男子足球選手與 11 位大學生的同意下觀察足球選手與一般生心肺適能的差異，全部受試者皆進行了修正後 Bruce 與登階測驗，並且用氣體分析儀全程監控他們的代謝機制和 EPOC。結果發現足球選手心肺適能比一般生來得要好，心肺耐力指數藉由新加入的呼吸次數或是總 EPOC 可以提高預測最大攝氧量相關性。至於能量消耗方面，本研究結果發現運動心跳數與能量消耗有正相關的現象，因此將心跳數、EPOC、年齡、 $VO_{2max}$  四項生理指標可得最佳多元迴歸公式預測能量消耗，將來可利用此公式取代昂貴的實驗儀器。未來將藉由大量的樣本以建立國人心肺耐力的新常模以及建立更有效的預測最大攝氧量與能量消耗的迴歸公式。

**關鍵詞：心肺適能、EPOC、能量消耗**

Ho, Bo-Wei (2009). The comparison of cardiorespiratory fitness in male PE college students and football players in Taiwan. Unpublished master thesis, National Taiwan Sport University, Taichung.

## ABSTRACT

To observe the differences of cardio-respiratory fitness between the football players and college students, 21 male college football players and 11 male non-athletes college students were recruited with formal consents. They all were performed the Modified Bruce protocol and Step test with the monitoring by gas analyzer to observe the types of metabolism and Excess post-exercise oxygen consumption (EPOC).

The greater  $VO_{2max}$  in male college football players was observed. The predictive equation, yielded by the combination of EPOC and total breathes, was obtained with high correlation to  $VO_{2max}$  values.

**Key words:** cardiorespiratory fitness, EPOC, energy expenditure

## 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
目錄 .....	III
表目錄 .....	V
圖目錄 .....	VI
誌謝 .....	VII
第一章 緒論 .....	1
第一節 前言 .....	1
第二節 研究背景與動機 .....	2
第三節 研究目的 .....	5
第四節 研究問題 .....	5
第五節 研究假設 .....	6
第六節 研究範圍 .....	6
第七節 操作型定義 .....	7
第二章 文獻探討 .....	9
第一節 評估心肺耐力的方法 .....	9
第二節 評估能量消耗的方法 .....	14
第三節 足球運動與心血管疾病的相關文獻 .....	17
第四節 EPOC(運動後過攝氧量)的相關文獻 .....	19
第五節 本章總結 .....	23
第三章 研究方法 .....	24
第一節 研究架構如下： .....	24
第二節 實驗時間與地點 .....	25
第三節 實驗設計(由左至右)如圖 3-2 所示： .....	25
第四節 實驗參與者 .....	29

第五節	身體特徵測量 .....	29
第六節	實驗儀器 .....	31
第七節	資料處理與統計分析 .....	33
第八節	預期效果 .....	33
第四章	結果 .....	35
第一節	受試者基本資料之分析 .....	35
第二節	受試者基本安靜生理指標 .....	36
第三節	不同組別的各项生理指標之比較 .....	37
第五節	不同組別及整體各项生理數值之相關 .....	43
第六節	最佳的生理指標來預測最大攝氧量及能量消耗 .....	47
第五章	討論 .....	54
第一節	足球隊與一般生心肺適能的比較 .....	54
第二節	運動強度和持續時間與運動後過攝氧量的關係 .....	56
第三節	運動型式與 EPOC 的關係 .....	57
第四節	以心肺耐力指數加呼吸次數預測最大攝氧量 .....	67
第五節	以多元迴歸公式預測整體能量消耗 .....	68
第六章	結論與建議 .....	69
第一節	結論 .....	69
第二節	建議 .....	70
參考文獻	.....	71
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	身體活動調查表 .....	84

## 表目錄

表 2-1 十二分鐘耐力跑測試(米)常模表 .....	10
表 2-2 三分鐘踏台階測試常模表 .....	13
表 3-1 Bruce 運動強度 .....	27
表 4-1 受試者基本資料 .....	36
表 4-2 受試者各項安靜生理值 .....	37
表 4-3 不同組別受試者 $VO_{2max}$ 比較 .....	38
表 4-4 不同組別受試者心肺耐力指數與呼吸次數之比較 ....	39
表 4-5 不同組別在運動及休息心跳數與能量消耗變異數分析 摘要表 .....	40
表 4-6 不同組別受試者在總心跳數與總能量消耗比較 .....	41
表 4-7 不同組別及時段 EPOC 的比較 .....	42
表 4-8 不同組別 EPOC 的變異數分析摘要表 .....	43
表 4-9 一般生各項生理值之相關矩陣 .....	44
表 4-10 足球員各項生理值之相關矩陣 .....	45
表 4-11 整體各項生理值之相關矩陣 .....	46
表 4-12 心肺耐力指數預測最大攝氧量之迴歸分析摘要表 ..	47
表 4-13 心肺耐力指數加呼吸次數預測最大攝氧量之迴歸分 析摘要表 .....	49
表 4-14 以生理值預測總能量消耗變異數分析摘要表 .....	51
表 4-15 總能量消耗多元迴歸分析摘要表 .....	51
表 4-16 以生理值預測運動能量消耗變異數分析摘要表 .....	52
表 4-17 運動能量消耗多元迴歸分析摘要表 .....	52
表 4-18 以生理值預測休息能量消耗變異數分析摘要表 .....	53
表 4-19 休息能量消耗多元迴歸分析摘要表 .....	53
表 5-1：阻力運動對於運動後過攝氧量之相關研究 .....	63

## 圖目錄

圖 2-1 EPOC 跟運動持續時間以及運動強度的關係圖表 .....	20
圖 3-1 研究架構圖 .....	24
圖 3-2 實驗設計圖 .....	26
圖 3-3 實驗流程圖 .....	26
圖 3-4 實驗儀器圖 .....	32
圖 4-1 不同組別受試者在跑步機最大攝氧量比較圖 .....	38
圖 4-2 不同組別及時段 EPOC 的比較 .....	42
圖 4-4 以心肺耐力指數預測最大攝氧量迴歸分析圖 .....	48
圖 4-5 以總 EPOC 預測最大攝氧量迴歸分析圖 .....	50

## 誌 謝

這些年讀研究所的日子，經過指導教授們不斷的洗禮跟淬煉，使我跳脫了大學懵懂無知的自己，讓我的研究所生涯踏入了更高深的學術領域，在這段期間個性也成熟了許多。

我的恩師陳裕鏞博士給我印象最深刻的一句話，他說：研究生就是要學習自己一個人獨立解決問題的能力。這句話陪伴了我兩年，也是我咬緊牙關直到通過論文口試的精神支柱，由衷的感謝裕鏞老師給我研究生該有的訓練以及關心，也非常感謝口試委員趙榮瑞老師及許壬榮老師在我撰寫論文時適時的給我建議及指教，高明峰老師跟謝坤昌老師也給我很大的鼓勵及支持。對於受試者們我有很深的感觸，因為做實驗的關係使得我認識了好多人，有一些人甚至成為我的好朋友，我想研究所的意義並不是光只是做研究而已，人際關係上的增進及如何面對問題、解決問題甚至開發問題也相對地非常重要。

我幸運的不只遇到好老師以外，更有一群替我加油打氣的家人及好朋友們，致賢、宇謙、阿甲、阿彬、聰人、鎮安子榮、永檉、仁德學長及學姐們，以及非常辛苦參予我實驗的受試者們〈國立台灣體育大學男子足球隊全體隊員加上體育系學弟〉，真的非常感謝你們參加如此艱鉅的實驗，讓我順利完成了碩士學業，此恩情永生難忘。

# 第一章 緒論

## 第一節 前言

由於近幾十年來科技蓬勃發展的結果，大學生從事身體活動的機會和時間，相對地減少很多，反而坐式活動的時間增加，例如：打電腦遊戲、看電視等活動，尤其是非體育科系一般大專院校的學生不運動的情況更是普遍，肥胖率逐年上升，科技化的結果導致台灣一般大學生體能衰退的現象產生。

反觀國內的足球選手，其心肺耐力方面比一般人要來得好，因為踢足球需要耗費相當大的能量和氧氣，而足球是世界運動人口最多的一項運動，在美國，估計有一千兩百五十萬至一千八百萬人民參與足球，有接近三百萬人次的美國青少年加入了高中的足球協會。雖然在台灣足球運動並不像棒球、籃球等運動這麼熱烈、場地比其他運動來得少，台灣目前也沒有符合國際標準的足球場，足球運動人口相對的比其他運動少很多，也不比其他歐美地區來得發達。但在國際比賽上，台灣足球運動代表隊仍有不錯的表現，雖然台灣的男子足球隊目前在世界足球排名第 156 名，但是是女子足球表現卻是非常優異，目前台灣女子足球隊在國際比賽排名為第 25 名。

足球選手最需要的無非是心肺適能的表現必須非常好，在一場足球比賽中，選手必須在長 100 公尺寬約 60 公尺的場地（長 90-120 公尺，寬 45-90 公尺），比賽時間為一個半小時。優秀足球選手每場球賽平均需移動 10 公里以上的距離，有氣

跟無氧能力都必須兼具，因為足球選手平均運動強度接近無氧閾值（80-90%最大心跳率）甚至達到最大攝氧量心跳數每分鐘兩百次以上。國人體適能測驗中，以田徑場上的測驗較普遍也最容易進行，大多使用800公尺或1600公尺跑走作為中等學校學生心肺耐力推估的測驗量尺。在成人方面則建議使用三分鐘登階測驗，針對國內大專足球選手及非足球專長之大學生最大攝氧量的有效評估模式，仍缺乏相關研究的實驗數據作為評估心肺適能的依據，因此若發展出高信度、效度的預估測驗模式是值得研究的方向，期盼在未來的研究中，能出現更有效計算體適能的方法。

## 第二節 研究背景與動機

人的身體質量指數 (body mass index, BMI) 可以評估一個人的肥胖情況，如果從食物攝取營養多於所從事的身體活動能量消耗，是導致肥胖或體重過重的主要原因，以致引起心血管疾病〈冠狀動脈硬化、高血壓〉。從早期研究發現，學生應養成健康良好的生活方式像體適能 333〈每週運動三次、每次運動三十分鐘、心跳數達到每秒一百三十下〉。以一般大學生而言，他們是將來社會的中流砥柱，更需要規律適度的運動來提升體能。

根據世界衛生組織 WHO 的解釋，健康是指人在體力、心智及社群上都得到安寧與平衡的狀態；通過合適且安全的體適能運動，能使人精力充沛並警覺地從事日常生活外，還有餘力和精神享受休閒及應付突發事情的能力。如果能培養出學生有從事良好體適能的習慣，藉由推估能量

消耗的方式來了解自己的健康狀況，生活品質和競爭力就能提高，國家也因此而經濟成長，所以務必使運動成為大學生日常生活中不可或缺的一部份，所以本研究將以能量消耗及最大攝氧量的觀點來探討國內足球選手與體育院校大學生的心肺適能與運動後過攝氧量的情況，尤其校內足球選手的成績優異，並在國內大專盃比賽取得五連霸的佳績。平時的運動可以讓橫膈肌、肋間肌等呼吸肌活動增強，使這些呼吸肌纖維變得粗壯有力，從而大大增強人們的肺功能。有在規律運動的人們，呼吸次數明顯比一般人還要少，而且呼吸的頻率深慢而均勻，是最省力而且效率最大的呼吸方式，每次呼吸後的充分休息讓呼吸肌不會感到疲勞，並且可讓氧氣的使用率增高，加強了呼吸系統的應變能力。所以本次實驗想藉由加入新的指標（呼吸次數）來改良三分鐘登階的方法使得預測最大攝氧量更為準確。在西元 1943 年，Brouha 發明哈佛登階測驗：台階高度 50.8 公分的台階、受試者每分鐘上下踏 30 次、運動 5 分鐘或至無法繼續上下運動為止、並且記錄登階運動後在休息時 1 分到 1 分 30 秒、2 分到 2 分 30 秒與 3 分到 3 分 30 秒的三個心跳數，以作為評估人體對於身體負荷的調整與心肺恢復能力。雖然信度高，但是效度不高，於是有很多學者想要研發更好的方法來修正登階測驗。

登階測驗主要是測試心肺適能，是一種最便利也最安全的方法，心肺適能也可以稱為心肺耐力，是指個人的肺臟與心臟，由紅血球攜帶氧氣，並將氧氣輸送到組織細胞加以使用的能力。因此心肺適能可以說是個人的心臟、肺臟、血管、與組織細胞有氧能力的指標 (Powers, Howerly, 2001)。

根據健康人 2010 (Healthy People 2010) 定義指出，人們

需要增加身體活動以改善心肺功能，而這些心肺功能基本上是可以測量的，最好的表示方法就是以測量最大攝氧量的方式呈現。

評估足球選手與體育院校大學生的攝氧能力可從心肺耐力、乳酸閾及心跳率點等多項指標進行測定，不過還可通過Conconi、Pacer測試和12分鐘跑等多項場地測試方法進行專項有氧能力的測定。但這些方法都有缺點，例如：需無法確定跑者盡力與否〈固定時間或距離跑〉、無法立即獲得結果去判定心肺能力的好壞、需要考慮登階的肢體長度與台階高度的關係〈哈佛登階測驗〉、考慮年齡及性別〈常模不同〉、需要歷經幾次複雜的測驗流程(CRI、 $VO_{2max}$ )、需跑至衰竭( $VO_{2max}$ )、無法預防隱性心肺疾病患者的風險、而且需要許多測驗人員的人力耗損( $VO_{2max}$ )，為減少檢測的盲點有研發新的安全、簡便、實用檢測方式的實際需要，訓練中最大有氧強度的監測不僅要測運動中的心跳率，更重要的是間歇恢復期的心跳率。(張立，2003)

本研究即以心肺耐力為效標，研究上需要使用到昂貴儀器，並由受過良好訓練的人員協助，才得以實施，在大樣本數或場地器材受限的狀況下，有其運用的限制，也受限於受試者是否有能力或精神力達到檢測最大攝氧量全程的限制，另外測試完全程之後還有運動後過攝氧量(EPOC)的測量，藉此了解整個能量消耗的機制與心肺耐力的關係，另外也配合三分鐘登階測驗的方式以推估最大攝氧量與能量消耗的關係及迴歸方程式來建立常模。因此，運動生理學界有許多研究者致力於發展具高信、效度之替代方案。

### 第三節 研究目的

本研究的目的是針對國立台灣體育大學男子足球隊成員與校內非足球專長男大學生心肺耐力之比較，根據三個小時受測時間的流程包括最大攝氧量與運動後過攝氧量的測量，取代以往的研究方法，以昂貴機器氣體分析系統 MetaMax3B 的輔助，進而更了解受試者心肺耐力的情況與能量消耗，另外再以三分鐘登階測驗來預測最大攝氧量，將所得的數據進行比較分析，並加入新的指標〈呼吸次數〉來提高實驗的效度，藉由大量的樣本以建立大學生心肺耐力的常模以及最大攝氧量和能量消耗的直線迴歸方程式。

### 第四節 研究問題

由於有關心肺耐力的研究國內仍缺乏更深入的研究。尤其是最大攝氧量與能量消耗之間的關係，目前國內只研究心跳率與最大攝氧量或是能量消耗之間的關係，並無探討最大攝氧量與能量消耗之間的關係，因為最大攝氧量測試完之後有所謂的運動過後攝氧量(EPOC)，這個部份是需要探討的，而每個人的恢復情況不一樣，所以要把控制變因到最小是未來研究最大的挑戰。

礙於測試最大攝氧量時無法長時間計算，所以把流程規劃為三個小時，包括了跑步直到衰竭的時間以及藉由休息來償還氧債的時間。而每個人跑到衰竭的時間不同，故要謹慎考慮 EPOC 的時間是否要拉長，在針對能量消耗的評估必定會有誤差產生；因此，對於受測時間三個小時流程來建立心

肺耐力的常模在科學應用上尚有很大的成長空間。總之，藉由所測得的數據來做統整的概念分析，減少些許外在無法控制的變因，以減少實驗誤差，達到研究的目的。

## 第五節 研究假設

根據國內外的研究指出：足球選手的心肺耐力比一般的大學生還要來得好，屬於常模中的優勢族群。而心肺耐力的推估可藉由本研究以更簡單的方式計算出來，因此，藉由計算人體的最大攝氧量之心跳數與能量消耗的關係以迴歸方式呈現必有高度相關，藉此建立大學生心肺耐力的常模曲線。足球選手跑步機跑走測驗預測最大攝氧量效度高於三分鐘登階測驗。

體育院校大學生跑步機跑走測驗預測最大攝氧量效度高於三分鐘登階測驗。

三分鐘登階測驗加入新的指標後，信效度會提高，使得方程式更容易預測最大攝氧量。

## 第六節 研究範圍

研究樣本範圍：

本研究主要是以國立台灣體育大學男子足球選手以及校內非足球專長的男大學生暨體育研究所為研究對象，年齡在19-29歲之間、身高在165-175公分、體重在60-70公斤之間，BMI指數正常，且身體無心血管與代謝方面之疾病，健康良好無其他外疾。

## 第七節 操作型定義

心血管耐力 (Cardiovascular Endurance)：心臟循環系統輸送氧氣的能力。

心肺耐力 (Cardiorespiratory Capacity)：人體肺部呼吸和心臟輸送氧氣的能力。

心肺適能：指人體在某一特定運動強度下持續活動的能力。也是身體整體氧氣供輸系統〈包括肺臟、呼吸、心臟、血液循環系統〉的能力

能量消耗 (Energy Expenditure)：能量消耗定義為人體在基礎功能上、身體活動和食物處理過程中所消耗的總卡路里數；一位成年人每天平均耗盡 2200-3000 卡。

攝氧量：本研究中定義為無論是工作、運動或是休閒時身體活動所需要的氧氣量，以攜帶式氣體分析儀所測得的數據，其單位為 ml/kg/min。

最大攝氧量：本實驗之最大攝氧量是指受試者在實驗室內用跑步機 (Treadmill) 以漸增負荷方式所測得。測驗方法以 Bruce 法 (Bruce protocol) 進行測驗，由儀器 MetaMax3B 直接採氣測量為本研究之最大攝氧量。而判定為最大攝氧量至少必須同時符合下列條件中的兩項：

- (一) 呼吸交換率 1.10。
- (二) 心跳率在最大預測值 10 次/分上下。
- (三) 每分換氣量高於 100 升/分。
- (四) 主觀的疲勞、衰竭和無法繼續運動測驗。

三分鐘登階測驗：參照中華民國行政院衛生署健康體能測驗之登階心肺耐力測量方法 (林正常, 1995)。受試者以單一階

段在登階箱上，進行上上下下下一次四拍的登階測驗，測驗階高固定為 45 公分，節拍器頻率固定仍為 96 拍/分，以四拍上下階凳為一次，運動持續時間為三分鐘，實施測驗後，分別紀錄休息時第 1 分鐘至 1 分 30 秒、第 2 分鐘至 2 分 30 秒以及第 3 分鐘至 3 分 30 秒的心跳數總和作為成績。

身體活動量：身體活動 (Physical activity, PA) 之定義為：指人類活動時所有型態 (生活、工作、休閒及運動) 有關之骨骼肌收縮所產生之移動，並同時產生能量消耗 (Casperson, Powell & Christensen, 1985)。

EPOC：此為運動後過攝氧量 (excess post exercise oxygen consumption) 安靜值的英文縮寫，概念上常被認為是氧債。其定義為在運動後時比安靜時高的耗氧量是用來償還運動開始所發生的氧不足。

## 第二章 文獻探討

本篇研究的目的是在於探討足球選手與非足球專長大學生心肺適能的分析。此章分為評估心肺耐力的方法、評估能量消耗的方法、最大攝氧量與能量消耗相關文獻、三分鐘登階與最大攝氧量的相關文獻、運動後過攝氧量(EPOC)等相關文獻，足球運動與心血管疾病相關文獻，綜合以上並歸納出結果。

### 第一節 評估心肺耐力的方法

黃鋼等人 2006 年觀察足球選手半年的訓練前後安靜及定量負荷的心率和血乳酸的不同反應，結果發現：訓練後，反應機體工作能力的 PWC170 明顯升高，而定量負荷時心率反應的降低有顯著性，血乳酸的上升幅度也較小；同時，根據以往的文獻探討 PWC170 和 12 分鐘跑成績分別推算出的最大攝氧量訓練後較訓練前有所增加，而且由 12 分鐘跑推算最大攝氧量無論在理論上還是在實踐操作中都更適宜於運動場上的現場測算和評估。

1. 十二分鐘耐力跑測試

目的：測量心肺耐力 ( $VO_{2max}$ )

表 2-1 十二分鐘耐力跑測試(米)常模表

年齡	欠佳	尚可	一般	良好	優異
男 士					
13~19	<1900	1901-2100	2101-2400	2401-2600	>2601
20~29	<1900	1901-2100	2101-2400	2401-2600	>2601
30~39	<1800	1801-2000	2001-2300	2301-2500	>2501
40~49	<1700	1701-1900	1901-2200	2201-2450	>2451
50~59	<1600	1601-1800	1801-2100	2101-2300	>2301
60+	<1300	1301-1600	1601-1900	1901-2100	>2101
女 士					
13~19	<1400	1401-1600	1601-1800	1801-2000	>2001
20~29	<1500	1501-1700	1701-2000	2001-2200	>2201
30~39	<1450	1451-1650	1651-1900	1901-2100	>2101
40~49	<1400	1401-1550	1551-1800	1801-2000	>2001
50~59	<1300	1301-1400	1401-1700	1701-1900	>1901
60+	<1200	1201-1300	1301-1500	1501-1700	>1701

資料來源：Modified from Cooper's 12-minuter walking/running test & AAHPER Youth Fitness Test Manual (1976).

2. 三分鐘登階測試 (YMCA Protocol)

目的：測試運動後心跳數恢復情況，以評估其心肺功能。

器材：45cm 高穩固長椅、節拍器 (96bpm)、碼錶。

首先檢查節拍器及預設拍子為每分鐘 96 次，然後按節拍做 3 分鐘(即每分鐘做 24 次‘上上下下’)，並需要在踏上台階時要到直膝為止，先踏上左腳再上右腳，左腳下之後再下右腳。完成 3 分鐘踏台階後，然後記下心跳次數即完成該實驗。

鄭安城、林正常(1993)在比較跑步機與登階所測得最大攝氧量( $VO_{2max}$ )的差異，及探討在非最大運動負荷後的恢復心跳率與  $VO_{2max}$  的相關情形，結果發現，14 名大學生原地跑步機所得的  $VO_{2max}$  ( $50.68 \pm 3.27 \text{ ml/kg/min}$ ) 顯著高於登階所測得的  $VO_{2max}$  ( $45.49 \pm 4.09 \text{ ml/kg/min}$ ) 的值，相關達 .56 ( $p < .05$ )。原地跑步機所測得  $VO_{2max}$  與三分鐘登階後一分至一分三十秒的恢復心跳數相關是 -.80 ( $p < .05$ )，與體能指數相關是 .69 ( $p < .05$ )，此結果顯示三分鐘登階的恢復心跳數可以作為預估  $VO_{2max}$  的根據，其迴歸方程式為  $VO_{2max} (\text{ml/kg/min}) = 73.88 - 0.47 \times \langle \text{一分至一分三十秒的恢復心跳數} \rangle$ 。

Francis and Brasher (1992) 對 33 位 18~47 歲的男性受試者實施三種不同頻率〈22 次/分、26 次/分、30 次/分〉的登階測驗，研究登階測試與最大攝氧量之相關。測量恢復期 5~20 秒的心跳數，並以 Bruce 的方法(受試者在跑步機上進行跑走測驗)測得最大攝氧量與登階測驗的數據並作相

關係數分析，結果發現 5~20 秒的恢復心跳數與最大攝氧量有顯著相關 ( $r = .72$ 、 $r = .81$ 、 $r = .81$ ， $p < .05$ )。但也有研究結果顯示登階測驗來預測最大攝氧量並不顯著，王順正與林正常 (1995) 利用效度概化的整合分析法，整合 45 個登階測驗，受試者人數共有 2177 人，分別為男性受試者共 1717 人，女性受試者 460 人。研究結果指出，雖然許多研究登階測驗評估最大攝氧量的效度達到顯著，但其效度範圍為 0.35 至 0.94 之間。登階測驗評估最大攝氧量的方法較適合於青少年與女性，且登階測驗的時間則以 3 分鐘的運動時間較有效。且經計算處理後發現，登階測驗評估最大攝氧量的效度皆未達概化，其中又以女性為受試者的登階測驗效度優於男性，青少年為受試者的單一階段登階測驗效度優於青少年以上者，三分鐘運動時間優於五分鐘的運動時間，且發現登階測驗評估最大攝氧量的真正效度約在 0.7 左右。所以登階測驗以恢復期心跳率來評估最大攝氧量，雖然其信度高，但因外在因素(情緒和服藥等因素)的影響使得登階測驗的成績有所誤差。

表 2-2 三分鐘踏台階測試常模表

年齡	欠佳	尚可	一般	良好	優異	欠佳	尚可	一般	良好	優異
	男 士					女 士				
18~25	>115	105- 114	98-10 4	89-9 7	<88	>125	117-1 24	107-11 6	98-10 6	<97
26~35	>117	107- 116	98-10 6	89-9 7	<88	>128	119-1 27	111-11 8	98-11 0	<97
36~45	>119	112- 118	103-1 11	95-1 02	<94	>128	118-1 27	110-11 7	102-1 09	<101
46~55	>122	116- 121	104-1 15	97-1 03	<96	>127	121-1 26	114-12 0	103-1 13	<102
56~65	>119	112- 118	102-1 11	98-1 01	<97	>128	118-1 27	112-11 7	104-1 11	<103
65+	>120	114- 119	103-1 13	96-1 02	<95	>128	122-1 27	115-12 1	101-1 14	<100

資料來源：Golding, L.A., Myers, C.R., & Sinning W.E. (1989).  
Y's Way to Physical Fitness (3rd Ed.). YMCA.

## 第二節 評估能量消耗的方法

直接測量法 ( Direct Calori-metry ) :

利用熱量計測量物質經燃燒後所產生的熱量

間接測量法 ( Indirect Calori-metry ) :

透過偵測身體所消耗的氧氣來推估能量消耗的情形

方法如下 :

水分子同位素標定法 ( doubly labeled water, DLW ) 由 Schoeller 和 Van Santen 第一次發表於 1982 年，它不受限於實驗室或室外活動，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)，缺點則是成本相當昂貴，不適用於大樣本的研究。

Douglas 袋方法：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，而計算出攝氧量 (  $VO_2$  ) 和二氧化碳產生量 (  $VCO_{2max}$  )，再用適當之換算方法而求得能量消耗 ( Kcal )。結果發現在  $VO_{2max}$  (  $63.3 \pm 6.3$  ml/kg/min ；平均值  $\pm$  標準差 )  $VO_{2max}$  與高原期 (  $62.9 \pm 6.2$  ， 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，伴隨著高原期之後的一個峰值。順帶一提的是

最大攝氧量 ( $VO_{2max}$ ) 由 1923 年的 Hill 和 Lupton 定義的，於運動發生攝氧量期間達到最大運動強度時，儘管進一步提高工作的工作量，攝氧量會再提高，從那時候起而確定心肺系統的界限。

單軸加速規 (Uniaxial accelerometer)：加速規體積小、不引人注目，且許多研究顯示加速規具有良好效度，可說是運動中能量消耗的良好評估工具。

單軸加速規是在單一平面 (通常是垂直方向) 測量物體加速度。可配合戴於軀幹、四肢上或是軀幹與四肢皆可以配戴，以測量軀幹、四肢或軀幹與四肢的加速度。

Treuth, Margarita S., Anne L. Adolph, and Nancy F. Butte 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是屬於加速規的一種。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  $VO_{2max}$  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 h 後完成  $VO_{2peak}$  實驗)。兒童們在實驗室必須聽從觀測者的指示，如

運動和睡覺，度過 24 小時之後。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。三週後再返回實驗室。估計總熱量為 7,41061,326 千焦耳/天。

電腦處理系統(Computerized Instrumentation): 此儀器是運用氣體分析的科技，以無線電直接收集、紀錄、分析與處理受試者所呼出的氣體之間的比例，脂肪和碳水化合物代謝情形進而推算出能量消耗，還可以記錄心跳率。此為目前最普遍被採用的方式，除了使用之方便性外，最重要的是提高儀器的準確度與可信度。

Lee Graves(2008)等人比較了現代室外運動與當一代流行的電腦遊戲青少年的能量消耗。交差設計比較 4 款電腦遊戲。地點設置於生理學實驗室。受試者六個男孩和女孩的年齡 13-15 歲。在一個密閉空間的監測裝置測量他們的能量消耗。他們玩了四場電腦遊戲各 15 分鐘。一個久坐電視前玩 XBOX 360 和其他 3 名肢體活動式（Wii 遊戲機體育節目）。主要預測結果與衡量能源消耗，使用重複量數比較結果。結果平均數（±標準差）預測能源消耗時，玩 Wii 體育保齡球（190.6 ± 22.2 千焦耳/千克/分鐘），網球（202.5 ± 31.5 千焦耳/千克/分鐘），和拳擊（198.1 ± 33.9 千焦耳/千克/分鐘）是顯著大於 XBOX 久坐時玩遊戲（125.5 ± 13.7 千焦耳/千克/分鐘）（ $p < 0.001$ ）。能量消耗 Wii 至少大於 XBOX（65.1 千焦耳/千克/分鐘）（95% 信賴區間 47.3 至 82.9）。

結論是新一代電腦遊戲可以消耗更多的能量，雖然比玩久坐電腦遊戲多出不是很多，但至少有關於體育方面的身體活動。在能量使用時發揮 Wii 的體育遊戲是不是夠高強度以

作出達到政府所建議兒童的每日運動量。

能量消耗測試方法：

受試者經過了至少兩個小時的空腹，測量的方法利用間接熱量法和戴上呼吸面罩。利用 IDEEA 系統來計算能量消耗，包括一個小型錄音機在耳朵附近，另外在腰部使用加速規，傳感器使用在胸部和鎖骨。收集傳感器測量之後加速度和角度的每一個數據，再初始化每一個 IDEEA 以鍵入參與者的體重，身高，年齡和性別和校準傳感器。能量消耗的分析和處理數據是使用 ActView 。

### 第三節 足球運動與心血管疾病的相關文獻

Magnus Baumhake 等人(2007)研究指出第 18 屆世界盃足球賽，2006 年在德國有將近全世界數百萬人在關心球賽，但卻只有少數人了解足球員在比賽期間活動與心血管疾病的關係。適度的運動會讓身體健康是眾所周知，因為可以減少心血管疾病的危險。另一方面，大量的體能運動像足球比賽時所促生的情感壓力的增加，是導致心血管疾病的危險因子重要因素以及增加發生心血管疾病的的可能性。由於比賽時的壓力增加，選手腦內的交感神經分泌兒茶酚胺刺激心臟。之前對於心血管高危險族群在高強度的運動下時很少研究，尤其是運動員先天性心臟病（如肥厚梗阻型心肌病）等，但影響高強度競爭活動的心血管事件，尤其是當世界盃足球賽比賽期間發生在觀眾時更少處理類似的發病情況。

L. Montl, A. Sambola 等人發現有多年運動經驗的運動員共同擁有的心血管疾病的危險因子就是

心房顫動：增加迷走神經張力與心動過緩，已經發現與健康對照組的差別就是運動員擁有擴大後的心臟和左心室質量增加。這種長期運動和心房顫動的關係之間以前並沒有很明確的界定，或許是因為在心血管疾病的評價中，運動員通常是達到身體活動量的最大值。

研究者已對於運動員進行評價了多年的運動。實際上，當有些年長的運動員已經減少了它們的身體活動，以非常低的水平來運動之後，還是會有心房顫動的機率發生。眾所周知的是，在發生心房顫動的機率是隨著年齡而增長。在患者進行運動的危險因素可能會有心房顫動，但也有可能發生在其他危險因素，如高血壓，從而導致心律失常的現象發生。

即使有報告指出不鍛鍊身體跟不健康有強烈的關聯性存在，這些都是從以前的研究中有機可循的，美國 60% 的人口對運動不夠積極或是完全不去從事運動。

Andrea L. Dunn 等人研究以久坐為生活方式的男生 116 人和女生 119 人他們的能量消耗不到 36 和 34 大卡/公斤/天。試著以 24 個月的全新生活方式的體力活動來改善身體健康以及心肺功能，降低心血管疾病的危險因素。結論發現久坐的成年人，納入一種新的生活方式身體活動之後，是有效改善身體活動、心肺功能和血壓的。J. David Branch (2000) 等人也發現久坐不動的婦女經過中等強度的運動之後，心肺功能也改善了，並且增加她們的工作效率。

另外也有學者研究中度的脫水（脫水程度為體重的 1.5%~2% 水分喪失）是否會影響足球員在足球比賽發揮的一個重要因素。

研究方法為 11 個標準的男性足球運動員。

最大耗氧量消耗 50.91 毫升/公斤/分鐘)。

實驗程序包括：1.前 45 分鐘的比賽時間腳踏車測功計實驗 (90 %的個人換氣閾值)；2.完成了 45 分鐘足球比賽；3.後場表現出的體育精神和專注力的測試。受試者完成了三個階段程序。

在不同的實驗條件下 (有水補給、沒有水攝取和口腔沖洗三組。結論：不同實驗條件下的差異在比賽和後場表現的結果發現中度脫水，是會不利足球員踢球的能力的一個重要因素。然而，現在還不清楚這是否因為本身水分的損失或是消極的心理認知才會造成這樣的結果出現。

#### 第四節 EPOC(運動後過攝氧量)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。以下的資料來自 Bahr(2003)收集各學者的實驗數據所得到的 EPOC 跟運動持續時間以及運動強度的關係圖表 2-1：

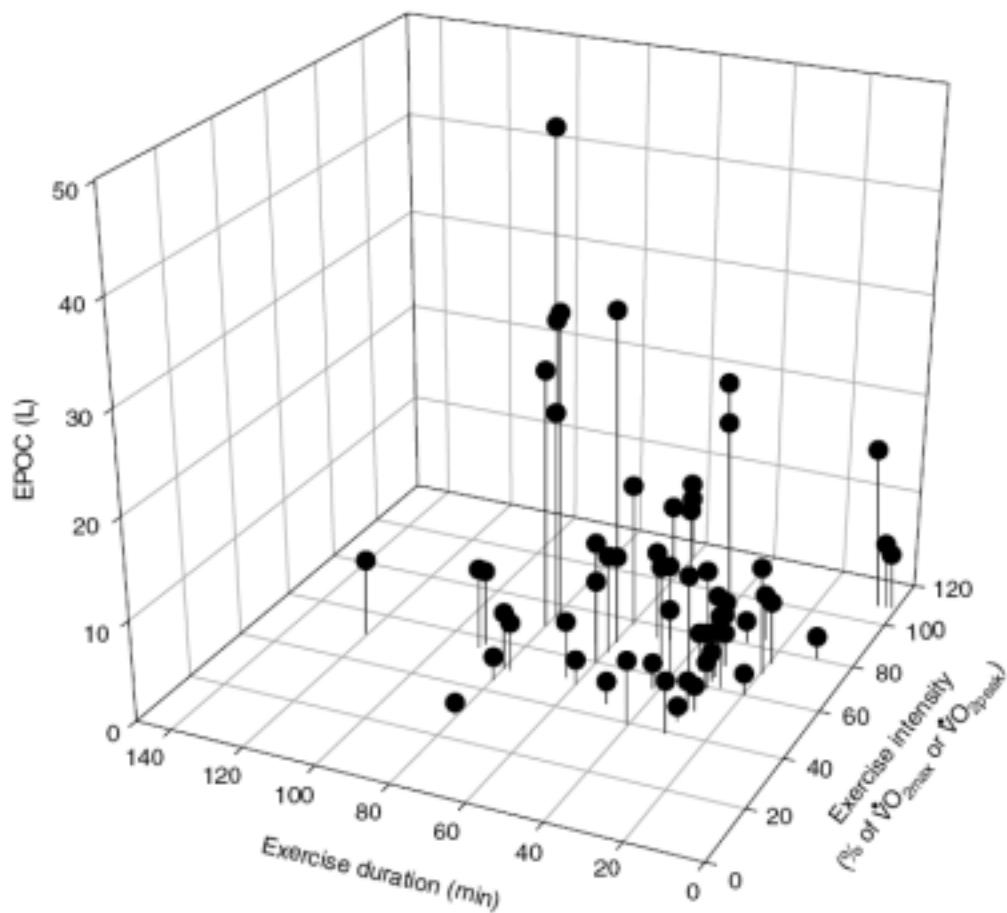


圖 2-1 EPOC跟運動持續時間以及運動強度的關係圖表

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，但也有學者得到結論認為EPOC出現的時間非常短暫，這互相矛盾的結果顯示是運動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)等人提出氧債的假說，認為運動後會有較高攝氧量的原因是要償還初期運動的缺氧，而Margaria(1933)等人將氧債的概念認為是乳酸性的氧債，反應較慢目的是處理血液中的乳酸以及ATP的再生成。Herxheimer(1926)

等人發現沒訓練的人運動過後經過36~48小時攝氧量沒有恢復到原本安靜期的水準，deVries and 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，RMR提升10%。在早期的研究中，這些學者們並未詳細交代他們實驗的運動強度或是持續時間，而且也沒交代其實一些控制上的變因會影響RMR，例如：溫度、食物的攝取、運動的種類、咖啡因的攝取有無...等等因素。直至最近1984年Gasser and 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。由於影響個人內在差異的因素有肌肉中PC的再合成、乳酸移除、身體溫度的增高，體內激素的增高等因素，使得人體在運動過後仍保持高耗氧的狀態。但是因為實驗的內在變因使得EPOC的界定至今仍不明確，仍需要大量樣本才可以。

最早發現運動後仍持續做高攝氧量的概念是在西元1910年Benedict和Carpenter兩位學者發表研究的，他們發現兩個不同實驗組別在運動過後休息的7至13個小時，受試者休息代謝率(RMR)提升了11.1%。認為EPOC代表了RMR的上升情況，起初認為運動不只要攝氧，能量也會隨之消耗，(Herxheimer et al., 1926)研究五名未接受訓練的受試者在運動後36~48小時並不會馬上回復到安靜狀態。(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%。(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，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%。但是以上這些學者的研究並沒有明確的界定運動時間和運動的持續時間為何？只提供了些微的資訊來描述控制組的情況，也沒有說明受試者的個人因素，會影響 RMR 的高低，包括了有無攝取咖啡因、主要運動的不可控制因素、食物、溫度的控制以及個人的心理因素等等，在之前的研究都沒有考量進去，以致早期學者們對於 EPOC 並沒有很深入的了解。

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，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 本章總結

心肺適能的好壞代表一個人健康狀況是否良好，根據上面的文獻回顧發現心肺適能較好的人(足球選手)罹患心血管疾病的機率較低。推測心肺耐力測驗方法中，對於不同適能水準的受試群體也應使用不同的測驗方式，本實驗使用的還是以 Bruce 測驗為主，因為這適合體能較好的運動員，較容易知道受試者本身的心肺適能情況。

能量消耗方面採間接測量法取得數據，以較精確的儀器 (MetaMax3B) 來測量不同族群中受試者能量消耗的情況。本研究針對足球選手與一般大學生心肺適能的比較，雖然受限於場地器材的取得，以及考慮到將來對大樣本施測的便利性，仍用三分鐘登階測驗和跑步機最大攝氧量的測驗來歸納出國人不同群體中最大攝氧量的預估模式。跑步機的測驗雖具有高信效度，但是測驗方法較不便利且費時又有危險性，不適合測試大量樣本時實行。雖然登階測驗較適合於女性和青少年族群，這方面效度較老年人高。但本研究因為受試者屬於運動能力較高的族群，所以將提高登階測驗的高度(提高至 45cm) 以增加運動負荷，並加入新的指標(呼吸次數)來提高登階測驗的信效度以接近跑步機的信效度，以利將來施測大量樣本時作為評估心肺適能的指標。

### 第三章 研究方法

#### 第一節 研究架構如下：

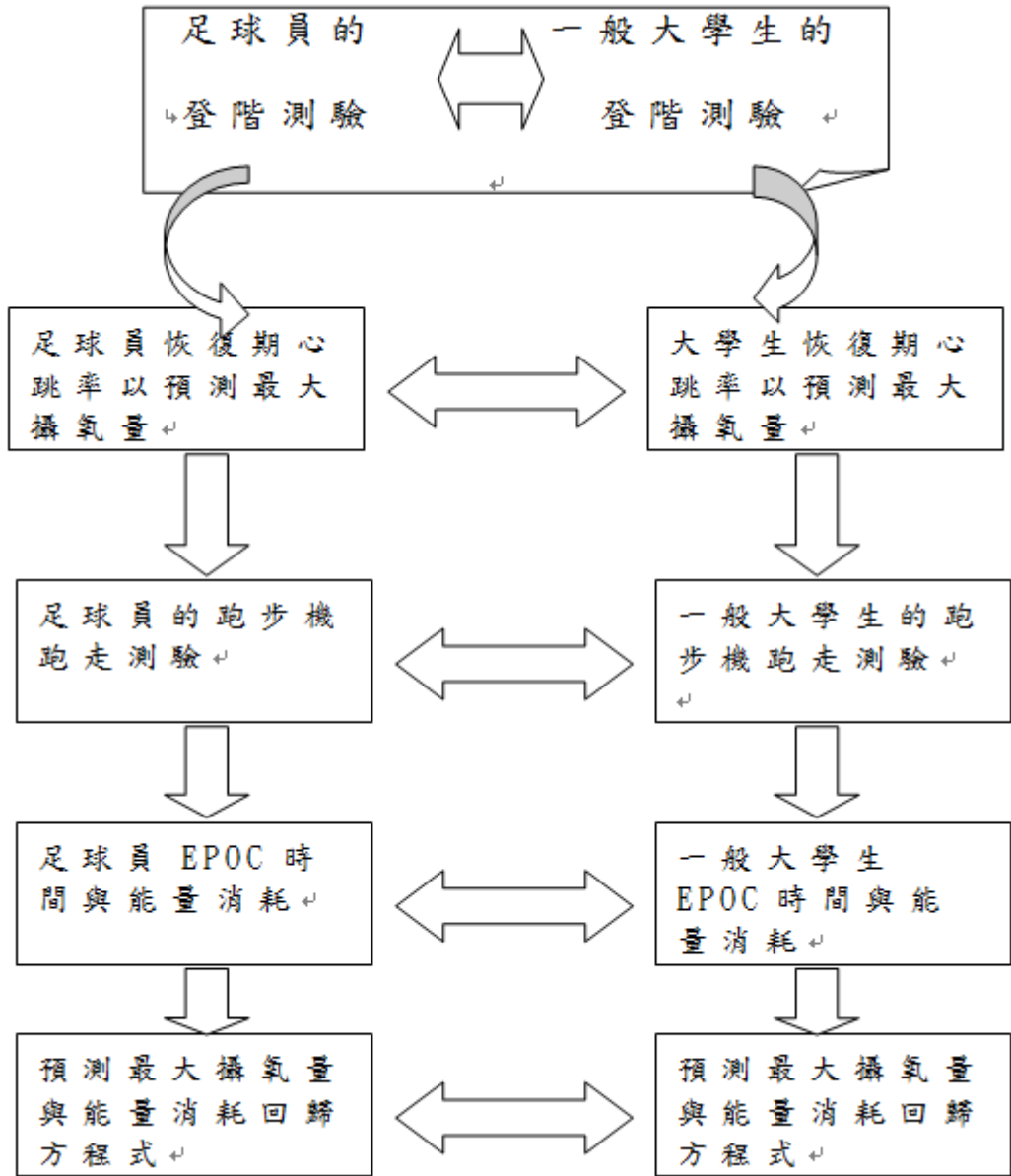


圖 3-1 研究架構圖

## 第二節 實驗時間與地點

### 一、實驗時間

中華民國九十七年十月至九十八年六月，共八個月。

### 二、實驗地點

1. 國立台灣體育大學體操館二樓運動科學中心。
2. 國立台灣體育大學體操館三樓運動生理學實驗室。

第三節 實驗設計(由左至右)如圖3-2所示：

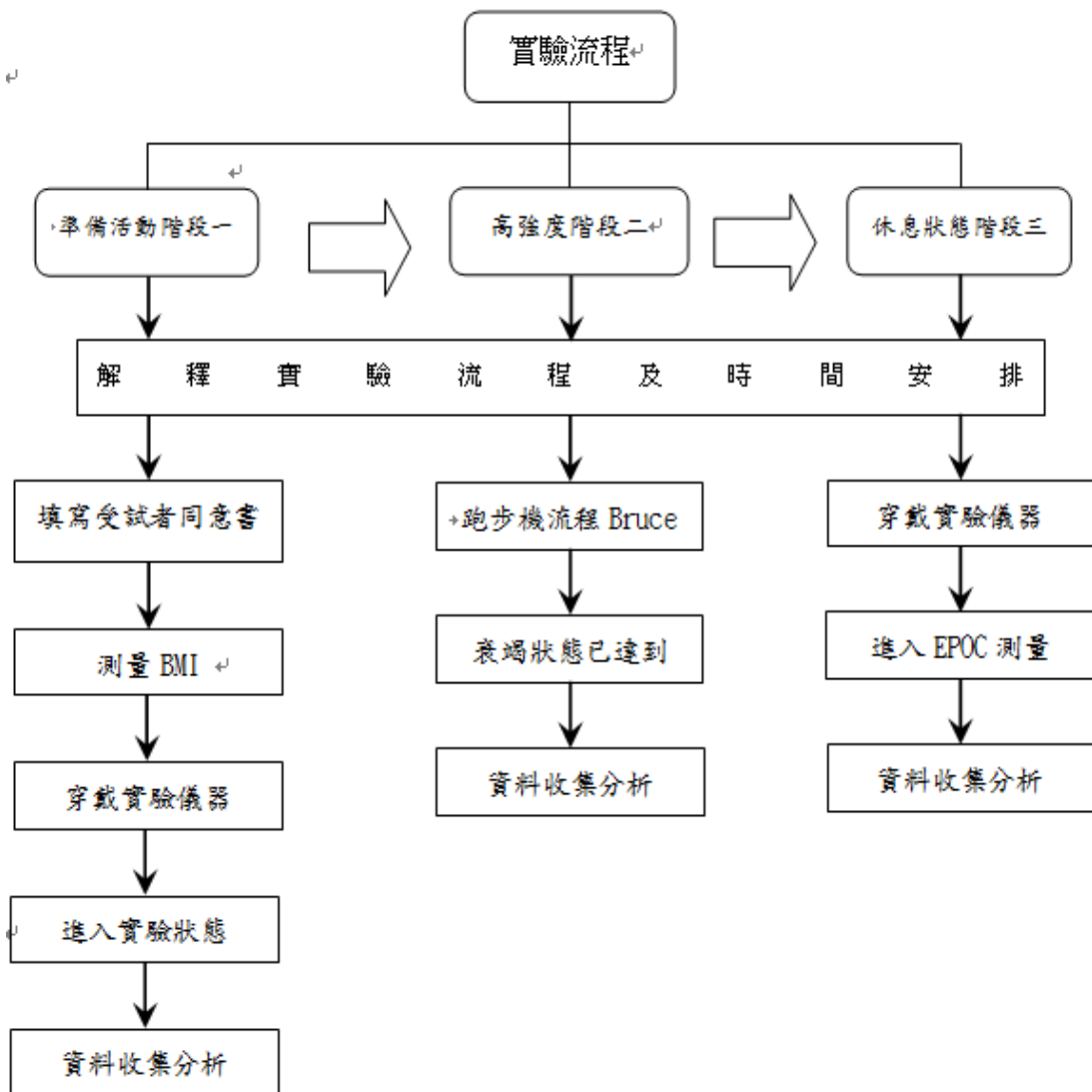


圖 3-2 實驗設計圖

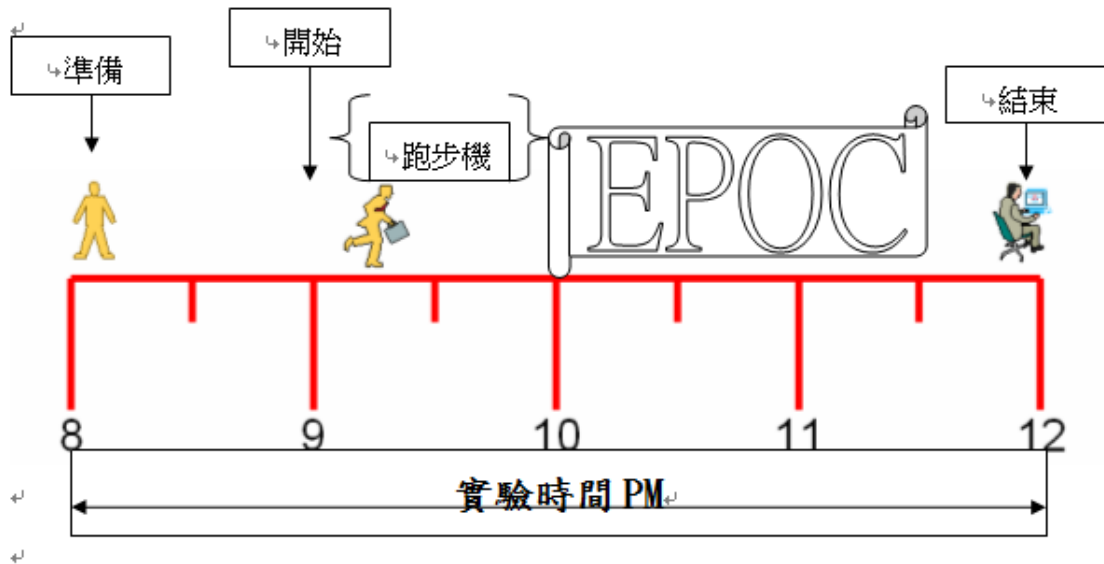


圖 3-3 實驗流程圖

### 一、實驗程序

所有受試者經由預備測試之後，至少相隔 24 小時才能進行正式實驗測試。

實驗過程中此實驗設計規劃三個小時的實驗時間，包括了最大攝氧量和 EPOC 的測量，全程配戴 METAMAX3B 儀器與心跳率表直至實驗結束。

#### 最大攝氧量的測試流程：

最大攝氧量的測試方法是採用 Bruce 的測試流程。

實驗室溫度控制在 22~24℃，受試者先在跑步機上走三分鐘暖身適應（1.2 英里/小時），選擇最舒適速度跑 20 秒適應，休息二分鐘後開始在初速 1.7 英里/小時坡度 10% 跑 3 分鐘（每 3

分鐘為一個階段)，每3分鐘速度依序增加0.8、0.9、0.8、0.8、0.5、0.5英里/小時，坡度每個階段依序增加為2%，跑到衰竭為止，再做恢復運動五分鐘。有關測驗各階段時間、斜度及速度分別如表3-1所示：

一、 Bruce 運動強度如表 3-1 所示：

表 3-1 Bruce 運動強度

階段	持續時間 (min)	速度 (mph)	坡度 (%)
1	3	1.7	10
2	3	2.5	12
3	3	3.4	14
4	3	4.2	16
5	3	5.0	18
6	3	5.5	20
7	3	6.0	22

**三分鐘登階測驗實驗流程：**

登階測驗的測試方法是採用節拍器頻率一分鐘 96 拍登階高度為 45 公分的台階上進行該實驗講解實驗儀器的使用，並試聽節拍器的頻率及練習登階的動作。

測驗開始前先幫受試者戴上 Metamax3B 儀器然後開始做上上下下四次四拍(先左腳再右腳)的登階測驗，受測時間為三分鐘。

測驗『開始』時，節拍「1」時受試者先以左腳登上台階，節拍「2」時右腳隨後登上，此時雙腿應伸直。節拍「3」時左

腳由台階上下，節拍「4」時右腳下至地面直至實驗結束。施測者以 Polar 紀錄心跳率。受試者以坐姿進行測量恢復期心跳數，先休息一分鐘後，開始量測驗恢復心跳數一分到一分三十秒 (HR-1)、二分到二分三十秒 (HR-2)、三分到三分三十秒 (HR-3)，三個恢復期三十秒的心跳數帶入公式得到心肺耐力指數。心肺耐力指數 =  $【運動持續時間(秒) \times 100】 \div 【三次心跳次數總和 \times 2】$

注意事項：

1. 凡醫生指示不可做運動及有心臟、腎臟、肺臟、關節炎、腿肌受傷、高血壓、糖尿病等疾病者、懷孕婦女皆不可接受此項測驗。
2. 應力求正確地完成規定之動作。
3. 先上台階之腳時也必須先以那隻腳下台階。
4. 登階時上半身宜盡量挺直。
5. 登階後雙腳要伸直。
6. 登階速度應符合規定之節拍。
7. 應避免跳上跳下之動作且不可僅以足尖上下台階。
8. 測驗前應詳盡說明，並提供適當示範及練習。
9. 測驗前二小時要用餐完畢。

實驗前應避免有劇烈運動以及服用大量刺激性飲料或者長期服用藥物、熬夜等因素。實驗前一個小時進入生理學實驗室，並向實驗參與者詳盡說明實驗目的、流程、方法，實驗前受試者皆詳閱「受試者同意書」(附錄表一)和簽署「身體活動健康調查表」(附錄表二)，填寫基本資料及測量身高、體重、安靜基準值、皮脂厚度與體溫。

實驗流程開始介入後，未來均須遵守「流程分析圖」之

實驗規劃；在實驗過程中有任何疑問，均向實驗研究者告知並尋求協助，不可擅自拆除任何實驗儀器裝備。

#### 第四節 實驗參與者

實驗參與者為台灣中部 18~23 歲無吸煙、喝酒、肥胖症之健康大專男生與國立台灣體育大學台中男子足球隊員。BMI 在國人正常範圍內 (18.5 BMI 24.0)(行政院衛生署，2002)，並無心血管疾病、高血壓 (心縮壓 < 130 mm Hg，心舒壓 < 85 mm Hg)、糖尿病、肺疾病、肝與腎疾病、骨骼及神經肌肉障礙等。

#### 第五節 身體特徵測量

##### 一. 身高、體重測量

受試者做實驗之前，先脫去鞋襪於身高體重機上測量，就雙腳站立位置並眼睛平視站直，讀出身高與體重值。身高測量結果以公分為單位，計算至小數點一位，以下四捨五入；體重測量結果以公斤為單位，計算至小數第一位，以下四捨五入。

##### 二. 安靜血壓值

以血壓計測量並記錄受試者的安靜收縮壓與舒張壓，測量時受試者採坐姿量測左上臂，共測量兩次並取其低值。

##### 三. 安靜心跳率

安排受試者於運動生理學實驗室靜坐十分鐘後，開始測量其安靜心跳率，由研究者幫受試者戴上心跳監控器 (polar)，觀察其心跳最低值為安靜心跳率。

四.以 BIA 生物電阻器測量體脂肪百分比

請受試者到運科中心二樓脫去鞋襪於上 BIA 生物電阻器測量，就雙腳站立位置並眼睛平視站直，讀出體脂肪的數值( Fat % )。

## 第六節 實驗儀器

一、MetaMax 3B 氣體分析儀(位於生理學實驗室)：

測試方法：Breath-by-Breath (L/W/H)，

體積：2×120×110×45 mm，

重量：650g，

數據內存：8MB，

測試條件：溫度：-20～+40°C，氣壓：500-1050mbar，濕度：0-99%，電池：鋰電池（兩小時，重 80 克）

任何個體在實際狀況下的精確體能評估，完全一體化的 3 通道心電圖和 Polar 心率監測，提供了大呼吸量和呼吸頻率條件下的可靠性測量；有效地監測訓練進程，幫助運動員取得最佳的運動能力

儀器主要零組件為：MetaMax 3B 外盒系統、肩袋裝置、樣本線、DVC 容積變換器、三頻道心電圖組件、遙測裝置接收盒、POLAR 心跳發射器、耳機、電池/充電器、PC 連接線、Triple V 容積變換器。

鉛酸電池(汽車電池)模組：

此廠牌為國際牌 48D26R，規格為 250×170×210 公厘；電壓數為 12 伏特、電流量為 50 安培-小時、重量為 12 公斤。

二、筆記型電腦：

此筆電為 Twinhead 型號；其功能為配合儀器資料儲存、無線電接發器之電源供應器。如圖 3-4 所示：



電池(變壓)



面罩模組



主機系統



無線裝置模組



Polar心跳錶



專用筆電

圖 3-4 實驗儀器圖

### 三、Polar 心跳監測器(位於運動生理學實驗室)

此儀器為隨身攜帶型可連續監測心跳率的手錶型心跳監測器，儀器內部可設定最大值與最小值，並於超出此範圍時發出警告聲響，能提供精確的運動強度量度。實驗完畢取下儀器時，經由轉換取得輸出資料並加以分析。

### 四、跑步機(位於運科中心二樓)

展開規格：165×75×129CM；精密 5 個 LCD 中文面板操控視窗，可顯示心跳、揚升角度、卡路里數、跑步時間、跑步速度、體脂肪、距離。速度可由每小時 0.8~16 公里，電動升降坡度，角度由 0%~10%自由調整，跑步範圍 40×130 CM，最大承載量：105KG。

## 第七節 資料處理與統計分析

本研究所有資料均採用 SPSS 14.0 for Windows 統計套裝軟體進行統計處理與分析，顯著水準訂為  $\alpha = .05$ ，採用之統計方式如下：

以描述性統計表示大專院校男生之各項生理基本資料，最大心跳率、最大攝氧量、能量消耗……等。

用 t 檢定法來比較足球員與大學生的能量消耗和最大攝氧量，並使用多元回歸分析檢定年齡、身高、體重、身體質量指數、身體組成、總步數、耗氧量、心跳率、心跳數各變項與能量消耗之預測能力，經由初步分析結果評估適合實際應用之回歸方程式。

## 第八節 預期效果

利用本研究的結果來探討足球選手與體育院校男學生心肺適能的差異並比較其能量消耗的不同，根據國內外的研究指出：足球員的心肺耐力比一般的大學生還要來得好，屬於常模中的優勢族群。而心肺耐力的推估可藉由本研究以改良式登階式測驗便利且安全的方式計算出來，因此，藉由計算人體的最大攝氧量之心跳數與能量消耗的關係，以回歸方式呈現必有高度相關，藉此建立大學生心肺耐力相關曲線。足球運動員跑步機跑走測驗預測最大攝氧量效度高於三分鐘登階測驗。體育院校男大學生跑步機跑走測驗預測最大攝氧量效度高於三分鐘登階測驗。三分鐘登階測驗加入新的指標後，信效度會提高，使得方程式更

容易預測最大攝氧量。並且單一利用人體的心跳數來有效地預測人體總能量消耗之相關性；將來每個人從事運動時可以因為本身的最大攝氧量來調整訓練量，達到運動強度與能量消耗之間的平衡，而不會造成運動傷害或是沒達到運動的目的。

## 第四章 結果

本章主要是呈現受試者實驗所得的數據結果，再加以統計分析，內容敘述共分為六個小節：第一節為受試者基本資料之分析、第二節為受試者基本安靜生理指標、第三節為不同組別的各项生理指標之比較、第四節為不同組別及整體各项生理數值之相關，第五節為以最佳的生理指標來預測最大攝氧量和能量消耗

### 第一節 受試者基本資料之分析

此次接受實驗之受試者分為兩個組別，第一組〈足球隊〉為就讀於國立台灣體育大學（台中）男子足球選手二十一位，第二組〈一般生〉為就讀於國立台灣體育大學的男大學生十一位，全部受試者基本生理條件以平均數±標準差呈現如表 4-1 所示：

表 4-1 受試者基本資料

組別		身高(公分)	BMI	年齡(歲)
足球員	平均值	173.14	21.99	20.05
	人數	21.00	21.00	21.00
	標準差	4.56	0.98	1.32
一般生	平均值	174.00	22.23	25.00
	人數	11.00	11.00	11.00
	標準差	6.12	2.02	2.41
整體	平均值	173.44	22.07	21.75
	人數	32.00	32.00	32.00
	標準差	5.07	1.40	2.95

## 第二節 受試者基本安靜生理指標

受試者於最大攝氧量測試完的兩個半小時之後，在無外力干擾的狀況下坐於椅子上休息至實驗結束，所測得各項安靜生理值分別為足球員安靜攝氧量為  $4.05 \pm 0.8 \text{ ml/kg/min}$ 、安靜心跳率  $58.5 \pm 7.02 \text{ bpm}$ ，一般生安靜攝氧量為  $4.01 \pm 0.74 \text{ ml/kg/min}$ 、安靜心跳率  $68.27 \pm 7.35 \text{ bpm}$ ，受試者各項安靜生理值如表 4-2 所示，全部受試者基本生理條件以平均數±標準差呈現：

表 4-2 受試者各項安靜生理值

組別		安靜攝氧量	安靜心跳率
足球隊	平均值	4.01	58.05
	標準差	0.80	7.14
一般生	平均值	4.01	68.27
	標準差	0.74	7.35
整體	平均值	4.01	61.56
	標準差	0.77	8.64

### 第三節 不同組別的各项生理指標之比較

#### 一、不同組別受試者在跑步機最大攝氧量之比較

每位受試者經過穿戴氣體分析儀器之後，從生理學實驗室進入二樓運科中心進行最大攝氧量之測試，測試流程為Bruce，受試者均在跑步機跑到衰竭的情況下停止運動，大學生的最大攝氧量平均為  $48.08 \pm 5.83 \text{ ml/kg/min}$ ，足球員的最大攝氧量平均為  $57.79 \pm 5.01 \text{ ml/kg/min}$ ，以獨立樣本 t-考驗發現最大攝氧量足球員顯著高於大學生，也就是代表足球員的心肺耐力普遍優於大學生，結果如表 4-3 及圖 4-1 所示：

表 4-3 不同組別受試者  $VO_{2max}$  比較

項目	組別	人數	平均值	標準差	t 值	p 值
VO2MAX	一般生	11.00	48.08	5.83	4.93	0.00*
	足球隊	21.00	57.79	5.01		

\* $p < .05$

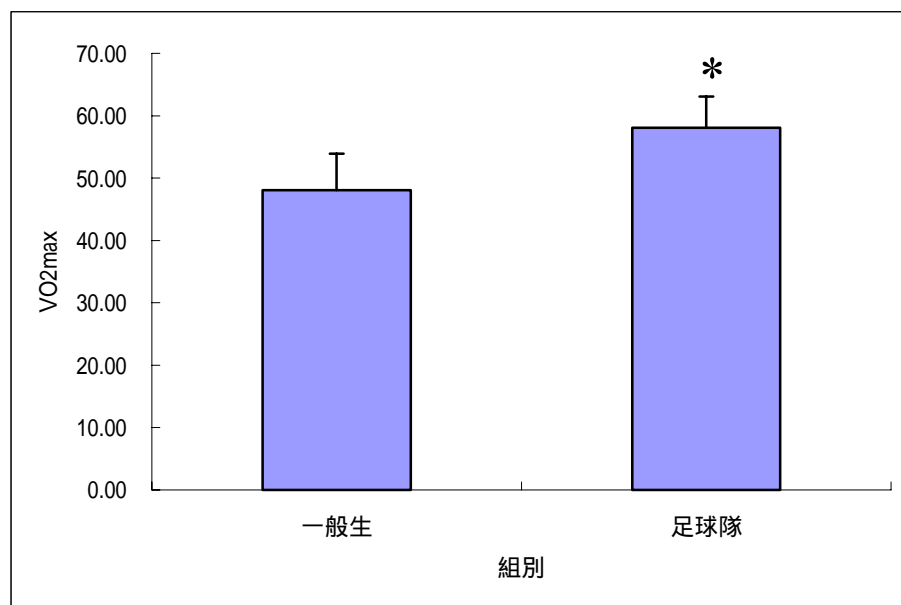


圖 4-1 不同組別受試者在跑步機最大攝氧量比較圖

## 二、不同組別受試者在心肺耐力指數與呼吸次數之比較

每位受試者經過穿戴氣體分析儀器之後，在生理學實驗室內進行三分鐘登階測驗並計算運動後一分到一分半的心跳數及呼吸次數、二分到二分半的心跳數及呼吸次數、三分到三分半的心跳數及呼吸次數，三個恢復期三十秒的心跳數帶入公式得到心肺耐力指數，而另外計算三個恢復期的呼吸次

數的總和。結果發現大學生心肺耐力指數平均為  $50.5 \pm 6.35$ ，足球員平均心肺耐力指數為  $64.97 \pm 9.60$ ，兩組之間足球員顯著高於一般生。大學生呼吸次數平均為  $71.29 \pm 12.45$  次，足球員呼吸次數平均為  $70.25 \pm 10.35$  次，兩組之間無顯著差異，結果如表 4-4 所示：

表 4-4 不同組別受試者心肺耐力指數與呼吸次數之比較

項目	組別	人數	平均值	標準差	t 值	p 值
心肺耐力指數	一般生	7.00	50.50	6.35	-3.69	0.00*
	足球隊	20.00	64.97	9.60		
呼吸次數	一般生	7.00	71.29	12.45	0.217	0.83
	足球隊	20.00	70.25	10.35		

\* $p < .05$

### 三、不同組別受試者在心跳數與能量消耗之比較

每位受試者在進行最大攝氧量測試之後，進入到實驗室進行 EPOC 的測量，在整個實驗流程中全程穿戴實驗儀器，並讓受試者完全休息至恢復到安靜時的狀態，在這段期間當中不可進行任何運動或是飲食，以全程記錄心跳數與能量消耗，並分為運動和休息期間兩部分來看，結果發現一般生運動期間心跳數為  $3444.91 \pm 1549.78$  次，能量消耗為  $543.81 \pm 178.36 \text{ kcal}$ ，足球員運動期間心跳數  $3142.57 \pm 1106.29$  次，能量消耗為  $658.21 \pm 222.03 \text{ kcal}$ ；一般生休息期間心跳數為  $13373.27 \pm 3514.04$  次，能量消耗  $737.31 \pm 229.17 \text{ kcal}$ ；

足球員休息期間心跳數為  $10928.33 \pm 1805.70$  次，能量消耗為  $671.42 \pm 181.46$  kcal。一般生平均總心跳數為  $16215.73 \pm 3623.48$  次及總能量消耗為  $1281.12 \pm 314.64$  kcal，足球員平均心跳數  $13918.00 \pm 1910.76$  次及能量消耗為  $1338.63 \pm 361.53$  kcal，在休息心跳數及總心跳發現兩組之間有顯著差異，而在能量消耗方面則都無顯著差異，結果如表 4-5、4-6 所示：

表 4-5 不同組別在運動及休息心跳數與能量消耗變異數分析摘要表

ANOVA		平方和	df	平均平方和	F 檢定	顯著性
休息心跳數	組間	43151728.62	1.00	43151728.62	6.86	0.01*
	組內	188695298.85	30.00	6289843.29		
	總和	231847027.47	31.00			
休息能量消耗	組間	31342.28	1.00	31342.28	0.79	0.38
	組內	1183713.00	30.00	39457.10		
	總和	1215055.28	31.00			
運動心跳數	組間	659851.95	1.00	659851.95	0.41	0.53
	組內	48495646.05	30.00	1616521.54		
	總和	49155498.00	31.00			
運動能量消耗	組間	94467.67	1.00	94467.67	2.17	0.15
	組內	1304099.95	30.00	43470.00		
	總和	1398567.62	31.00			

\*  $p < .05$

表 4-6 不同組別受試者在總心跳數與總能量消耗比較

項目	組別	平均值	標準差	t 值	p 值
總心跳數	一般生	16818.18	3299.66	2.93	0.01*
	足球隊	14070.90	2017.11		
總能量消耗	一般生	1281.12	314.64	-0.38	0.71
	足球隊	1329.62	354.79		

\* $p < .05$  (獨立樣本 t 檢定)

#### 四、不同組別受試者在各階段 EPOC 生成量之比較

每位受試者在經過最大攝氧量測試之後，均有 2 個小時半的坐式休息時段，運動完後的第一個小時設為 EPOC1 階段，運動完後的一至二小時設為 EPOC2 階段，及最後半小時則是 EPOC3 階段，受試者均在體操館 3F 的運動生理學實驗室休息，實驗期間給予受試者看電影或是聽音樂，以免受試者睡著造成實驗誤差的結果，並且不能攝取水分直到實驗結束，結果發現不同組別受試者 EPOC 的階段 1、2 及總和皆有顯著差異，一般生的 EPOC 生成量顯著高於足球員，而全部足球員休息在第三階段的休息皆沒有 EPOC 的產生。將所收集到的數據以表 4-7 和 4-8 及圖 4-2 所示：

表 4-7 不同組別及時段 EPOC 的比較

組別		EPOC1	EPOC2	EPOC3
足球隊	平均值	7.30	0.07	0.00
	標準差	1.66	0.31	0.00
一般生	平均值	9.80	1.38	0.02
	標準差	2.01	1.60	0.07
整體	平均值	8.19	0.53	0.01
	標準差	2.14	1.15	0.04

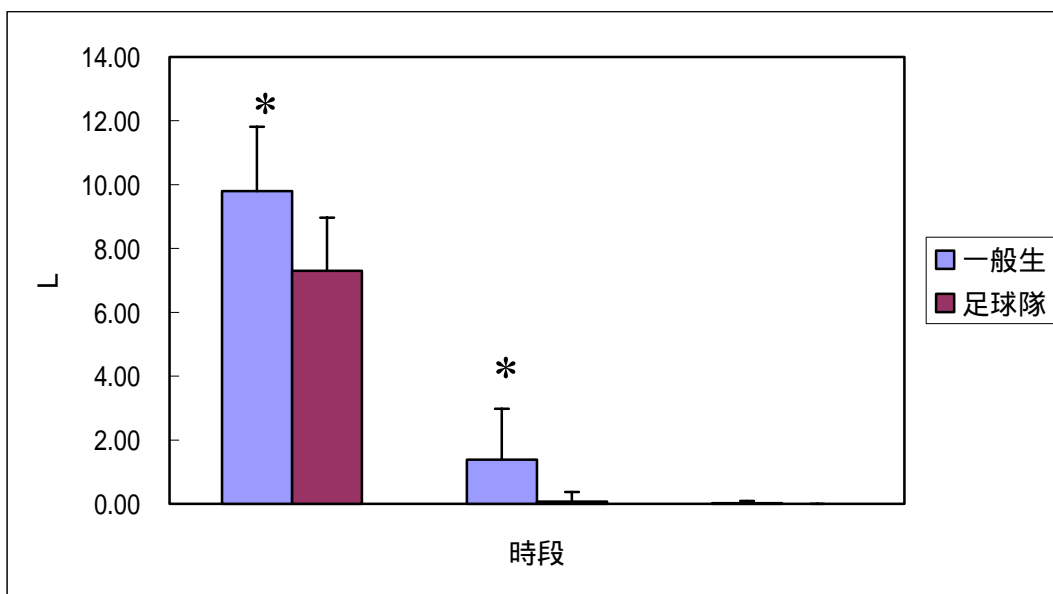


圖 4-2 不同組別及時段 EPOC 的比較

表 4-8 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
EPOC1 組間	44.28	1.00	44.28	13.79	0.00*
組內	93.11	29.00	3.21		
總和	137.38	30.00			
EPOC2 組間	12.21	1.00	12.21	12.95	0.00*
組內	27.34	29.00	0.94		
總和	39.55	30.00			
EPOC3 組間	0.00	1.00	0.00	1.87	0.18
組內	0.05	29.00	0.00		
總和	0.06	30.00			
總 EPOC 組間	98.81	1.00	98.81	36.85	0.00*
組內	77.76	29.00	2.68		
總和	176.57	30.00			

\* $p < .05$

#### 第四節 不同組別及整體各項生理數值之相關

本研究數據將各種具有代表性的指標來與各種生理值做一個相關，代表性指標包括了最大攝氧量、心肺耐力指數、能量消耗及總 EPOC 與各數值之相關。結果發現一般生的最大攝氧量與心肺耐力指數無顯著相關 ( $r=0.14$ )，能量消耗有顯著正相關 ( $r=0.771$ )，呼吸次數有顯著負相關 ( $r=-0.870$ )。總

EPOC 和 EPOC1 及 EPOC3 則有顯著相關 ( $r=-0.833$ 、 $0.632$ )。心肺耐力指數方面則與各數值都無顯著相關。結果如相關矩陣表 4-9 所示：

表 4-9 一般生各項生理值之相關矩陣

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VO <sub>2max</sub>	1.000	-0.261	0.366	-0.521	-0.583	-0.078	-0.421	.771(**)	0.140	-.870(*)
BMI		1.000	0.227	0.152	0.126	0.401	0.125	0.054	0.258	0.501
EPOC1			1.000	-0.522	-.833(**)	.632(*)	-0.447	0.561	0.176	0.425
EPOC2				1.000	0.490	0.330	0.309	-0.414	-0.568	0.216
EPOC3					1.000	-0.465	0.487	-.612(*)	.(a)	.(a)
總 EPOC						1.000	-0.210	0.239	-0.119	0.453
心跳數							1.000	-0.348	-0.140	0.222
能量消耗								1.000	0.442	-.779(*)
心肺耐力指數									1.000	-0.321
呼吸次數										1.000

$p < .05$  \*  $p < .01$

(a) 無法計算

\*\*

足球員的最大攝氧量與心肺耐力指數無顯著相關 ( $r=0.247$ )，能量消耗有顯著正相關 ( $r=0.566$ )，EPOC2 有顯著負相關 ( $r=-0.503$ )。總 EPOC 和 EPOC1 則有顯著相關 ( $r=-0.981$ )。呼吸次數與心跳數有顯著負相關 ( $r=-0.55$ )。心肺耐力指數方面則與各數值都無顯著相關。結果如相關矩陣表 4-10 所示：

表 4-10 足球員各項生理值之相關矩陣

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VO <sub>2max</sub>	1.000	0.119	-0.142	-.503(*)	.(a)	-0.240	0.215	.566(**)	0.247	-0.349
BMI		1.000	0.375	-0.309	.(a)	0.315	0.374	0.180	-0.064	-0.278
EPOC1			1.000	-0.101	.(a)	.981(**)	0.006	0.361	-0.029	-0.172
EPOC2				1.000	.(a)	0.094	0.112	-0.176	0.182	0.147
EPOC3					.(a)	.(a)	.(a)	.(a)	.(a)	.(a)
總 EPOC						1.000	0.028	0.327	0.007	-0.143
心跳數							1.000	0.382	-0.222	-.550(*)
能量消耗								1.000	0.213	-0.440
心肺耐力指數									1.000	-0.216
呼吸次數										1.000

\* $p < .05$     \*\* $p < .01$  (a) 無法計算

整體的最大攝氧量與心肺耐力指數有顯著相關( $r=0.526$ )，能量消耗有顯著正相關( $r=0.516$ )，EPOC2 有顯著負相關( $r=-0.637$ )。總 EPOC 和 EPOC1 則有顯著相關( $r=0.870$ )。呼吸次數與最大攝氧量和能量消耗有顯著負相關( $r=-0.394$ 、 $r=-0.471$ )。結果如相關矩陣表 4-11 所示：

表 4-11 整體各項生理值之相關矩陣

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VO <sub>2max</sub>	1.000	-0.114	-0.316	-.637(**)	-.435(*)	-.595(**)	-0.354	.516(**)	.526(**)
BMI		1.000	0.223	0.104	0.118	0.284	0.219	0.103	0.084
EPOC1			1.000	0.077	-0.299	.870(**)	0.043	0.345	-0.373
EPOC2				1.000	.519(**)	.538(**)	.418(*)	-0.254	-.432(*)
EPOC3					1.000	-0.005	.448(*)	-0.336	.(a)
總 EPOC						1.000	0.239	0.134	-.442(*)
心跳數							1.000	0.004	-.415(*)
能量消耗								1.000	0.25
心肺耐力指數									1.000

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$  (a) 無法計算

## 第五節 最佳的生理指標來預測最大攝氧量及能量消耗

### (一) 以心肺耐力指數預測最大攝氧量

本研究先以最大攝氧量 ( $VO_{2max}$ ) 為依變項，心肺耐力指數為自變項，以 SPSS for Windows 15.0 套裝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：

$$\hat{Y} = 17.483 + 0.7942X_1$$

$$\hat{Y} = VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} \text{ (} R=0.478, R^2=0.229 \text{)}$$

$X_1$  = 心肺耐力指數

其心肺耐力指數預測最大攝氧量之簡單迴歸分析摘要表詳如(表 4-12)。迴歸分析圖表如圖 4-4。

表 4-12 心肺耐力指數預測最大攝氧量之迴歸分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	R 平方
迴歸變異	255.69	1.00	255.69	7.42	0.01*	0.229
殘差變異	861.04	25.00	34.44			
總變異	1116.73	26.00				

\* $p < .05$

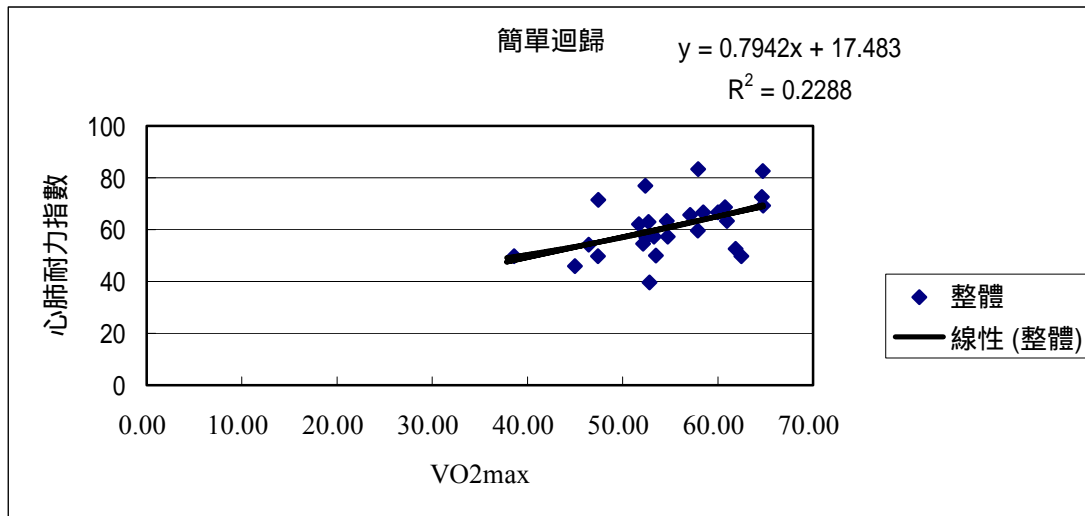


圖 4-4 以心肺耐力指數預測最大攝氧量迴歸分析圖

(二) 以心肺耐力指數加呼吸次數預測最大攝氧量

本研究再以最大攝氧量 ( $VO_{2max}$ ) 為依變項，心肺耐力指數與呼吸次數為自變項，以 SPSS for Windows 15.0 套裝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：

$$\hat{Y} = 51.975 + 0.249X_1 - 0.172X_2$$

$$\hat{Y} = VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} \quad (R = .551, R^2 = .303)$$

$X_1$  = 心肺耐力指數

$X_2$  = 呼吸次數

其心肺耐力指數與呼吸次數預測最大攝氧量之多元迴歸分析摘要表詳如 (表 4-13)：

表 4-13 心肺耐力指數加呼吸次數預測最大攝氧量之迴歸分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	R 平方
迴歸變異	338.86	2.00	169.43	5.23	0.01*	0.3030
殘差變異	777.86	24.00	32.41			
總變異	1116.73	26.00				

\* $p < .05$

以上面兩張表結果來做比較，發現預測最大攝氧量再加入呼吸次數的確會提高解釋變異程度從 22.9% 增加到 30.3%，也就是說心肺耐力指數加入呼吸次數的確會增加預測最大攝氧量的準確性。

### (三) 以總 EPOC 預測最大攝氧量

本研究再以最大攝氧量 ( $VO_{2max}$ ) 為依變項，總 EPOC 為自變項，以 SPSS for Windows 15.0 套裝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：

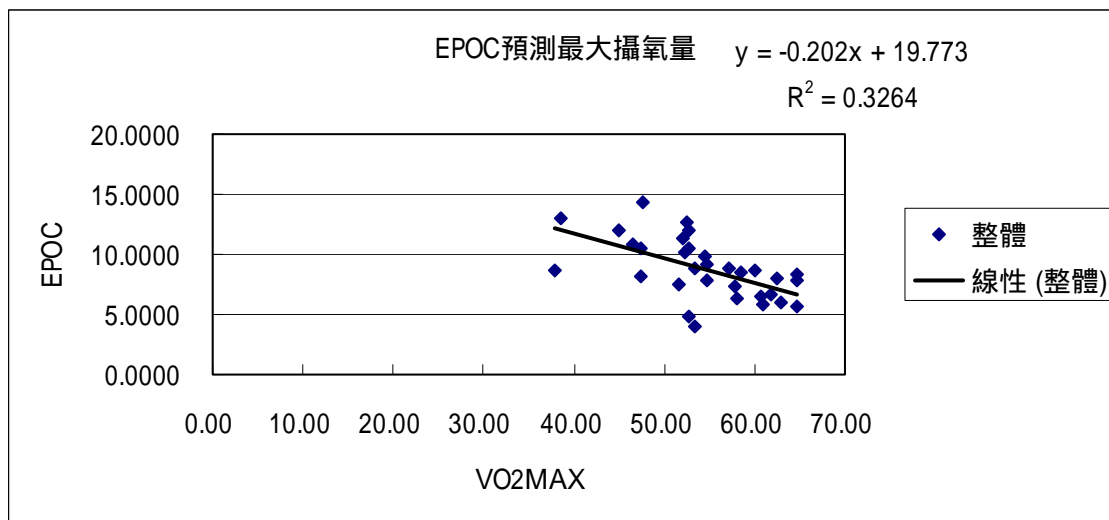


圖 4-5 以總 EPOC 預測最大攝氧量迴歸分析圖

(四) 以最佳生理值預測能量消耗

本研究結果以最佳生理值預測能量消耗，預測變項包括了  $VO_{2max}$ 、年齡、心跳數，再加入總 EPOC 計算迴歸公式分為總能量消耗、運動能量消耗及休息能量消耗三種，以強制進入法結果得到迴歸公式如下：

1. 預測總能量消耗多元迴歸公式

$$\hat{Y} = 26.482X_1 + 53.343X_2 + 0.028X_3 + 84.069X_4 - 3323.425$$

$$\hat{Y} = \text{總能量消耗 (kcal)} \quad (R=0.806, R^2=0.650)$$

$X_1$  = 年齡

$X_2$  =  $VO_{2max}$

$X_3$  = 心跳數

$X_4$  = 總 EPOC

其生理指標預測能量消耗之多元迴歸分析摘要表詳如（表 4-14、4-15）：

表 4-14 以生理值預測總能量消耗變異數分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
迴歸變異	2289187.78	4.00	572296.94	12.51	0.00*
殘差變異	1235237.49	27.00	45749.54		
總變異	3524425.27	31.00			

\* $p < .05$

表 4-15 總能量消耗多元迴歸分析摘要表

模式	R	R 平方	調整過的 R 平方	估計標準誤	Durbin-Watson 檢定
1.00	0.81	0.65	0.60	213.89	2.266

預測變項：年齡、 $VO_{2max}$ 、總心跳數、總 EPOC

自變項：能量消耗

2. 預測運動能量消耗多元迴歸公式

$$\hat{Y} = 15.489X_1 - 21.565X_2 + 0.051X_3 - 1056.814$$

$$\hat{Y} = \text{運動能量消耗 (kcal)} \quad (R = .747, R^2 = .558)$$

X1 = 年齡

X2 =  $VO_{2\max}$

X3 = 心跳數

其生理指標預測能量消耗之多元迴歸分析摘要表詳如 (表 4-16、4-17) :

表 4-16 以生理值預測運動能量消耗變異數分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
迴歸變異	779832.18	3.00	259944.06	11.76	0.00*
殘差變異	618735.44	28.00	22097.69		
總變異	1398567.62	31.00			

\* $p < .05$

表 4-17 運動能量消耗多元迴歸分析摘要表

模式	R	R 平方	調整過的 R 平方	估計標準誤	Durbin-Watson 檢定
1.00	0.75	0.56	0.51	148.65	1.79

預測變項：年齡、 $VO_{2\max}$ 、運動心跳數

自變項：運動能量消耗

3. 預測休息能量消耗多元迴歸公式

$$\hat{Y} = 29.893X_1 + 18.844X_2 + 0.028X_3 - 1315.262$$

$$\hat{Y} = \text{休息能量消耗 (kcal)} \quad (R = .466, R^2 = .217)$$

X1 = 年齡

X2 =  $VO_{2max}$

X3 = 心跳數

其生理指標預測能量消耗之多元迴歸分析摘要表詳如 (表 4-18、4-19) :

表 4-18 以生理值預測休息能量消耗變異數分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
迴歸變異	263855.85	3.00	87951.95	2.59	0.07
殘差變異	951199.43	28.00	33971.41		
總變異	1215055.28	31.00			

\* $p < .05$

表 4-19 休息能量消耗多元迴歸分析摘要表

模式	R	R 平方	調整過的 R 平方	估計標準誤	Durbin-Watson 檢定
1.00	0.47	0.22	0.13	184.31	2.30

預測變項：年齡、 $VO_{2max}$ 、休息心跳數

自變項：休息能量消耗

## 第五章 討論

本章將第四章結果來做討論，本章共分為五節：第一節足球隊與一般生心肺適能的比較、第二節運動強度和持續時間與運動後過攝氧量的關係、第三節運動型式與EPOC的關係、第四節以心肺耐力指數加呼吸次數預測最大攝氧量、第五節以多元迴歸公式預測整體能量消耗。

### 第一節 足球隊與一般生心肺適能的比較

#### 一、最大攝氧量

在每位受試者經過了 Bruce 流程實驗最大攝氧量的測試之後，運動加休息的時間皆統一為三個小時，並在休息狀態時進行運動後過攝氧量的計算。經由實驗結果計算出來的數據，足球員不論是跑步機跑走測驗或是登階測驗， $VO_{2max}$  和恢復情況皆優於一般生，也就是運動後過攝氧量的產生量皆少於一般生，同時也較容易調整到安靜時的狀態，概括所有本次實驗的足球員，他們的 EPOC 皆在一個小時之內就恢復到安靜時的狀態，相較於一般大學生還要來的快回復，一般男大生則是拉到 2 個小時至 3 個小時才恢復到安靜時的狀態，此項結果顯示足球員的心肺適能比一般生還要來得好，符合本實驗的研究假設。

## 二、心跳數與能量消耗

由於本次實驗設計是規定每個人必須達到最大攝氧量的條件，其中一項也就是盡全力達到最大心跳率之後即停止運動，實驗期間的心跳數與能量消耗共分為三項來討論，第一為運動心跳數與運動能量消耗之間的關係，以整體來說有達顯著相關( $r=0.452$ ,  $p<.01$ )，第二為休息心跳數與休息能量消耗的關係，以整體來說並未達到顯著相關( $r=0.088$ )，第三為總心跳數與總能量消耗之間的關係，以整體來說也無達到顯著相關( $r=-0.084$ )，足球員的平均總心跳數為  $13918.00 \pm 1910.76$  次，一般生平均心跳數為  $16215.73 \pm 3623.48$  次，在能量消耗方面兩組沒有顯著差異，總心跳數方面兩組之間卻有顯著差異，這項結果顯示一般生恢復至安靜心跳率的時間來得比足球員長，所以心跳數對於心肺適能的好壞有一定的關連性，但是能量消耗卻沒有和心跳數有直接關係，因為本次實驗中發現心跳數跟能量消耗相關性極低( $r=-0.084$ )，只有運動心跳數和運動能量消耗相關性較高，推測其原因是在休息狀態下受試者仍受外在刺激的影響，並不能完全的放鬆休息，再者由於本次實驗都不能攝取任何水分，以導致這項因素影響了受試者的心跳，這些結果須未來在實驗設計方面需要更謹慎設計，才能探究其根本原因。

## 三、登階心肺耐力指數

本次實驗設計的登階高度為 45 公分，頻率為一分鐘 96 拍，測量三分鐘登階後三分半鐘之間恢復期心跳率及呼吸次

數，足球員心肺耐力指數顯著高於一般生，這項結果顯示足球員心肺耐力要比一般生來得還要好，呼吸次數方面兩組則無顯著差異，探究其原因認為呼吸次數與心肺耐力指數並無太大關連 ( $r=-0.321$ )，單純若以呼吸次數多寡並不能看出一個人心肺適能的好壞。

## 第二節 運動強度和持續時間與運動後過攝氧量的關係

本次實驗結果與 (Bahr et al., 1987; Brehm & Gutin 1986; Christensen & Hagberg 1950; Knuttgen 1970; Lukin & Ralston 1962; Schneider et al., 1968) 研究結果相類似，許多學者以證實出EPOC和運動強度有密切相關，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%  $VO_{2max}$ ，則EPOC就會呈倍數增加 (Brehm and Gutin 1986; Christensen & Hagberg 1950; Hagberg et al., 1980; Knuttgen 1970)。本次實驗與Gore和Withers 等人在1990年作跑步機實驗的結果做比較，Gore的運動持續時間分為20、50、80分鐘以及運動強度為30、50、70%  $VO_{2max}$ 。每個人共完成了九種實驗，每次實驗的間隔為兩天，測量每個人八個小時EPOC的數據，並加以統計分析。EPOC在運動強度為30%  $VO_{2max}$ 下三種運動持續時間20分(1.01L)、50分(1.43 L)、80分(1.04L)沒有顯著差異( $p>.05$ )，不過在運動強度為70%  $VO_{2max}$ 下三種運動持續時間20分(5.68L)、50分(10.04 L)、80分(14.59L)有顯著差異( $p<.05$ )，運動強度為50%  $VO_{2max}$ 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

( $p < .05$ )，他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，以(Wenger 1985)所做的實驗與Gore和Withers的研究相比較，他認為影響EPOC的因素，運動持續時間比運動強度來得重要，他做了50%  $VO_{2max}$  38分鐘的腳踏車實驗 (EPOC為8.41L) 顯著高於70%  $VO_{2max}$  30分鐘 (EPOC為5L)，不過他們只做了單一性的比較，沒有控制好實驗的變因，因此給人錯誤的印象，然而(Chad & Wenger1988)又以 $VO_{2max}$  70%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 $VO_{2max}$  70%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 and 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。

### 第三節 運動型式與EPOC的關係

作者研究以前學者探討 EPOC 所採取的運動模式不外乎就是腳踏車和跑步機兩種，兩種模式在同種運動強度下究竟有沒有差異？這還需要進一步做新的研究，目前並沒有學者針對同種運動強度下不同運動模式來做 EPOC 的探討，也沒有針對同種運動持續時間下不同運動模式，不過大部分學者所採用的運動模式為腳踏車測驗，跑步機相對較少許多，因為跑步機有安全上的考量，但是也有學者以游泳和腳踏車來做個比較，(Neary et al., 1993)以游泳和 65%  $VO_{2max}$  腳踏車實驗分別運動 30、45 和 60 分鐘，游泳的 EPOC 分別為 5.3L(8.1 分鐘)、5.6L(10.1 分鐘)、5.6L(9.4 分鐘)，腳踏車則是 8.2L(18.3 分鐘)、9.9L(20.4 分鐘) 和 10L(22.9 分鐘)。本次實驗是使用 100% 的運動強度，所以 EPOC 的生成量都明顯高於上述結果，筆者在 EPOC 的量後面加上時間代表的是以恢復到安靜狀態的時間，但本次實驗所測量 EPOC 的生成量是統一為 3 個小時計算(包括運動時間)，每小時為一個階段，有學者以特定時間來計算 EPOC 的量，也有學者認為要恢復到安靜狀態的時間，EPOC 的量才會準確，計算方法上見仁見智，但基本原理都是一樣的。

#### 二、受試者訓練型態與 EPOC 的關係

目前並沒有專門研究受試者訓練型態與 EPOC 之間的關係，不過有幾篇類似的研究，像是 Sedlock 1994 找了 10 名男性 (5 名有訓練、5 名未訓練) 分別做  $VO_{2max}$  50% 腳踏車

實驗發現兩組的 EPOC 並沒有顯著差異（有訓練和未訓練同 2.5L，EPOC 的時間是 16.6 和 20.4 分鐘），（Frey et al., 1993）13 位女性（7 名未訓練，6 名有訓練）分別做  $VO_{2max}$  65% 和 80% 腳踏車實驗（24~45 分鐘）發現兩組的 EPOC 也是沒顯著差異（未訓練為 4L 和 5.9L（運動後休息時間同為 60 分鐘），有訓練為 4.7L（50 分鐘）和 5.6L（40 分鐘）。以 Sedlock 的結果來看可能腳踏車運動強度並不是很高，所以導致 EPOC 沒有差異，而 Frey 等人雖然沒有看出顯著差異，是因為計算 EPOC 時間不同，所以也沒達顯著。結果這些研究很難看得出訓練型態和 EPOC 之間的關係，除了要控制兩個組別之間必須要有很明顯的差距，運動的強度和持續時間也要控制一樣，實驗的難度就提高許多，至今尚未釐清。但是以本次實驗的結果來看，足球員與一般大學生 EPOC 的生成量則是有很明顯的差異，運動強度同為 100%，雖然運動持續時間不同，但是計算 EPOC 的時間是一致的，所以本次的實驗結果證明不同訓練型態的選手 EPOC 的生成量也有所不同，而且訓練過的選手 EPOC 生成量低於較無訓練的選手，這是因為心肺適能好壞的關係所導致的結果。

### 三、EPOC 的測量方法

到底哪些方法才能準確的測量 EPOC 呢？不但要好好思考測量攝氧量的工具為何？除了需要良好的可重複性間接測量熱量的工具以外，實驗前的控制條件也要非常嚴謹，還要考慮運動的模式與 EPOC 的關係，才能探討 EPOC 的究竟。因此本研究使用的實驗工具訂為信效度非常高的氣體分析儀

Metamax3B 做為分析 EPOC 的工具，而早期的學者選擇測量攝氧量的工具大部分為道格拉斯袋，但是後來的學者使用自動化氣體分析系統來分析攝氧量的情況，對於這些儀器測量的精準性和誤差並沒有實際考慮進去，因為實驗的工具本身不同的關係，所以沒辦法和早期的學者做一個比較。再來就是實驗前控制條件能不能做得很嚴謹，除了要控制受試者的體重，攝取的食物種類，運動模式必須要一致，EPOC 的時間要拉長到睡眠的時候，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 (Turley et al., 1993)。由於本實驗運動強度雖然到 100%，但是運動時間不到半小時，所有人皆在 3 小時之內恢復到安靜攝氧量，不需要考慮到睡眠時間。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，考慮月經週期的差異，以便精準控制受試者一致性的情況。本實驗則不考慮女性受試者，而是以一般體育系學生和足球員 EPOC 的比較。

另外基準值 (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。計算基準值必須要單獨對照來收集數據，而大部分較新的文獻只用一個實驗前的基準值。在許多研究中，研究者只用早上的 30 分鐘中的最後 10 分鐘來當作 EPOC 的基準值。(Bahr et al., 2003) 認為這樣會導致 EPOC 的基準值會偏高，因為在早上人的攝氧量比平常時還要高，導致低估了 EPOC 的結果。本實驗考慮到早上攝氧量偏高這項因素，採用實驗完後最後 10 分鐘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。

#### 四、EPOC 與阻力運動和有氧運動的關係

EPOC 常在有氧運動和阻力運動之間做比較，雖然阻力運動常被看作是無氧運動，但它仍屬於不穩定性間歇性運動，學者研究出高強度的阻力運動可產生大量的 EPOC，但作功量與每人 EPOC 之間的關係卻很難定義，(Burleson et al., 1998) 和 (Gilette et al., 1994) 認為能量的消耗與攝氧量的上升是有類似的關係，因此以運動後過攝氧量和運動後的能量消耗來去描述阻力運動和有氧運動之間的關係是可行的，所以阻力運動的 EPOC 生成量常拿來跟跑步機或是腳踏車實驗做比較，像是 (Elliot et al., 1992) 讓受試者進行 40 分鐘、80% HRmax 的腳踏車運動、阻力循環運動 (4 組、8 個動作、50% 1RM 的強度、15 次反覆) 和阻力高強度運動 (3 組、8 個動作、80-90% 1RM 的強度)，結果發現高強度阻力運動的 EPOC 生成量大於阻力循環運動，但是受試者之間的作功量難以描述。而 (Burleson et al., 1998) 分別做了阻力運動 (2 組、8 個動作、強度 60% 1RM、反覆次數 8 - 12 次) 和 45%  $VO_{2max}$ 、運動時間 27 分鐘的跑步機實驗，受試者先做阻力運動，然後再以平均攝氧量，阻力運動的強度來當跑步機的強度，最後發現阻力運動後 30 分鐘的 EPOC 大於跑步機實驗，但是運動後 60 分鐘和 90 分鐘卻沒有顯著差異，顯然阻力運動雖然強度大於跑步機，但它屬於一種不穩定的間歇性運動，所以造成之後的 EPOC 的量不明顯，雖然阻力運動的攝

氧量和跑步機的攝氧量控制相同，但是這項實驗並沒有描述阻力運動的作功量，因為要以間接測量法來測量阻力運動的能量消耗是有難度的。

阻力運動強度的不同也會影響 EPOC 生成量的不同，(Thornton & Potteiger 2002)找了 14 名女性分別做兩種不同強度的阻力運動，A 組是(9 個上肢和下肢動作 2 組，15 次反覆，45%強度 1RM, 1 分鐘休息) B 組則做(9 個上肢和下肢動作 2 組, 8 次反覆，85%強度 8RM，1 分鐘休息)發現運動後兩小時，A 組 EPOC 約為 1.1L(5.5kcal)，B 組則是約為 2.3L(11kcal)。阻力運動強度越高，身體作功量提高，EPOC 的生成量也會隨之提高。

有學者認為阻力運動 EPOC 生成量會超過 24 小時甚至到 48 小時，(Dolezal et al., 2000)找了 18 名男性受試者(9 名有訓練，9 名未訓練)(8 個腿部動作，6 次反覆，6RM, 間隔 3 分鐘休息)發現運動後 24 小時 RMR 上升了 18%，48 小時後 RMR 上升了 11%。而(Osterberg & Melby 2000) 找了 7 名女性(上肢和下肢共 10 項運動 5 組，10~15 次反覆，12RM 或是強度 70%1RM，間隔休息 2 分鐘)發現運動後 3 小時攝氧量上升了 13%，16 小時後 RMR 也上升 4.2%。(Schuenke et al., 2002) 找了七名男性做阻力運動 ( 4 個上肢和下肢動作共 3 組、50% 10RM 的強度、8~12 次反覆、間隔兩分鐘休息)，發現運動後 38 小時 RMR 平均提升了 20%。另外 Melby et al. 1993 找了兩組男性，1 組做(10 個上肢和下肢動作 6 組, 8~12 次反覆，70% of 1RM, 90 分鐘休息)，另一組也是做類似的動作(10 個上肢和下肢動作 5 組, 8~12 次反覆，70% of 1RM, 90 分鐘休息)，運動後 15 小時 EPOC 兩組同為 7L 沒顯著差異。

Binzen et al 2001 找了 10 名女性(上肢和下肢共 10 項運動 3 組，10 次反覆，強度 70%1RM，間隔休息 1 分鐘)發現運動後一小時 EPOC 為 1L。

從以上研究結果可以得知，本次實驗 EPOC 的生成量高於阻力運動，阻力運動產生 EPOC 的量與運動強度有很密切的關聯，除了能量消耗會隨著運動強度增高而提升，恢復到安靜時期的攝氧量時間拉長，而且在高強度阻力運動下 EPOC 也是有可能會延長到一整天的，但是要探討阻力運動的能量消耗和 EPOC 生成的直接關係還是需要更進一步的探討，除了要限制阻力運動的強度和持續時間，休息的時間因素也要考慮進去，才能更一步確立 EPOC 與阻力運動之間的關係。

表 5-1：阻力運動對於運動後過攝氧量之相關研究

學者	年代	受試者條件	實驗內容	EPOC 的時間與生成量
Elliot et al.	1992	5 男 5 女	40 分鐘、80% HRmax 的腳踏車運動、阻力循環運動(4 組、8 個動作、50% 1RM 的強度、15 次反覆)和阻力高強度運動(3 組、8 個動作、80-90% 1RM 的強度)	阻力循環運動 10.2L(48kcal) 阻力高強度運動 10.6L(51kcal)
Melby et al.	1993	12 男分兩組	一組為 10 個上肢和下肢動作 6 組，8~12 次反覆，70% 1RM 的強度，90 分鐘休息 另一組為 10 個上肢和下肢	15 小時後兩組同為 7L，沒顯著差異

			動作 5 組，8~12 次反覆， 70% 1RM 的強度，90 分鐘 休息	
Gillette et al.	1994	10 男	5 組、10 個動作、70%1RM 的強度、8-12 次反覆，間 隔休息 2 分鐘	5 小時後為 12.6L
Burleson et al.	1998	15 男	阻力運動(2 組、8 個動 作、60%1RM 的強度、8 - 12 次)和 45% $VO_{2max}$ 、運動 時間 27 分鐘的跑步機實驗	30 分鐘兩組有 顯著差異，60 和 90 分鐘無 顯著差異
Dolezal et al.	2000	18 男(9 名有 訓練、9 名未 訓練)	阻力運動(8 個腿部動作，6 次反覆，6RM，間隔休息 3 分鐘)	未訓練 EPOC > 有訓練，24 小時後 RMR 上 升了 18%
Osterberg & Melby	2000	7 女	阻力運動(上肢和下肢共 10 項運動 5 組，10~15 次 反覆，12RM 或是強度 70%1RM，間隔休息 2 分鐘)	3 小時後 EPOC 上升了 13%，16 小時 後 RMR 上升 4.2%
Binzen et al.	2001	10 女	(上肢和下肢共 10 項運動 3 組，10 次反覆，強度 70%1RM，間隔休息 1 分鐘)	1 小時後為 1L
Schuenke et al.	2002	7 男	阻力循環運動(4 個上肢和 下肢動作 3 組、50% 10RM 的強度、8~12 次反覆、間	38 小時後 RMR 平均上 升了 20%

			隔休息兩分鐘)	
--	--	--	---------	--

EPOC 為運動後過攝氧量，RMR 為休息代謝率，RM 為能重複的最高次數，1RM 為最大肌力

## 五、各階段 EPOC 的生成量探討 EPOC 快速期與慢速期恢復

### EPOC 的快速期

EPOC 是結合多種人體生理機制下代謝的產物，對於快速期階段至今已解答，有很多因素影響了 EPOC 快速期的階段，像是償還血液和肌肉的氧債、身體溫度的提升、乳酸的移除、磷酸肌酸的再合成，有學者強調快速期的部分是償還初期氧不足的部分，早期的學者(Asmussen 1946)證明無氧糖酵解有一半來自於乳酸的氧化這使得 (Lukin & Ralston 1962) 認為氧不足和 EPOC 的比率應該為 2:1，(Pearl et al., 1956) 認為氧不足和 EPOC 的比率應該為 3:1(這些學者都認為 EPOC 的部分就是氧債)，傳統的乳酸理論就在 1984 年 (Gaesser & Brooks 1984) 用 EPOC 的理論給駁斥了，因為在運動後升高的耗氧量，並不是完全都和身體借氧，不過快速期是有包含償還氧債的部分，但慢速期卻不是如此，因為醣質新生的影響，還有各種生理因素的變化，以本次實驗來看各階段 EPOC 的生成量，認為快速期通常發生在 EPOC1 的階段，不超過一個小時，足球員則是更快恢復。

### 二、EPOC 的慢速期

慢速期的探討就要涉入運動生化領域，身體溫度的增高來讓身體能量消耗增加，並提高運動後的攝氧量，但影響不大，(Bahr 1992)認為只有提高不到1L的氧氣，而本次實驗也未探討身體溫度的變化。而三酸甘油脂和脂肪酸的比例循環(TG/FA cycle)則是在運動後恢復期扮演重要的角色，當停止高強度運動的時候，體內的脂肪酸和攝氧量仍持續增加，顯示體內為清除代謝廢物，肌肉中的肝糖用盡的情況之下，仍需克勞伯循環產生的能量來恢復安靜時的狀態，醣質新生的作用就因此而產生，運動強度的不同導致慢速期有無發生的情況，本次實驗則是每個人盡力達到100%運動的強度，所以慢速期皆有發生的情況之下，一般生的EPOC會延長至2~3個小時，足球員則不然，推究其原因為足球員的心肺耐力良好，導致慢速期的情況不明顯，造成了EPOC生成量的偏低。

慢速期牽涉到三酸甘油脂和脂肪酸的比例循環(TG/FA cycle)的因素，運動期間的壓力刺激之下，在運動結束之後的一段期間，碳水化合物轉變為脂肪幫身體提供能量，而身體內的腦下垂體前葉就會分泌生長激素、促腎上腺皮質激素(ACTH)，兒茶酚胺等等激素，而其中激素中又會引發升糖素的分泌，抑制胰島素的分泌，因此可以刺激肝醣分解及脂肪細胞釋放脂肪酸，形成醣質新生作用。醣質新生的主要原料是運動後的乳酸、甘油和一些生糖的胺基酸，要經過一段期間才能夠生成新的葡萄糖，而醣質新生作用的主要製造的器官是肝，肝可以直接分解肝糖成為葡萄糖，來提供能量給肌肉使用，但本次實驗未實施測量血液生化值得測量，在未來的研究上可以再增加探討血液生化的部分，以便更可以釐清EPOC的全貌。

#### 第四節 以心肺耐力指數加呼吸次數預測最大攝氧量

由於三分鐘登階測驗具有施測流程簡單、測驗場地較小且無危險性之優點，但三分鐘登階測驗是具有高信度但是卻低效度的心肺耐力測驗，劉錦謀和林貴福（2007）發現以登階高度40公分配合登階頻率24次／分進行測驗，依心肺耐力指數預測有氧適能的效度( $r=.50, p<.05$ )，因此，針對男性大學生族群，以登階高度40公分和登階頻率24次／分進行登階測驗，其所獲得的心肺耐力指數是為評估有氧適能的最佳參數，但是以本實驗的結果來看心肺耐力指數跟最大攝氧量對於整體雖然達到顯著相關，但是以心肺耐力指數預測最大攝氧量解釋變異程度很低(22.9%)。雖然已經提高登階高度至45cm，但是測得心肺耐力指數與最大攝氧量相關係數不論是是一般大學生或是足球隊都偏低( $r=0.14$ 、 $r=0.247$ )，顯然結果表示提升登階高度並未提高與最大攝氧量之相關性，這此結果與林瑞興（民85）實驗結果相同，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( $r=0.14$ ； $p>.05$ )，恢復期心跳數與最大攝氧量之相關分別為( $r=-0.20$ ， $r=-.02$ ， $r=-.00$ )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皆屬於經過長期訓練的運動員，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 P. K . & Chatterje C . (1983) 以54位13-19歲的

男性青少年為受試者，登階高度46公分，頻率30次/分，持續運動五分鐘，研究結果顯示心肺耐力指數與最大攝氧量達到相關係數 $r=0.70$ ，因為他提升了頻率及持續時間才能測量出真正體能，而本次實驗因設計為提升登階高度或加入呼吸次數雖然提高與最大攝氧量之相關性，但是以簡單及多元迴歸預測上來說解釋變異程度不是很高只有( $r^2=30.3\%$ )，也有可能本次受試者最大攝氧量皆是屬於優勢族群，登階測試對於足球員的負荷太小，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。

## 第五節 以多元迴歸公式預測整體能量消耗

本研究發現心跳數與能量消耗相關性極低 ( $r=0.004$ )，無法以單一心跳數預測受試者的能量消耗，於是加入了幾項有效的生理指標以提高預測能量消耗的準確性。發現結果中相關矩陣以年齡、最大攝氧量、心跳數、總EPOC這四項指標來預測能量消耗的解釋變異程度達65%，此多元迴歸方程式為預測能量消耗最有效的公式，但是計算EPOC的公式甚為複雜，這項不便利性是未來開發有關預測能量消耗的產品最大考驗，若為考慮其便利性使EPOC的預測變項排除，改由年齡、最大攝氧量、心跳數這三項則會容易許多，但是解釋變異程度不會很高，若單一預測運動的能量消耗只有56%(運動時並無EPOC的產生，EPOC不能當作預測變項)，預測休息的能量消耗只有22%，未來在研究方向上應考慮多增加其樣本，以及控制好受試者的內在變因，以建立更有效預測能量消耗的迴歸公式。

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

一、本研究結果支持本研究假設為足球員心肺適能比一般生來得要好，其判斷因素為足球員總 EPOC 的生成量皆低於一般生，回復到安靜狀態的時間皆短於一般生，除上述因素之外，也可由休息心跳數多寡來判斷一個人心肺適能好壞的依據。

二、本研究結果發現心肺耐力指數雖然可以預測最大攝氧量，但解釋變異程度還是很低，( $Y=17.483+0.7942X_1$ ， $X_1$  為心肺耐力指數， $r=0.478$ ， $R^2=0.229$ )，藉由新加入的呼吸次數預測最大攝氧量迴歸方程式雖然可以提高解釋變異程度，但還不能達到非常準確的地步，迴歸方程式如下：  
( $Y=51.975+0.249X_1-0.172X_2$ ， $X_1$  為心肺耐力指數， $X_2$  為呼吸次數， $r=0.551$ ， $R^2=0.303$ )，另外也可以用總 EPOC 預測最大攝氧量，迴歸方程式如下：  
( $Y = -0.202X_1 + 19.773$ ， $X_1$  為總 EPOC， $R^2=0.3264$ )

三、本研究結果發現預測能量消耗的最佳多元迴歸方程式為  
 $Y=26.482X_1+53.343X_2+0.028X_3+84.069X_4-3323.425$ ， $X_1$ =年齡， $X_2=VO_2MAX$ ， $X_3$ =心跳數， $X_4$ =總 EPOC， $r=0.81$ ， $R^2=0.65$ 。另外也可用這公式預測運動能量消耗和休息運動消耗。

## 第二節 建議

一、由於實驗儀器外接式電池過重，使得受試者在往返實驗室的過程中多了些運動能量消耗，這些少許的能量消耗並不是由跑步機所測得的，所以未來必須在開發更方便的外接式電池，以提高實驗設計的嚴謹度。

二、由於本次實驗設計在樣本人數上並未達到非常理想的條件，基於研究資源上的限制，以及人力資源僅由作者一個人獨力完成，未來應該要設立一個完善的研究團隊以分配每個人研究工作，才能把實驗做得更盡善盡美。

## 參考文獻

### 中文文獻

- 王順正、林正常（民84）。登階測驗評估最大攝氣量的效度概化。中華民國體育學會體育學報，20期，351-362頁。
- 刁小倚（2004）。高中籃球運動員跑走測驗和登階測驗與最大攝氣量之研究。未出版碩士論文，國立台南大學，台南市。
- 林瑞興（民85）。11至12歲男童不同頻率登階測驗與最大攝氣量之相關研究。東師體育，3期，34-45頁。
- 林正常（1996）。運動生理學實驗指引。台北市：師大書苑有限公司。
- 林正常（1998）。運動生理學。台北市：師大書苑有限公司。
- 張立（2003）。足球運動員專項有氧能力評定指標及最大有氧能力的評定方法。武漢體育學院學報，4期，48-51頁。
- 黃鋼（2006）。運動訓練對足球運動員有氧能力的影響。溫州職業技術學院學報，6卷2期，46-48頁。
- 陳坤檸（民91）。應用運動生理學。台北市：五南書局。
- 鄭安城、林正常（民82）。登階測驗對最大攝氣量的預估研究。中華民國體育學會體育學報，16期，327-339頁。
- 劉錦謀（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氣量之分析。運動生理暨體能學報，6期，131-142頁。

## 外文文獻

- 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.
- Bonde-Petersen F, Knuttgen H. G, Henriksson J. (1972). Muscle metabolism during exercise with concentric and eccentric contractions. *Journal of applied physiology* 33, 792-795.
- Banerjee PK, 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.
- Brehm B. A, Gutin B. (1986). Recovery energy expenditure for steady state exercise in runners and nonexercisers.

- Medicine and science in sports and exercise* 18, 205-210.
- Bahr R, Inghes I, Vaage O, Sejersted O. M, Newsholme E. A. (1987). Effect of duration of exercise on excess postexercise O<sub>2</sub> consumption. *Journal of applied physiology* 62, 485-490.
- Bahr R. (1992). Excess postexercise oxygen consumption: magnitude, mechanisms and practical implications. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum* 605, 1-70.
- Burleson Jr M. A, O'Bryant H. S, Stone M. H, et al. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Medicine and science in sports and exercise* 30 (4), 518-522.
- Christensen E. H, H6gberg P. (1950). Steady-state, O<sub>2</sub> deficit and O<sub>2</sub> 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

deVries H. A, Gray D. E. (1963). After effects metabolic rate. *Res Q* 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.

Furusawa K, Hill A. V, Long C. N. H, Lupton H. (1924). Muscular exercise and oxygen requirement. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing papers of a Biological character. Royal Society (Great Britain)* 97, 167-176.

Frey G. C, Byrnes W. C, Mazzeo R. S. (1993). Factors influencing excess postexercise oxygen consumption in trained and untrained women. *Metabolism: clinical and experimental* 42 (7), 822-828.

Gaesser G. A, Brooks G. A. (1984). Metabolic bases of excess postexercise oxygen consumption: a review. *Medicine and science in sports and exercise* 16, 29-43.

Gore C. J, Withers R. T. (1990). Effect of exercise intensity and duration on postexercise metabolism. *Journal of applied physiology* 68 (6), 2362-2368.

Gillette C. A, Bullough R. C, Melby C. (1994). Postexercise

- energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise. *International journal of sport nutrition* 4, 347-360.
- Hill A. V, Lupton H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *The Quarterly journal of medicine* 16, 135-171.
- Herxheimer H, Wissing E, Wolff E. (1926). Spätwirkungen erschöpfender Muskelarbeit auf den Sauerstoffverbrauch. *Z Gesamte Advances in experimental medicine and biology* 51, 916-928.
- Hagberg J. M, Mullin J. P, Nagle F. J. (1980). Effect of work intensity and duration on recovery O<sub>2</sub>. *Journal of applied physiology* 48, 540-544.
- Hermansen L, Grandmontagne M, Mæhlum S, et al. (1984). Post-exercise elevation of resting oxygen uptake: possible mechanisms and physiological significance. In: Marconnet P, Poortmans J, Hermansen L, editors. *Medicine and sport science*. 17, 119-129.
- Lukin L, Ralston H. J. (1962). Oxygen deficit and repayment in exercise. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie, einschliesslich Arbeitsphysiologie* 19, 183-193.
- Margaria R, Edwards H. T, Dill O. B. (1933). The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *The American journal of physiology* 106, 689-715.

- Maresh C. M, Abraham A, De Souza M. J, et al. (1962). Oxygen consumption following exercise of moderate intensity and duration. *European journal of applied physiology* 65, 421-426.
- Miyoshi H, Schulman G. I, Peters E. J, et al. (1988). Hormonal control of cycling in humans. *The Journal of clinical investigation* 81, 1545-1555.
- Melby C, Scholl C, Edwards G, et al. (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting meta-bolic rate. *Journal of applied physiology* 75 (4), 1847-1853.
- Neary J. P, Docherty D, Wenger H. A. (1993). Post-exercise metabolic rate is influenced by elevated core temperature. *Australian journal of science and medicine in sport* 25 (2), 43-47.
- Osterberg K. L, Melby C. L. (2000) Effect of acute resistance exercise on postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* 10 (1), 71-81.
- Pearl D. C, Carslon L. D, Sherwood W. W. (1956). Mechanism of oxygen deficit. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Society for Experimental Biology and Medicine* 92, 277-281.
- Quinn T. J, Vroman N. B, Kertzner R. (1994). Postexercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Medicine and science in sports and*

- exercise 26 (7), 908-913.
- Sedlock D. A. (1994). Fitness level and postexercise energy expenditure. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 34 (4), 336-342.
- Turley K. R, McBride P. J, Wilmore JH. (1993). Resting metabolic rate 45. measured after subjects spent the night at home vs at a clinic. *The American journal of clinical nutrition* 58 (2), 141-144.
- Thornton M. K, Potteiger J.(2002). A. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Medical science 439-48 Medicine and science in sports and exercise* 34 (4), 715-722.

附錄一 受試者同意書

國立台灣體育大學 (台中)



受試者同意書

試驗主題：男性足球運動員與一般男大學生心肺適能的比較分析	
執行單位：國立台灣體育大學體育研究所	
試驗主持人：陳裕鏞 博士	職稱：助理教授
協同主持人：何伯璋	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： <p>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；經由實驗儀器輔助以紀錄你的最大攝氧量及運動後過攝氧量，事後再配合飲食控制，讓國人瞭解心肺適能的重要性，以偵測能量消耗進而抑制肥胖率，降低心血管疾病和肥胖發生率，最終達成全民健康之理想目標並提升國家競爭力。</p>	

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)國內大專院校之男學生。

(2)BMI 值介於 18.5~24.9 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. 預估國內大專院校將有 50 位受試者參與實驗。

(二)實驗設計與流程步驟

受試者基本體能之測量，藉由各種不同最大攝氧量之測試方法；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 97 年 12 月至 98 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，請與 陳裕鏞 博士 聯絡，其聯絡電話為 0926352335。

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

國立台灣體育大學體育研究所

身體健康調查表

試驗主持人：陳裕鏞 博士  
協同

主持人：何伯瑋

姓名（以正楷書寫）： 運動專長項目：

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 國立台灣體育大學體育研究所

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

附錄三 身體活動調查表

國立台灣體育大學體育研究所

試驗主持人：陳裕鏞 博士

協同主持人：何伯瑋

身體活動評估問卷（您的活動量夠了嗎？）

這份問卷能幫助您了解自己的身體活動量，請您在每一個問題圈選一個合適的答案。

一、請問您如何描述您的日常生活活動？

- (1)  大多時間都是坐著
- (2)  微量的活動
- (3)  每天站著、走路約 6~8 小時
- (4)  每天中度勞動 6~8 小時

二、您通常一週參加多少次有氧運動？

- (1)  不曾
- (2)  一週 1~2 次
- (3)  一週 3~4 次
- (4)  一週 5 次或更多

三、您平均一次有氧運動的時間都多長，不包括暖身及緩和？

- (1)  20 分鐘或更少
- (2)  20~40 分鐘
- (3)  40~60 分鐘
- (4)  60 分鐘或更多

#### 四、您運動的強度約為多強？

- (1)  很輕度的
- (2)  低強度的
- (3)  中強度的
- (4)  高強度的

#### 五、您一週內有幾天參與肌力訓練？

- (1)  不曾
- (2)  一週 1~2 次
- (3)  一週 3~4 次
- (4)  5 次或更多

#### 六、請你選擇以下描述您現在情況最貼切的選項？

- (1)  我沒有在運動而且現在也還沒有計畫要開始。
- (2)  我沒有在運動，但是我開始有需要多做一些運動的想法。

- (3)  想要運動，但我做的還沒有想的那麼多，不過我正試著去挪出一些時間來運動。
- (4)  我已經開始運動計畫，但是仍會有一些外在的因素影響我。
- (5)  我已經有規律的運動，而且我知道運動。



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