

國立臺灣體育運動大學競技運動學系  
碩士學位論文

加速規監控優秀馬拉松選手的配速策略  
USING THE ACCELEROMETER TO MONITOR THE  
PACING STRATEGY OF ELITE MARATHON RUNNER



研究生：李俊杰 撰  
指導教授：趙榮瑞 教授

中華民國 103 年 7 月

論文名稱：加速規監控優秀馬拉松選手的配速策略

總頁數 73 頁

院校所組別：國立臺灣體育運動大學競技運動學系碩士班

畢業時間及提要別：102 學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：李俊杰

指導教授：趙榮瑞教授

## 摘要

馬拉松運動並非短時間就可以立即參與的運動，它是需要相當的經驗及訓練，馬拉松比賽中配速的好壞是比賽中的關鍵，依照個人能力的不同、地形、環境、氣候等因素，配速上會有不同的方式出現。**研究目的**：探討加速規應用正式比賽上的配速監測及探討並用選手本體感覺、心跳率及高度來輔助運動強度的監控。**方法**：一、使用加速規全程監測選手比賽情況，並同時使用 Polar 錶監測心跳率、海拔高度，賽後填寫運動自覺量表節奏測驗，在 400 公尺場地上，分別以每分鐘 150、180、210、240 等四種節奏進行測驗，每種節奏跑一次原地休息 5 分鐘，以獲取四次節奏的頻率數據。**研究結果**：在跑步歷程小波轉換圖中可以發現到受試者在 900-1600 秒這段時間內的跑步頻率是較穩定的，跑動的過程中是相當有效率的，在 1600 秒過後，開始出現混亂的情況，呈現一個向上的曲線，曲線的集中度，隨著時間的拉長而顯得混亂，在 3200 秒時呈現混亂的圖形，嘗試著將四種頻率結合在一起時，發現到在 3.26Hz 情況下，每分鐘 195 步，受試

者的能量使用情況在 92% 左右；在 5 公里時，受試者自覺程度為 8 非常輕鬆的狀態。10 公里開始受試者自覺程度為 12 開始感到有些吃力 15 公里處受試者自覺程度為 16 感到吃力。大約 16-20 公里的區段受試者感到腳部有些不適。20 公里處自覺程度為 17 感到非常吃力。**研究結論：**一、受試者現階段最佳的狀態應是 3.26Hz，即每分鐘 195 步，最大能量的應用是在 92% 左右。二、透過自覺程度量表、心跳率及高度的輔助監測能有效瞭解受試者的運動強度，配合加速規的訊號，可以瞭解受試者的配速策略。

**關鍵詞：**馬拉松、三軸加速規、配速

Li, Chun-Chieh (2013) Using the accelerometer to monitor the pacing strategy of elite marathon runner. Department of Sport Performance and Graduate School, National Taiwan College of Physical Education and Sport.

## **Abstract**

The marathon is a sport which requires a certain amount of experiences and training. The participant's pace is the key element to winning a marathon. Pace can appear in different forms due to the individual's ability, and influences of the, topography, environment and weather. The purpose of this study: This research is to study the application of an accelerometer to monitor the pace in formal marathon races, and to monitor how the intensity of the exercise is affected by the runner's senses, heart rate and altitude. Use an accelerometer to monitor the runner's condition during the entire race. In addition, use a Polar watch to monitor the runner's heart rate, altitude and ensure the runner completes the RPE after the race. Method Two: Pace examinations: On a 400m running track, we do four trials of pacing, separately, using 150, 180, 210, 240 steps/ per minute. At the completion of each trial, a 5-minute break is taken in order to obtain the data from the four trials. The result of the study: According to

the table of the Wavelet transform, we learnt that the running frequencies of the participants were more stable between 900 seconds to 1600 seconds and more efficient during this period. Above 1600 seconds, the frequency showed instability, the curve had become upward, and more unstable as the period of time extended. The graphic was thrown into disarray at 3200 seconds. Combining the four frequencies, we learnt that runners consumed 92% of energy usage at the pace of 195 steps per minutes- at a frequency of 3.26HZ ; At level 8, the runners felt that a distance of 5 kilometers was very easy. At level 12, the runners found it slightly more difficult up to a distance of 10 kilometers. At level 16, the runners felt it was very difficult over a distance of 15 kilometers. The runners' legs felt very uncomfortable when they ran 16-20 kilometers. At level 17, the runners felt it was extremely difficult when they ran 20 kilometers. Result of the study: 1.The best condition for the runner was 3.26Hz, which was a pace of 195 steps per minute; the best consumption of energy usage was 92%. 2. strength of runner's endurance can be monitored through RPE, heart rate and altitude, and the use The of an accelerometer can help the runner plan his/her pace before the marathon takes place.

**Keywords: Marathon, RT-3, Pace**

## 謝誌

經過這些日子的努力，論文終於順利完成了，從剛開始踏進研究的領域裡，趙榮瑞老師每個禮拜犧牲假日來幫我們進行論文或者是投稿的修改，老師總是將學生的事情擺在第一位，老師的付出及教誨學生永銘於心，此本論文的誕生要感謝阿平學長的配合和對我的照顧，以及小豬學姊、麗曄學姊、長立學長、彥光學長及林璇學妹在口試期間的幫忙，感謝貴福老師及裕鏞老師口試期間給我的建議及指教使論文能夠更加完整，感謝東大附小的老師們在課堂之餘，幫我處理許多事情（課務、交通、排課），讓我能夠無後顧之憂的去準備論文，特別謝謝佩欣學姊常常提醒我課程和口試的準備，在研究所的日子裡有這些貴人的出現，使我能夠更加有信心的去完成每一件事情，研究生的生涯即將告個段落，由衷的感謝每一個幫助過我的人，謝謝你們。

李俊杰 謹誌

# 目錄

摘要 .....	I
<b>Abstract</b> .....	III
謝誌 .....	V
目錄 .....	VI
表目錄 .....	VIII
圖目錄 .....	X
<b>第壹章 緒論</b> .....	1
第一節 研究背景與動機 .....	1
第二節 研究目的 .....	3
第三節 研究範圍與限制 .....	3
第四節 名詞操作性定義 .....	3
<b>第貳章 文獻探討</b> .....	6
第一節 加速規相關文獻探討 .....	6
第二節 心跳率相關文獻探討 .....	7
第三節 配速與心理學相關文獻探討 .....	9
第四節 配速與訓練相關文獻探討 .....	13
<b>第參章 研究方法與步驟</b> .....	22
第一節 研究流程 .....	22
第二節 研究架構 .....	23

第三節 研究對象 .....	24
第四節 研究工具 .....	25
第五節 資料處理 .....	26
<b>第四章 結果 .....</b>	<b>27</b>
第一節 探討加速規應用正式比賽上的配速監測 .....	27
第二節 探討本體感覺、心跳率、高度輔助運動強度的監測 .....	55
<b>第五章 討論 .....</b>	<b>61</b>
第一節 探討加速規應用正式比賽上的配速監測 .....	61
第二節 探討本體感覺、心跳率、高度輔助運動強度的監測 .....	63
<b>第六章 結論與建議 .....</b>	<b>64</b>
第一節 結論 .....	64
第二節 建議 .....	64
<b>參考文獻 .....</b>	<b>65</b>
<b>附錄 A .....</b>	<b>72</b>
<b>附錄 B .....</b>	<b>73</b>

## 表目錄

表 1-1 加速度晶片規格 .....	4
表 1-2 可設定的取樣的頻率 .....	4
表 2-1 第 24、25 屆奧運男子中長跑各項 1~8 名速度素質一覽表 .....	14
表 2-2 中國高原訓練基地海拔高度 .....	16
表 2-3 訓練方法區像調查統計表 .....	19
表 3-1 何盡平選手運動成就 .....	24
表 4-1 實驗設計測驗結果表 .....	34
表 4-2 每分鐘 169 步模態分析(EMD)X 軸表 .....	37
表 4-3 每分鐘 169 步模態分析(EMD)Y 軸表 .....	38
表 4-4 每分鐘 169 步模態分析(EMD)Z 軸表 .....	38
表 4-5 每分鐘 169 步模態分析(EMD)S 表 .....	39
表 4-6 每分鐘 195 步模態分析(EMD)X 軸表 .....	42
表 4-7 每分鐘 195 步模態分析(EMD)Y 軸表 .....	43
表 4-8 每分鐘 195 步模態分析(EMD)Z 軸表 .....	43
表 4-9 每分鐘 195 步模態分析(EMD)S 頻表 .....	44
表 4-10 每分鐘 206 步模態分析(EMD)X 軸表 .....	47
表 4-11 每分鐘 206 步模態分析(EMD)Y 軸表 .....	48
表 4-12 每分鐘 206 步模態分析(EMD)Z 軸表 .....	48
表 4-13 每分鐘 206 步模態分析(EMD)S 頻表 .....	49
表 4-14 每分鐘 216 步模態分析(EMD)X 軸表 .....	52
表 4-15 每分鐘 216 步模態分析(EMD)Y 軸表 .....	53

表 4-16	每分鐘 216 步模態分析 (EMD)Z 軸表 .....	53
表 4-17	每分鐘 216 步模態分析 (EMD)S 頻表 .....	54
表 4-18	選手不同公里數運動自覺量表 .....	56
表 4-19	選手不同公里數運動自覺敘述表 .....	56

## 圖目錄

圖 3-1 研究流程圖 .....	23
圖 3-2 研究架構圖 .....	23
圖 3-3 POLAR400 SD 心跳錶 .....	25
圖 3-4 三軸加速度器外觀：長×寬×高 65MM×65MM×26MM .....	26
圖 4-1 半程馬拉松 X 軸跑步歷程圖 .....	27
圖 4-2 半程馬拉松 Y 軸跑步歷程圖 .....	28
圖 4-3 半程馬拉松 Z 軸跑步歷程圖 .....	28
圖 4-4 半程馬拉松 S 跑步歷程圖 .....	29
圖 4-5 半程馬拉松 X 軸跑步放大歷程圖 .....	29
圖 4-6 半程馬拉松 Y 軸跑步放大歷程圖 .....	30
圖 4-7 半程馬拉松 Z 軸跑步放大歷程圖 .....	30
圖 4-8 半程馬拉松 S 頻跑步放大歷程圖 .....	31
圖 4-9 半程馬拉松 X 軸頻譜圖 .....	31
圖 4-10 半程馬拉松 Y 軸頻譜圖 .....	32
圖 4-11 半程馬拉松 Z 軸頻譜圖 .....	32
圖 4-12 半程馬拉松 S 頻譜圖 .....	33
圖 4-13 跑步歷程小波轉換(1) .....	33
圖 4-14 跑步歷程小波轉換(2) .....	34
圖 4-15 X 軸每分鐘 169 步頻率圖 .....	35
圖 4-16 Y 軸每分鐘 169 步頻率圖 .....	35
圖 4-17 Z 軸每分鐘 169 步頻率圖 .....	36
圖 4-18 S 頻每分鐘 169 步頻率圖 .....	36
圖 4-19 每分鐘 169 步之頻譜圖 .....	37
圖 4-20 X 軸每分鐘 195 步頻率圖 .....	39

圖 4-21 Y 軸 每分鐘 195 步 頻率圖 .....	40
圖 4-22 Z 軸 每分鐘 195 步 頻率圖 .....	40
圖 4-23 S 頻 每分鐘 195 步 頻率圖 .....	41
圖 4-24 每分鐘 195 步 之 頻譜圖 .....	41
圖 4-25 X 軸 每分鐘 206 步 頻率圖 .....	45
圖 4-26 Y 軸 每分鐘 206 步 頻率圖 .....	45
圖 4-27 Z 軸 每分鐘 206 步 頻率圖 .....	46
圖 4-28 S 頻 每分鐘 206 步 頻率圖 .....	46
圖 4-29 每分鐘 206 步 之 頻譜圖 .....	47
圖 4-30 X 軸 每分鐘 216 步 頻率圖 .....	50
圖 4-31 Y 軸 每分鐘 216 步 頻率圖 .....	50
圖 4-32 Z 軸 每分鐘 216 步 頻率圖 .....	51
圖 4-33 S 頻 每分鐘 216 步 頻率圖 .....	51
圖 4-34 每分鐘 216 步 之 頻譜圖 .....	52
圖 4-35 頻率 對應 最大 能量 圖 .....	55
圖 4-36 不同 公里 數 自覺 量表 反應 圖 .....	56
圖 4-37 比賽 全程 心跳 數值 圖 .....	57
圖 4-38 比賽 全程 海拔 高度 圖 .....	57
圖 4-39 心跳 率、海拔、自覺 程度 及 加速 規 整理 圖 .....	59

## 第壹章 緒論

在此章節中共分為四部分，第一節研究背景與動機、第二節研究目的、第三節研究範圍與限制、第四節名詞操作性定義

### 第一節 研究背景與動機

馬拉松是為了紀念戰役的勝利，同時也為了紀念在這場戰役中犧牲的士兵，特別是為雅典城內人民傳達訊息的菲力彼得斯而舉行的紀念活動(王雷鳴，2008)。後人為了紀念菲力彼得斯的英勇事蹟，建議設置相長跑的競爭項目來紀念這位勇士，在1986年第一屆現代奧運中，馬拉松成為了奧運會的正式項目之一(邱榮基、畢璐鑾，2005)。直到1908年倫敦奧運會時，為了使英國王室能夠觀看到馬拉松比賽，大會將比賽場地起終點分為兩地安排至英國王室能夠觀看的位置，距離為26英哩385碼，即為馬拉松正式距離的由來，直至1921年才由國際田徑總會正式確立，馬拉松比賽的標準長度為42公里195公尺或25英哩385碼(許樹淵，1992)。此後世界各地舉辦的馬拉松比賽都是以此距離為正式比賽的長度。1896年雅典奧運會舉行田徑列有12個項目，最後一項是馬拉松。謝棟樑(2004)指出，馬拉松賽跑能列為奧運會項目，應當歸功於法國作家米歇爾·布雷亞(Micharl Breal)。他有感於馬拉松戰役雅典傳令兵命令傳回捷報的英勇事蹟，特別建議古柏坦增加此一項目。

馬拉松運動並非短時間就可以立即參與的運動，它是需

要相當的經驗及訓練，馬拉松比賽配速的好壞是比賽中的關鍵，依照個人能力的不同、地形、環境、氣候等因素，配速上會有不同的方式出現(何盡平，2010)。目的在於合理分配體能，于奎龍(2009)指出良好的配速可避免乳酸堆積，節省體能，減少消耗，提高成績。反之可以會造成體力消耗過大。翟豐(2006)指出賽前制訂出合理的配速方案，並在比賽中有效的實施，可幫助選手創造優異的成績。

國內相關的馬拉松配速研究，較著重於時間與速度上的關係，鮮少針對其比賽過程作探討，然而加速規應用於跑步上的研究並不多見，一篇應用於跑步機上(傅麗蘭、陳毓君，2005)，另一篇則是應用於短跑的起跑研究上(林國全，2010)，是否可以應用於正式比賽上，這是一個可以值得大家探討的議題，但是國內此部分的相關研究甚少，對於是否能有效應用在比賽上，這方面了解仍舊較為缺乏。

本研究乃是針對加速規監控優秀馬拉松選手的配速，透過加速規與 Polar 錶的監測，有效監測選手的比賽過程及其配速策略，此乃本研究之動機。

## 第二節 研究目的

- 一、探討加速規應用正式比賽上的配速監測
- 二、探討並用選手本體感覺、心跳率及高度來輔助運動強度的監控

## 第三節 研究範圍與限制

本研究是在實際比賽場地進行實驗，故無法全程跟隨數值上如有遺漏，此乃本研究之限制。

## 第四節 名詞操作性定義

### 一、全程馬拉松

192年國際田徑總會正確立全程馬拉松比賽的標準長度為42公里1195公尺或25英里385碼。

### 二、配速

許樹淵(1992)指出速度要求分配，構成配速。理想的速度分配之重要性，隨著跑距離之加長而顯得更為重要。

### 三、優秀選手

以曾代表國內參加過亞、奧運會之參賽選手，為優秀選手。

#### 四、SCA3100-D07 三軸加速度規

可接收加速度訊號範圍為 $\pm 6g$ ，外觀：長 $\times$ 寬 $\times$ 高分別為 $65\text{mm}\times 65\text{mm}\times 26\text{mm}$ 。所取得的數據可以分為三類，(一)時域 (二)頻域 (三)時頻。

1. SCA3100-D07 晶片規格(如表 1-1):

表 1-1 加速度晶片規格

參數	最小 (min)	種類 (Typ)	最大 (Max)	單位 (Units)
測量範圍 (measurement range)	-6		6	g
運行溫度 (operating temperature)	-40		125	$^{\circ}\text{C}$
靈敏度(sensitivity)		650		Count/g

2. 可設定頻率最大為 $200\text{Hz}$ ，最小為 $1/30\text{Hz}$ (如表 1-2)

表 1-2 可設定的取樣的頻率

取	樣	頻	率	範	圍
					$200\text{Hz}$
	Max				$50\text{Hz}$
	~				$25\text{Hz}$
	min				$12.5\text{Hz}$
					$1\text{Hz}$
					$1/5\text{Hz}$
					$1/10\text{Hz}$
					$1/30\text{Hz}$

## 2. 三軸加速規加速度公式

$$as = \sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$$

X 軸為前進之加速度、Y 軸為上下之加速度、Z 軸為左右之佳速度、S 為加速度總和

### 五、多尺度熵

在日常生活中常發生許多不確定性的問題，如擲骰子、丟硬幣等等都是比較簡單的不確定性問題，而為了探討這類型的問題，學者們假設有一種測量工具，可以用來測量這不確定性的大小，最初熵(entropy)的主要概念是作為度量這不確定的工具所提出的。

Li, H., Zheng, H. & Tang, L.(2009)指出在訊號處理領域，可以將時序訊號當作隨機應變數來處理，因此，熵也可以被用來度量時序訊號的複雜程度，並推估這些時序訊號之系統行為。

## 第貳章 文獻探討

在此章節中共分為四部分，第一節加速規相關文獻探討、第二節心跳率相關文獻探討、第三節配速與心理學相關文獻探討、第四節配速與訓練相關文獻探討，分述如下。

### 第一節 加速規相關文獻探討

加速規是一個測量藉由身體移動所產生之加速度的精密儀器，加速規依電壓感應器偵測加速度的平面分為單軸加速規(Cltrac 和 Computer Science and Application,CSA)雙軸加速規(Actiwatch Aw16和 ActiTrac)和三軸加速規(Tritrac-R3D和 RT3 Triaxial)三類(Chen&Bassett,2005)。以目前廣泛使用的三軸加速規為例，透過XYZ等三軸方向，將從事身體活動者的加速度動能轉成記數(courts)進而以線性迴歸方程式估算其能量消耗(古博文、陳俐蓉，2013)，目前市面上已有很多利用加速規的原理所製成長時間攜帶式身體活動量檢測儀(單軸加速規或三軸加速規)，研究結果發現結合加速度與心跳所量測的身體活動量與氣體分析所測得的能量消耗有高相關性，證明身體活動時產生加速度可以用來預測身體活動量(Hendelman, Miller, Baggett, Debold, & Freedson, 2000; Welk, Schaben, & Morrow, 2004)。國內已有應用於運動科學上，但使用的加速規應用於運動科學的文獻並不多見，如使用於登階運動(劉又慈、傅麗蘭、陳亮仔，2006)、跆拳道旋踢(湯惠雯，2001)、後踢(李政霖、陳志文、黃長福，2006)、專項技能踢擊能力(王翔星、念裕翔、石罕池，2006)等動作分析、空手道中段腰部攻擊動作分析(陳淑貞、邱文信、林文

忠，2005)、射箭震顫變化(廖健男、湯文慈，2008)、網球使用護具穩定性(張世聰、相子元，2002)、跑步(傅麗蘭、陳毓君，2005)及測量身體活動量(陳嘉偉、方進龍，2011、黃頂翔、楊忠祥，2007)等少部分文獻出現應用加速規作為實驗工具，可見國內尚未廣泛使用加速規作為實驗之用；但在跑步的部分，只使用於跑步機上，而未在文獻中發現有應用於實際比賽中，然而本研究則是利用正式比賽來監測選手的全程配速，來瞭解選手整體比賽過程情況。

### 本節小結

加速規的使用已經運用的相當廣泛，但在運動科學這一塊尚未有效地來加運用，透過加速規振動頻率中的數據，可以取得很細微的資料，這些是我們肉眼所不能看見的，如能從中發現到些蛛絲馬跡，相信對研究的方面定能有大大的幫助。

## 第二節 心跳率相關文獻探討

心跳率亦是一種客觀評估運動選手比賽強度科學方法，心跳率是心臟活動生理指標，運動選手體能好壞，以及運動比賽進行時可以藉由『心跳率』反應出結果(李建毅、周德倫，2003)。心跳率會隨著年齡、溫度、神經系統、運動時間、運動強度等改變(Gappmaier，2002)。

王順正、程文欣、王予仕、黃彥鈞、江泰儒(2008)指出運用心跳率控制的方法進行訓練，可以讓訓練者依據個人身體條件進行「量身訂做」的強度設計，訓練的過程也會隨著訓練時間的增加，依據訓練者體能進步的狀況而增加跑步強

度。

何梅櫻、蔡淑真、王錠堯、王順正(2010)指出心跳率是隨著我們人體變動的生理指標，隨著生理狀況改變而有所不同，當今天訓練者的身體狀況不佳，心跳可能呈現偏高狀況，因此以相同強度百分比訓練，就會呈現較低強度訓練之情形，以符合訓練者當時之生理狀態。透過運用心跳率的方式來監控訓練的質與量，許多選手在訓練的時候，往往無法明確的察覺自身的狀態，過度疲勞的身體無法有效率地完成訓練課題，甚至可能會導致疲勞過度累積，最終造成運動傷害，心跳率是一個可以檢測自身狀態的一個指標。

然而在攝氧量與心跳率的文獻中也提到，心跳率變化的狀況確實可以反映出一個人的攝氧量變化及運動時的運動強度，無論年齡、運動型態、受試者差異、有氧或無氧運動以及運動開始前到運動過程中測量皆適用，也就是說運動強度可以透過最大心跳率百分比以及VO<sub>2</sub>max百分比進行界定(Arts & Kuiper, 1994)。心肺功能優者，安靜時心跳率較低，另在同一相對運動負荷中，心跳率上升越高者體能越差；反之，體能越好(鄭安成、林正常，1993)。運動員的安靜心跳率比健康的常人低，訓練後的安靜心跳率比訓練前低，認為安靜心跳率低者，呼吸循環功能較強(蔡崇濱，1991)。

### 本節小結

從文獻中可以發現到心跳率與體能、年齡、運動強度、運動時間等指標都有相關性，可見利用心跳率來輔助訓練或者訓練中用來設定強度，用心跳率來評估心肺功能或耐力都是可行的。

### 第三節 配速與心理學相關文獻探討

黃新紅、林惠君(2011)指出隨著運動心理學的迅速發展，運動員的心理訓練與身體訓練、技術訓練、戰術訓練放到了同等重要的位置。從不同級別、不同運動項目的賽事中，教練在平時的訓練和比賽過程中越來越重視對運動員心理素質和心理技能進行訓練。

徐亮(2009)指出運動員在訓練中除了身體素質、運動技戰術的訓練外，心理訓練是極其重要。一般運動員比賽的成功率，70%歸功於身體和技戰術訓練，30%歸功於心理訓練。而高水平運動員在比賽中得發揮，更是70%靠心理。心理能力能使前兩者充分發揮運動成績好壞的重要因素。

張琳、張奚嚇指出(2008)心理訓練是只有意識地對運動員進行針對性的心理調節，對運動員的心理過程和個性特徵施加影響，以期達到培養最佳的心理狀態，為運動員完成訓練和比賽任務，取得優異成績而做的各種心理準備。

王秋娥、曹永紅(1995)指出心理訓練是培養優秀運動員的一項重要工作，在運用中首先要注意與教育相結合，幫助選手形成健康的心理態勢，其次在平時心理訓練要因人而異、區別對待，這樣才能保證心理訓練的實效性，第三是在賽前心理訓練時要注重針對性，要根據運動員個體的心理狀態和競賽階段，進行即時的針對性心理調整，促使運動員盡快形成最佳的競技狀態。

黃新紅、林惠君(2011)指出心理訓練是指有目的、有計畫地對運動員的心理過程和個性心理特徵施加影響的過程。

比賽不但集中在技戰術的較量上，更體現在心理素質的高低上。

陳文毅(2009)指出中長跑選手賽前容易出現的心理障礙主要是壓力過大或對某些問題陷入困或造成本身焦慮不安覺醒過高或過低，進而使比賽無法獲得優異成績。

張琳、張奚嚇(2008)指出心理訓練是現代競技運動科學訓練體系中重要組成部分，中長跑運動員的心理訓練對提高運動員運動技術水平，甚至對於比賽勝負都起著非常重要的作用。現代科學研究證明，運動員心理因素，影響著身體、技術和戰術的發揮程度。

馮霞、程勇民、許偉民(2005)指出競賽心理壓力主要來自於兩個方面，其一：競賽結果具有不確定性；其二：認為現實目標具有不確定性。因此，理論上講控制壓力主要抓住兩個“不確定性”。賽前心理狀態調控的主要任務是降低“不確定性”水平，控制壓力程度在適宜的範圍。

王毅(2010)指出中長跑項目要求運動員具備好的心理素質能力，只有具備超強的心理承受能力和頑強的心理、生理忍耐能力，運動員才能在比賽中最大限度地發揮潛力，取得優異成績。

鄧正富、張亮、王長龍(2012)指出影響中長跑運動員的心理因素有意志品質的強弱、運動員氣質與性格差異、注意力集中與合理分配、比賽動機強弱、戰術安排得當等因素；針對中長跑運動員在不同時期的心理表現，採用有針對性的心理訓練方法，根據個人特點，恰如其分地逐漸增加困難度，不得操之過急。

陳文毅(2009)指出影響中長跑選手心理變化的因素，分

為以下五點：一、比賽規模和選手所面臨的挑戰；二、參加比賽的選手之間實力的對比；三、外在環境的干擾；比賽勝利或失敗不但受選手本身條件所影響，還包括外在環境的干擾，如觀眾、氣候和場地等；四、比賽的動機；五、選手的實力和比賽經驗。

席繁宏、田汜明(2013)指出焦慮是指由於不能達到目標或不能克服障礙的威脅，致使自尊心和自信心受挫，或使失敗感和內疚感增加，形成一種緊張不安全感並帶有空據的情緒狀態。

肖紅艷、陳懷慶、李慶吉(1999)指出焦慮是一種普遍存在的心理現象，在中長跑訓練中，運動員經常要做出自己的選擇和判斷，由於受經歷、學識、認知特點的限制，不可能對每件事都做出正確的分析 and 推理，在選擇過程中會遇到各種各樣的困擾和疑惑，這時焦慮就會產生。

盧春宏(2006)指出運動焦慮包括認知性焦慮和軀體性焦慮兩種心理成分。所謂認知性焦慮，是指對比賽銷及期望或消極的自我評價所引起的焦慮；軀體性焦慮，是指直接與自主神經系統的喚醒有關的焦慮，運動員的心理狀態，賽前、賽中、賽後情緒的變化及其調節，最佳成績的取得都與焦慮有關。另外一種則是狀態自信心是指運動員在競賽時或競賽前、後對自己的運動行為所抱有的是否取得成功的信念(周成林、李朝林，2000)。

姜雨(2011)指出意志訓練的功能在於激發運動員的求勝慾望：運動員能夠清楚地意識到自己的行動目的和動機，那麼在行動中政治自己的動作就能起到決定性的作用；增加克服困難的信心：馬拉松項目屬於閉鎖性的運動，它決定了運動員

的訓練方法、訓練過程比較單一和枯燥，而訓練負荷與強度要遠遠大於其他競技項目，年復一年的不斷訓練，造就了馬拉松運動員良好的心理素質和必勝的信心。

王輝(2009)指出目標訓練法是指教練應制定明確目標，以激發中長跑運動員在訓練和比賽中積極發揮自己的能力，克服困難，取得更好的成績，出現了明確目標運動員才有努力的方向和動機。目標多種多樣，按時間可分長期目標和短期目標，按照內容可分一般目標和具體目標，按照訓練難度又可分為挑戰目標和保障目標。

楊柳霞(2000)指出環境更新法是改變訓練環境，減少精神疲勞，經常不變的訓練環境的方法，是造成大腦皮層與機體疲勞的重要因素之一；精神轉移法是指把注意力印象感官易產生興奮的物質上。在中長跑訓練中經常長時間重複同樣的動作，注意力過分集中就會容易產生疲勞。

### 本節小結

綜合以上學者專家論述結果顯示：

- 一、馬拉松及中長跑選手須具備優秀且頑強的心理素質，才得以面對強大的訓練量和訓練強度。
- 二、馬拉松及中長跑選手利用不同的訓練方法來訓練，可以透過意志訓練、模擬訓練、目標訓練和環境更新法，可以避免馬拉松及中長跑選手在訓練過程中造成過多的心理負擔。

#### 第四節 配速與訓練相關文獻探討

徐茂典(2010)指出馬拉松屬體能競技項目，其運動訓練發展史也是不斷開發人體潛能的過程。進入20世紀90年代，中長跑的訓練通過先進的科學手段，多學科綜合系統地監測運動員的訓練過程，探索人體功能系統的規律變化。在人體承受負荷的極限級最大限度地用最佳手段挖掘人體極限運動潛能方面取得了突破性發展。

焦芳錢、劉大慶(2008)指出大運動量是馬拉松訓練的基本認知，也是馬拉松運動本身的特點決定的，因此，必須重視大運動量的訓練。然而，當今馬拉松成績不斷提高，單靠大運動量的訓練取得比賽優勢的時代已經過去，因此，強化訓練速度，提高訓練效率是當今訓練的一個重要特點。

王德顯(2005)指出隨著運動成績的大幅度提高長跑、馬拉松項目的功能並不僅僅依賴有氧代謝系統完成，糖酵解系統的供能也占有相當大的比例，起到十分關鍵的作用。實踐證明，世界長跑、馬拉松頂尖運動員間的較量已經遠遠超出了理論上劃定的耐力範疇，逐漸演變成一種速度的競爭。

田坤、張華新(1998)指出近年來優秀中長跑運動員的有氧能力進展緩慢，而無氧能力和速度卻大幅度提高，因此，高度重視無氧能力和速度的提高，是世界中長跑訓練發展的新動向。從1911年男子一萬公尺冠軍30:58.8的成績，到目前世界紀錄26:24.58時間縮短了近4.5分鐘，平均速度已由最初的4.2m/s，提高到6.3m/s，提高達2m/s。據報導世界優秀一萬公尺男子運動員，最後400公尺衝刺約在53秒，速度

為 7.5m/s，1500 公尺跑最後 200 公尺要在 24 秒左右，速度約為 8.4m/s。一名中長跑運動員，想要具備這樣的衝刺能力，就必須具有很高的絕對速度。這一論點以 24、25 屆奧運會各項 1~8 名運動員的統計資料中，可以得到實證，如表 2-1 所顯示。

表 2-1 第 24、25 屆奧運男子中長跑各項 1~8 名  
速度素質一覽表

內容	第 24 屆奧運會 1~8 名				第 25 屆奧運會 1~8 名			
	800	1500	5000	10000	800	1500	5000	10000
100M	10.481	11.269	11.643	11.781	10.516	11.008	11.426	11.572
400M	46.595	49.417	51.063	52.103	46.619	48.236	50.174	50.826

周桂琴(2009)應注意發展 3000M~15000M 的相對速度，逐步增加訓練量，因為過早的專項化訓練，往往導致運動員受傷及對這種單調發為的訓練產生厭倦心理。因此必須重視在身體和心理上培養運動員承受不斷增大的訓練負荷的能力。

何珈、蘇吋草(2012)日本馬拉松的發展，在訓練方法上，主要以長距離訓練為主，輔以短段落的隔間跑。後來有重視 5000 公尺、10000 公尺跑的強度訓練和長距離跑的結合，即速度與耐力相結合訓練。

郭樹濤等(2010)世界優秀耐力性項目運動員負荷安排的特點總結，並結合相關研究成果分析，發現：優秀耐力運動員更傾向於採用大量低強度負荷建構牢固的耐力基礎，是當安排高強度負荷，較少利用“乳酸閾值”強度的“兩極化訓練”模式。透過兩極化訓練模式可以合理分配訓練負荷，平衡訓

練適應和壓力之間的關係，獲得更大的訓練效益。

張艷平、翟豐(2002)速度與耐力是馬拉松運動員必備的條件，速度訓練與比賽時的速度分配特徵變得越來越重要，應採用多種方式加強速度訓練，以提高 5000M、10000M 的水平，為馬拉松跑奠定速度基礎。加強速度“節奏感”的培養，提高速度控制的能力，這對於在途中節省體力、減少消耗、創造優異運動成績是極為有利的。

龔建音等(2007)單長名教練認為，訓練節奏調控的好壞是訓練是否成功的關鍵。他認為慢跑是快跑的前提，慢跑是為快跑服務的，如果一個運動員在訓練中快慢不分，是達不到訓練目的。

張艷平、翟豐(2002)中國運動員任秀娟在北京馬拉松最快的一個段落 16:49 和最慢的一個段落 18:01 相差 72 秒，而大阪國際馬拉松最快的一個段落 17:03 和最慢一個段落 19:01 相差達 118 秒，因為由於速控制不好，每個段落差距較大，消耗體力也大，也對於提高馬拉松成績是會有影響的；今後應加強速度“節奏感”的培養，逐步提高控制速度的能力，以創造優異的成績。

徐明俊(2013)中長跑運動項目取得好成績的關鍵是通過對運動員節奏、負荷以及運動技能方面的訓練，把握運動節奏，就能控制運動過程中運動能量的消耗，運動訓練也可以有效加強運動員的抗乳酸能力，加強運動員的耐持久力，在運動員的運動訓練過程中進行科學訓練，充分挖掘運動員的運動潛能，使其能量得到最佳利用，這是中長跑運動項目發展的必然趨勢。

曹陽(2012)優秀馬拉松選手不僅具有較強的均速跑能力，

而且具有較強的變速跑能力，變速能力強往往成為致勝的關鍵；北京奧運會男子和女子馬拉松前八名分段成績研究表明，當今馬拉松選手在全程中變速能力越強，其成績越好，當然不是越跑速度越慢的那種變速，而是速度上升、下降、再上升的趨勢。

畢曉東(2001)自 1968 年第 19 屆奧林匹克運動會自墨西哥城(海拔 2250M)舉行的決定做出後，世界各國的體育運動組織者和教練先後對運動員在高原訓練方面進行了大量的探索工作。多數研究表明，運動員在高原環境中訓練，能促進運動員的心肺發展，提高氧的吸收、運送和利用率等，從而使運動員的有氧代謝能力得到提高。另外高原低氧環境刺激機體，使造血功能增強，運動員體內紅血球和血紅素等增加，從而使體內的“運輸”氧的能力得到提高。

翟豐(2005)高原訓練在現代已成為優秀中長跑、馬拉松運動員訓練的重要組成部分，在海拔 1000M 至 3000M 公尺的高度上都有效果，而實際上大多數的高原訓練都在 1500M 至 2700M。研究認為；2000M 至 2500M 的高原最佳。一般不超過 2700M，如表 2-2 所顯示。

表 2-2 中國高原訓練基地海拔高度

訓練基地	貴州	雲南	新疆	青海	青海
海拔高度	六盤山	呈貢	天池	西寧	多巴
(M)	1840	1893	1950	2200	2366

余小燕、馬福海(2010)高原訓練後可以形成 3 個競技高峰，期時間大約在下高原後的 3~5 天、10~18 天和 19~32 天，若訓練安排得當，則高原訓練效果可保持 1~2 個月。已有統

計發現，經雲南昆明、青海多巴訓練後在 3~45 天內參賽均取得好成績。

周濤等(2012)模擬高原訓練可加大、加深對運動員機體的刺激，與實地高原訓練效果接近；由於在模擬高原環境下訓練，身體機能的恢復較慢，因此應加強對模擬高原環境下訓練的檢測和回復手段的運用，以加速疲勞的消除，防止過度訓練的發生。

盧瑞山(1995)馬拉松比賽中，一般是以 5 公里為一段落，選手平時訓練中均以此段落來進行訓練，以選手個人的速度，配合自身體能狀況，用最經濟、有效的方法來配速。

焦芳錢、劉大慶(2008)全程不同階段的速度分配問題研究的主要結論：全程採用“均速跑”的戰術較為合理，同時認為，馬拉松訓練的重點段落分為 3 種結論：分別是以 25 公里左右為重點、以 30 公里左右為重點和以 35 公里左右為重點，研究結論存在一定的差異性，對於“均速跑”的認識基本一致。

宗華敬(2001)在研究中提出，長距離訓練在重視訓練量的基礎上，極待關注的核心問題是訓練的效率，提出以年度來安排訓練週期，年度內按照小循環來安排，即以月或周為訓練週期進行反覆循環。

朱鳳鈴、孟繁威、史繼祖、姜帥先、王世濤(2010)通過對國家男女馬拉松隊、肯亞馬拉松隊 2007 年冬訓負荷結構特點以及國家男女馬拉松隊 2007 冬訓成功經驗和失敗教訓的研究，發現現代馬拉松項目訓練的負荷節奏和結構特點是：100% 以上目標強度的訓練占總負荷的 5-10%；90-100% 目標強度的訓練占總負荷的 15-20%；80-90% 目標強度的訓練占

總負荷的 50-60%；80% 以下目標強度的訓練占總負荷的 15-20%。研究結果表明：現代馬拉松項目的訓練應緊密圍繞馬拉松專項強度展開，特點是附和節奏感強，日平均負荷量小。

郭樹濤等(2010)世界優秀耐力性項目運動員負荷安排的特點總結，並結合相關研究成果分析，發現：優秀耐力運動員更傾向於採用大量低強度負荷建構牢固的耐力基礎，是當安排高強度負荷，較少利用“乳酸閾值”強度的“兩極化訓練”模式。透過兩極化訓練模式可以合理分配訓練負荷，平衡訓練適應和壓力之間的關係，獲得更大的訓練效益。

王林、武雪蓮(2010)耐力訓練項目中負荷強度的提高比提高訓練量對訓練效果更重要，因此在保證訓練量的同時，強度的安排也必須科學合理，且要保證超量恢復；訓練強度的具體表現，主要是反映在專項跑的速度，在訓練過程中主要表現在專項訓練的前半程。

宗華敬(2001)馬拉松、半程馬拉松、越野跑、長跑項目的訓練理論原則是一致的，從訓練理論來論證這項目的訓練特點和歸類基本上沒有太大區別，均屬於耐力性運動項目，所不同的是訓練的量和時間上有差別，對此有做了相關的調查與統計，表 2-3 所顯示。

表 2-3 訓練方法區像調查統計表

隊名	年度內 有無馬 拉松全 程訓練	訓練中是 否使用半 程馬拉松 方法	訓練中是 否使用長 跑訓練方 法	訓練中是 否穿插場 地長跑訓 練	訓練中是 否穿插場 地短段落 訓練	訓練中是 否採用號 和訓練方 法
日本隊	有	用	是	是	使用較少	用
墨西哥隊	有	用	每周均用	是	用	用
西班牙隊	有	用	用	是	用	用
韓國隊	有，超長 距離	用	大量使用	是	使用較少	用
加拿大隊	有	經常用	經常用	是	用	用
肯亞隊	有	經常用	用		使用較少	用
中國火車 頭隊	有，超長 距離	用	用		使用較少	用
內蒙古隊	有，超長 距離	經常用	用	是	用	用
雲南隊	有	用	大量使用	是	用	用
山東隊	有	經常用	用		用	用
河南隊	有，超長 距離	用	用	是	使用較少	用

潘健、王宗兵(2007)以甘肅省運動員訓練為例研究馬拉松運動員賽前訓練規律認為，馬拉松運動的賽前訓練應針對運動員專項能力的提高，而以適中的負荷量以及中、小強度負荷為主，適量大強度配合下的訓練是提高成績的有效途徑。

劉占鋒(2013)運動訓練方法是在運動訓練活動中，提高競技運動水平、完成訓練任務的途徑和辦法，是教練員的教和運動員的練的雙邊活動，是運動訓練過程中訓練方式和辦法的概括，是對各種具體訓練方法的集中體現。

張勝林等(2008)運動訓練負荷是運動訓練活動中最為活躍的因素，貫徹訓練的始終，科學化地控制訓練負荷，對提高運動員的競技能力和創造優異成績有著極其重要的意義。根據比賽要求，來調節訓練及合理控制最佳競技狀態，是訓練成功的關鍵。

徐明俊(2013)中長跑運動員的訓練中少不了負重練習，但是，由於該類運動員的訓練強度具有強度大、時間長等特點，為了保障運動員的健康和訓練效果，其負重應保持在中等重量之下。負重訓練的核心在於使運動員的四肢和內在器官受到身體承受範圍之內的同等強度刺激，而非“越重越好”。

王林(2006)馬拉松訓練安排要符合專項負荷特徵，重視專門力量訓練，提高運動員的下肢支撐力量耐力肌群和各關節力量耐力，這些專項力量訓練和馬拉松運動員的技術特點要相結合，馬拉松運動的力量訓練是十分重要的，特別是下肢力量和下肢一些小關節的力量訓練，得到當今各國專家的重視。

## 本節小結

綜合以上學者專家論述結果顯示：

- 一、現今馬拉松選手的訓練已逐漸邁向速度化的趨勢。
- 二、訓練負荷比重中高強度的部分明顯較高，是由於馬拉松選手整體的平均速度較以往高，所以需強化選手的乳酸閾值的強度。
- 三、高原訓練是馬拉松訓練常見的訓練方式，第一次上山之選手須注意適應的問題，應避免適應不良導致訓練效果不佳；如有上山經驗之選手，上山期間之訓練量可接近 90% 或接近平原之水準。

## 第叁章 研究方法與步驟

在此章節中分為五部分，第一節研究流程、第二節研究架構、第三節研究對象、第四節研究工具、第五節資料處理

### 第一節 研究流程

本研究流程(如圖 3-1)。

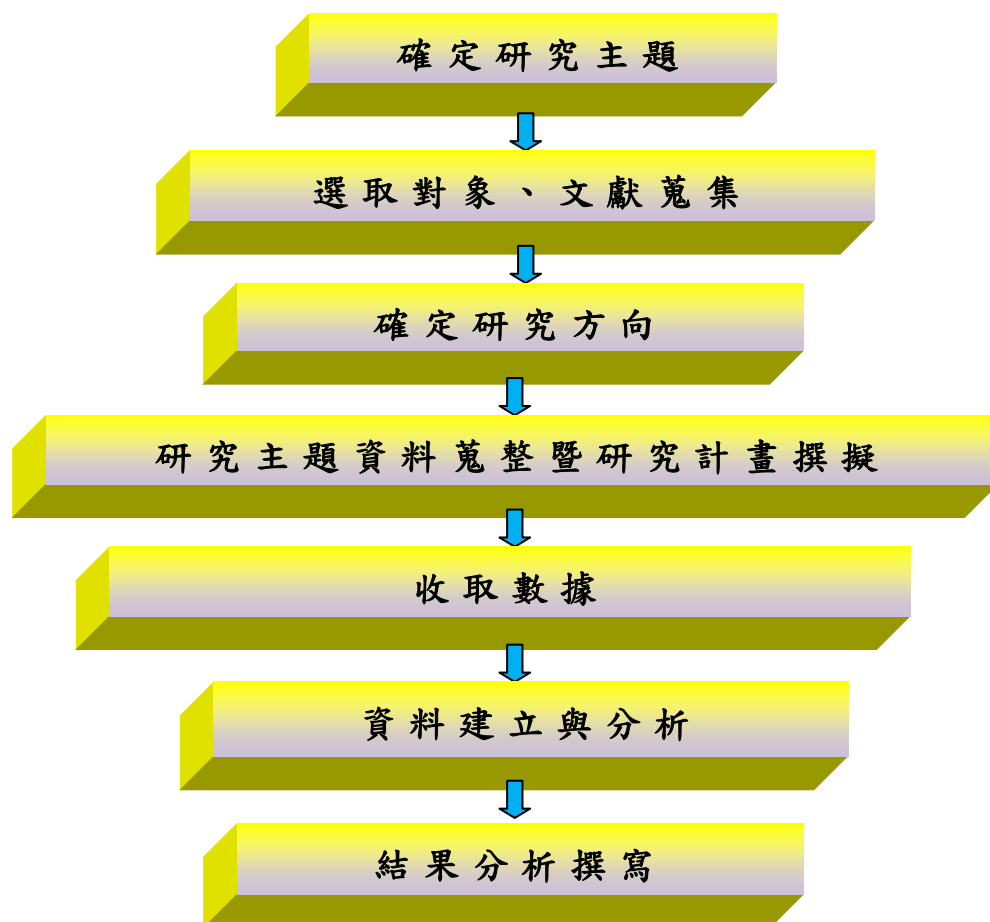


圖 3-1 研究流程圖

## 第二節 研究架構

### 一、半程馬拉松測驗研究架構(如圖 3-2)

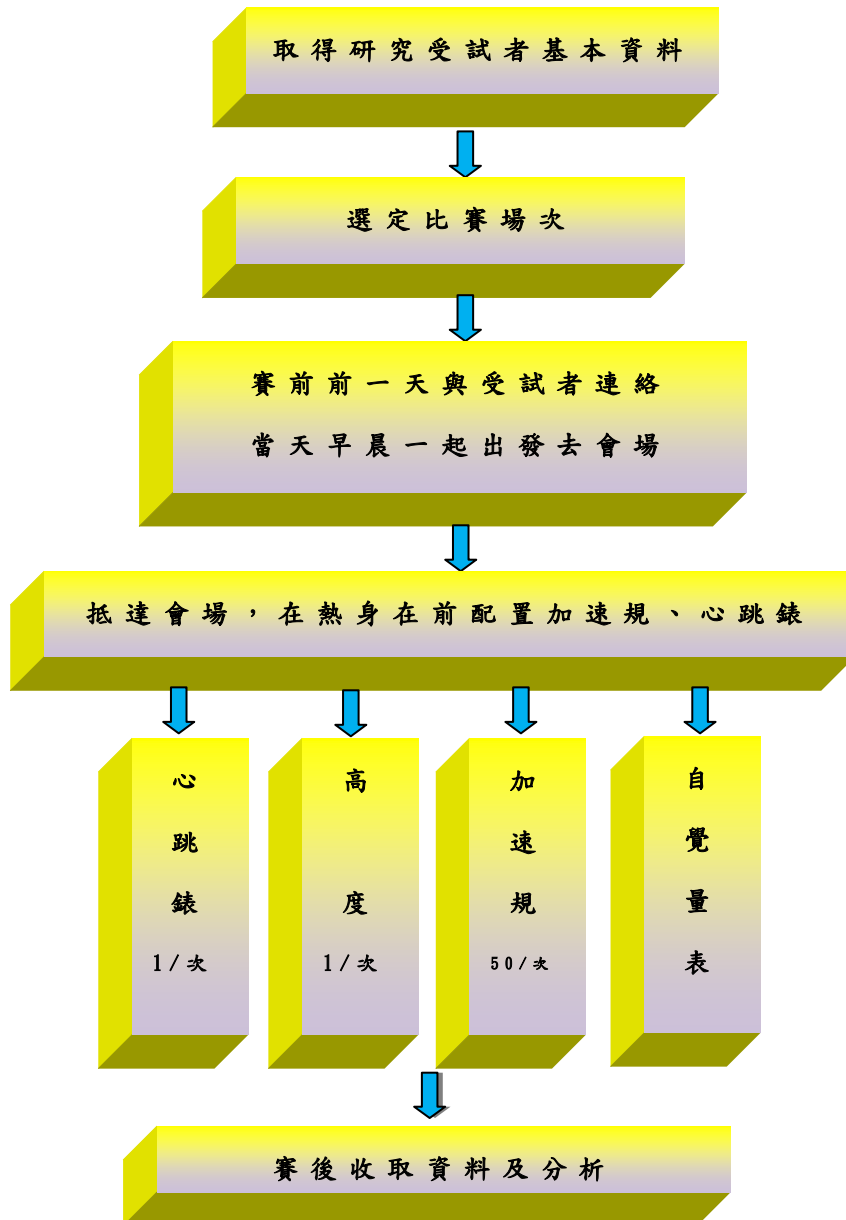


圖 3-2 研究架構圖

## 二、分段頻率節奏測驗

時間：103 年 6 月 22 日

測驗地點：高雄市長仁武高級中學田徑場

實驗內容：

在 400 公尺的操場中，以節拍器之節奏每分鐘 150、180、210、240 等節奏各跑一次，原地休息 5 分鐘，以獲取 4 次節奏的頻率數據。

## 第三節 研究對象

本研究是以國內優秀馬拉松選手何盡平為研究對象，曾代表我國參加 2010 廣州亞運會（如表 3-1）。

表 3-1 何盡平選手運動成就

項目	日期	場次	地點	成績
5000 公尺	2008/11/08	中國大獎賽	肇慶	14:21.41
10000 公尺	2008/11/10	中國大獎賽	肇慶	29:29.48
半程馬拉松	2009/03/01	萬金石馬拉松	新北市	1:05:56
馬拉松	2012/03/04	琵琶湖馬拉松	日本 滋賀縣	2:19:06
3000 公尺障礙	2010/04/09	北市春季盃	台北	8:59.01

#### 第四節 研究工具

- 一、AUSA A43S 筆記型電腦一台
- 二、Polar400 SD 心跳錶一組(如圖 3-3)



圖 3-3 Polar400 SD 心跳錶

- 三、SCA3100-D07 三軸加速度規一組(如圖 3-4)

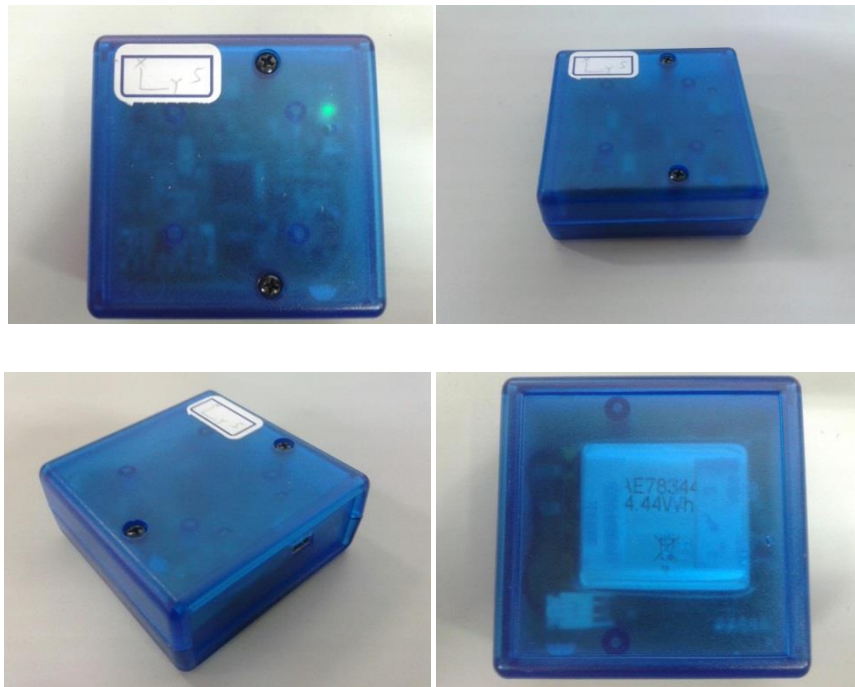


圖 3-4 三軸加速度器外觀：長×寬×高 65mm×65mm×26mm。

## 第五節 資料處理

- 一、以多尺度熵時間序列分析方法，分析加速規之數據。
- 二、以 Polar ProTrainer 5 軟體分析處理 Polar 錶之資料。
- 三、以 EXCEL 軟體繪製圖表。

## 第肆章 結果

在此章節中共分為兩部分，第一節探討加速規應用正式比賽上的配速監測、第二節探討選手本體感覺與加速規之比較，分述如下。

### 第一節 探討加速規應用正式比賽上的配速監測

#### 一、半程馬拉松比賽結果

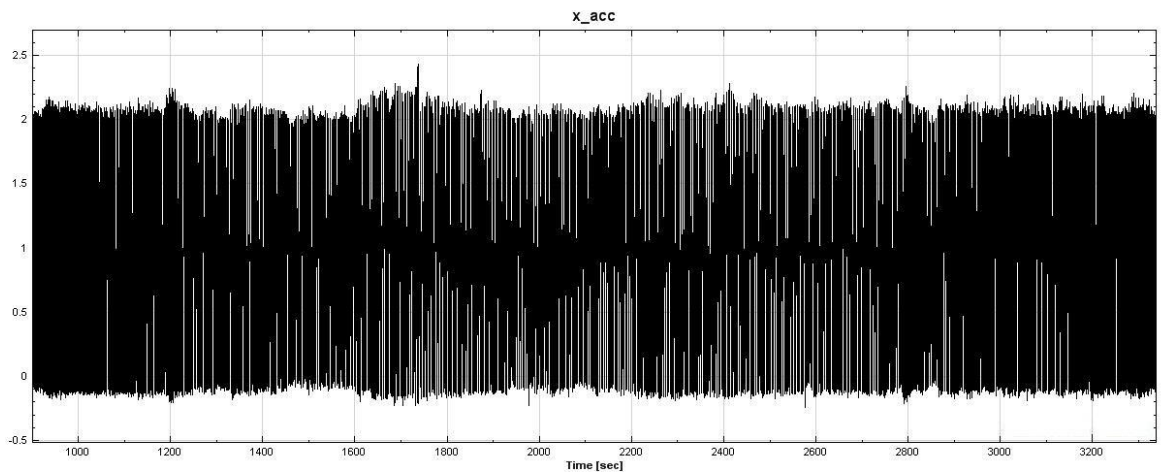


圖 4-1 半程馬拉松 X 軸跑步歷程圖

在半程馬拉松 X 軸的跑步歷程圖中呈現相當一致的頻率（如圖 4-1）。

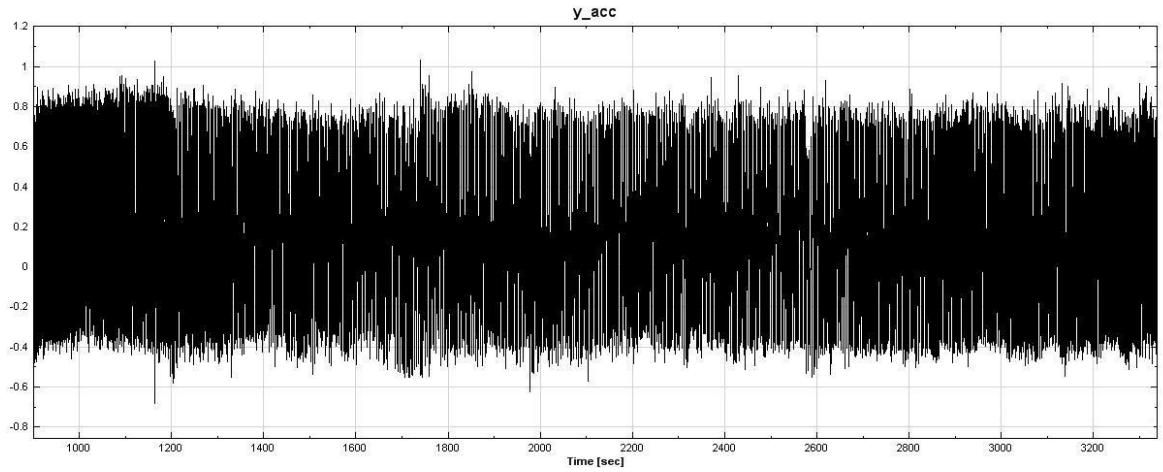


圖 4-2 半程馬拉松 Y 軸跑步歷程圖

在半程馬拉松 Y 軸的跑步歷程圖中呈現相當一致的頻率  
(如圖 4-2)。

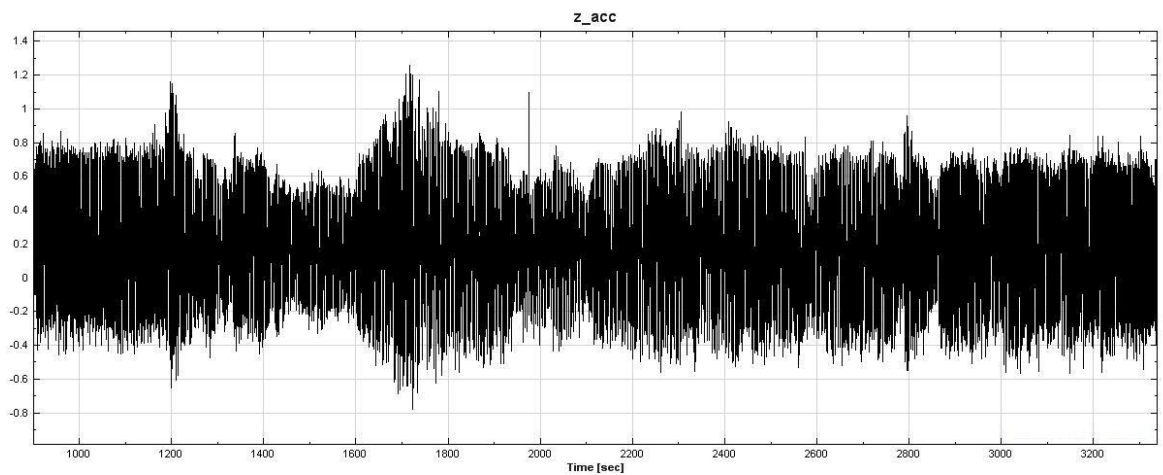


圖 4-3 半程馬拉松 Z 軸跑步歷程圖

在 Z 軸的部分，雖有不一致的情況發生，但整體過程穩定  
(如圖 4-3)。

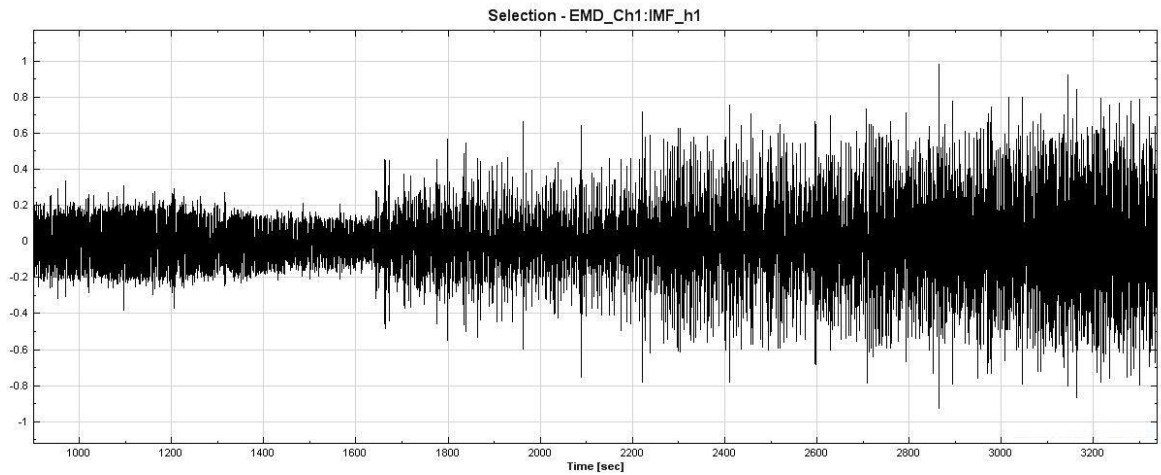


圖 4-4 半程馬拉松 S 跑步歷程圖

在半程馬拉松模態分析(EMD)中，可以發現到 1600 秒之前，曲線相當的集中，表示跑步的效率相當好，1600 秒後開始出現不穩定之情形，隨著時間的增加，不穩定的情形越明顯，在 3000 秒過後的情形更為明顯(如圖 4-4)。

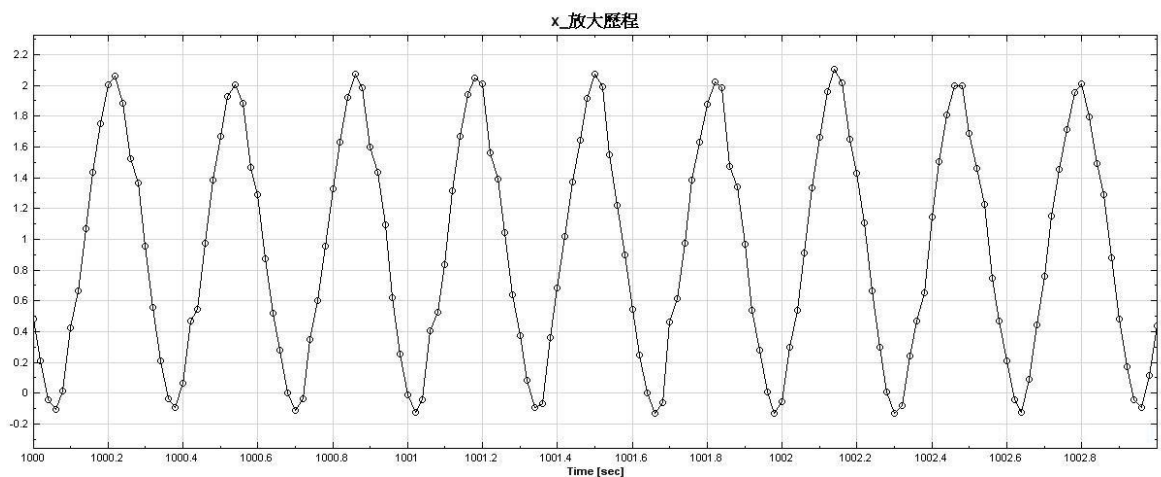


圖 4-5 半程馬拉松 X 軸跑步放大歷程圖

圖中是以一秒收取 50 次數據的放大歷程圖，X 軸呈現相當規律的波形，表示受試者的跑步節奏相當穩定(如圖

4-5)。

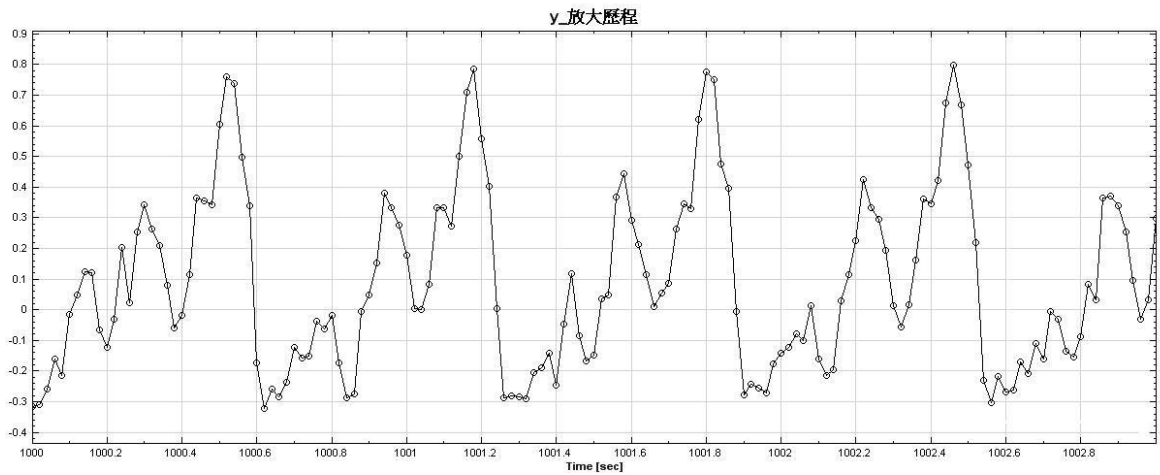


圖 4-6 半程馬拉松 Y 軸跑步放大歷程圖

圖中是以一秒收取 50 次數據的放大歷程圖，Y 軸呈現相當規律的波形，表示受試者的跑步節奏相當穩定(如圖 4-6)。

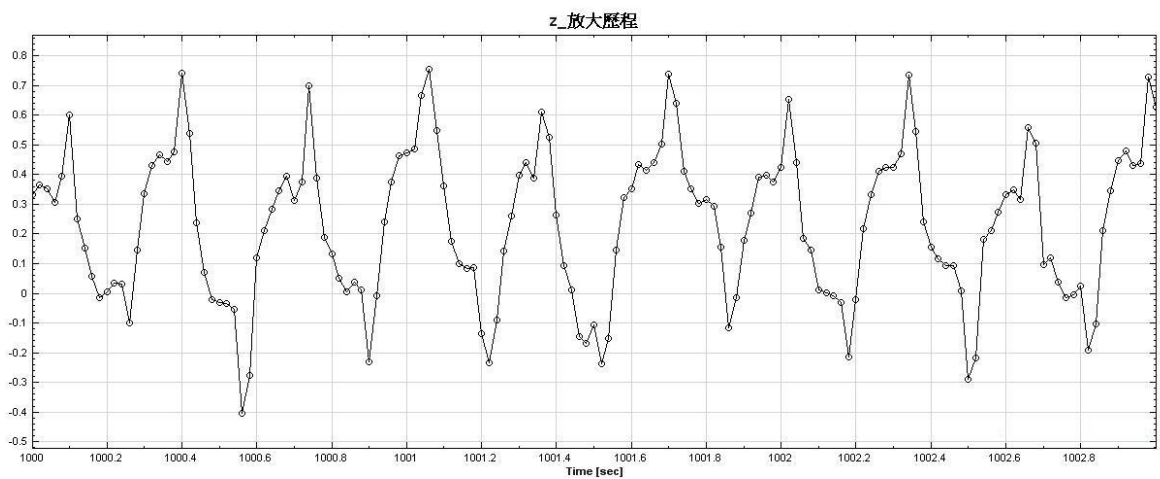


圖 4-7 半程馬拉松 Z 軸跑步放大歷程圖

圖中是以一秒收取 50 次數據的放大歷程圖，Z 軸呈現相當規律的波形，表示受試者的跑步節奏相當穩定(如圖 4-7)。

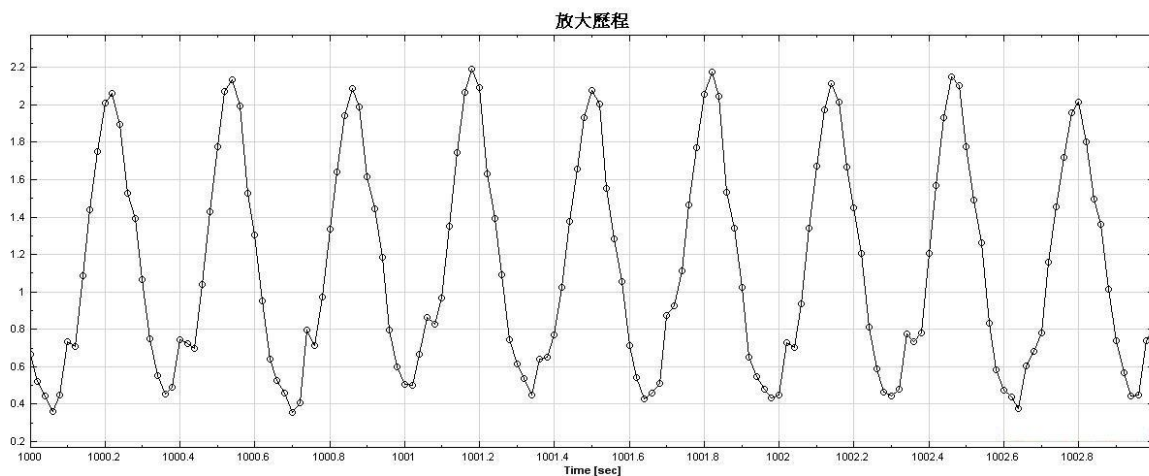


圖 4-8 半程馬拉松 S 頻跑步放大歷程圖

圖中是以一秒收取 50 次數據的放大歷程圖，S 呈現相當規律的波形，表示受試者的跑步節奏相當穩定(如圖 4-8)。

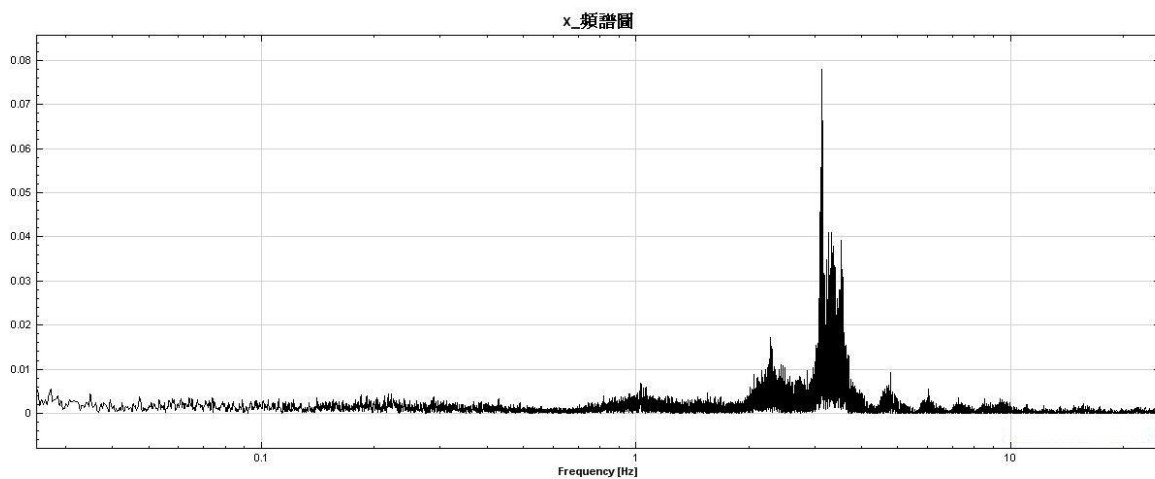


圖 4-9 半程馬拉松 X 軸頻譜圖

頻譜圖是採用對數的方式呈現，在 X 軸頻譜圖中可以看到，受試者的頻率集中在 2-3 間(如圖 4-9)。

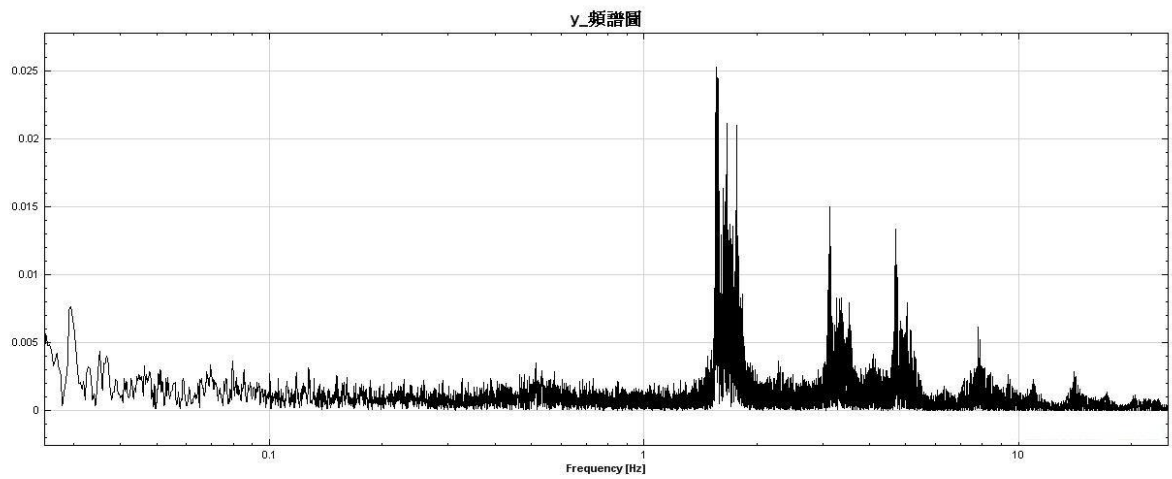


圖 4-10 半程馬拉松 Y 軸頻譜圖

在 Y 軸頻譜圖可以看到，受試者頻率集中在 0.8、3、4 (如圖 4-10)。

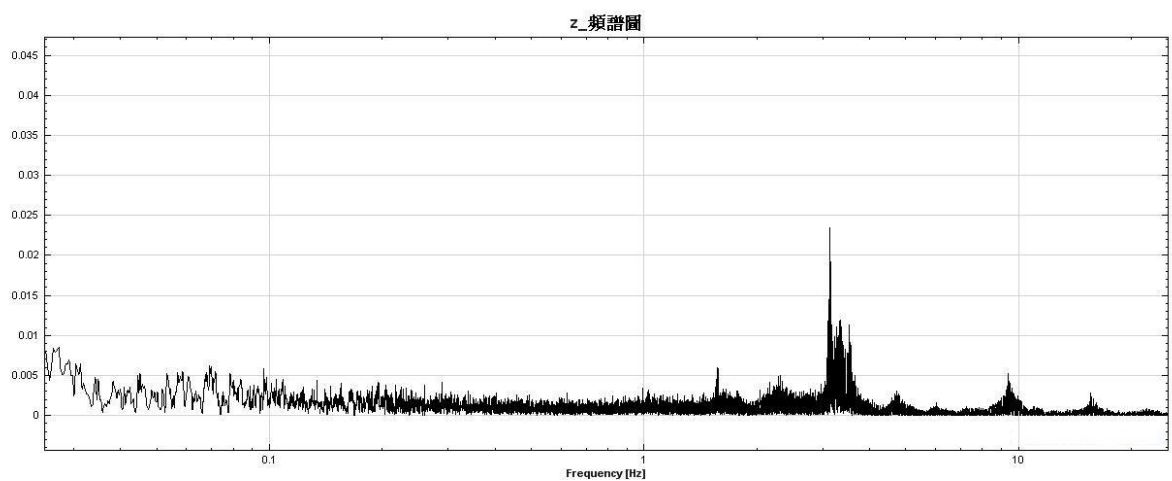


圖 4-11 半程馬拉松 Z 軸頻譜圖

在 Z 軸頻譜圖中可以看到，受試者頻率集中在 3 (如圖 4-11)。

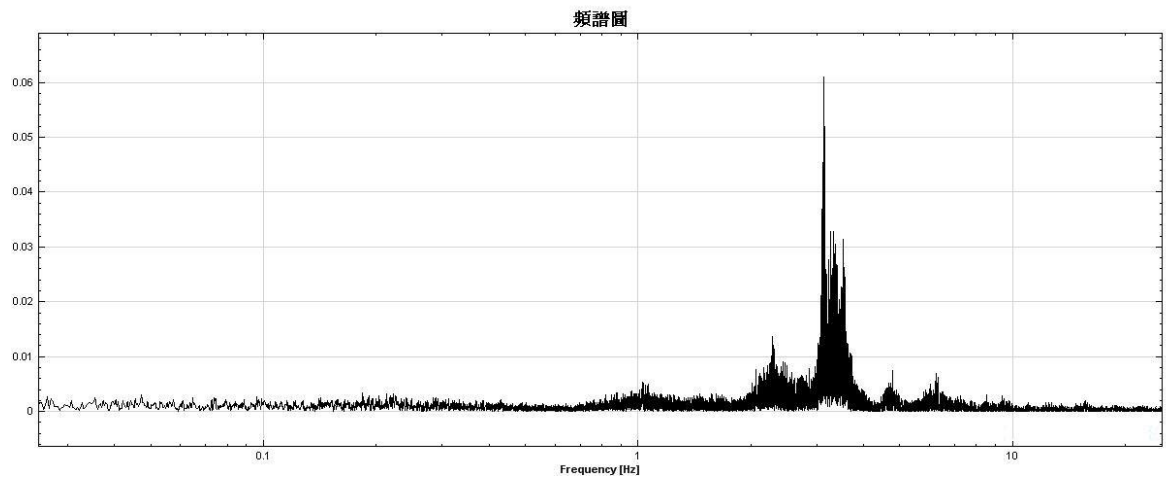


圖 4-12 半程馬拉松 S 頻譜圖

S 頻譜圖中，受試者的頻率集中在 2-3 間(如圖 4-12)。

在跑步歷程小波轉換圖中可以發現到受試者在 900-1600 秒這段時間內的跑步頻率是較穩定的，跑動的過程中是相當有效率的，在 1600 秒過後，開始出現混亂的情況，呈現一個向上的曲線，如圖 4-13。另一張跑步歷程小波轉換圖，同樣在 900-1600 秒的時間，曲線集中呈現橫條狀，1600 秒後，立刻出現紊亂的情形，曲線的集中度，隨著時間的拉長而顯得混亂，在 3200 秒時呈現混亂的圖形(如圖 4-14)。

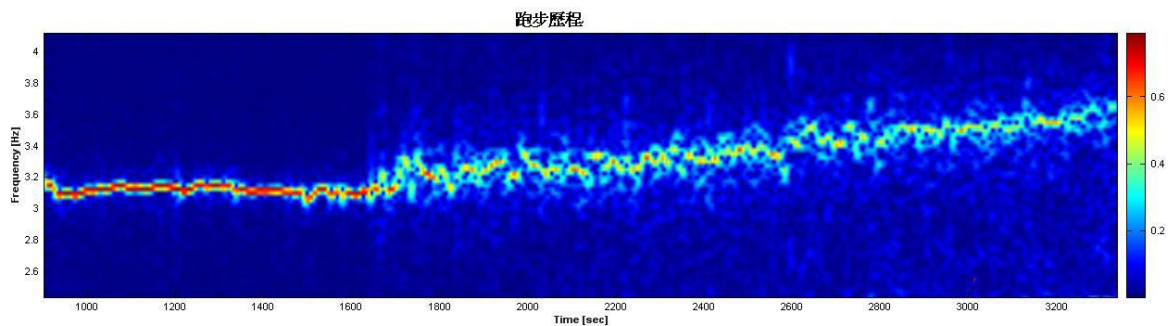


圖 4-13 跑步歷程小波轉換(1)

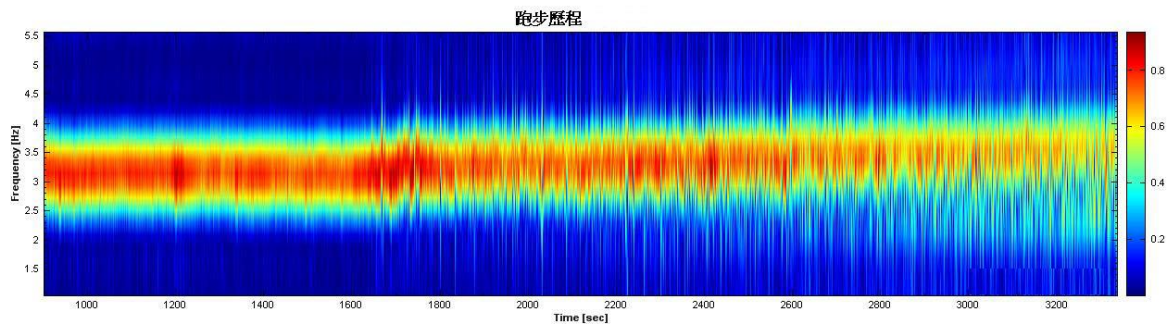


圖 4-14 跑步歷程小波轉換(2)

## 二、頻率節奏測驗結果

在實驗設計中節奏設定為每分鐘 150、180、210、240，測驗出來的結果為每分鐘 169、195、206、216(如表 4-1)。

表 4-1 實驗設計測驗結果表

實驗設計	測驗結果
150	169
180	195
210	206
216	216

(單位:次/每分鐘)

## 1. 每分鐘 169 步之頻率

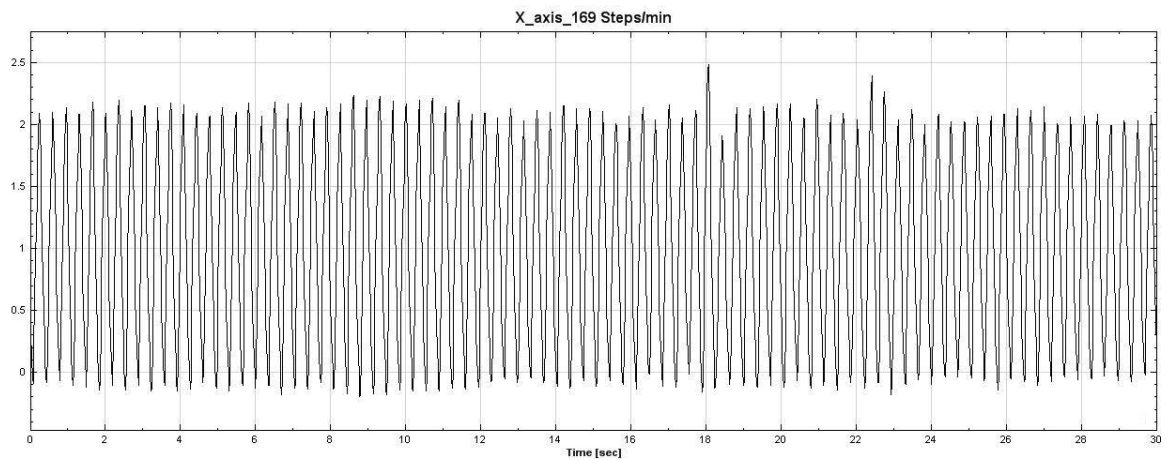


圖 4-15 X 軸每分鐘 169 步頻率圖

X 軸步態頻率圖中，呈現規律的波形（如圖 4-15）。

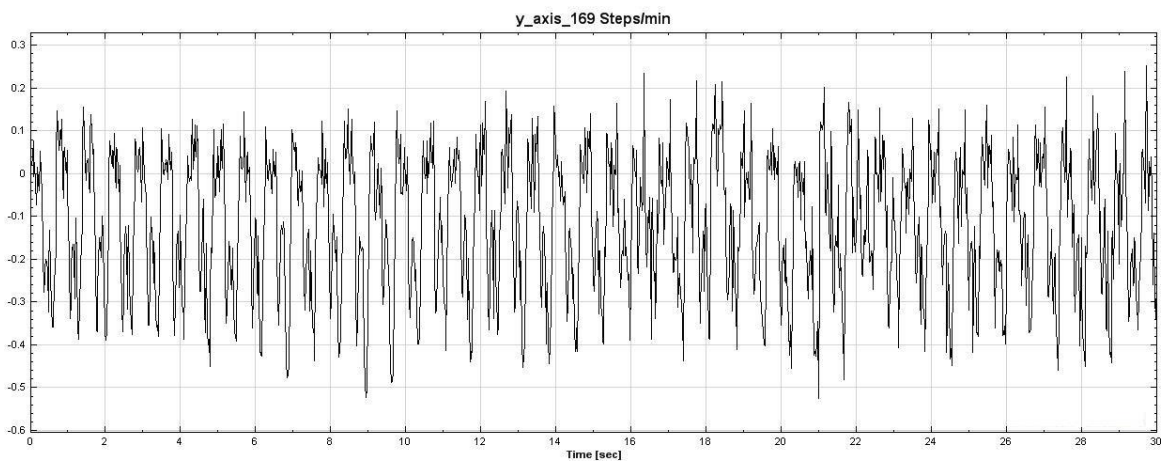


圖 4-16 Y 軸每分鐘 169 步頻率圖

Y 軸步態頻率圖中，呈現規律的波形（如圖 4-16）。

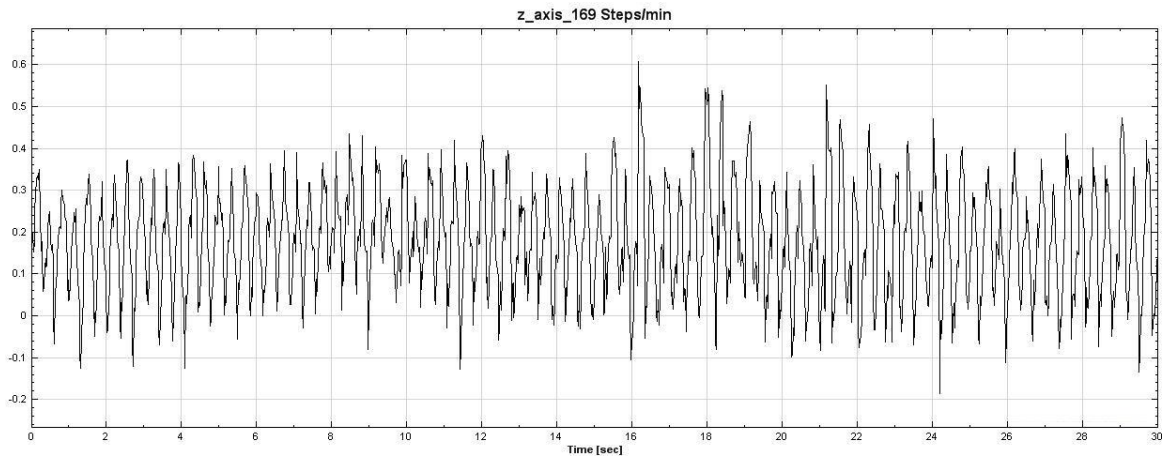


圖 4-17 Z 軸每分鐘 169 步頻率圖

Z 軸步態頻率圖中，有出現不穩定的情況，但整體圖形的呈現大致規律（如圖 4-17）。

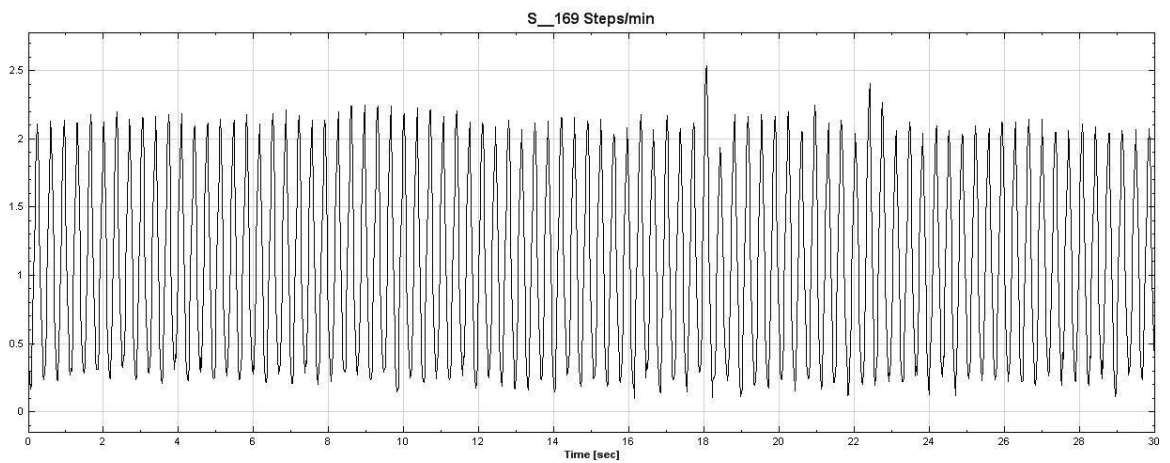


圖 4-18 S 頻每分鐘 169 步頻率圖

S 步態頻率圖中，呈現規律的波形（如圖 4-18）。

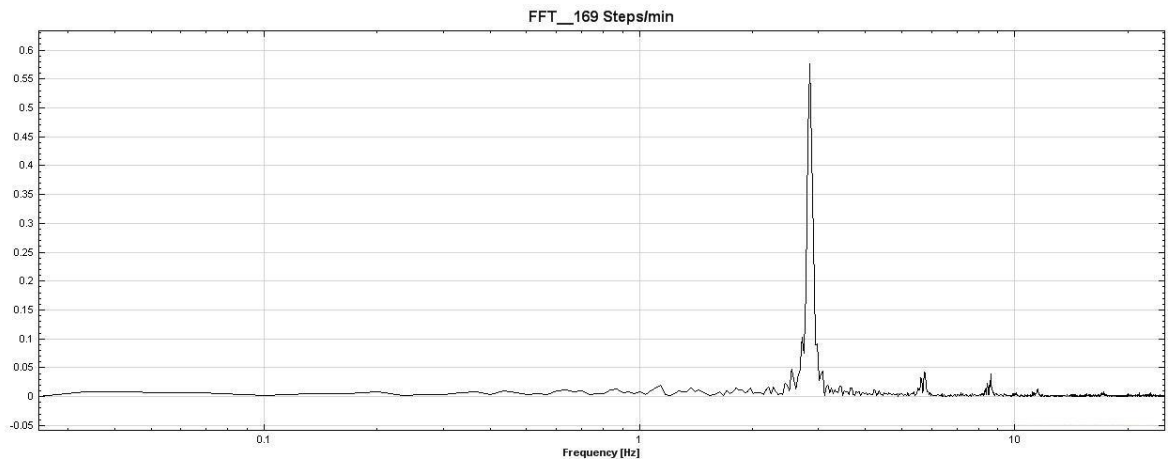


圖 4-19 每分鐘 169 步之頻譜圖

頻譜圖是採對數的方式呈現，圖中數值也是呈現在 2 接近 3 的位置(如圖 4-19)。

表 4-2 每分鐘 169 步模態分析(EMD)X 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	629	314	10.49	0.10	1.13
IMF_h2	267	141	4.46	0.22	5.79
IMF_h3	168	84	2.81	0.36	90.81
IMF_h4	91	47	1.53	0.65	1.49
IMF_h5	50	25	0.85	1.18	0.26
IMF_h6	24	11	0.42	2.40	0.18
IMF_h7	12	6	0.22	4.62	0.10
IMF_h8	7	3	0.13	7.51	0.07
IMF_h9	2	1	0.05	20.01	0.17
IMF_residual	0	0	0.02	60.04	

X 軸以 2.81Hz 的能量運用效率最佳是 90.81%(如表

4-2)。

表 4-3 每分鐘 169 步模態分析 (EMD)Y 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema	Mean Freq.	Mean Period	Power (%)
		Counts	[Hz]	[sec]	
IMF_h1	767	384	12.79	0.08	12.24
IMF_h2	319	159	5.33	0.19	22.44
IMF_h3	165	83	2.76	0.36	14.75
IMF_h4	82	40	1.38	0.72	48.24
IMF_h5	44	22	0.75	1.33	1.21
IMF_h6	21	10	0.37	2.73	0.69
IMF_h7	11	5	0.20	5.00	0.21
IMF_h8	3	1	0.07	15.01	0.24
IMF_residual	0	0	0.02	60.04	

Y 軸以 1.38Hz 的能量運用效率最佳是 48.24% (如表 4-3)。

表 4-4 每分鐘 169 步模態分析 (EMD)Z 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema	Mean Freq.	Mean Period	Power (%)
		Counts	[Hz]	[sec]	
IMF_h1	787	394	13.12	0.08	10.58
IMF_h2	285	142	4.76	0.21	42.82
IMF_h3	135	68	2.27	0.44	32.86
IMF_h4	73	37	1.23	0.81	8.49
IMF_h5	43	22	0.73	1.36	2.05
IMF_h6	23	11	0.40	2.50	1.58
IMF_h7	12	6	0.22	4.62	0.30
IMF_h8	5	2	0.10	10.01	1.32

IMF\_residual

0

1

0.02

60.04

Z 軸以 4.76Hz 的能量運用效率最佳是 48.82% (如表 4-4)。

表 4-5 每分鐘 169 步模態分析 (EMD)S 表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	681	346	11.36	0.09	1.19
IMF_h2	221	119	3.70	0.27	15.30
IMF_h3	169	85	2.83	0.35	78.48
IMF_h4	86	43	1.45	0.69	2.80
IMF_h5	46	23	0.78	1.28	0.58
IMF_h6	24	13	0.42	2.40	0.52
IMF_h7	13	6	0.23	4.29	0.75
IMF_h8	5	2	0.10	10.01	0.37
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

S 是以 2.83Hz 的運用效率最佳是 78.48% (如表 4-5)。

## 2. 每分鐘 195 步之頻率

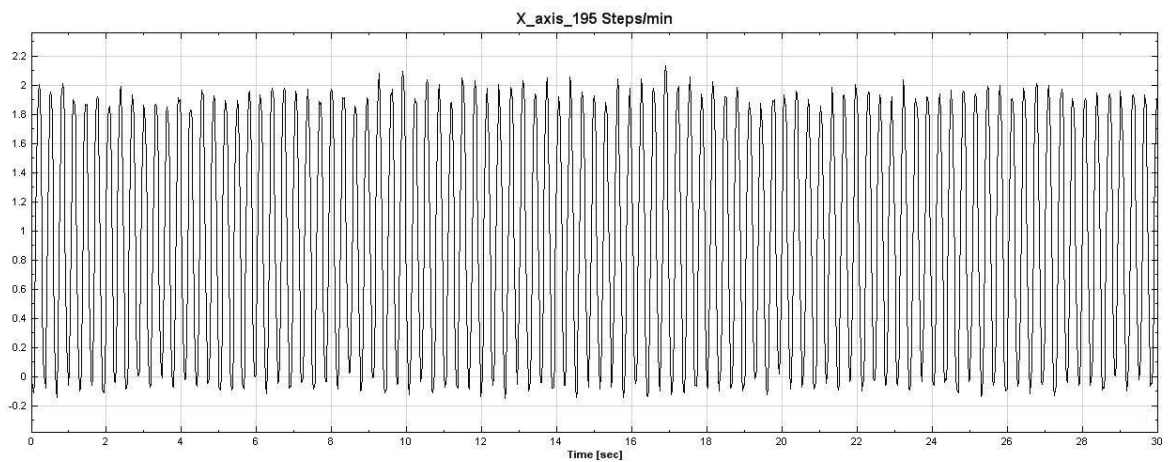


圖 4-20 X 軸每分鐘 195 步頻率圖

X 軸步態頻率圖中，呈現規律的波形（如圖 4-20）。

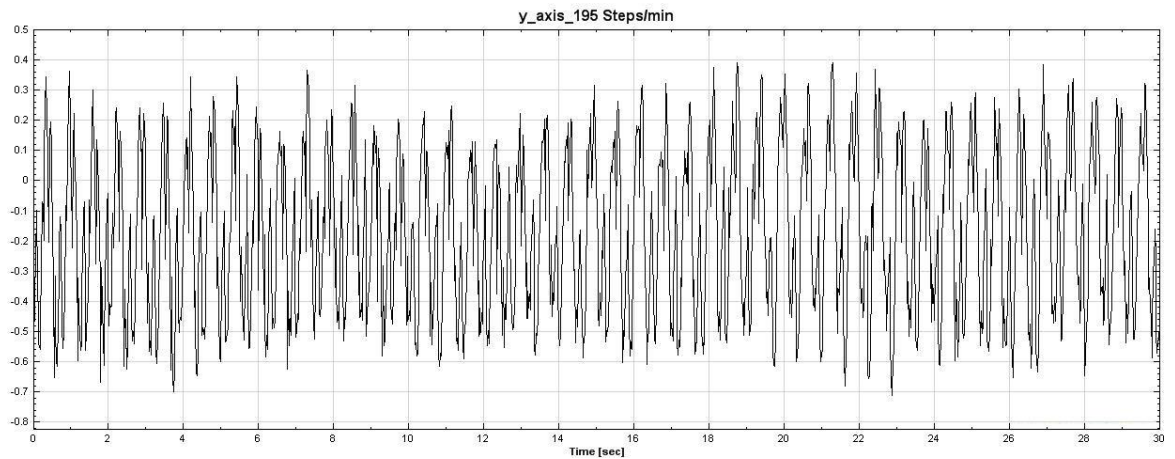


圖 4-21 Y 軸每分鐘 195 步頻率圖

Y 軸步態頻率圖中，呈現規律的波形（如圖 4-21）。

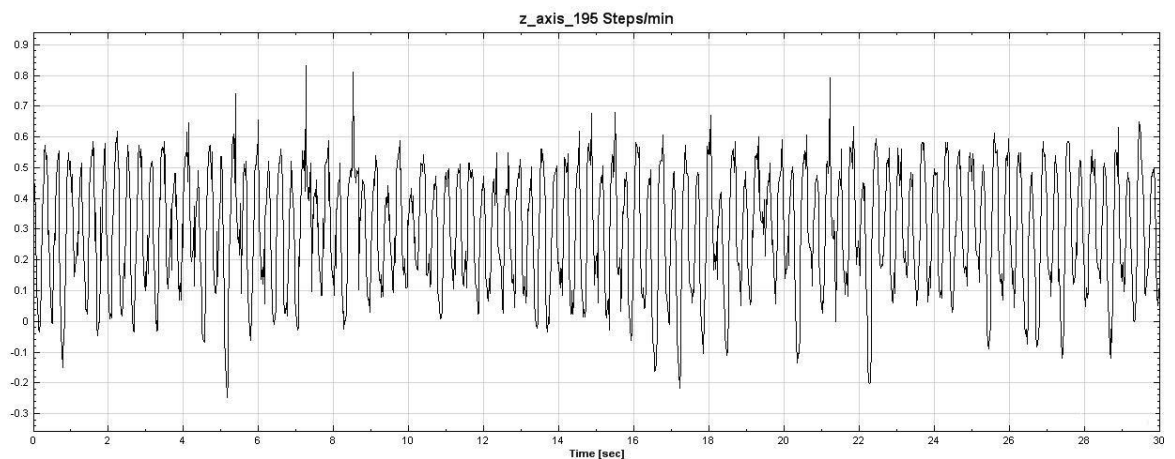


圖 4-22 Z 軸每分鐘 195 步頻率圖

Z 軸步態頻率圖中，整體呈現較規律的圖形，但在 5、7、

9、20、22 秒，出現不穩定的情形，在圖形中呈現較高的波形（如圖 4-22）。

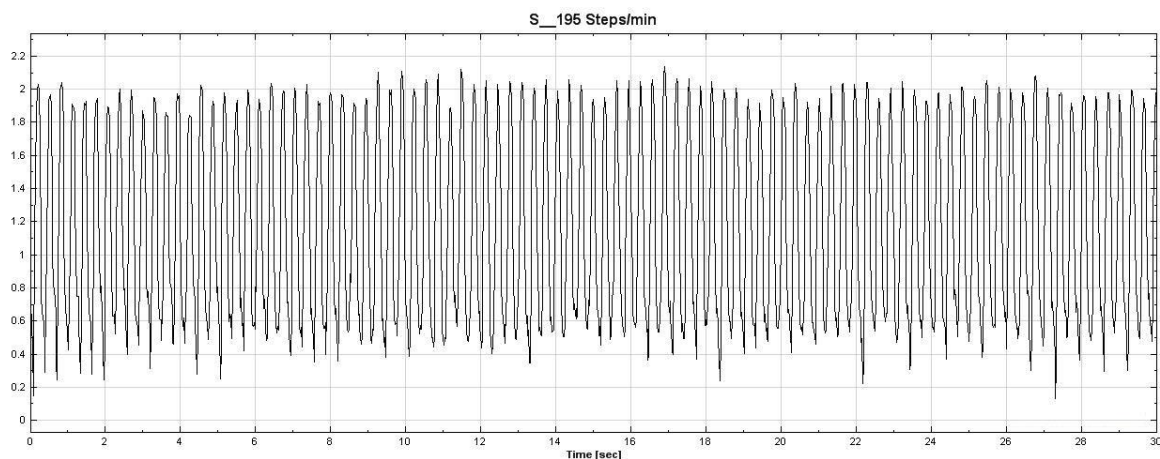


圖 4-23 S 頻每分鐘 195 步頻率圖

S 步態頻率圖中，呈現規律的波形（如圖 4-23）。

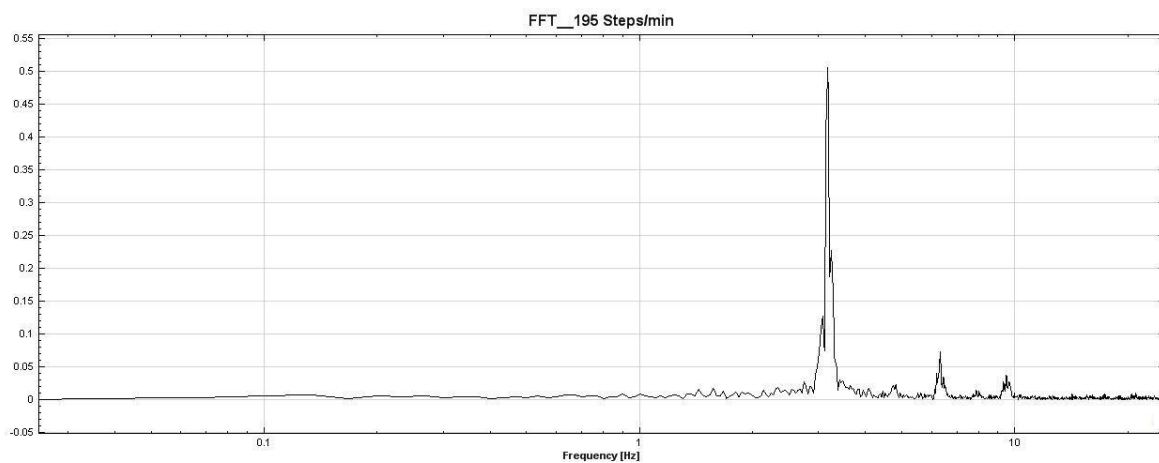


圖 4-24 每分鐘 195 步之頻譜圖

在頻譜圖中數值是呈現在 3 的位置(如圖 4-24)。

表 4-6 每分鐘 195 步模態分析(EMD)X 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	819	410	13.66	0.07	0.65
IMF_h2	189	94	3.16	0.32	98.96
IMF_h3	102	51	1.72	0.58	0.22
IMF_h4	69	34	1.17	0.86	0.06
IMF_h5	34	18	0.58	1.72	0.05
IMF_h6	17	8	0.30	3.34	0.03
IMF_h7	8	4	0.15	6.67	0.01
IMF_h8	3	1	0.07	15.01	0.02
IMF_residual	0	0	0.02	60.04	

X 軸以 3.16Hz 的能量運用效率最佳是 98.96%(如表 4-6)。

表 4-7 每分鐘 195 步模態分析(EMD)Y 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema	Mean Freq.	Mean Period	Power (%)
		Counts	[Hz]	[sec]	
IMF_h1	858	432	14.31	0.07	12.38
IMF_h2	334	169	5.58	0.18	23.87
IMF_h3	151	77	2.53	0.40	35.51
IMF_h4	83	42	1.40	0.71	23.41
IMF_h5	48	24	0.82	1.23	2.63
IMF_h6	26	13	0.45	2.22	0.97
IMF_h7	17	8	0.30	3.34	0.48
IMF_h8	8	4	0.15	6.67	0.33
IMF_h9	3	1	0.07	15.01	0.41
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

表 4-8 每分鐘 195 步模態分析(EMD)Z 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema	Mean Freq.	Mean Period	Power (%)
		Counts	[Hz]	[sec]	
IMF_h1	863	432	14.39	0.07	6.04
IMF_h2	263	132	4.40	0.23	59.60
IMF_h3	134	67	2.25	0.44	23.58
IMF_h4	82	40	1.38	0.72	6.48
IMF_h5	42	21	0.72	1.40	2.28
IMF_h6	24	12	0.42	2.40	0.79
IMF_h7	10	6	0.18	5.46	0.73

IMF_h8	5	2	0.10	10.01	0.50
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

Y 軸以 2.53Hz 的能量運用效率最佳是 35.51% (如表 4-7)，  
Z 軸以 4.40Hz 的能量運用效率最佳是 59.60% (如表 4-8)。

表 4-9 每分鐘 195 步模態分析 (EMD) S 頻表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	750	377	12.51	0.08	2.58
IMF_h2	195	97	3.26	0.31	92.28
IMF_h3	112	57	1.88	0.53	2.73
IMF_h4	67	33	1.13	0.88	1.38
IMF_h5	35	18	0.60	1.67	0.17
IMF_h6	19	10	0.33	3.00	0.31
IMF_h7	10	5	0.18	5.46	0.31
IMF_h8	5	3	0.10	10.01	0.06
IMF_h9	2	1	0.05	20.01	0.18
IMF_residual	0	0	0.02	60.04	

S 是以 3.26Hz 的運用效率最佳是 92.28% (如表 4-9)。

### 3. 每分鐘 206 步之頻率

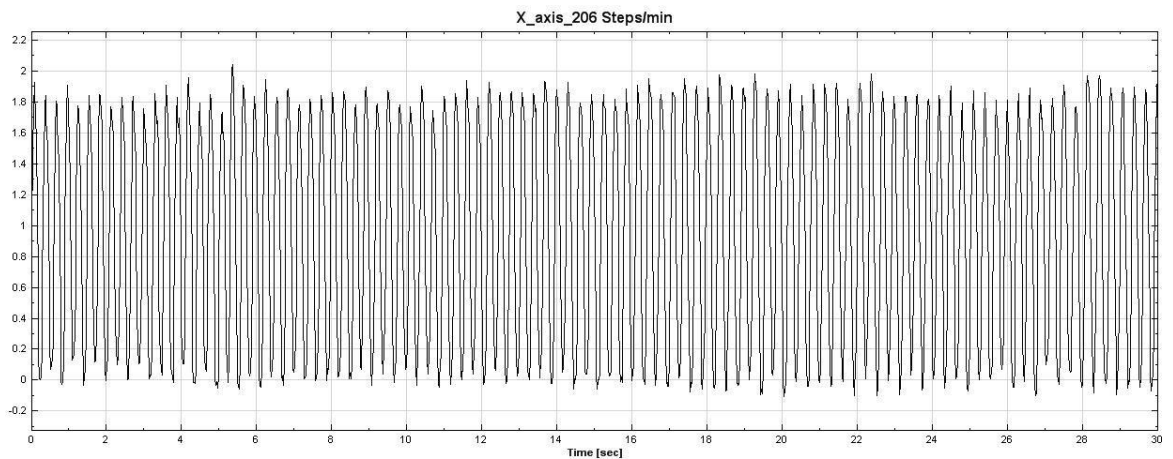


圖 4-25 X 軸每分鐘 206 步頻率圖

X 軸步態頻率圖中，呈現規律的波形（如圖 4-25）。

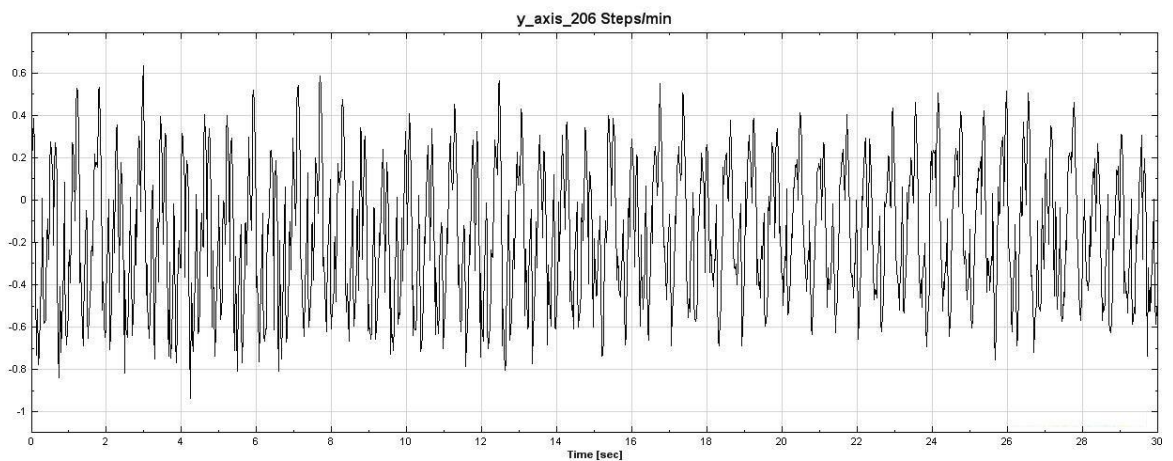


圖 4-26 Y 軸每分鐘 206 步頻率圖

Y 軸步態頻率圖中，相較於 169、195 的頻率圖，圖形的呈現較不一致，但還是有其規律性在其中。（如圖 4-26）。

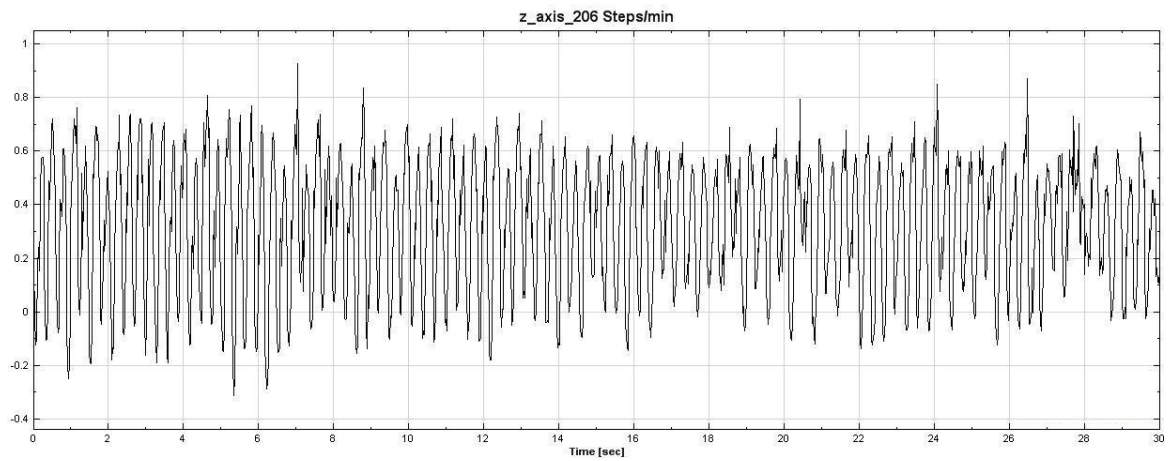


圖 4-27 Z 軸每分鐘 206 步頻率圖

Z 軸步態頻率圖中，在 10 秒前的波形較大，到中段時趨於穩定，24 秒開始又出現兩段較高的波形，分別在 24 及 26 秒的地方（如圖 4-27）。

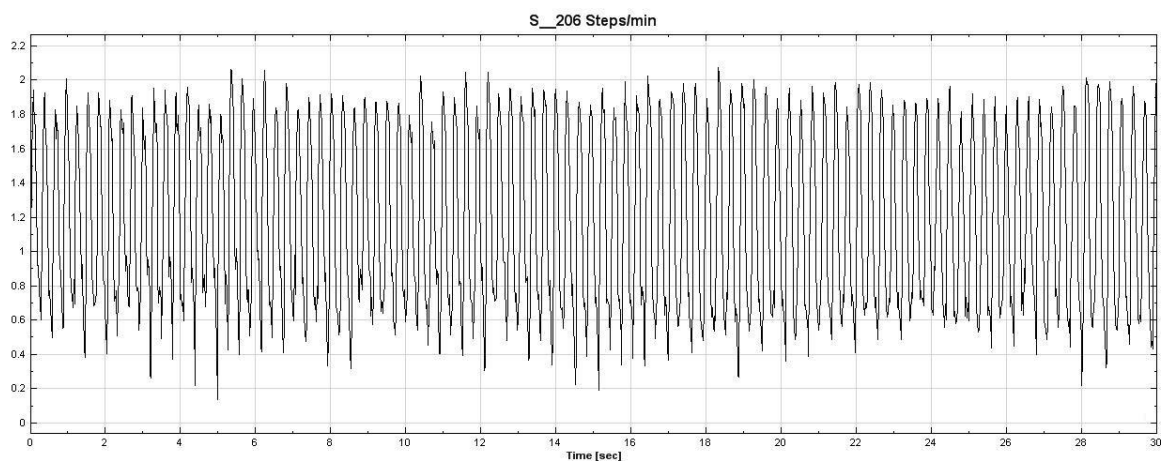


圖 4-28 S 頻每分鐘 206 步頻率圖

S 步態頻率圖中，整體呈現較規律的波形（如圖 4-28）。

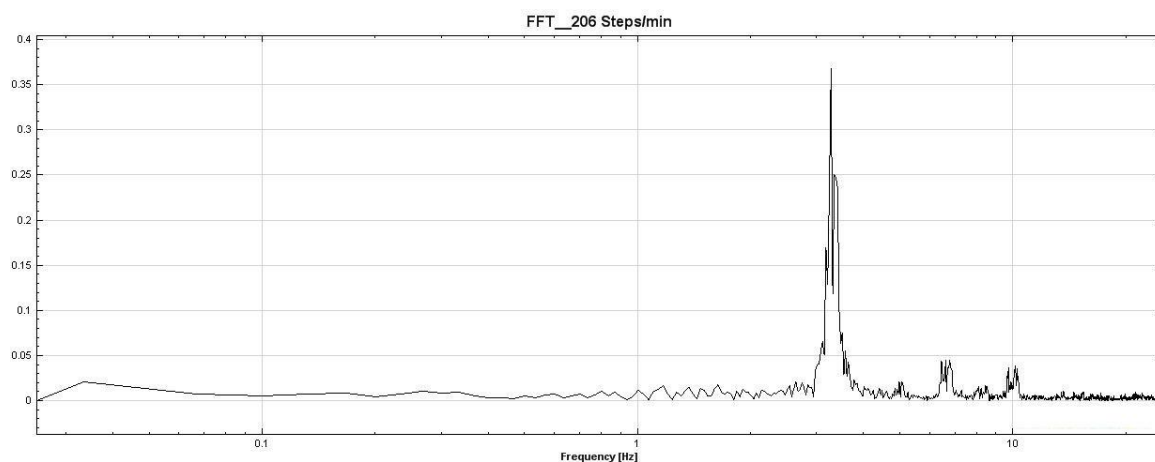


圖 4-29 每分鐘 206 步之頻譜圖

在頻譜圖中數值呈現在 3 的位置(如圖 4-29)。

表 4-10 每分鐘 206 步模態分析(EMD)X 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	792	396	13.21	0.08	1.20
IMF_h2	199	99	3.33	0.30	98.29
IMF_h3	102	51	1.72	0.58	0.35
IMF_h4	61	30	1.03	0.97	0.10
IMF_h5	32	16	0.55	1.82	0.03
IMF_h6	19	9	0.33	3.00	0.01
IMF_h7	10	5	0.18	5.46	0.01
IMF_h8	4	2	0.08	12.01	0.00
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

X 軸以 3.33Hz 的能量運用效率最佳是 98.29%\*(如表

4-10)。

表 4-11 每分鐘 206 步模態分析 (EMD) Y 軸表

Channel	Zero	Extrema	Mean Freq.	Mean Period	Power (%)
	Crossings	Counts	[Hz]	[sec]	
IMF_h1	685	344	11.43	0.09	23.12
IMF_h2	317	159	5.30	0.19	20.33
IMF_h3	134	68	2.25	0.44	39.47
IMF_h4	76	39	1.28	0.78	12.00
IMF_h5	40	20	0.68	1.46	2.92
IMF_h6	22	11	0.38	2.61	1.12
IMF_h7	11	6	0.20	5.00	0.72
IMF_h8	6	3	0.12	8.58	0.32
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

Y 軸以 2.25Hz 的能量運用效率最佳是 39.47% (如表 4-11)。

表 4-12 每分鐘 206 步模態分析 (EMD) Z 軸表

Channel	Zero	Extrema	Mean Freq.	Mean Period	Power (%)
	Crossings	Counts	[Hz]	[sec]	
IMF_h1	844	422	14.07	0.07	6.69
IMF_h2	242	122	4.05	0.25	69.38
IMF_h3	127	63	2.13	0.47	15.90
IMF_h4	76	38	1.28	0.78	4.84
IMF_h5	33	17	0.57	1.77	1.91
IMF_h6	19	9	0.33	3.00	0.50
IMF_h7	9	4	0.17	6.00	0.54

IMF_h8	4	2	0.08	12.01	0.25
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

Z 軸以 4.05Hz 的能量運用效率最佳是 69.38%(如表 4-12)。

表 4-13 每分鐘 206 步模態分析 (EMD)S 頻表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	705	353	11.76	0.09	5.45
IMF_h2	213	106	3.56	0.28	84.45
IMF_h3	121	61	2.03	0.49	7.26
IMF_h4	67	33	1.13	0.88	1.58
IMF_h5	35	17	0.60	1.67	0.77
IMF_h6	20	10	0.35	2.86	0.19
IMF_h7	11	5	0.20	5.00	0.17
IMF_h8	3	2	0.07	15.01	0.15
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

S 頻是以 3.56Hz 的運用效率最佳是 84.45%(如表 4-13)。

#### 4. 每分鐘 216 步之頻率

在 X、Y、Z 軸及 S 頻步態頻率圖中，由於速度的提升，速度的穩定性相較不穩於前面三組，整體的圖形的動態可以看出還有其規律性在其中。

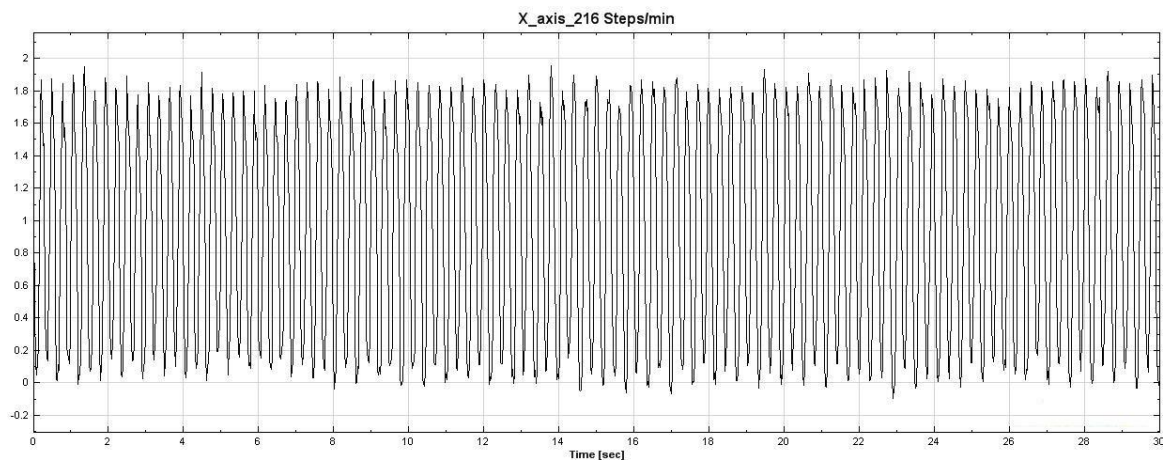


圖 4-30 X 軸每分鐘 216 步頻率圖

X 軸步態頻率圖中，整體呈現較規律的波形（如圖 4-30）。

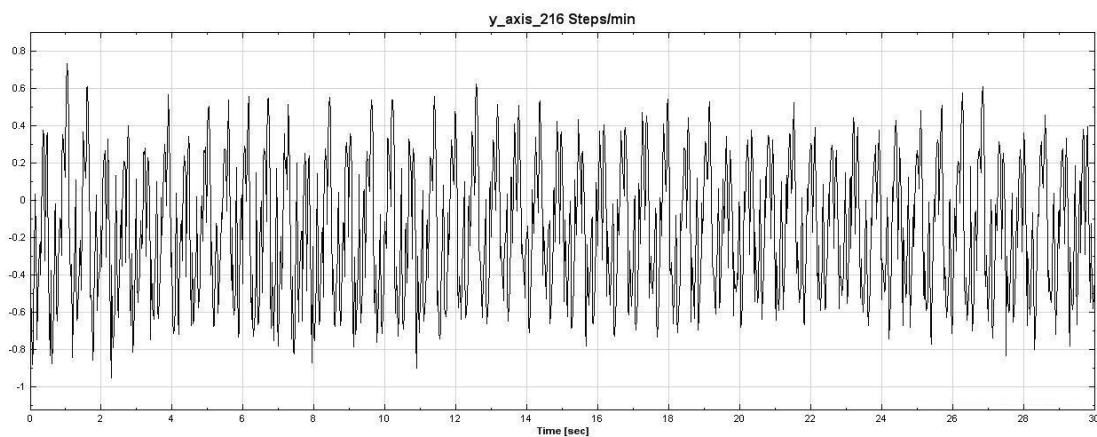


圖 4-31 Y 軸每分鐘 216 步頻率圖

Y 軸步態頻率圖中，由於速度的提升，與前面三種頻率比較起來，呈現的波型較為混亂，但還是有其規律性在（如圖 4-30）。

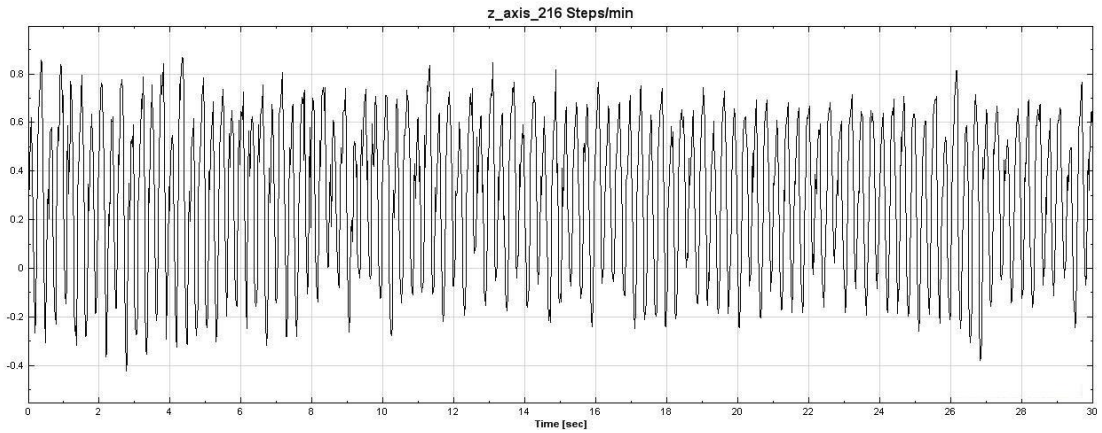


圖 4-32 Z 軸每分鐘 216 步頻率圖

Z 軸步態頻率圖中，與每分鐘 206 步的頻率圖，有相類似的情形，在前 10 秒一樣呈現較高的波型，中段則呈現較穩定的情形，在 26 秒的地方則開始呈現較高的波形（如圖 4-32）。

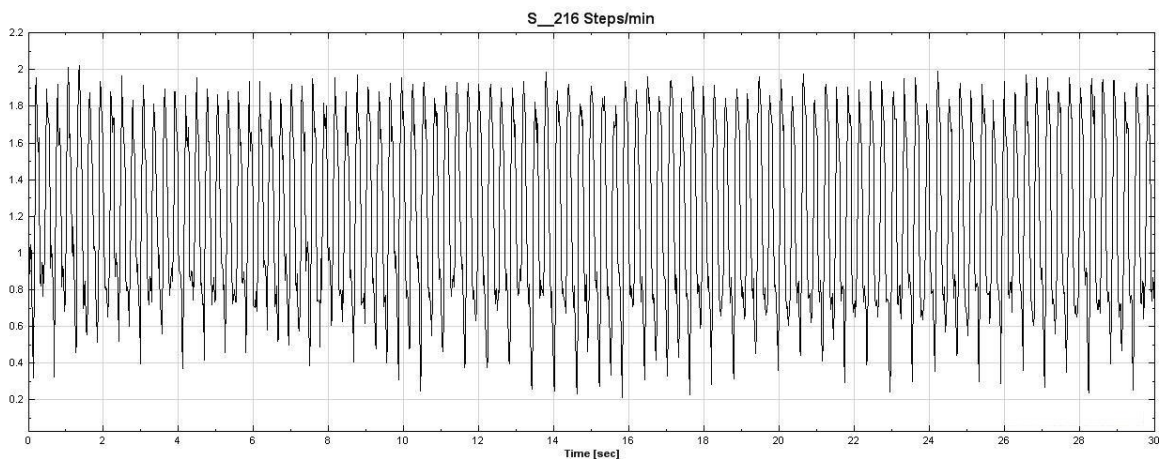


圖 4-33 S 頻每分鐘 216 步頻率圖

S 步態頻率圖中，整體呈現較規律的波形（如圖 4-33）。

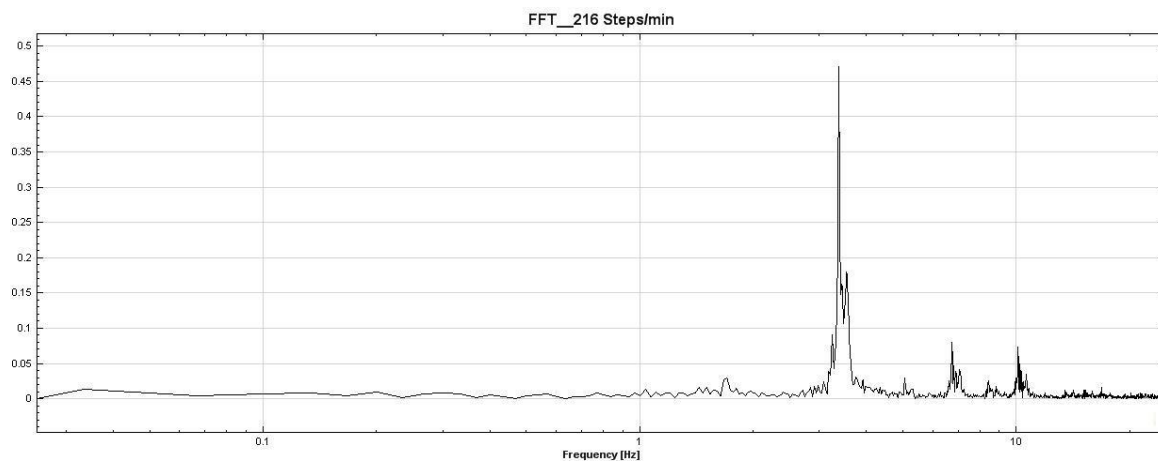


圖 4-34 每分鐘 216 步之頻譜圖  
 在頻譜圖中數值是呈現在 3 的位置(如圖 4-34)。

表 4-14 每分鐘 216 步模態分析(EMD)X 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	716	357	11.94	0.08	2.16
IMF_h2	205	102	3.43	0.29	97.41
IMF_h3	104	53	1.75	0.57	0.29
IMF_h4	63	32	1.07	0.94	0.09
IMF_h5	31	16	0.53	1.88	0.03
IMF_h6	17	8	0.30	3.34	0.02
IMF_h7	8	4	0.15	6.67	0.01
IMF_h8	2	2	0.05	20.01	0.01

IMF\_residual            0                    0                    0.02                    60.04

X 軸以 3.43Hz 的能量運用效率最佳是 97.41% (如表 4-14)。

表 4-15 每分鐘 216 步模態分析 (EMD) Y 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	565	282	9.43	0.11	31.38
IMF_h2	289	144	4.83	0.21	17.48
IMF_h3	116	58	1.95	0.51	40.69
IMF_h4	67	33	1.13	0.88	7.32
IMF_h5	38	19	0.65	1.54	1.23
IMF_h6	15	7	0.27	3.75	1.00
IMF_h7	8	4	0.15	6.67	0.80
IMF_h8	5	2	0.10	10.01	0.10
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

Y 軸以 1.95Hz 的能量運用效率最佳是 40.96% (如表 4-15)。

表 4-16 每分鐘 216 步模態分析 (EMD) Z 軸表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	845	427	14.09	0.07	5.32
IMF_h2	212	106	3.55	0.28	85.00
IMF_h3	111	56	1.87	0.54	6.69
IMF_h4	67	34	1.13	0.88	1.45
IMF_h5	38	19	0.65	1.54	0.54

IMF_h6	19	9	0.33	3.00	0.35
IMF_h7	8	3	0.15	6.67	0.45
IMF_h8	2	1	0.05	20.01	0.21
IMF_residual	0	1	0.02	60.04	

Z 軸以 3.55Hz 的能量運用效率最佳是 85%(如表 4-16)。

表 4-17 每分鐘 216 步模態分析 (EMD)S 頻表

Channel	Zero Crossings	Extrema Counts	Mean Freq. [Hz]	Mean Period [sec]	Power (%)
IMF_h1	646	323	10.78	0.09	9.38
IMF_h2	219	109	3.66	0.27	82.87
IMF_h3	115	59	1.93	0.52	6.69
IMF_h4	72	35	1.22	0.82	0.77
IMF_h5	36	18	0.62	1.62	0.17
IMF_h6	17	9	0.30	3.34	0.08
IMF_h7	8	4	0.15	6.67	0.05
IMF_h8	4	1	0.08	12.01	0.00
IMF_residual	0	0	0.02	60.04	

S 頻是以 3.26Hz 的運用效率最佳是 82.87%(如表 4-17)。

在前面四種頻率中可以發現整體的節奏、頻率，受試者都保持得相當好，嘗試著將四種頻率結合在一起時，發現到在 3.26Hz 情況下，每分鐘 195 步，受試者的能量使用情況在 92% 左右(如圖 4-35)。

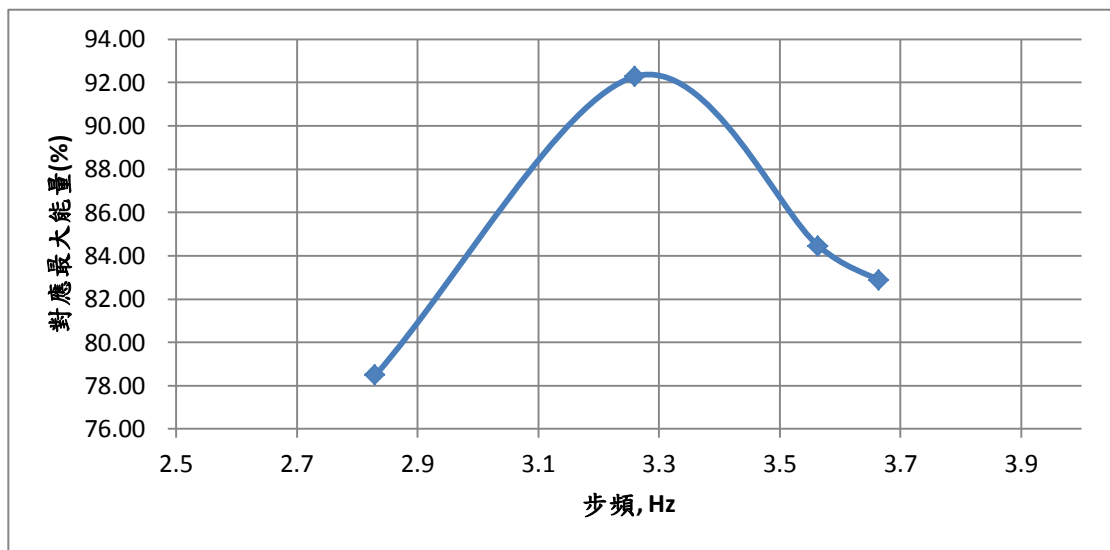


圖 4-35 頻率對應最大能量圖

## 第二節 探討本體感覺、心跳率、高度輔助 運動強度的監測

本研究採用 RPE 自覺量表，針對選手比賽過程中每個五公里的自覺情況和整體的自覺情況與加速規的數據做比較，在 REP 運動自覺量表的部分，選手在每個五公里的自覺程度分別為 5 公里自覺程度 9、10 公里自覺程度 12、15 公里自覺程度 15、20 公里自覺程度 17、最後衝刺階段自覺程度為 18(如表 4-18、圖 4-36)。

不同公里數運動自覺敘述表中，選手在 5 公里感到非常輕鬆、10 公里感到有些吃力、15 公里感到吃力、16-20 公里感到腳部有出現不適的情況、20 公里感到非常吃力、最後衝刺階段感到非常吃力(如表 4-19)。

表 4-18 選手不同公里數運動自覺量表

	5 公里	10 公里	15 公里	20 公里	最後衝刺
選手	9	12	16	17	18

共 15 級 (級數從 6-20)

表 4-19 選手不同公里數運動自覺敘述表

	5 公里	10 公里	15 公里	16-20 公里	20 公里	最後衝刺
選手	非常 輕鬆	有些 吃力	吃力	腳部感到 不適	非常 吃力	非常吃力

共 15 級 (級數從 6-20)

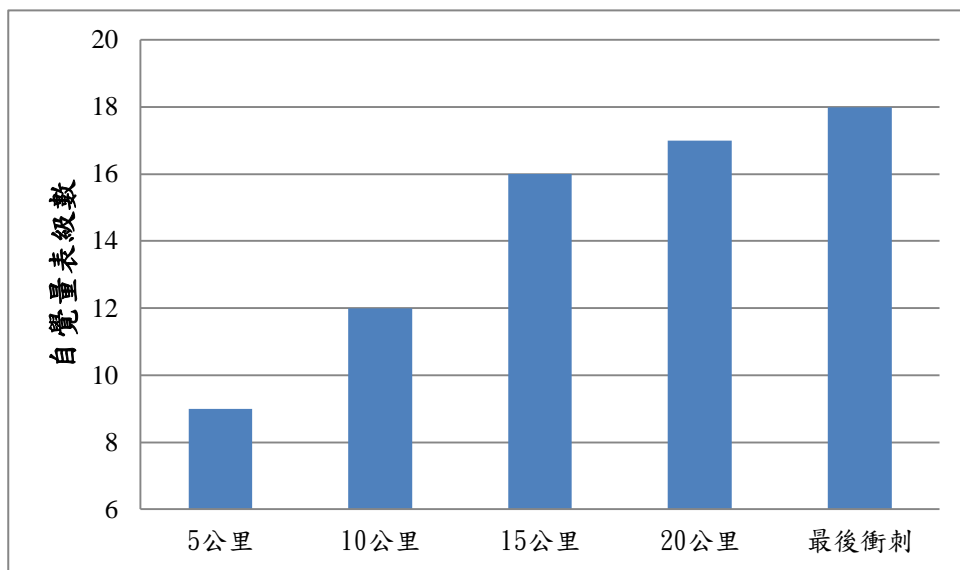


圖 4-36 不同公里數自覺量表反應圖

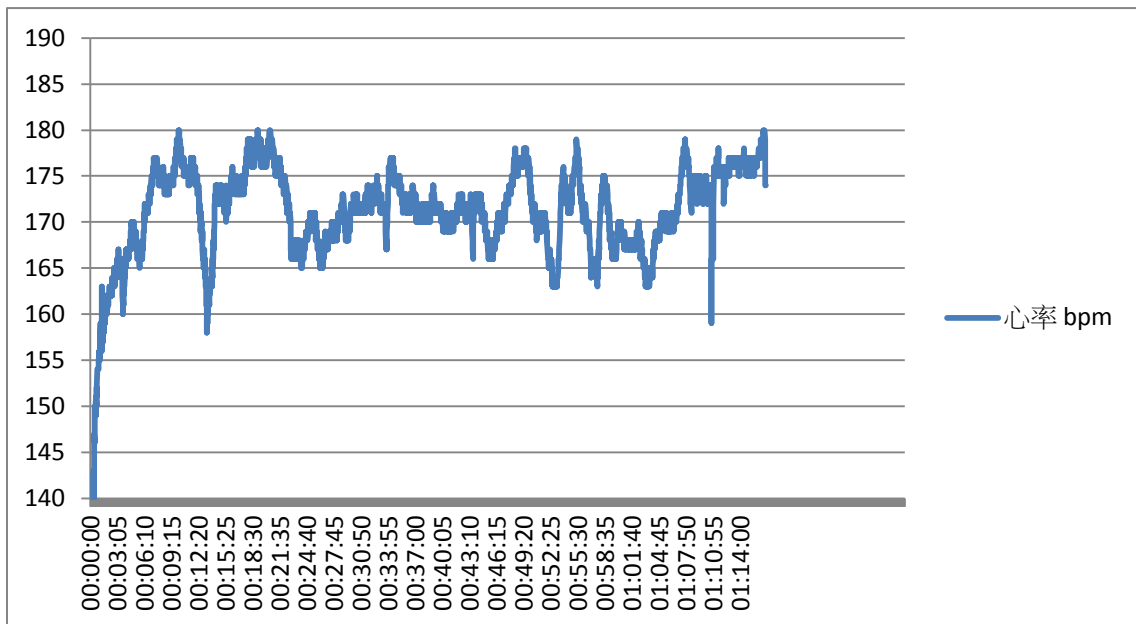


圖 4-37 比賽全程心跳數值圖

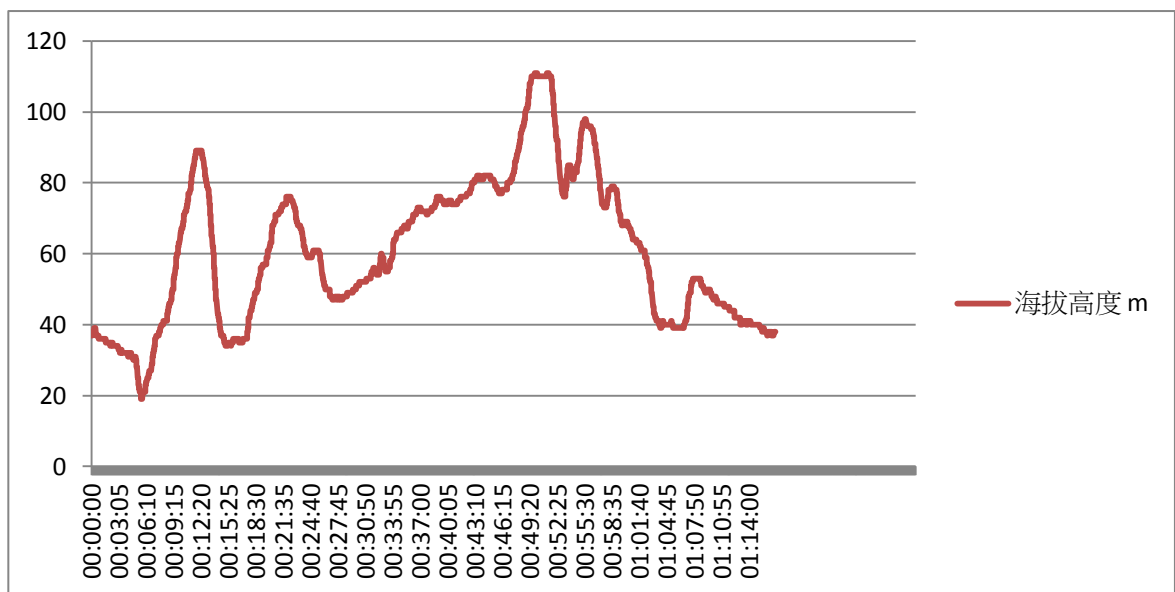


圖 4-38 比賽全程海拔高度圖

本研究受試者在比賽過程中，全程配戴 Polar 錶監測全程的心跳數值及全程海拔高度。

在心跳率比賽開始後 3 分鐘心跳率隨即提升至每分鐘 160 下，至 11 分鐘時，心跳以達到每分鐘 180 下，而後心跳隨即下降至每分鐘 159 下，從 14 分鐘開始至 22 分鐘心跳率每分鐘 160 下緩慢爬升至每分鐘 180 下，23 分鐘起心跳率保持在每分鐘 160-175 下，持續至 47 分鐘，48 分鐘開始心跳往上提升每分鐘 178 下，到 53 分鐘時心跳緩慢下降每分鐘 163 下，53-56 分鐘心跳數平均保持在每分鐘 170 下以上，56-66 分鐘心跳數平均保持 160-170 下，57 分鐘開始心跳數開始往上爬升，在 76 分鐘時達到每分鐘 180 下，此時為最後衝刺階段(如圖 4-37)。

在海拔高度比賽開始至 11 分鐘海拔高度從 39 提升至 89 公尺，12-15 分鐘這段時間海拔高度從最高 89 公尺下降至 34 公尺，17-22 分鐘海拔高度從 36 公尺提升至 73 公尺，22-30 分鐘海拔高度從 73 公尺下降至 49 公尺，30-45 分鐘海拔高度從 49 公尺提升至 81 公尺，45-52 分鐘海拔高度提升至 110 公尺，52-55 分鐘海拔高度從 110 公尺下降至 81 公尺，隨即提升至 96 公尺，此時起海拔高度下降至 38 公尺(如圖 4-38)。

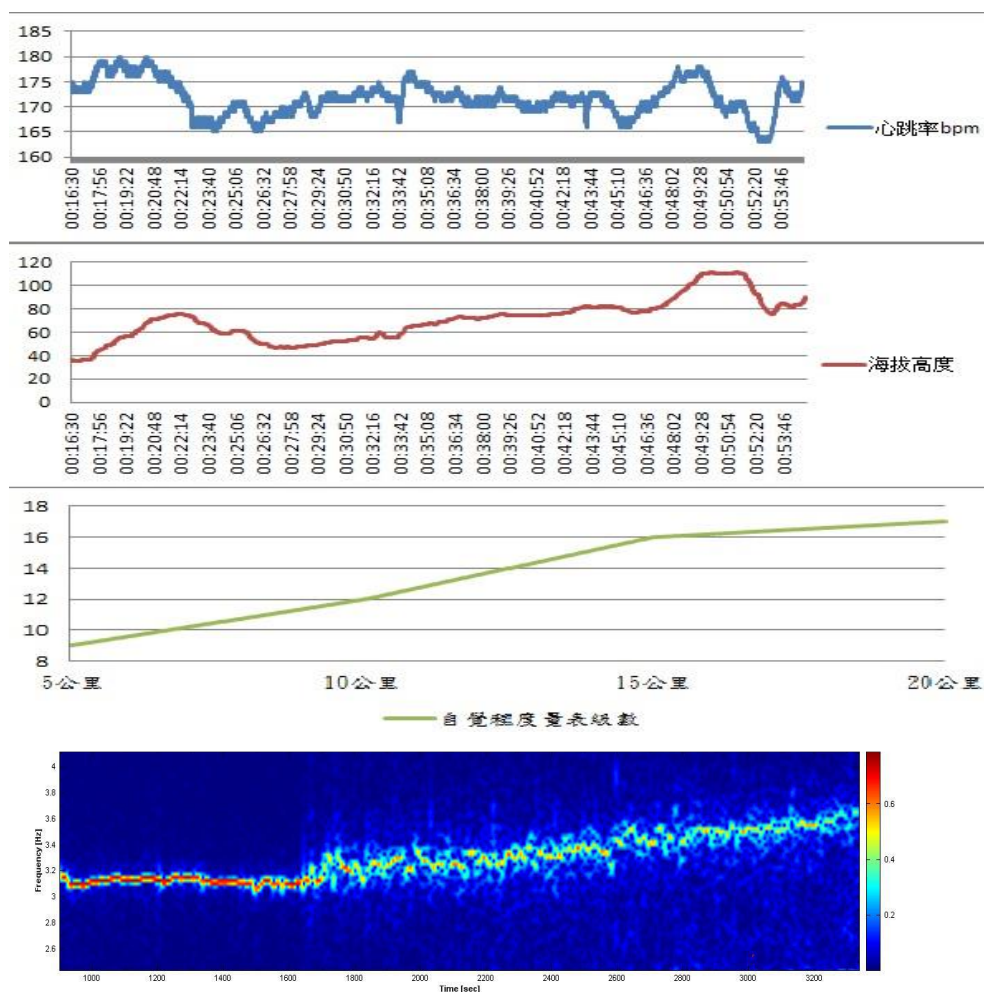


圖 4-39 心跳率、海拔、自覺程度及加速規整理圖

在 5 公里時，受試者自覺程度為 8 非常輕鬆的狀態，對應加速規的訊號發現，受試者的頻率相對穩定，而在心跳率及海拔高度圖中發現到，兩圖能相互對照，持續至 10 公里都是呈穩定的狀態，10 公里開始受試者自覺程度為 12 開始感到有些吃力，加速規訊號開始出現分離圖形，從海拔高度圖中發現此時正處於爬坡，心跳率則是穩定保持在 165-175 間；

15 公里處受試者自覺程度為 16 感到吃力，在海拔高度圖中發現處於爬坡的狀態，加速規的訊號分離圖形越來越明顯，心跳率則是維持在 170 下左右；在 50 分鐘左右，大約 16-20 公里的區段受試者感到腳部有些不適，從加速規的訊號中發現曲線向上分離情形越來越廣，在海拔高度是結束將近 25 分鐘的爬坡，轉而開始下坡，由於轉而行進下坡心跳率由 178 下開始緩慢下降；20 公里處自覺程度為 17 感到非常吃力，加速規的訊號分離程度越來越大，海拔高度下降，同時距離終點不遠，受試者有做加速的動作，心跳率向上攀升(如圖 4-39)。

## 第伍章 討論

在此章節中共分為二部分，第一節探討加速規應用正式比賽上的監測、第二節探討選手本體感、心跳率、高度輔助運動強度的監測，分述如下。

### 第一節 探討加速規應用正式比賽上的配速監測

#### 一、半程馬拉松比賽結果

從時域的 X、Y、Z 三軸的圖形中(如圖 4-1、4-1、4-3)，無法很明確的得知受試者的跑步情況，可以看到的是很密集的曲線圖，在時域 S 頻的圖形中(如圖 4-4)，曲線在 1600 秒前都相當地集中。在 1600 秒過後，發現曲線開始分散，至 3200 秒時，曲線分散的更加明顯，上述的圖形屬於較密集的曲線，無法明確得知受試著的跑步狀態；但是從 X、Y、Z 三軸(如圖 4-5、4-6、4-7)及 S 頻的放大歷程圖中(如圖 4-8)，可以發現到，每一個曲線都是相類似的，可以解釋為，受試者在跑動的過程中，是有穩定的節奏及頻率在進行比賽；在 X、Y、Z 三軸的頻譜圖(如圖 4-9、4-10、4-11)及 S 頻的頻譜圖(如圖 4-12)看到每個圖表中都有一個特別高的曲線，代表頻率大多數的時間都是維持在那，但也只能瞭解到說受試者大多數的時間都是用這個頻率在進行運動，無法再進一步去深入作探討，可是時域及頻域的分析可以看到很明確的曲

線，是實際上要證明受試者的跑步狀態或者進一步探討是有難度的，僅能瞭解到受試者的跑步頻率是如何；所以進一步發展到，從時頻圖方向來看，也就是小波歷程轉換圖來瞭解整個運動歷程，從圖 4-13 的圖中可以看到在 1600 秒前，能量的運用及消耗相當的完整，都維持在 3.2Hz 的位置，在 1600 秒過後，隨著速度的提升，過了 3.4Hz 的頻率後，整個時頻圖呈現一個較混亂的情形，速度越快，其混亂的情形越明顯，在圖 4-14 的另一張小波轉換圖，亦是如此。從上述的比賽結果中可以發現到運用加速規可以有效的監測，選手整個比賽歷程。

## 二、頻率節奏測驗結果

在頻率節奏測驗的結果中，發現到隨著每一趟速度的提高，其頻率圖則呈現較不規則的情況，整體而言不能說受試者的跑步節奏不好，因為在曲線中還是可以發現到相似的頻率跟節奏，而不是混亂的曲線，但是將四個頻率節奏結合在一起的時候，發現到一件事情在 3.26Hz 的頻率中，即每分鐘 195 步的狀態下，整個能量的使用情形達到 92%，或著是說最適合的速度是在這個狀態下與去比賽時收的數據，有相符的地方，在圖 4-13 的小波轉換圖中，也是發現到 1600 秒前的頻率是相當穩定的，這段時間內的頻率正好是頻率測驗所得出的結果，可以證實目前受試者的最佳速度應是在 3.26Hz 這個速度，會是能量使用最佳的狀態。

## 第二節 探討本體感覺、心跳率、高度輔助 運動強度的監測

透過自覺程度量表、心跳率及高度的輔助監測，發現到受試者的配速策略，在上坡時沒有很明顯的加速，而是穩定的速度前進，使心臟不會承受太大的負擔，下坡時，則利用地形使心臟能夠獲得休息的機會，在 29 分鐘後，加速規訊號開始出現混亂，心跳率與海拔高度相呼應，自覺程度表示有些吃力，加速規訊號出現混亂表示受試者在比賽中的運動效能變差，33 分鐘與 47 分鐘，加速規訊號混亂的情況越來越明顯，心跳率與海拔高度相呼應，分別表示有些吃力及吃力，賽事進行到此以上坡居多，為了維持速度，受試者使用過多的力量來維持速度，在加速規訊號的呈現混亂的情形變的明顯、此次的場地上坡路段較多，圖中心跳率的反應隨著高度提升，但並沒有突然的上升情形，表示受試者全程保持著穩定的速度前進，有效控制的自身節奏，大約 50 分鐘加速規訊號混亂情形更為明顯，受試者在自覺程度表表示非常吃力，受試者講述這個時間點腳部出現不適的情況，前面路程為了維持速度，加速規訊號已出現混亂之情況，與心跳率及海拔高度相互對應時，在此時出現腳步不適的情形，使得加速規的訊號混亂情形更為明顯，進而影響到後半程的比賽，在加速規的訊號方面，透過前面三項輔助工具的結果，能夠瞭解受試者的配速策略，前段保持穩定的狀態行進，由於上坡路段，為了維持速度使得加速規訊號出現分離之情形，在受試者出現腳部不適後，加速規訊號變得較為混亂，透過輔助工具的監測，輔助說明加速規的訊號，以從中得知受試者在跑步過程的狀態。

## 第陸章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究結果發現以下幾點：

- (一) 受試者現階段最佳的狀態應是 3.26Hz，即每分鐘 195 步，最大能量的應用是在 92% 左右。
- (二) 透過自覺程度量表、心跳率及高度的輔助監測能有效瞭解受試者的運動強度，配合加速規的訊號，可以瞭解受試者的配速策略。

### 第二節 建議

- (一) 由於現階段建立的數據有限，建議可以多收集些數據方能有效預測，跑步過程的運動最佳化模式
- (二) 可以從練習中去介入加速規，同時監測其他的生理指標，如乳酸值、血糖值等數值，與加速規做一個對照。

## 參考文獻

中文部分：

- 于奎龍、吳長穩(2009)。第29屆奧運會馬拉松運動員速度分配特徵的研究。首都體育學院學報，6，756-758。
- 于奎龍(2006)。我國女子馬拉松項目競技現況、存在的主要問題及其對策研究。未版碩士論文，雲南師範大學，1-57。
- 王林、武雪蓮(2010)。柏霖世錦賽白雪賽前訓練研究。北京體育大學學報，33(9)，110-112。
- 王林(2006)。馬拉松項目的特點及訓練思路。中國學校體育，5，46-47。
- 王秋娥、曹永紅(1995)。中長跑運動心理訓練研究，中南工學院學報，9(1)，67-70。
- 王雷鳴(2008)。馬拉松戰役與馬拉松長跑的關係。當代教育研究，25(1)，23-24。
- 王輝(2009)。中長跑運動員心理素質及能力訓練方法探析。考試周刊，47，160-161。
- 王毅(2010)。中長跑運動員心理素質能力訓練方法綜述。考試周刊，5，151-152。
- 王德顯(2005)。我國優秀女子長跑運動員高原訓練模式探析。天津體育學院學報，20(4)，85-87。
- 王翔星、念裕祥、石罕池(2006)。奧運跆拳道男子選手專項踢擊能力之量化分析-個案研究。運動教練科學，6，1-14。

- 王順正、程文欣、王予仕、黃彥鈞、江泰儒(2008)。心跳率控制跑步速度與固定速度訓練的比較研究。體育學報，2(1)，1-14。
- 古博文、陳俐蓉(2013)。客觀測量身體活動量：當前議題與未來方向。身體活動與運動科學學刊，1(3)，31-36。
- 田坤、張華新(1998)。對中長跑訓練新動向的探究。浙江體育科學，4，27-30。
- 石宏杰(2006)。我國男子馬拉松運動水平現況分析及發展對策研究。未出版碩士論文，首都體育學院，1-69。
- 全國體育教材委員會審定(1990)：體育學院通用教材~競技運動史。北京：人民體育出版社，73。
- 朱鳳鈴、孟繁威、史繼祖、姜帥先、王世濤(2010)。國家男女馬拉松隊訓練負荷特點的研究，吉林體育學院學報，26(1)，38-40。
- 肖紅艷、陳懷慶、李慶吉(1999)。中長跑運動員的焦慮情緒及其調控。山西體育科技，21，13-14。
- 吳泰昌(2007)。不同強度心跳率控制跑步訓練對心肺適能影響之研究。未出版碩士論文，國立中正大學運動與休閒教育所，1-44。
- 李政霖、陳志文、黃長福(2006)。跆拳道後踢攻擊動作之探討。大專體育學術專刊 95 年度，79，442-447。
- 李建毅、周德倫(2003)。排球比賽心跳率變化之研究。排球教練科學，3，48-58。
- 何梅櫻、蔡淑真、王錠堯、王順正(2010)。心跳率控制進行高強度間些訓練的信、效度研究。運動教練科學，18，37-46。

- 何珈、蘇吋草(2012)。馬拉松運動的現狀與對策研究的文獻綜述。當代體育科技，28，76-78。
- 汪洋(2010)。馬拉松運動亞高原訓練期間部分生理生化指標監測與分析。福建體育科技，3，17-19。
- 宗華敬(2001)。馬拉松、長跑項目運動訓練理論的發展動向。天津體育學院學報，16(2)，9-11。
- 林國全、陳政宇、何金山、黃泰源(2010)。電腦輔助分析起跑反應之軟體設計與應用。輔仁大學體育學刊，9，217-230。
- 邱榮基、畢璐鑾(2005)。探討台灣馬拉松運動之發展。大專體育，80，54-61。
- 鄭安成、林正常(1993)。登階測驗對最大耗氧量的預估研究。體育學報，16，98-105。
- 周成林、李朝林(2000)。遼寧省優秀女子中長跑運動員心理能力的研究。中國體育科技，36，4-5+11。
- 周桂琴(2009)。馬拉松訓練方法的分析。孝感學院學報，29(6)，88-92。
- 周濤、邱宗忠、劉巍(2012)。模擬高原訓練對中長跑運動員的觀察與分析。體育科技，5，33-34+45。
- 姜雨(2011)。馬拉松項目意志訓練的能力與方法。牡丹江師範學院學報，3，58-60。
- 徐明俊(2013)。運動員長跑訓練方法研究。牡丹江教育學院學報，1，174-175。
- 徐茂典(2010)。我國優秀馬拉松運動員的訓練特點。體育科學研究，4(14)，72-75。
- 徐亮(2009)。中長跑運動員心理能力的訓練。三峽大學學

- 報，1，345-346。
- 陳文毅(2009)。中長跑選手賽前心理策略。大專體育，100，105-109。
- 陳嘉偉、方進隆(2011)。加速規在身體活動及能量消耗之應用及其信效度之探討。交大體育學刊，1(8)，101-111。
- 陳淑貞、邱文信、林文忠(2005)。空手道前進中段追擊腰部動作之分析。大專體育學術專刊 94 年度，56，570-576。
- 孫偉(2013)。當今世界女子馬拉松分析特徵。唐山師範學院學報，35(2)，79-81。
- 席繁宏、田汜明(2013)。對運動員賽前焦慮狀態的研究。科技信息，17，144+256。
- 許樹淵(1992)。田徑論。台北市：偉杉體育研究社，21-827。
- 許玉芳(2006)。2004 雅典奧運馬拉松分段時間之分析。未出版論文，國立體育學院運動技術所研究所碩士論文，桃園縣，1-75。
- 郭樹濤、陳欒圯、王衛星(2010)。耐力性項目訓練負荷強度安排特徵的研究。天津體育學院學報，4(5)，290-293。
- 曹陽(2012)。我國馬拉松運動員專項體能訓練探析。湖北體育科技，31(5)，562-563。
- 焦芳錢、劉大慶(2008)。我國女子馬拉松訓練理論研究綜述。中國體育科技，4，36-39+65。
- 張琳、張奚嚇(2008)。淺析中長跑運動員的心理訓練。吉林體育學院學報，24(4)，116-117。
- 張勝林、汪洋、李小唐(2008)。李柱宏(2007)年度訓練週期安排各徵及訓練負荷分析。山東體育學院學報，24(6)，48-51。

- 張艷平、翟豐(2002)。馬拉松運動員的速度訓練與速度分配特徵。遼寧體育科技，4(9)，13-14。
- 張世聰、相子元(2002)。網球肘護具一功能探討。大專體育學術專刊，91年度(下)，341-346。
- 馮霞、程勇民、許偉民(2005)。運用壓力理論調控賽前心理狀態新探。浙江體育科學，27(2)，75-79。
- 畢曉東(2001)。對我國優秀中長跑運動員、馬拉松運動員高原訓練法的探析。瀋陽體育學院學報，2(15)，38-39。
- 楊柳霞(2000)。中長跑運動員心理訓練方法的探析。西安體育學院學報，17(3)，86-87。
- 黃新紅、林惠君(2011)。中長跑運動員“極點”狀態與心理技能的訓練。科教文匯(上旬刊)，3，129+133。
- 黃頂翔、楊忠祥(2007)。加速規在身體活動量的應用。國北教大體育，2，152-159。
- 傅麗蘭、陳毓君(2005)。三度空間加速規於跑步機行走之向量大小及能量消耗與耗氧量相關性研究。物理治療，2，73-79。
- 湯惠雯(2001)。跆拳道不同旋踢攻擊動作之生物力學分析。中華體育季刊，2，90-98。
- 劉又慈、傅麗蘭、陳亮仔(2006)。佩戴不同位置之三軸加速規於登階運動時的能量消耗預估。國立體育學院論叢，2，81-92。
- 劉占鋒(2013)。世界女子中長跑運動成績演變與訓練法應用的對比分析。武漢體育學院學報，47(5)，91-95。
- 廖健男、湯文慈(2006)。射箭選手動作穩定性與震顫之探討。大專體育，87(3)，15-19。

- 鄧正富、張亮、王長龍(2012)。影響中長跑運動員心理訓練因素及各時期訓練方法研究。《咸寧學院學報》，32(6)，61-62。
- 翟豐(2005)。優秀中長跑、馬拉松運動員高原訓練探析。《西安體育學院學報》，22(3)，99-102。
- 翟豐，(2006)。優秀馬拉松運動員比賽速度分配與速度模式建立的研究。《天津體育學院學報》，21(1)，61-66。
- 潘健、王宗兵(2007)。馬拉松運動員賽前訓練規律研究。《西北師範大學學報》，43(2)，102-104。
- 蔡崇濱(1991)。心跳率在體育教學上的應用。《台灣省學校體育》，4，20-25。
- 謝棟樑(2004)。看希臘人打造奧運。台北市：聯合文學，27-131。
- 盧春宏(2006)。心理能力對中長跑運動員競技的影響。《陽山學刊》，2，61-62。
- 盧瑞山(1995)。海峽兩岸馬拉松運動推展之比較研究。台北市：中華台北路跑協會。
- 龔建音、郭志鋒、李光敏(2007)。對中國馬拉松運動員訓練負荷個案分析。《洛陽師範學院學報》，2，105-107。

外文部分：

- Arts, F. J. P., & Kuipers, H. (1994). The relation between power output, Oxygen uptake and heart rate in male athletes. *International Journal of Sport Medicine Stuttgart*, 15, 228-231.

- Borg, G. (1962). *physical performance and perceived exertion*. Lund: Gleerup.
- Chen, K. Y., & Bassett, D. R., JR (2005). The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), S490-500.
- Gappmaier E. (2002). "220-age" prescribing exercise based in heart rate in the clinic. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 13(2), 11.
- Hendelman, D., Miller, K., Baggett, C., Debold, E., & Freedson, P. (2000). Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Medicine & Science in Sports & exercise*, 32, S442-449.
- Li, H., Zheng, H. & Tang, L. (2009). Gear fault diagnosis based on order tracking and Hilbert-Huang transform. *IEEE Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discover*. 468-472.
- Welk, G. J., Schaben, J. A., & Morrow JR., J. R. (2004). Reliability of accelerometry-based activity monitor: A generalizability study. *Medicine & Science in Sports & exercise*, 36, 1637-1645.

## 附錄 A

### 受試者須知

首先感謝你志願參加本研究，本研究之題目為：「監測優秀馬拉松選手配速對生理指標的影響」，其目的在探討優秀馬拉松選手配速對其生理上有何影響，為求避免其他因素干擾，以使實驗得以順利進行，進而能夠獲得正確的結果，敬請遵守下列事項：

- 一、本實驗需配合採血檢驗，檢測方式為賽前及賽後各採 3 次血液，獲取血糖值及乳酸值數據。
- 二、本實驗需在比賽過程中全程配戴 Polar 心跳錶，以監控全程心跳數據。
- 三、本實驗需在比賽過程中全程配戴加速規，以監控全程比賽數據。
- 四、賽後請受試者填寫「REP 運動自覺量表」。

感謝你的協助與合作

國立台灣體育運動大學競技運動學系研究所

指導教授 趙榮瑞

研究生 李俊杰 敬上

## 附錄 B

### 受試者同意書

論文題目：監測優秀馬拉松選手配速對生理指標的影響

指導教授：趙榮瑞 教授

研究生：李俊杰

研究單位：國立臺灣體育運動大學競技運動學系研究所

連絡電話：0977-475046

依實驗研究之規定，研究者有義務將研究的過程，以及可能發生的危險，向受試者說明清楚，且應近其所能的保護受試者的健康與權益，並隨時回答受試者的問題，受試者如改變意願時，可隨時退出實驗，而不受任何限制，但應事先通知實驗者。

參與本研究之受試者，必須瞭解並同意下列事項：

- 一、實驗期間自民國一百零三年五月至六月止。
- 二、充分瞭解「受試者須知」的內容，並確實遵守。
- 三、本次實驗以加速規、Polar 心跳錶、乳酸儀、血糖儀的檢測檢查數據變化，作為實驗的依據。
- 四、本研究實驗所得資料，僅供研究之用，絕對予以保密。

本研究需要你的參與與合作，請在下面姓名欄內簽名，表示同意參與實驗，並且願意遵守上列事項。

志願者： (簽名)

連絡電話：

連絡地址：