

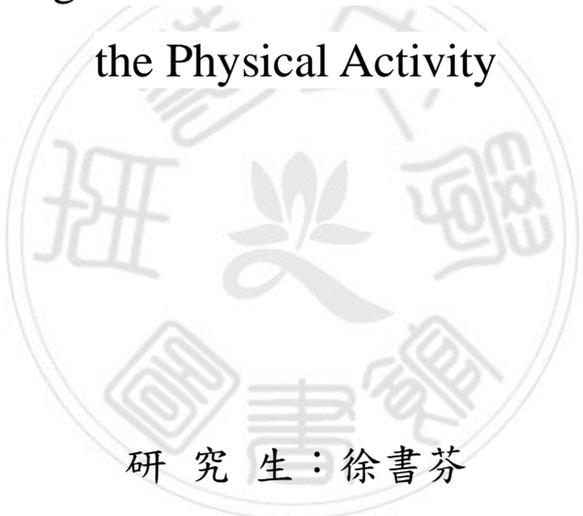
南 華 大 學

資 訊 管 理 學 系

碩 士 論 文

智慧穿戴式手錶應用在身體活動測量之研究

The Study Using Wisdom Watch on the Measurement of
the Physical Activity



研 究 生：徐書芬

指 導 教 授：張介耀

中 華 民 國 一 百 零 四 年 六 月

南 華 大 學

資訊管理學系研究所

碩 士 學 位 論 文

智慧穿戴式手錶應用在身體活動測量之研究

研究生： 徐書芬

經考試合格特此證明

口試委員： 蔡德川

呂柏豪

張介耀

指導教授： 張介耀

系主任(所長)： 王學洲

口試日期：中華民國一百零四年六月六日

碩士論文授權書

南華大學資訊管理學系碩士論文著作財產權同意書

立書人： 徐書芬 之碩士畢業論文

中文題目：智慧穿戴式手錶應用在身體活動測量之研究

英文題目：The Study Using Wisdom Watch on the Measurement of
the Physical Activity

指導教授： 張介耀 博士

學生與指導老師就本篇論文內容及資料其著作財產權歸屬如下：

共同享有著作權

共同享有著作權，學生願「拋棄」著作財產權

學生獨自享有著作財產權

學生：徐書芬 (請親自簽名)

指導老師：張介耀 (請親自簽名)

中華民國 一 百 零 四 年 六 月 十 四 日

論文指導教授推薦書

南華大學碩士班研究生
論文指導教授推薦函

資訊管理系碩士班徐書芬君所提之論文
智慧穿戴式手錶應用在身體活動測量之研究
係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授 張介輝

104年6月14日

誌 謝

本論文感謝恩師 張介耀博士悉心指導，耐心賜教及鼓勵由論文之資料收集、研究架構、文辭修正、撰寫方式予以細心斧正，對內容補充與修正之處提供寶貴經驗及意見，使論文臻加完整，更讓學生習得更多專業知識，謹在此誌以表達最深的謝意。

感謝單位長官包容與同仁支持與鼓勵，於修業期間分擔學生工作量，給予學生研究論文的時間，使得研究報告得以順利完成。

師長教誨與親友的關懷鼓勵，使本論文得以完成付梓，感恩之情，永銘在心，謹將本論文獻給辛苦養育我之母親、授業師長們，及陪我渡過論文書寫過程最辛苦階段的外子昇晉與兒子百得，誠摯的感謝你們，並深深祝福大家。

徐書芬謹誌

南華大學資訊管理學系

中華民國一〇三年六月

智慧穿戴式手錶應用在身體活動測量之研究

學生：徐書芬

指導教授：張介耀

南 華 大 學 資 訊 管 理 學 系 碩 士 班

摘 要

近年來智慧穿戴裝置運用於日常生活科技的潮流快速興起，舉凡手錶、眼鏡、手環等人們配戴的物品等，透過無線感測器，使功能無限延伸且變得聰明而人性化。拜科技所賜，智慧穿戴裝置結合動作與生理訊號感測器等，能適時顯示人們在活動時的位置、距離、速度等動態行為訊號，及記載、追蹤與監控身體活動量化資訊，甚至可對人體作非侵入性心律測量。本研究採用現行市售常見的運動型穿戴裝置，進行身體活動訊號量測，發現依據評估身體活動量 4 個基本層面原理當中（頻率、強度、形式、持續時間），消耗熱量與時間、速度、心率及攝氧量有相關性，可作為評估身體活動量的依據。同樣的，運動型穿戴裝置若能結合物聯網，將運動學、醫學、營養學等資訊、專業人士與專家系統整合在感測裝置網路平台上，建立個人健康管理網路，隨時追蹤、分析個人身體活動紀錄，並即時提供專業協助與建議，以服務整合創造市場優勢，相信更能帶來市場上的商機，並且讓穿戴裝置更大眾化與智能化，促進人們健康照護的生活品質。

關鍵詞：智慧穿戴裝置、無線感測器、身體活動、物聯網

The Study Using Wisdom Watch on the Measurement of the Physical Activity

Student : Sh, Shu-fen

Advisor : Dr. Chang, Chieh-yao

Department of Information Management

The Graduated Program

Nan-Hua University

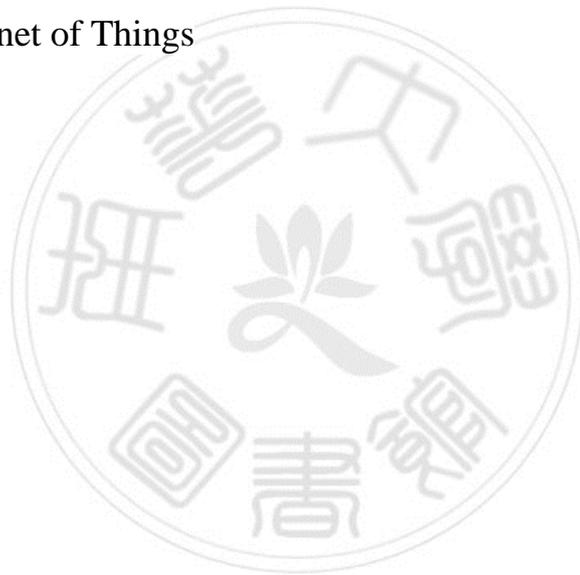
ABSTRACT

In recent years, the application of smart wearable device to daily technology has emerged rapidly, ranging from smart watches, smart glasses, and smart bracelets, etc. Through a wireless sensing device, the functions may be extended infinitely and become intelligent and personalized. Thanks to technology, smart wearable devices, which combine the sensors of movements and physical signals, may timely indicate people's dynamic signals, including location, distance and speed, record, track, and monitor the quantitative information on physical activities, and even carry out the non-invasive measurement of the rhythm of the heart when people move around. The study adopted the athletic wearable device currently sold in the market to measure the physical activities. The result showed that according to the evaluation of four basic aspects of physical activities (frequency, intensity, form, and duration), the calorie consumption was correlated with time, speed, heart rate, and oxygen uptake, and could be used as the basis of evaluation of physical activities. Meanwhile, the athletic wearable devices could combine Internet of Things and integrate kinematics, medicine, nutrition,

and professionals' and experts' systems into the online platform of sensing device to establish a personal health management website, follow up the progress at any time, and analyze individual's physical activities. In addition, the platform may provide professional assistance and recommendations instantly and create advantages in the market through service integration, which will create business opportunities, popularize smart wearable devices, and promote people's health care and quality of life.

Keyword : smart wearable device, wireless sensors, physical activities,

Internet of Things



目 錄

論文口試合格證明.....	i
碩士論文授權書.....	ii
論文指導教授推薦書.....	iii
誌 謝.....	iv
摘 要.....	v
ABSTRACT.....	vi
目 錄.....	viii
表 目 錄.....	xi
圖 目 錄.....	xii
第一章 緒 論.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究動機.....	1
第三節 研究目的.....	2
第四節 研究流程.....	2
第五節 研究範圍與限制.....	3
第二章 文獻探討.....	5
第一節 身體活動（Physical Activity）量化概念.....	5
壹、身體活動定義.....	5
貳、身體活動的建議.....	6
參、身體活動的強度訂定.....	7
肆、身體活動測量方式.....	8
第二節 穿戴式裝置時代.....	10
壹、穿戴式裝置的定義.....	10
貳、穿戴裝置的智慧應用.....	11
參、感測技術之應用.....	15

第三節 穿戴裝置於身體活動之應用	23
第四節 物聯網 (Internet of Things, IoT)	24
壹、物聯網定義	24
貳、物聯網應用	26
第五節 小結	30
第三章 研究方法與設備介紹	31
第一節 研究方法與架構	31
第二節 感測裝置介紹	32
壹、感測裝備外型設計	32
貳、感測裝備內建設計	33
第三節 網路平臺服務功能介紹	34
壹、雲端運算平臺	34
貳、雲端服務平臺	36
第四節 裝置實作與運用	38
壹、主機運作	38
貳、心律帶	40
參、資料上傳	42
第四章 研究結果分析與探討	43
第一節 資料彙集與整理	43
第二節 距離、總時間、平速度與消耗熱量之相關性	45
壹、距離、總時間及平均速度與消耗熱量之相關	45
貳、等同距離探討總時間、平均速度與消耗熱量之相關	47
參、總時間、平均速度與消耗熱量之正負相關探討	50
肆、感測平臺與人工估算熱量迴歸係數分析	52
第三節 心律與身體活動相關性	54
壹、平均心律與平均速度之迴歸係數分析	54
貳、平均心律、攝氧量與熱量之迴歸係數分析	56

第四節 小結.....	63
第五章 結論與建議.....	65
第一節 結論.....	65
第二節 建議.....	65
參 考 文 獻.....	67
一、中文部份.....	67
二、網路文獻.....	69
三、西文部分.....	70



表 目 錄

表 2-1 身體活動強度等級	8
表 2-2 身體活動量測方式	9
表 2-3 穿戴式裝置產品分類.....	12
表 3-1 圖示概要表	39
表 3-2 主要測量功能	40
表 4-1 統計資料.....	43
表 4-2 距離、時間、速度與熱量相關矩陣	47
表 4-3 10 公里速度、時間與消耗熱量相關係數表.....	49
表 4-4 11 公里速度、時間與消耗熱量相關係數表.....	50
表 4-5 時間、速度與消耗熱量原始統計表-10 公里	51
表 4-6 各距離高低心律與消耗熱量數據表	60

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	3
圖 2-1 智慧穿戴式裝置就各產業的應用	12
圖 2-2 計步器	16
圖 2-3 加速規感測元件	17
圖 2-4 陀螺儀感測元件	18
圖 2-5 GPS 系統功能手錶及慢跑鞋	19
圖 2-6 傳統式心律帶易產生體感上的不適	20
圖 2-7 LED 心律感測器	21
圖 2-8 遠紅外線心律感測器	22
圖 2-9 APPLE WATCH	22
圖 2-10 物聯網將世界連結起來	25
圖 2-11 手機是 IoT 的智慧物件	26
圖 2-12 智慧物流管理態樣	27
圖 2-13 真菌交響樂場景圖	28
圖 2-14 民眾與真菌人文樹道互動	28
圖 2-15 健康照護應用系統縮圖	29
圖 3-1 研究架構圖	32
圖 3-2 腕式 GPS – 運動軌跡記錄器	33
圖 3-3 心律帶	33
圖 3-4 低耗能 GPS 天線	34
圖 3-5 步伐感應器	34
圖 3-6 月曆形式管理	35
圖 3-7 日記展開形式記錄	35

圖 3-8 圖像化描述	36
圖 3-9 GPS 地圖	36
圖 3-10 應用程式清單	37
圖 3-11 啟動畫面	38
圖 3-12 GPS 訊號接收畫面	39
圖 3-13 心律帶配戴位置圖	41
圖 3-14 心律帶背面圖示	41
圖 3-15 主機與心律器配對圖示	42
圖 3-16 記錄器連接主機圖示	42
圖 4-1 身體活動數據連續變化曲線圖	44
圖 4-2 消耗熱量與總距離線性迴歸分析	45
圖 4-3 消耗熱量與總時間線性迴歸分析	46
圖 4-4 消耗熱量與速度線性迴歸分析	46
圖 4-5 10 公里消耗熱量與總時間線性迴歸分析	48
圖 4-6 10 公里消耗熱量與速度線性迴歸分析	48
圖 4-7 11 公里消耗熱量與總時間線性迴歸分析	49
圖 4-8 11 公里消耗熱量與速度線性迴歸分析	50
圖 4-9 消耗熱量與人工估算-熱量變化趨勢	52
圖 4-10 消耗熱量與人工估算迴歸相關分析	53
圖 4-11 平均心律與平均速度線性迴歸分析	54
圖 4-12 10 公里平均心律與平均速度線性迴歸分析	55
圖 4-13 11 公里平均心律與平均速度線性迴歸分析	55
圖 4-14 平均心律與消耗熱量線性迴歸分析	56
圖 4-15 平均心律與消耗熱量連線曲線變化趨勢	57
圖 4-16 10 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析	57

圖 4-17	11 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析	58
圖 4-18	13 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析	58
圖 4-19	42 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析	59
圖 4-20	消耗熱量與攝氧量連續曲線變化趨勢圖	61
圖 4-21	消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析	61
圖 4-22	9 公里消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析	62
圖 4-23	10 公里消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析	62
圖 4-24	11 公里消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析	63



第一章 緒論

第一節 研究背景

隨著健康與健身類型的穿戴式裝置市場升溫，能感知生物生理訊號的穿戴裝置，是目前最熱門的新新產品，甚至趕搭上路跑熱潮，提供跑步健身所需要的心率監測、卡路里、距離與速度測量等記錄功能，像是智慧手錶、心率手環等這類運動穿戴裝置等等，尤其是各地方舉辦路跑賽事，都可看到運動者身上穿戴感測器。而這類專為運動者所設計的穿戴科技裝置，就像隨身有健身教練在旁陪跑，不僅可檢視個人運動成效，隨心率高低變化來調整運動強度，達到減重與強身目的，同時也帶來更多樂趣。但市面流行穿戴裝置在使用上，真能為人們帶來助益嗎？許多人雖然會將配戴現況與健身心得，公佈在網路上分享，更多研究則是探討人們對於產品的接受度、意願度、滿意度與購買因素，但相對於感測裝置功能是否真能體現身體活動量化訊號，幫助人們健康促進，這類國內相關研究報告則相對較少。

第二節 研究動機

2014年由蘋果公司首度發表名為 Apple Watch 的智慧型手錶之後，各家品牌大廠也陸續推出具備健康生理監測功能的智慧型手錶，如 LG 推出 Lifeband Touch 智慧型觸控手環；索尼的 SmartBand 智慧手環；Garmin 發表的 Vivofit 手環等等。此類穿戴式電子產品基本上均提供消費者免費的應用程式和服務並能與裝置搭配使用，而這些運動管理產品在透過感知器，紀錄、追蹤人體活動所產生各種生理訊號是否準確？完善？進而能夠應用在人們健康或健身生活上，提供完善的

健康照護服務，乃為本研究之動機。

第三節 研究目的

美國消費電子協會（CEA）於 2014 年 1 月 2 日在有關互聯健康和健康消費設備市場報告中指出，移動電話用戶有健康問題的 29% 會嘗試一個易於使用的醫療照護型穿戴式裝置來追蹤自己的健康狀況。由此可知，穿戴式裝置將會普遍讓社會大眾接受，尤其在個人健身管理方面，該類型的產品有愈來愈多消費者感到興趣。而科技的出發點，永遠來自於人性的需要，智慧穿戴裝置網路平臺上能接收並紀錄追蹤人體活動訊號，但龐大的資料如何顯出其「智慧」，並促進人們健康與保健，因此本研究主要目的為：

壹、運用感測功能穿戴裝置，將身體活動感測訊號進行迴歸係數分析，據以探討各訊號間之相關性與準確性。

貳、提供未來穿戴裝置智慧化發展方向，讓穿戴裝置更大眾化與智能化，促進人們健康照護的生活品質。

第四節 研究流程

首先依據研究背景、動機與目的確定本研究主題，藉由各專家學者文獻，主要探討身體活動量化概念及穿戴科技原理與應用層面，作為本研究之基礎。運用市售智慧型運動手錶與心律帶為本研究裝置，進行身體活動訊號量測，並將量測訊號應用 EXCEL 2010 統計軟體，進行資料蒐集整理與迴歸、相關分析，採描述性統計方法，探討身體活動量化訊號之間相關性與準確性，最後提出結論與建議（如圖 1-1 所示）。

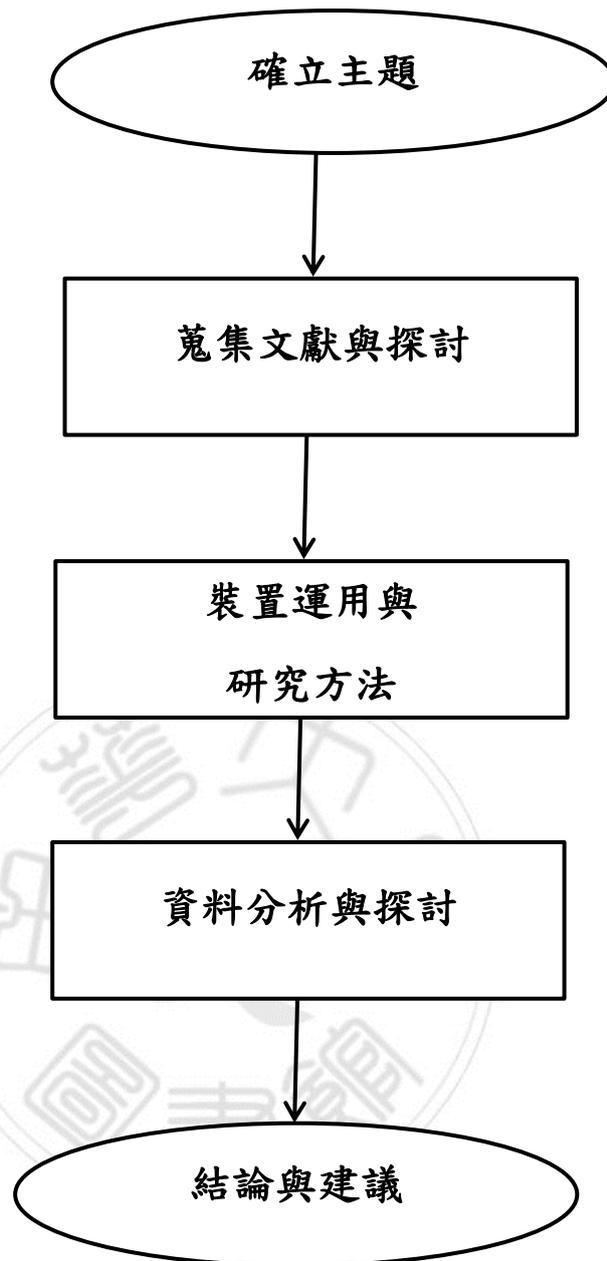


圖 1-1 研究流程圖

資料來源：本研究整理

第五節 研究範圍與限制

本研究純屬學術探討，並非醫療儀器，僅單純作為運動健身參考。文章內所運用的研究裝置，乃任選某一公司市售之運動型智慧手錶及心律帶，進行感測訊號之分析與研討，提供社會大眾善用運動科學來管理自身健康，據以提昇穿戴裝置所帶來的功效；其他如公司市售價

格、推廣、行銷等相關商業行為，不在本研究範圍。



第二章 文獻探討

近年來隨著手持式行動裝置的應用風潮崛起，加快了使系統輕薄微小化的各項需求技術演進，使得穿戴電子裝置商品化的技術門檻大幅降低，自 2009 年起，穿戴電子產品便開始進軍消費性電子市場，並且大幅成長，尤其以跟運動休閒有關的穿戴裝置類別最顯著（陳弘仁，2014）。隨著運動人口逐年增加以及健康意識提升，目前市面上隨處可見主打運動健身的穿戴式產品。今年（2015）3 月，APPLE WATCH 的問市更是將穿戴裝置的焦點帶到最高潮，該裝置具有心跳感測功能，並提供專屬運動訓練 APPS，讓手錶更智慧更貼切於人們生活所需。

本章節將從文獻中探討穿戴裝置的概念與結合感測器之應用原理，並藉由各專家學者研究報告，介紹具有感知功能的穿戴裝置運用於人體活動之研究貢獻，作為本文之研究基礎。

第一節 身體活動（Physical Activity）量化概念

一般人要知道自己一天的活動力或消耗能量，是不易量測的；而要精準測量各種活動對身體所產生的影響，必須花費龐大金錢，建立設備齊全的實驗室，才能測量出生理數據；因此，何種的身體活動才能量測、多大的身體活動強度、多高的頻率等等，才能達到身體益處，這些問題都是運動生理學研究者所要探討的重點，也是各國發展健康促進最關心的問題。

壹、身體活動定義

活動活動，要活就要動，隨著時代的進步，富裕的生活、科技的文明，使得日常生活中勞動體力的工作越來越少。愈來愈多的人趨於

靜態長時間「坐」的生活情況下，自然大大減少身體活動的機會，引發許多有關運動不足的文明病，如糖尿病、高血壓、心血管疾病等慢性疾病，成為威脅國民健康的主因。因此，規律、經常持續性的身體運動已成為健康生活所須的重要條件之一。

Capersen、Powell 和 Christenson (1985) 對身體活動的定義為：由骨骼肌所產生的任何身體活動，能導致能量的消耗。由此定義可以瞭解要量測身體活動是複雜且困難，舉凡打草、跳舞、爬梯、打球到跑馬拉松都可稱得上身體活動，同樣也都產生能量消耗。

貳、身體活動的建議

綜觀各學者報告發現 (廖立同，2009、黃耀宗，2003、林順萍，2014) 提到身體活動的強度、頻率，均一致參考美國運動醫學會所提出的運動指引。1970 年代，美國運動醫學會 (America College of Sports Medicine, ACSM)、美國心臟學會 (America Heart Association, AHA) 與其他的衛生組織，開始陸續提出對民眾運動的建議，而且這些建議大多著重在心肺功能與高強度運動的特殊計畫，像是每週活動三次，每次持續活動二十分鐘的建議。1990 年 ACSM 再次出版運動指引，建議成人發展及維持健康之心肺適能、身體組成 (body composition) 及肌力與肌耐力的運動處方為：每週運動次數為 3 ~ 5 次；運動強度為最大心跳率的 60% ~ 90%、最大攝氧量 (Maximal oxygen uptake, VO₂max) 的 50% ~ 85%；運動持續間介於 20 ~ 60 分鐘；運動方式為任何可以持續運用大肌肉群的活動，但是本質上應具有節奏性與有氧性；每週至少實施 2 次阻力訓練，訓練負荷為 8 ~ 10 組 (sets) 的運動、每組運動 8 ~ 12 次反覆。

Blair & Connelly (1996) 則指出，要獲得健康的效益並不需要堅持高強度的運動方式，尤其是對坐式生活或運動不足的人，只要增

加身體的活動量便能獲致健康的改善。Shephard (1997) 也指出，規律運動也有助於心理健康的促進，諸如降低壓抑及焦慮、改善心情、提升日常活動效率。因此，在確立低強度運動的健康效益之後，美國 ACSM、AHA、疾病控制與預防中心 (Centers of Disease Control and Prevention, CDCP)、體適能與運動諮詢委員會 (President's Council on Physical Fitness and Sport, PCPFS) 與國家衛生研究院 (National Institutes of Health, NIH) 等機構，紛紛再提出缺乏運動或運動不足者應養成規律且從事適當強度的建議 (林順萍，2014)。

參、身體活動的強度訂定

由以上 ACSM 的建議，可以看出評估身體活動情況可從四個基本層面著手，運動的頻率 (frequency)、強度 (intensity)、形式 (type/mode)、持續時間 (time/duration)，其中運動強度是各國近年認為對身體活動達到健康有益的重要因素，甚至納入國民運動計劃內推行，如 ACSM 在 1990 年以最大耗氧量／心跳率的百分比為依據，或是 1995 年所建議的「中等／激烈」運動，都與運動強度有關 (黃耀宗，2003)，國內推展的「三三三體適能計畫」，也以運動中的心跳率達 130 下為目標。

根據 Pollock 等 (1998) 歸納研究的結果，運動強度可分為 5 個等級，藉以衡量活動強度的指標 (如表 2-1 所示)。

表 2-1 身體活動強度等級

以身體活動持續到 60 分鐘的身體活動強度分類								
耐力形式運動					阻抗形式運動*			
相對的強度			絕對強度(METs)健康成人(年齡)				相對強度	
強度	VO2R(%) 保留心跳率(%)	最大 心跳率(%)	RPE**	年輕人 (20-39 歲)	中年 (40-64 歲)	老年人 (65-79 歲)	很老 (80 歲以上)	最大自主性 收縮(%)
很輕	<20	<35	<10	<2.4	<2.0	<1.6	1.0	<30
輕	20-39	35-54	10-11	2.4-4.7	2.0-3.9	1.6-3.1	1.1-1.9	30-49
中等	40-59	55-69	12-13	4.8-7.1	4.0-5.9	3.2-4.7	2.0-2.9	50-69
強	60-84	70-89	14-16	7.2-10.1	6.0-8.4	4.8-6.7	3.0-4.25	70-84
很強	85	90	17-19	10.2	8.5	6.8	4.25	85
最大∞	100	100	20	12.0	10.0	8.0	5.0	100

*是依據年齡在 50-60 歲以下者進行重複 8-12 次，而 50-60 歲以上者則重複 10-15 次。
 是運動強度自覺量表，6-20 級(Borg,1962)。
 最大值是指健康成人在最大運動時男性的平均值，女性的平均值約低於 1-2METs。
 最大心跳率(heart rate maximum,HRmax)=220-年齡。
 保留心跳率(HRR)=[(最大心跳率-休息心跳率)*(%)]+休息心跳率

資料來源：Pollock,M.L.,Gaesser,G.A.,Butcher,J.D.,Despre,J.P.,

Dishman,R.K.,Franklin,B.A.,&Gater,C.E.(1998)

肆、身體活動測量方式

LaPorte 等(1985)對測量身體活動量的方法加以分類，其分類方式是根據研究的花費、干擾平常活動程度、可被接受性、能提供身體活動的形式、頻率、持續時間和強度等資料；有超過 30 種以上的測量身體活動方法（如表 2-2 所示）。

表 2-2 身體活動量測方式

測量工具	對象	大規模研究	低花費(錢)	耗費時間	耗費努力	干擾行為	個人可接受性	社會可接受性	活動特殊性
熱量									
直接	W	No	No	VH	VH	H-VH	No	No	Yes
間接	A、E	No	No	H-VH	VH	H-VH	No	No	Yes
調查									
特定工作日記	A、E	Yes	Yes	L-M	L-M	VH	?	Yes	Yes
回憶問卷	A、E	Yes	Yes	L-M	L-M	L	Yes	Yes	Yes
質性經歷	A、E	Yes	Yes	L-M	L-M	L	Yes	Yes	Yes
整體自陳報告	A、E	Yes	Yes	L	L	L	Yes	Yes	No
以工作分類	A	Yes	Yes	L	L	L	Yes	Yes	Yes
行為的觀察	A、E	No	No	H-VH	H-VH	L-VH	?	?	Yes
生理指標									
心肺適能				M-VH	M-H	L	?	?	No
Doubly-labeled water	W	Yes	No	H-VH	M-VH	L-H	Yes	Yes	No
機械性和電子式監測器									
心跳	W	No	No	H-VH	M-VH	L-M	Yes	Yes	No
計步器	A、E	Yes	Yes	L-M	L	L-M	Yes	Yes	No
加速度計	W	Yes	Yes	L-H	L-M	L-M	Yes	Yes	No

L=low 低；M=medium 中；H=high 高；VH=very high 很高

W=whole 所有人；A=adult 成人；E=elder 老年人

資料來源：LaPorte,R.E, Montoye,H.J.,&Caspersen,C.J.(1985)

研究目的的不同會選擇不同的研究工具，沒有任何工具能完全符合以上的這些標準（黃耀宗，2003），常見的方法有：

一、回憶調查法：為評估身體活動的其中一個方法，簡化複雜的身體活動行為，詢問受試者回想平時的活動形式。此方法最常使用在大樣本研究，確定身體活動的盛行程度，評估介入計劃的效果，或身體活動與各種健康結果之間的關係（黃耀宗，2003；廖立同，2009）。因為採用回憶，極容易因為個人偏見、認知或教育程度等，影響評估身體活動的行為。

二、生理指標-雙重標定水法：利用氫氣和氧氣的穩定同位素合成的重水進行測量。此方法被視為測量身體活動量的黃金法則，其優點可以長時間、準確地測量出日常身體活動的能量消耗，但也由於此方法所需要的水分子同位素非常昂貴且不易取得，且一般人無法在現場測量研究中廣泛的使用（林順萍，2014）。

三、動作感應器：拜科技之賜，近年來動作感應器的技術研發快速發展，將電子產品直接設計於穿著或配件，並運用於量測身體活動

量，如記步器、加速規或心律計，可即時記錄日常身體活動及運動強度，有效計算身體能量消耗。

第二節 穿戴式裝置時代

「穿戴裝置」(wearable device) 這個名詞在 2012 年以前，一般人可能會解釋為個人配件或裝飾，或者特殊的個人配件裝置，又或者是帶在身上很大很笨重的東西，但隨著 2012 年 Google 公司發表 Google 眼鏡(Google Project Glass)、2013 年各類運動智慧手錶(環)陸續問市、2014 年蘋果執行長預告 Apple Watch 問市，並於今年(2015) 3 月正式發表，深受個家媒體與消費者注意，更讓今年穿戴裝置年的市場更熱絡起來

壹、穿戴式裝置的定義

搜尋 Google 「穿戴裝置」四個字，將會發現前面被貫上智慧或數位兩字，代表著是可以穿戴身上而且是有智慧的機器。穿戴裝置為科技產物，它結合了電腦、微電子技術應運而生，而科技研發始終來自於人類的需求，人類無法滿足於僅是人與人的溝通，因此賦予產品智慧並希望產品能有智慧化隨時隨地為人們服務。

資策會產業情報研究所(MIC)黃偉正在其研究報告將數位穿戴產品定義為：可將 3C 產品直接設計穿著固定於身體來使用的產品(例如：智慧眼鏡、智慧型手錶等)、將電子裝置或功能設計鑲嵌或整合於衣帽等服裝中，成為具特殊電子功能的衣著應用(例如：有揚身器的衣領或衣帽、有耳麥的安全帽、有埋佈搭配裝置導線與控制按鈕的衣服、有 LED 發光功能的成衣等)。甚至更廣義定義為：搭配特殊設計之配件與掛件，將 3C 產品或電子功能固定掛配於身上，提供更方便自由連續性使用的隨身應用產品。

國內拓璞產業研究所(TRI)定義的智慧穿戴裝置有 5 個要件：

能穿或戴在使用者身上、具備一個運算處理核心、可以執行各種功能的軟體系統、具備有線、無線連接網路或其他裝置、具備不同目的感應器。簡單來說智慧穿戴裝置的科技，就是要能穿戴在身上、要比人腦更精準更快的數據運算、結合符合人類需求的各種感應功能與雲端服務。根據工研院 IEK 研究調查，不論何種穿戴式裝置，最常被使用者考量五大需求分別是：容不容易操作？該操作方式是否能快速上手？其所顯示的文字或影像是否清晰又易於理解？資訊接收或回饋是否能即時且正確？穿戴時會不會妨礙使用者原本日常動作或習慣等等（陳右怡，2014）。其中人機介面的「易用性」與「功能性」，可預知將主導智慧穿戴式裝置未來的發展。

貳、穿戴裝置的智慧應用

HIS IMS Research 在「穿戴式科技-全球觀點」白皮書中，將智慧穿戴式裝置的應用面向分成 4 大類 1.運動健身 2.資訊娛樂 3.醫療照護 4.工業/軍用（DigiTimes 電子時報）。其中，運動健身及醫療照護類發展較早、速度也快，更是目前智慧穿戴式裝置市場上的主流，例如許多手錶和手環都支援計步器、心跳監測和睡眠品質監控等功能，可幫助使用者隨時檢視自己當下的身體狀況，甚至記錄個人活動和路徑的功能，讓使用者知道自已的速度及路程數。

拓璞產業研究所（2013）發現智慧穿戴式裝置的應用可以橫跨消費者 1 天所需，從人身安全、醫療、健康、運動、生活運算、通訊及穿著等（如圖 2.1 所示）。其領域可說相當廣泛，未來對於智慧穿戴式裝置的需求只會增加並不會減少，而且可能會因為科技的進步，呈現不同的形式，陳根（2013）根據產品形態不同，將穿戴式裝置劃分為頭戴式、身著式、手戴式、腳穿式等四種（如表 2.3 所示），如此種類繁多的產品，均貼身運用在人體身上，也確實達到「人機合一」

的境界。

資料來源：美國穿戴式科技協會；拓璞產業研究所整理

產業應用	保全	醫療	健康	運動	生活運算	通訊	衣著
	軍事用途	緊急救護	物理監控	運動成果	生活規劃	個人通訊	裝飾性燈
	即時服務	生命指標監控	動/能量監控	健身監控	互動學習	團體通訊	情緒偵測
	環境監控	代理器官植入	姿勢導正	虛擬教練	互動遊戲	肢體表達	
功能	人物追蹤	腦波監控		戶外導航	資料分享		
				物理冷卻/發熱	經驗共享		
	即時訊息	病患監控	睡眠/壓力追蹤	成果監控	學習監控	簡訊以及其他軟體	圖案變化
	團體遙控	糖尿病	肥胖偵測	行動紀錄	行程管控	社群網站	情緒追蹤變化
範例	監控安全	腦波掃描	互動檢測	目標達成監控	虛擬學習	虛擬觸摸/懷抱	
	危險偵測			方向/目標分享			
				最佳效果			
		瓦斯面罩	胰島素幫浦貼片	互動性腰帶/手環	互動性腰帶/手環	發熱外套	智慧手錶

圖 2-1 智慧穿戴式裝置就各產業的應用

表 2-3 穿戴式裝置產品分類

分類	產品形式	產品範例	主要特點	圖片
頭戴式	眼鏡類	Google Glass Google 眼鏡	採用了虛擬實境技術，能夠實現日曆、語音、Google+、時間、溫度、簡訊、拍照、地理位置、音樂搜索和攝影等功能	
		Smith I/O Recon 滑雪鏡	整合了 CPU、攝影機、微型抬頭顯示器、多種感測器和藍芽通訊等裝置，戴上它滑雪就像現電腦遊戲一般	
	頭盔類	BrainLink 智慧頭箍	利用腦波技術來實現神奇的腦機互動應用	
		LiveMap 頭盔導航	內建了陀螺儀、光感元件、語言操控以及 LTE 4G 網路。透過頭盔上顯示的內容，使用者可以輕易實現路線規劃	

			和定位功能	
身著式	上衣類	情緒感應服	內層的感應晶片可以透過感應人體的體溫和汗液的變化來感知穿著者的情緒，並發出訊號，改變外層的顏色	
		鼓點 T 恤	內建鼓點控制器，使用者透過敲擊不同的位置發出不同的鼓點聲音	
	內衣類	太陽能比基尼	使用電傳導線將光一電流面板縫合在一起，透過光伏薄膜帶，吸收太陽光並將能量轉化為電能，幾乎可為所有的便攜電子裝置充電	
		Super Cool Bra 超涼胸罩	胸墊內有特殊的矽膠材料，即使在冷凍狀態下也能保持柔軟，只要將胸墊放進冰箱冷凍2個小時以上，再放進罩杯裡，就能體驗冰涼的感覺	
	褲子類	社交牛仔褲	配有一個特殊的裝置，可進行簡單的即時互動與社交，讓配戴者享受並分享他們的經驗。	
		鍵盤褲	配合藍芽鍵盤、喇叭、無線滑鼠的褲子，整合了現代牛仔褲和電腦鍵盤	
手戴式	手錶類	蘋果 iwatch	內建 Wi-Fi、藍芽功能、帶有 RSS 閱讀器、16GB 的儲存空間和天氣預報功能，並且能夠	

			和 iPad 或 iPhone 手機相連接的產品	
		SONY Smart Watch	背夾式設計，多點觸控，可以儲存並安裝 255 個小工具	
	手環類	咕咚手環	支援對使用者活動量的紀錄和檢測、睡眠品質的監測、慧無聲鬧鈴、活動提醒等多種功能，並提供多螢幕的管理和使用	
		Nike+ Fuelbank 手環	可以記錄和測量日常生活中的運動量	
	手套類	手套式手機	外形像變形金剛的一部分，按鈕被設計在手指關節內側，拇指做聽筒，小指做話筒，即可實現通話	
		無線音樂手套	一個外接音樂盒、一片儲存卡和手套背面綁定的感應震動的控制器和蜂鳴器。可教彈鋼琴，同時改善人們感知能力與運動技能	
腳穿式	鞋類	衛星導航鞋	鞋子內建有加速計、陀螺儀、壓力感應器、喇叭和藍芽芯片，可收集鞋子的運動資訊並發出俏皮的語言評論	
		Google 智慧鞋	使用 GPS 和 LED 來指明方向。該鞋內建了一個 GPS 晶片、一個微控制器和一對天線。左鞋指示正確的方向，右鞋能顯示目前地點離目的地的距離	

		Smarter Socks 智慧襪子	幫助使用者更進一步地對襪子進行分類	
	襪子類	Sensoria 智慧襪子	透過步幅以及落地的壓力，記錄下雙腳所走或跑的狀態和消耗的能量。透過對腳底部分的感應，可以了解自己運動的強度	

資料來源：陳根（2013），智能穿戴改變世界—下一輪商業浪潮參、感測技術之應用

感測器為延伸穿戴式裝置應用之觸角，讓穿戴式產品更加智慧化，由於科技的進步，使得感測器朝向輕巧與便於攜帶，並且適合應用在人體訊號之量測，也讓感測技術於運動科學之應用越來越普遍。過去動輒需要造價數百萬元之動作分析實驗室設備，其部分功能已經逐漸可由微型感測器取代(Lee, Mase, & Kogure, 2005)，目前最常用來進行人體訊號偵測的感測器可分為 3 大類，包含動作感測器，如：計步器、加速規、陀螺儀等(Schneider, Crouter, Lukajic, 2003)；以及生理訊號感測器，如心律計、血壓等訊號之測量(Ceesay et al.,1989)；其他感測器如全球定位系統，可利用速度、位移、時間等數據提供相關運動資訊(Rodriguez, Brown, & Troped, 2005;Troped et al., 2008)。

一、計步器 (Pedometer)

電子計步器主要由震動傳感器和電子計數器組成。量測原理為計算垂直方向的彈簧裝置晃動次數，來代表佩戴者的行走步數，並以此數據推算行走距離與身體活動量（如圖 2-2 所示），也因此計步器使用上以步數記錄最為準確(Schneider et al., 2003)，使用計步器但未設定目標者在身體活動度上並無明顯進步，相對地每日步數目標設定在 2000-10000 步之研究則有顯著進步，並且可達到降低血壓的效果

(Bravata et al., 2007)。



圖 2-2 計步器

資料來源：網路圖片整理

二、加速規 (Accelerometer)

搜尋維基百科解釋加速規：「又稱加速計、加速針、加速度傳感器、重力加速度傳感器等等，是測量加速度的裝置。也就是測量自身的運動。」加速度感應器可以偵測方向的移動速度(如圖 2-3 所示)，並早已廣泛被應用在各個領域，如汽車的緊急煞車系統、安全氣囊等安全機制，就是透過加速度感測器感測時開啟的；另外，橋樑上也會裝設加速度感測器，可偵測橋樑晃震情況，執行預先補強與預防；又如你我現在汽車上都會加裝的行車記錄器，一旦有擦撞、偷車，車身就會震動，這時就會開啟攝影鏡頭進行測錄，並記錄下撞擊的強度等。

2006 年上市，轟動一時的 Wii（任天堂公司），當時將遙控手把內建加速度感測器，以偵測手把的方位移動性，而後加速規很快成為身體活動評估工具的一種，甚至應用於人體體重控制與慢性病之預防與治療。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，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（相子元等人，2012）。

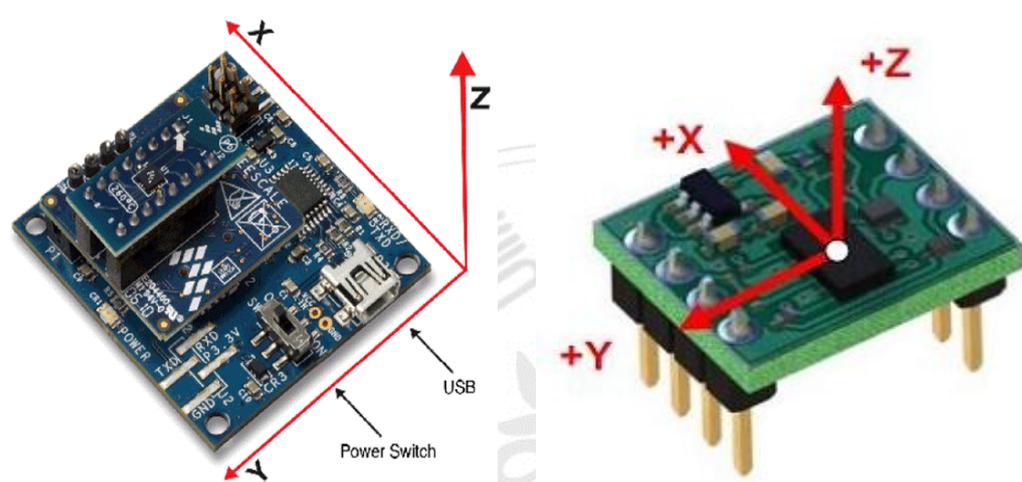


圖 2-3 加速規感測元件

資料來源：網路圖片整理

三、陀螺儀（Gyroscope）

陀螺儀故名思義其構造主要是由一個位於軸心且可旋轉的轉子構成（如圖 2-4 所示）。其運作原理為利用轉動角速度震盪壓電雙晶片，以測得科氏加速度（Coriolis acceleration），是用來量測物體轉動的「角速度」，最常看到陀螺儀感測器與加速規感測器一同應用於人體動作分析中與關節活動角度相關的研究，尤其量測足部蹠屈動作之角速度數據被證實為信度良好之方法（相子元等，2012）。或把感測器放在鞋底或鞋側，配合藍芽傳輸，可在智慧型手機上看到足部角速度曲線變化，有利於即時監看使用者的步態特徵，或者可單純設定在

使用者即將產生運動傷害前發出警訊（呂怡貞，2013）。

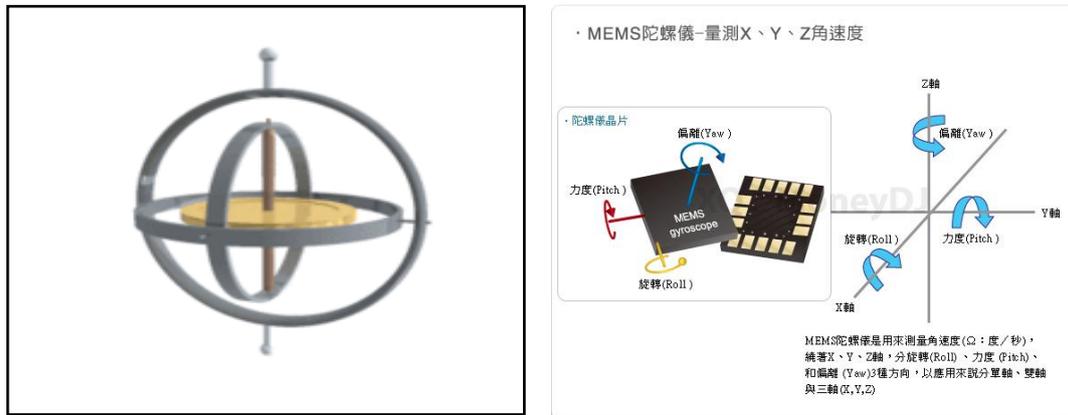


圖 2-4 陀螺儀感測元件

資料來源：網路圖片整理

四、全球定位系統（Global Positioning System，GPS）

又稱全球衛星定位系統，是美國國防部研製和維護的中距離圓型軌道衛星導航系統。它可以為地球表面絕大部分地區（98%）提供準確的定位、測速和高精度的時間標準。全球定位系統可滿足位於全球任何地方或近地空間的軍事用戶連續精確的確定三維位置、三維運動和時間的需要。該系統包括太空中的 24 顆 GPS 衛星；地面上 1 個主控站、3 個數據注入站和 5 個監測站及作為用戶端的 GPS 接收機。最少只需其中 3 顆衛星，就能迅速確定用戶端在地球上所處的位置及海拔高度；所能收聯接到的衛星數越多，解碼出來的位置就越精確(維基百科)。

GPS 的應用範圍已非常廣，除常見各式各樣導航(如武器導航彈、車輛導航、船舶、飛機導航及個人導航等)外，亦運用在工程施工如道路、橋樑、隧道的施工中大量採用 GPS 設備進行工程測量、監測沿海地區地層下陷之研究(陳鶴欽等人，2008)、或用在精準農業上，利用即時定位技術，將空間資料與屬性資料相互結合，進一步達到農

耕自動化控制的目標（劉禎祺等人，2001）。因為精準的提供人所處位置之經緯度、海拔高度資訊、移動速度、距離、軌跡等資訊，可換算從事跑步、自行車等戶外運動時消耗卡路里資訊，並記錄每次的運動強度與時間（相子元等人，2012），如 GPS 手錶，可透過衛星偵測使用者的跑步距離除以運動時間，推估出即時的跑步速度、也有業者將晶片置於慢跑鞋鞋底，跑步時晶片透過藍芽將跑步資料傳輸至跑步者身上的 i-Pod，讓跑步者即時知道自己的跑步情況(如圖 2-5 所示)。



圖 2-5 GPS 系統功能手錶及慢跑鞋

資料來源：網路圖片整理

五、心律感測器（Heart rate sensor）

心跳率經常被用來當作監測運動強度的簡易指標（Ceesay et al., 1989）。運動員訓練時經常使用心跳的範圍作為訓練強度的目標，拜

科技之賜，心律錶的發明讓人們在運動中量測心跳時，變得極為便利與。其原理主要搭配束在肋骨下緣之胸帶，進行量測心肌電位變化的速率，據以計算心跳，再藉由無線傳輸將心跳率傳送至手腕錶，即時提供心跳情況與記錄，尤其是心律帶搭配手錶，運用在運動、健康或醫療市場上最為常見，量測之心跳穩定度與準確性也最高（相子元等人，2012）。

但隨著使用率提高，也發現傳統式心律帶使用上之缺點：如運動產生流汗使胸帶下滑而停止紀錄、束在肋骨下緣之胸帶會讓運動者覺得束縛而不舒服、連續使用幾天會容易產生皮膚起疹、有些皮膚敏感者更會因胸帶與皮膚摩擦而引起輕微磨傷或紅印等等（如圖 2-6 所示）。



圖 2-6 傳統式心律帶易產生體感上的不適

資料來源：<http://24h.pchome.com.tw/prod/DIACBD-A9005D590>

智慧穿戴裝置最終要滿足的就是使用者的需求性，為改善胸帶式心律感測器缺失，各家廠商紛紛研發不同技術的量測方法，2014 年逐漸推出光學脈搏偵測功能，免戴心跳帶，可透過偵測皮下微血管血流量的方式計算出心跳數，主要有兩種偵測方式：

1、光電感測 (Photoelectric sensors)：係利用 LED 光源朝生物體內照射，並運用感光器來測量穿透或反射於生物體內的光線(賴姿侑，2012)。如市面上最常見運動型腕錶，採用 LED 綠光，偵測血液流動造成微小波動，據以計算心跳數 (如圖 2-7 所示)。



圖 2-7 LED 心律感測器

資料來源：網路圖片整理

2、遠紅外線感測 (Far infrared sensor)：主要偵測指頭或耳上的微血管裡血液的流動來測量心跳數，如丹麥某耳機品牌推出藍牙立體聲耳機，是一款運動藍牙耳機外，還內建心跳偵測器，讓用戶只要戴上耳機，免綁心跳帶，就可以透過智慧手機持續偵測運動時的心跳數。又如手機背面小玻璃鏡片下安裝一個遠紅外線感應器，使用者將指尖或拇指放在玻璃窗上藉由遠紅外線感應器去偵測心跳 (如圖 2-8 所示)。



圖 2-8 遠紅外線心律感測器

資料來源：網路圖片整理

今年 3 月蘋果 APPLE WATCH 首度發表，更是將所有穿戴裝置的智慧功能集中在手錶上，標榜著讓強大的科技更加平易近人，更貼近人們生活，是專為穿戴而設計的裝置。尤其是內建心律感測器，Apple Watch 採用了兩種光來結合監測心律，一是綠色的 LED 燈光，另一個是遠紅外線，來加強消費者偵測心跳的穩定性與準確性（如圖 2-9 所示）。



圖 2-9 APPLE WATCH

資料來源：網路圖片整理

第三節 穿戴裝置於身體活動之應用

隨著穿戴科技進步的研發，許多專家學者運用該裝置輕巧、便利及可收集巨量資料的優勢，紛紛發表許多追蹤人體活動的研究報告，對於健康與健身類型穿戴式裝置的應用，深具參考價值，其中又以心律感測的相關驗證研究，最能代表智慧穿戴裝置應用在人體健康管理的價值，以下概涉略國內眾專家學者報告引述如后：

廖立同（2009），利用加速度規測量在不同跑步模式之下，量測手腕與腳踝加速度值差異性，進而推估建立跑步速度與心跳之迴歸分析，研究證實手臂的加速度適合在低強度的跑步中推估身體活動量，小腿的加速度適合在高強度的跑步中推估身體活動量；但結合加速度與心跳更能獲得身體活動量準確性(Strath 等，2005)。

杜鎮宇（2002）、黃芊芊及王顯智（2005），運用心跳帶與手腕接收器，不斷記錄心跳週期，經由快速傅立葉轉換求得功率頻譜，也就是心律變異度，藉以了解不同強度的規律運動訓練對人體安靜與運動狀態下心臟自主神經功能的影響；研究證實，以最大能力的 70%~80% 的運動強度作耐力訓練之後，受試者的最大攝氧量顯著地上升了 29%(Dubach 等，1997)，而美國運動醫學會對改善心肺適能的運動處方之建議強度是設定在最大攝氧量的 50%~80% 或最大心跳率的 55%~90% 之間。至此證明，高強度的運動訓練對心肺功能的提升有效。

林順萍（2014），運用三度空間加速度儀與隨身型心電圖偵測器，開發人體穿戴式身體活動與安全偵測系統，可應用於臨床研究、遠程醫療或個人健康資料庫。

許力升（2010），設計一平臺紀錄裝置系統，運用加速規，放置於人體五種部份，記錄加速規訊號，並設計出一套演算法，提供使用

者行走及跑步行為的速度估測及運動能量消耗之計算值。

劉仁筑（2007），將衛星定位系統與無線網路技術結合，設計一個應用於居家醫療看護的智慧型居家監控系統，將異常的生理數據與個人基本資料，透過無線網路傳送至周圍的醫療機構，便利醫院能即時做好對應的處理與準備，提昇醫療作業效率及病患存活率。

第四節 物聯網（Internet of Things，IoT）

上述各專家學者將感測器整合運用在身體活動測量上，透過平臺將所有數據逐一分析、運算，提供使用者運用在日常生活上，作為運動訓練提昇體能，甚至可提供健康照護機制，就好像物聯網的概念，讓人與物能進行溝通，並進而提昇人們生活品質。物聯網的概念起源於比爾蓋茲 1995 年《未來之路》一書，在《未來之路》中，比爾蓋茲已經提及 IoT 的概念，只是當時受限於無線網路、硬體及感測設備的發展，因此並未引起重視，但隨著技術不斷進步，國際電信聯盟於 2005 年正式提出 IoT 概念，而在 2009 年歐巴馬就職演講與 IBM 提出的「智慧地球」得到了熱烈地響應後，IoT 再次引起各界廣泛的關注（張志勇、陳正昌，2014）

壹、物聯網定義

維基百科對於物聯網的定義：物聯網是一個基於網際網路、傳統電信網等訊息承載體，讓所有能夠被獨立尋址的普通物理對象實現互聯互通的網絡，其應用領域主要包括以下幾個方面：運輸和物流領域、健康醫療領域範圍、智慧環境（家庭、辦公、工廠）領域、個人和社會領域等，具有十分廣闊的市場和應用前景（如圖 2-10 所示）。

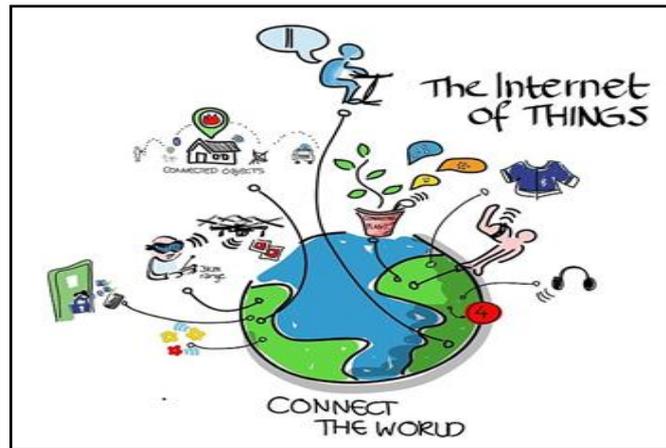


圖 2-10 物聯網將世界連結起來

資料來源：維基百科網頁

陳純郁、鍾曉君（2011）在報告指出，觀察全球主要國家及組織對物聯網的定義為：

國際電信聯盟（ITU）定義一藉由廣泛的在生活中所有物體嵌入短距離移動收發器，達到隨時（anytime）、隨地（anyplace）、隨物（anything）、都能互相聯結。

日本總務省一以人為核心，不論何時何地、任何東西、任何人皆可用網路簡單連接，藉此連接人與人、人與物、物與物的網路社會。

韓通訊委員會（KCC）一以人對物、物對物之間智能通訊服務，無論何時何地都能安全便捷的立即使用，並且需整合資訊通信科技（ICT）基礎建設。

中國大陸總理溫家寶一物聯網就是傳感器加互聯網，也就是透過傳感器將互聯網運用到基礎設施和服務產業。

歐盟智慧系統整合科技平臺（EPoSS）一由可識別的物件或物品組成之網路，使用者及社會組織可透過智慧操作介面與其溝通並與週遭環境感知連接。

綜上所述，物聯網就是人與人、人與物、物與物相連的網路，可

貼近人們工作與日常生活，成為無所不在卻又看不見的網絡世界。

貳、物聯網應用

物聯網名詞或許讓很多人陌生，但其實它已應用在我們日常生活中，最典型的代表為一手機，其內建 RFID、GPS、G-Sensors、電子羅盤及光感測器等各種感測與辨識硬體，並付予 WiFi、藍牙、3G 等無線傳輸能力，而多樣化的軟體與 APPs，使手機的智能已接近 IoT 所要求的智慧物件（陳純郁、鍾曉君，2011）。例如物流服務、人文藝術服務、智慧學習服務、智慧醫療服務、智慧家居服務、智慧交通服務以及智慧綠能服務等（張志勇、陳正昌，2014）不同層面之應用範圍（如圖 2-11 所示。以下略舉幾種應用概況：



圖 2-11 手機是 IoT 的智慧物件

資料來源：科學月刊，第 534 期 6 月號

一、智慧物流：常見於 RFID 裝置，運用 RFID 辨識標籤，並透過網路與系統的連線，如智慧運輸管理、智慧倉儲管理，將貨物的儲存位置、庫存數量、清點盤查、配送或銷售等狀況上傳至雲端資料庫中(如圖 2-12 所示)，使管理者一目了然，立即修正或提出營運決策，讓管理上能更有效率及便利性（張志勇等，2013）。。



圖 2-12 智慧物流管理態樣

資料來源：新通訊快報網站，智慧物流是 B2B 的成功關鍵

二、人文藝術：最有名的代表作就是由臺北藝術大學教授許素朱及淡江大學教授張志勇，費時兩年，建置一組十朵亮白真菌造型的「無線感測真菌人文樹道」，當第一人靠近真菌時，主樂聲響起，第二、三人靠近其他真菌，則依序播出管樂、弦樂等合奏效果，彷彿置身在國家音樂廳聆賞交響樂（如圖 2-13 所示）。另真菌內鍵光線、溫度、濕度及風力感測器。當真菌察覺四周濕度升高，雨水一滴下，自動發出雨聲；風吹過真菌，則傳出風聲；當日光變暗，太陽下山的輕鬆音樂揚起，每朵真菌逐一亮起（如圖 2-14 所示）。

這款真菌人文樹道，巧妙地將科技與藝術結合起來，確實帶來讓人們感受到科技體驗於生活中的啟發。



圖 2-13 真菌交響樂場景圖

資料來源：張志勇等(2013)，物聯網概論



圖 2-14 民眾與真菌人文樹道互動

資料來源：謝文華(2010)，生活時報電子報報導

三、健康與居家照護：穿戴式測量裝置的發展成為近年來醫學工程領域相當重視且努力發展的目標。透過感測器無線通訊技術，可即時且不間斷地量測與記錄各種生理訊號、身體姿態等（吳世琳、王惟溫，2014）。最常運用到銀髮族健康照護（如圖 2-15 所示）。

陳成雄、陳明福（2013）、王政程（2013），運用心律感測器、三軸加速度感測器，收集記錄銀髮族個人穿戴式裝置之運動量、心律值

等運動相關資料，透過 Bluetooth 與 ZigBee 無線傳輸模組，傳送到雲端由物聯網系統整合並轉換為有用資訊（如計步、計速、計程、卡路里消耗、心律變異）等資料，提供醫護人員作為運動處方開立之依據，甚至可以應用於居家照護。

例如老年人身上可隨身攜帶多種人體感測器，如加速規、血壓感測器或心跳感測器等在家中休養身體，這些互連裝置可自動追蹤生命跡象與患者的活動，檢測可能發生潛在問題的變化，如發生意外（如跌倒或身體不適昏迷），可向照護人員、醫院或親屬即時提出示警，儘速派遣救護人員到場（張志勇等，2013）。

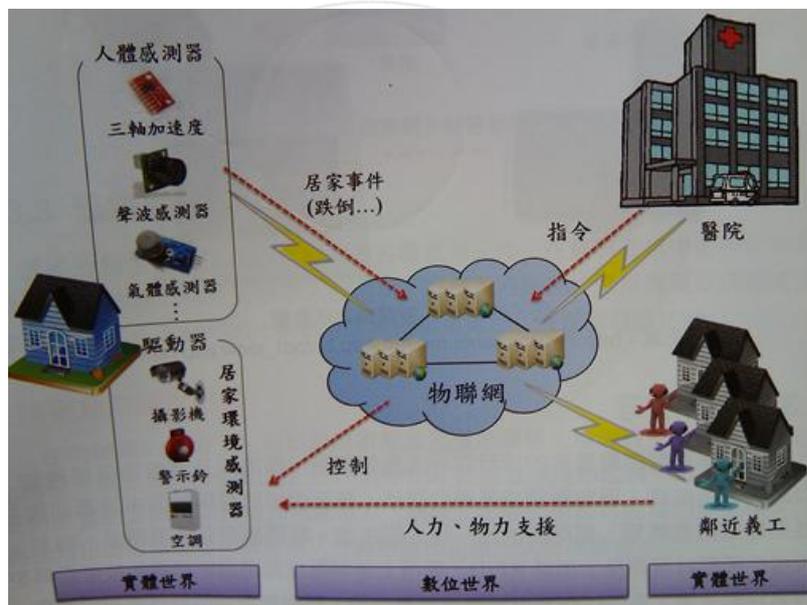


圖 2-15 健康照護應用系統縮圖

資料來源：張志勇等(2013)，物聯網概論，頁 11-19

四、智慧居家：也是最常見的應用之一，房子內裝置各種環境感測器，如光感測器，可適時自動調整窗簾的遮蔽情況；又如根據溫濕度感測器，可適時自動調節冷氣的舒適度；或利用紅外線感測器監控門是否有人侵入，亦可利用手機上網隨時觀看家中狀況。而這樣的技術甚至可應用在社區，例如公共設施中，隨時監控用水、用電等能源

消耗；公共安全可透過感測技術監控瓦斯外洩、火災、小偷等事件，立即應處解決。透過物聯網，將社區的人、事、物等重要資訊進行有效地儲存、管理及分享，即時地傳遞給社區所有人並取得回饋（張志勇等，2013）。

第五節 小結

從上述各學者的研究可發現，運用感測器確實可以幫忙身體活動量測，讓人們清楚了解自己的體能狀況，甚至可以落實於日常生活，發揮在健康照護方面，現行市售運動型智慧手錶，無論是應用技術與應用目的，均與上述學者相關研究報導原理是一樣的。科技如此進步，在穿戴裝置小小空間內，確實隱藏各種專業智慧，若能將各種專業訊息整合在感測裝置網路平臺上，由專業人士即時回饋提供專業建議，讓穿戴裝置更大眾化與智能化，成為人們最佳健康小幫手。

第三章 研究方法與設備介紹

第一節 研究方法與架構

本研究使用市售運動型智慧穿戴裝置為實驗設備，其外型為腕狀式手錶，搭配心律感測器，第一階段：採集身體活動量 4 個基本層面原理當中（頻率、強度、形式、持續時間）之量化訊號。第二階段：運用統計分析法，進行相關係數與線性迴歸分析，第三階段：所得分析結果再以描敘性統計法，通過理解和驗證，及引用專家學者論證，探討身體活動量化訊號之間的相關性與準確性（如圖 3-1 所示）。

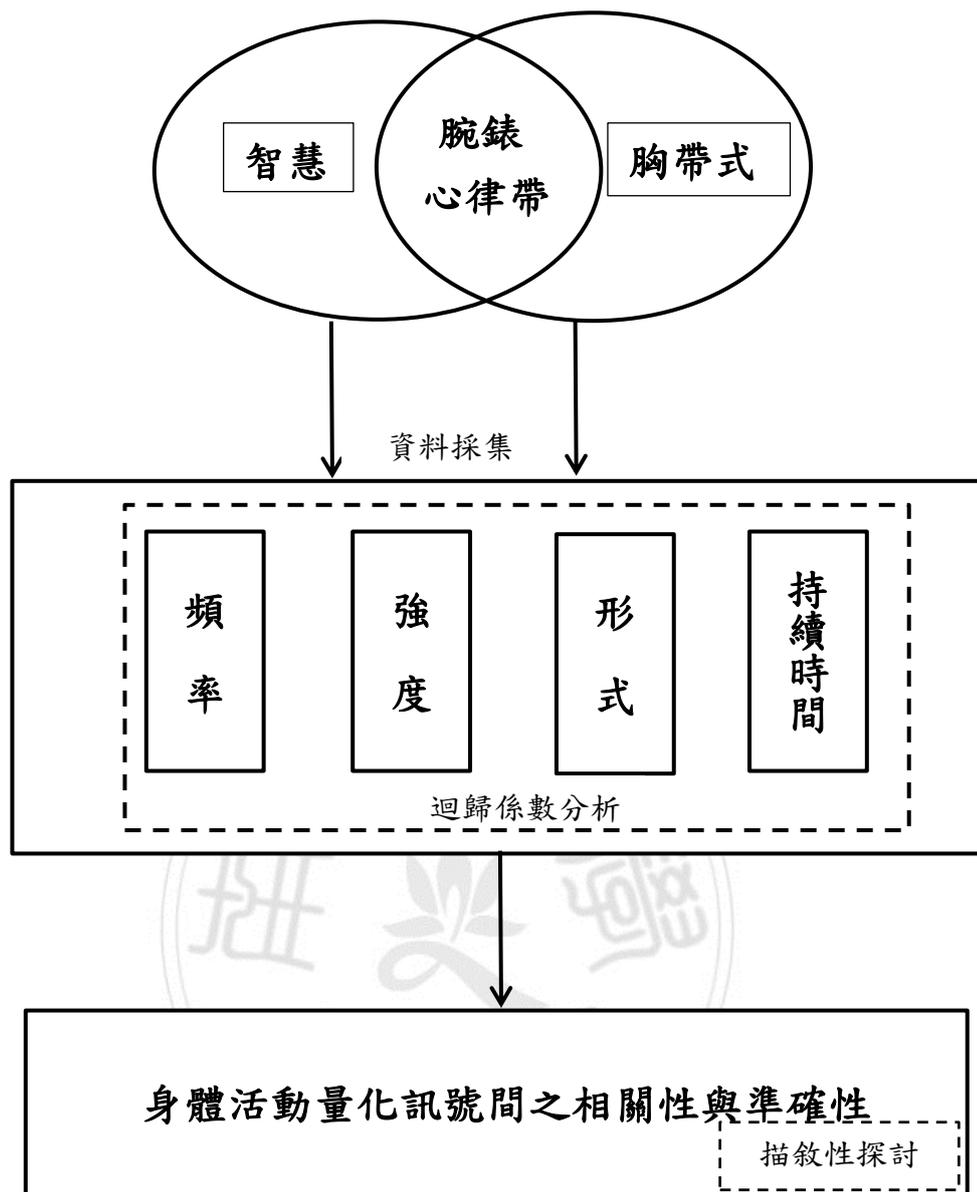


圖 3-1 研究架構圖

資料來源：本研究自行整理

第二節 感測裝置介紹

壹、感測裝備外型設計

為腕狀式手錶，能夠使用超長 14 小時 GPS 連續計測的超強續航力，專為跑步及戶外運動之時間、距離、速度（配速）、消耗熱量、心律計測以及軌跡記錄設計（如圖 3-2 所示）。



圖 3-2 腕式 GPS – 運動軌跡記錄器

資料來源：網路圖片整理

配備心律感測器，為心律帶與心律感測器的組合，可在跑步中即時測量心跳數，亦可設定心律上、下限範圍，在爬坡路段或進行高負荷訓練時，幫助跑者調整負荷（如圖 3-3 所示）。本裝置內建無線功能，並具備當心律感測器運作時，能透過無線傳輸對主機傳送或接收心跳測量數據的功能。



圖 3-3 心律帶

資料來源：使用說明書

貳、感測裝備內建設計

內建低耗能、極薄型、高精度 GPS 感測晶片（如圖 3-4 所示），

藉由接收 GPS 衛星信號的方式，測量距離與配速；另內建步伐感應器，在 GPS 訊號接收不良的隧道或都會峽谷中，以實際速度及身體振動周波數計測跑步時的步頻與步伐寬度，精確測量距離與配速（如圖 3-5 所示）。

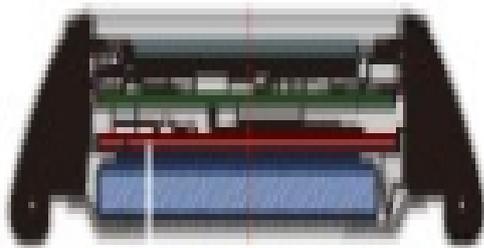


圖 3-4 低耗能 GPS 天線

資料來源：網路資料整理

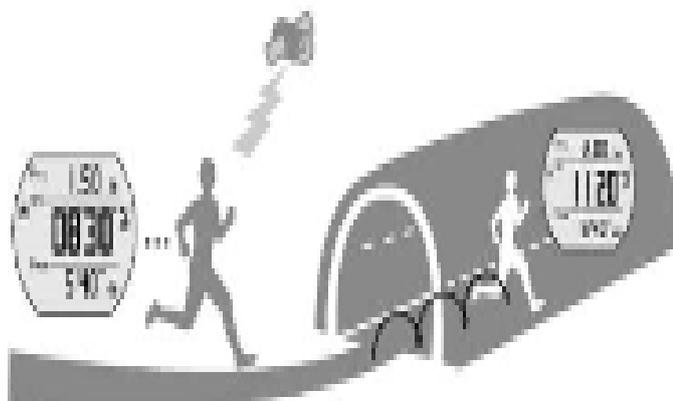


圖 3-5 步伐感應器

資料來源：使用說明書

第三節 網路平臺服務功能介紹

壹、雲端運算平臺

輕鬆完成資料上傳、記錄、管理與分享，依照評估身體活動量 4

個基本層面原理，頻率、強度、形式及持續時間，該平臺以月曆形式管理跑步資料(如圖 3-6 所示)，記錄每日路跑情況(如圖 3-7 所示)，並圖像化距離、時間、速度、心律、熱量等身體活動數據，訓練成果一目了然(如圖 3-8 所示)。



圖 3-6 月曆形式管理

資料來源：本研究裝置網路平臺



圖 3-7 日記展開形式記錄

資料來源：本研究裝置網路平臺

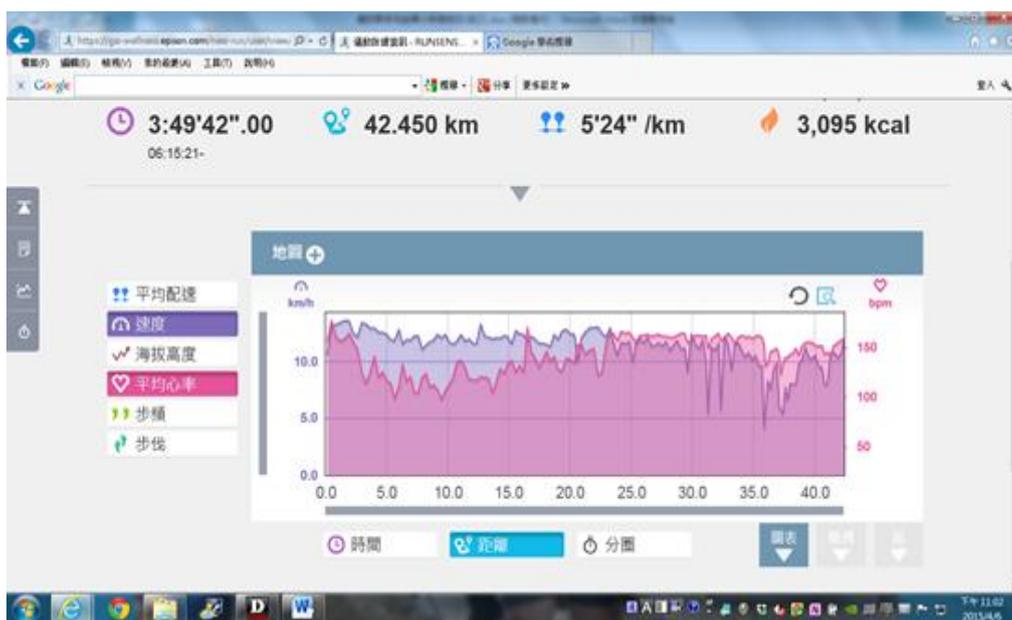


圖 3-8 圖像化描述

資料來源：本研究裝置網路平臺

貳、雲端服務平臺

透過 GPS 機能搭載，凡跑過必留下軌跡，而且每場均完全記錄，彷彿重返現場（如圖 3-9 所示）。



圖 3-9 GPS 地圖

資料來源：本研究裝置網路平臺

可允許將其他應用程式連結至此軟體，以使用多種應用程式管理該網路平臺的資料。間接將網路平臺不足功能透過 APP 使其功能延伸（如圖 3-10 所示）。

MapMyFitness：能找到全球所有城市的鍛鍊路線，通過連結也可直接運用行動裝置追蹤身體活動的整體情況。還可以將飲食習慣連同運動情況一起記錄，隨時隨地感知自身的總體健康狀況。

RunKeeper：結合了 GPS 的功能，能夠追蹤行程路線並且紀錄，讓自己能夠了解自己的運動狀況，還能紀錄速度、距離、卡路里等等，進而更有規劃的來達成自己的運動目標。

Strava：這是一款單車運動網站，它會比照其他人騎過相同的「路線」中的某「路段」，如最陡坡段，來看看自己排名第幾。甚至還可以看看自家附近有多少「路段」可以適合單車行。

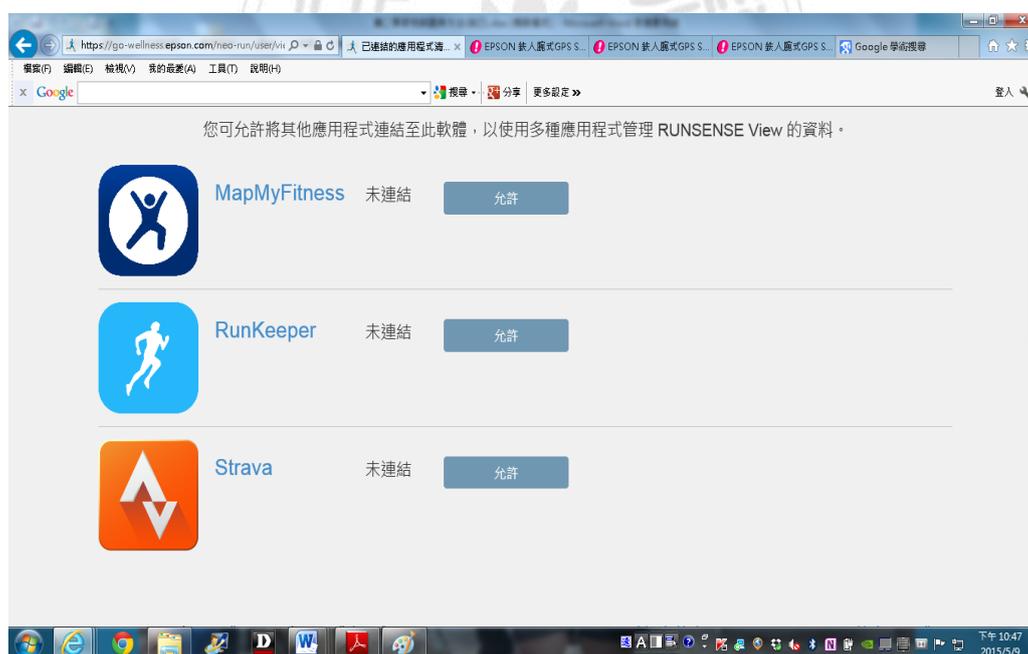


圖 3-10 應用程式清單

資料來源：本研究裝置網路平臺

第四節 裝置實作與運用

壹、主機運作

受測者每日自行選擇時間、地點執行戶外運動（跑步），配戴手腕錶與心律帶進行測量，進行計時碼錶(Chronograph)/ 運動(Exercise) / 間歇 (Interval) 的測量時，畫面的左端與右端將顯示各種圖示（如圖 3-11 所示），可依此確認來自 GPS 衛星的信號與感應器的狀態（如表 3-1 所示）。



圖 3-11 啟動畫面

資料來源：使用說明書

表 3-1 圖示概要表

	圖示	名稱	概要
①		GPS接收狀態	顯示GPS衛星信號的接收狀態。 顯示：正在接收GPS衛星的信號。 閃爍：無法接收GPS衛星的信號或正在搜尋衛星
②		步伐感應器狀態	顯示步伐感應器的設定狀態 (→P.58)。 顯示：步伐感應器處於啟用狀態
③		心率感測器狀態	顯示與心率感測器之間的通訊狀態 (→P.64)。 顯示：正在與心率感測器通訊 閃爍：無法與心率感測器通訊
④		記憶體狀態	當主機記憶體的可用容量過少時亮燈。 • 當主機記憶體的可用容量已完全耗盡時，將開始逐一覆蓋舊資料。 • 亦可利用[Menu (選單)] - [Settings (設定)] - [Sys. Settings (系統設定)] - [Clear History (清除所有記錄)]的操作步驟刪除所有資料。 • 如欲保留的資料，請上傳至網頁 (→P.115)。
⑤		測量狀態	顯示測量的狀態 (不會同時顯示與)。 閃爍：測量中 顯示：停止測量中

資料來源：使用說明書

主機是藉由從多個 GPS 衛星接收信號的方式，測量距離與配速。當接收到 4 個以上的衛星信號時，即會結束搜尋 GPS 衛星的動作，進入可測量狀態。建議最好能從 6 個以上的衛星接收信號，以獲得更加穩定的測量結果 (如圖 3-12 所示)。

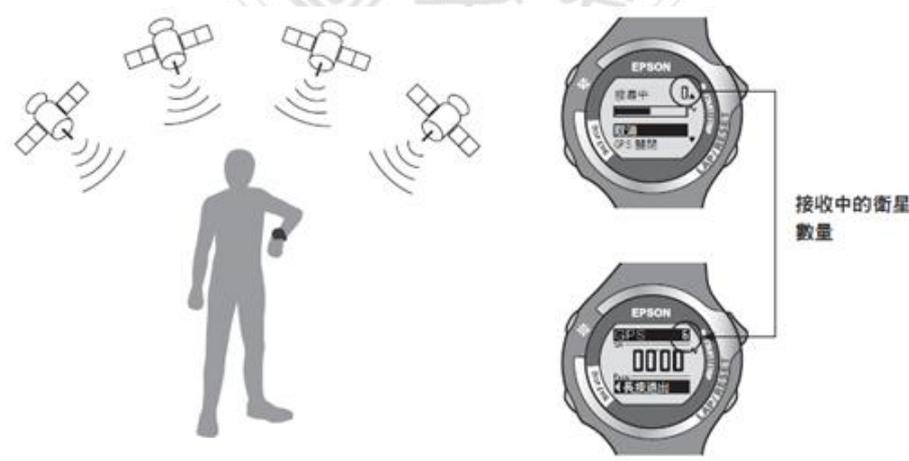


圖 3-12 GPS 訊號接收畫面

資料來源：使用說明書

測量時選定主要測量功能，共有計時碼錶 (Chronograph) / 運動 (Exercise) / 間歇 (Interval) 等 3 種測量功能 (如表 3-2 所示)，可輔助使用者跑步與鍛鍊，本研究以計時碼錶為主要選定項目。

表 3-2 主要測量功能

	<p>◆計時碼錶 (Chronograph)</p> <p>測量距離與時間等跑步資料的功能。 除了能測量分段時間^{*1}與分圈時間^{*2}之外，還可利用GPS信號測量距離與配速</p> <p>*1分段時間：自開始至某個區間為止的總時間 *2分圈時間：各區間的總時間</p> <p>測量結果可利用[Recall (顯示先前資料)]進行確認</p> 
	<p>◆運動 (Exercise)</p> <p>可設定目標配速，於運動時持續確認達成度的功能。 可活用於以維持配速為目的之運動。</p> <p>當超越目標配速時，畫面會顯示「😊GOOD」。</p> 
	<p>◆間歇 (Interval)</p> <p>以間歇 (Interval) 訓練^{*3}為目的之功能。</p> <p>*3間歇 (Interval) 訓練： 藉由不斷反覆進行強負荷與低負荷運動的方式，提升運動能力的訓練方法。</p> <p>利用強負荷運動 (衝刺) 與低負荷運動 (休息) 的組合，建立運動選單。 每當在衝刺運動與休息運動之間進行切換時，皆會發出通知。</p> 

資料來源：使用說明書

貳、心律帶

以心律帶的電極部分緊貼胸部的的方式，戴上心律帶 (如圖 3-13 所示)，以水沾溼心律帶背面的電極部位，可讓測量結果更加穩定 (如圖 3-14 所示)。

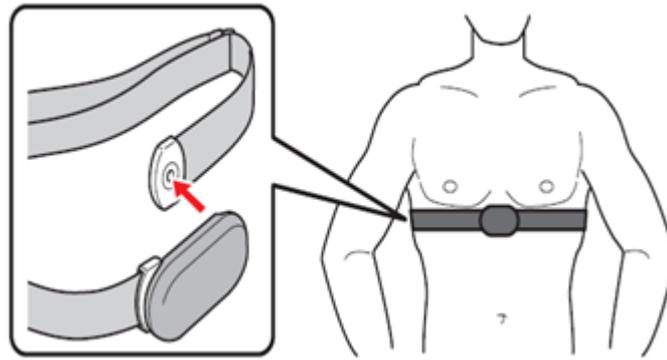


圖 3-13 心律帶配戴位置圖

資料來源：使用說明書

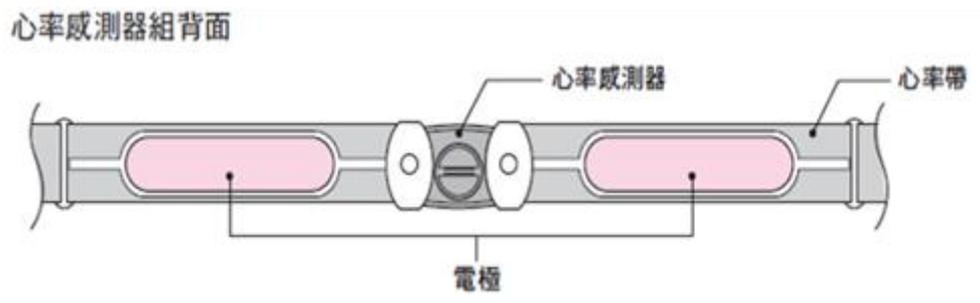


圖 3-14 心律帶背面圖示

資料來源：使用說明書

首次使用心律感測器組時，必須先進行配對，裝上心律感測器組後，將[HR Sensor (心律感測器)]設為[ON (開啟)]來啟動心律感測器 (如圖 3-15 所示)。



圖 3-15 主機與心律器配對圖示

資料來源：使用說明書

參、資料上傳

將主機連接已安裝系統 NR Uploader 的電腦，完成資料上傳、記錄、管理與分享（如圖 3-16 示）。



圖 3-16 記錄器連接主機圖示

資料來源：使用說明書

第四章 研究結果分析與探討

第一節 資料彙集與整理

跑者身高 174 公分、體重 70 公斤、年齡 48 歲，統計 104 年 10 月迄至 105 年 3 月止，紀錄近 6 個月 106 次、總距離 1295.22 公里、累計消耗量 94758 大卡（如表 4-1 所示）。將該期間所測得各項身體活動數據，如平均心律、平均速度、平均配速、運動時間與消耗熱量，運用 EXCEL 統計軟體進行連續變化曲線分析，發現依照評估身體活動量 4 個基本層面原理（頻率、強度、形式、持續時間），該曲線變化趨勢有一致性，將於本章第二節繼續探討身體活動訊號間之相關性與準確性（如圖 4-1 所示）。

表 4-1 統計資料

	測跑次數	總距離(km)	總消耗量(kcal)
2014年10月	20	205.42	14919
2014年11月	19	230.98	16856
2014年12月	18	243.20	17593
2015年1月	23	288.52	20842
2015年2月	20	232.53	17659
2015年3月	6	94.57	6889
總計	106	1295.22	94758

資料來源：本研究整理

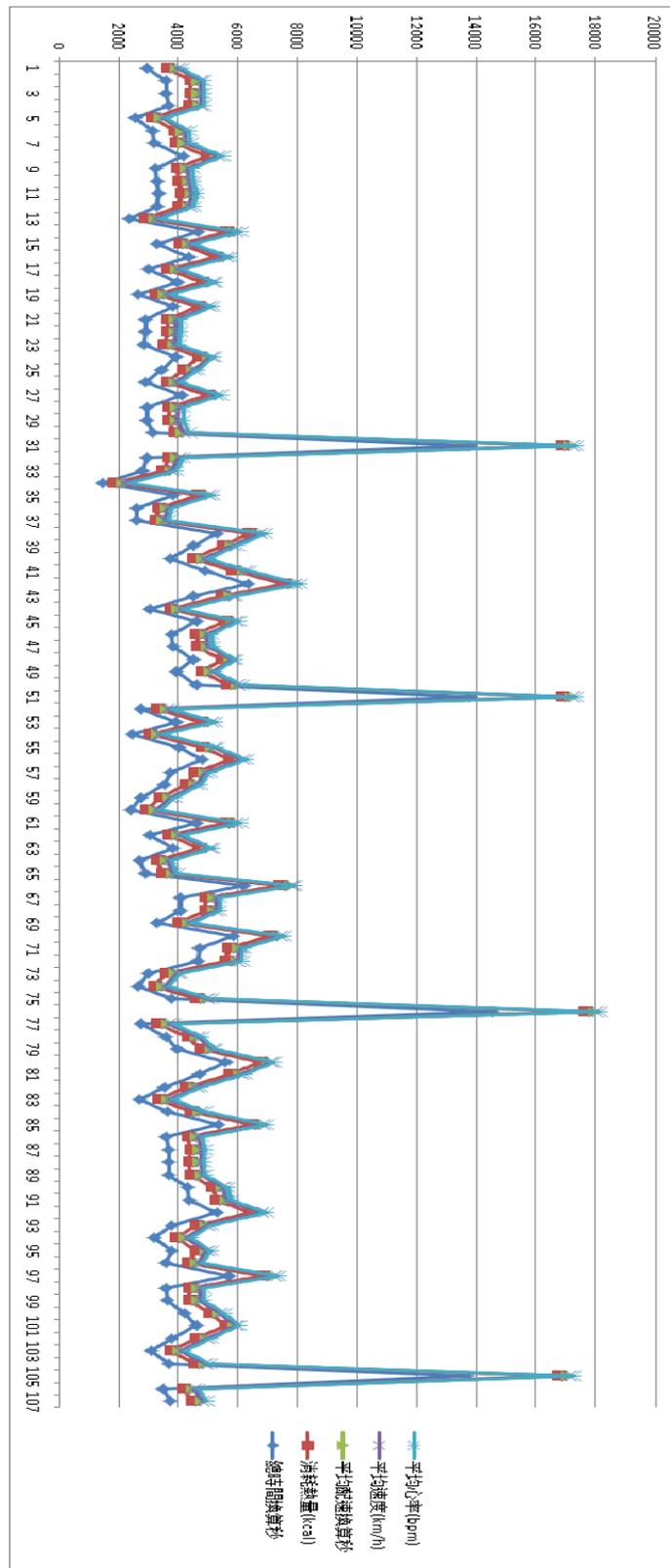


圖 4-1 身體活動數據連續變化曲線圖

資料來源：本研究整理

第二節 距離、總時間、平速度與消耗熱量之相關性

壹、距離、總時間及平均速度與消耗熱量之相關

分析感測裝置所紀錄平均速度、時間、距離與消耗熱量之間迴歸係數，得出消耗熱量與距離為正相關 $r=0.999$ (如圖 4-2 所示)、消耗熱量與時間為正相關 $r=0.991$ (如圖 4-3 所示)、消耗熱量與平均速度正相關 $r=-0.017$ (如圖 4-4 所示)，綜上所述，4 項身體活動反映相關矩陣中，僅距離、時間與熱量有相關、平均速度與熱量相關係數甚低 (如表 4-2 所示)，依牛頓定律原理 (能量=速度 X 時間) 來說，速度越快熱量越高，兩者應該有相關性，是否代表感測裝置無法準確感測跑者速度？進而造成感測平臺運算無法正確獲得身體活動的熱量數據？

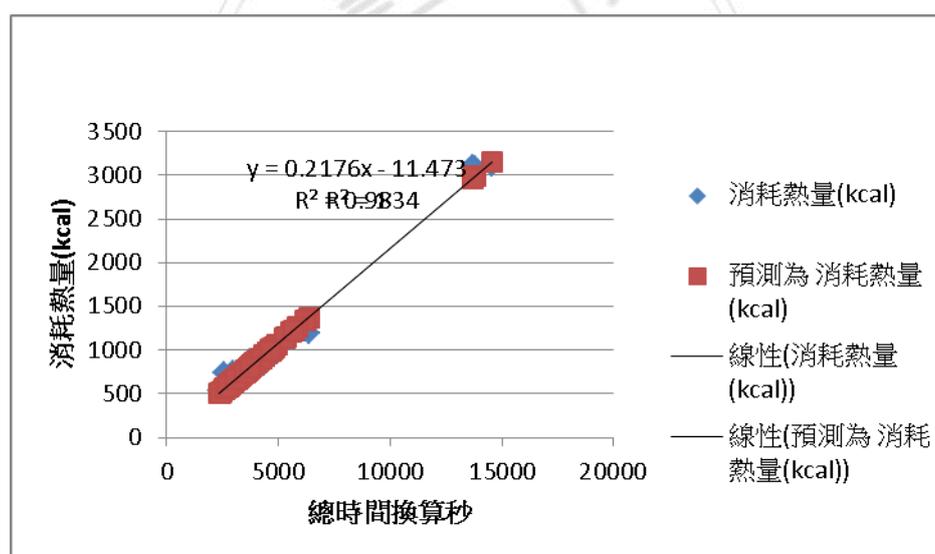


圖 4-2 消耗熱量與總距離線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

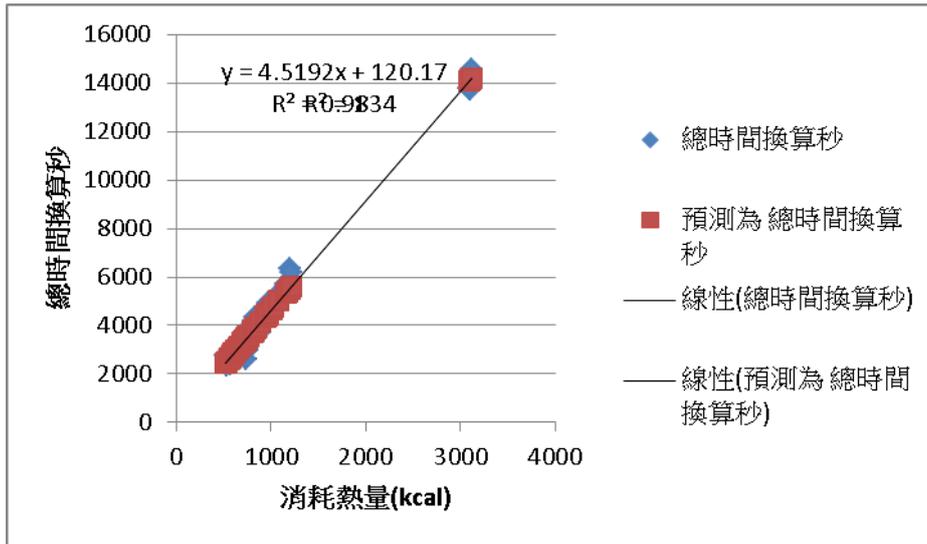


圖 4-3 消耗熱量與總時間線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

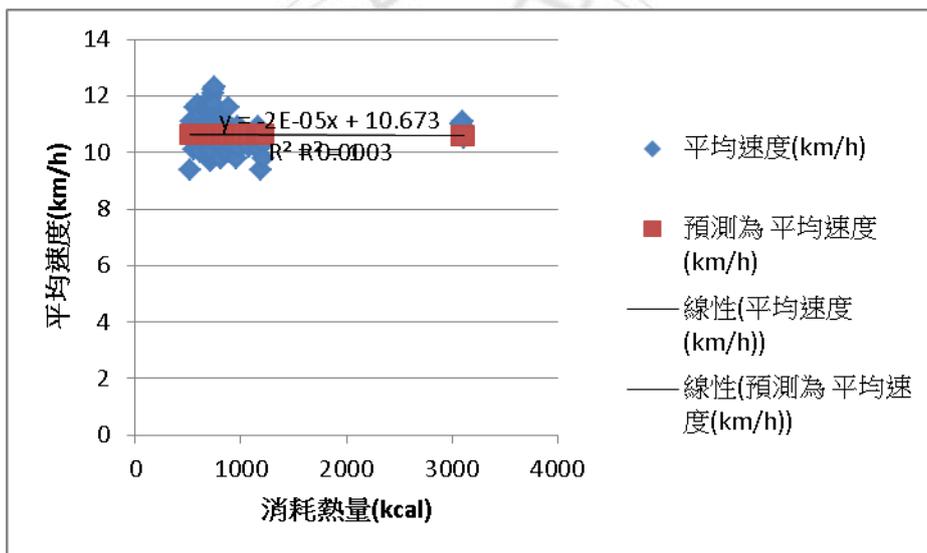


圖 4-4 消耗熱量與速度線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

表 4-2 距離、時間、速度與熱量相關矩陣

	消耗熱量 (kcal)	總距離 (km)	總時間 換算秒	平均速度 (km/h)
消耗熱量 (kcal)	1			
總距離 (km)	0.9998	1		
總時間 換算秒	0.9916	0.9935	1	
平均速度 (km/h)	-0.0171	-0.0328	-0.1351	1

資料來源：本研究整理

依牛頓定律原理，速度越快，力量應該越大，也就是速度與熱量應為負相關，惟圖 4-4 所示，速度分佈散亂，表示跑者每次速度快慢不定；分析其原因為，跑者採戶外活動，除未限制心律、速度之外，地形距離亦未固定，因此研判在戶外較複雜情境下，無法準確控制速度，造成無法得出與熱量有相關的預測公式，應截取固定距離，作為相關迴歸分析。

貳、等同距離探討總時間、平均速度與消耗熱量之相關

綜上，若截取相同距離（以 10 及 11 公里為例），分析探討平均速度、總時間與消耗熱量之迴歸係數，發現 10 公里紀錄中，消耗熱量與總時間為負相關係數 $r=-0.709$ （如圖 4-5 所示）、與平均速度為正相關係數 $r=0.828$ （如圖 4-6 所示）；因此，在相同距離及等速速度上，得出身體活動反映相關矩陣中，消耗熱量與總時間為負相關與平均速度為正相關（如表 4-3 所示）；在 11 公里方面，消耗熱量與總時間為負相關係數 $r=-0.801$ （如圖 4-7 所示）、與平均速度為正相關係數

$r=0.867$ (如圖 4-8 所示)，得出身體活動反映相關矩陣中，消耗熱量與總時間為負相關與平均速度為正相關 (如表 4-4 所示)。

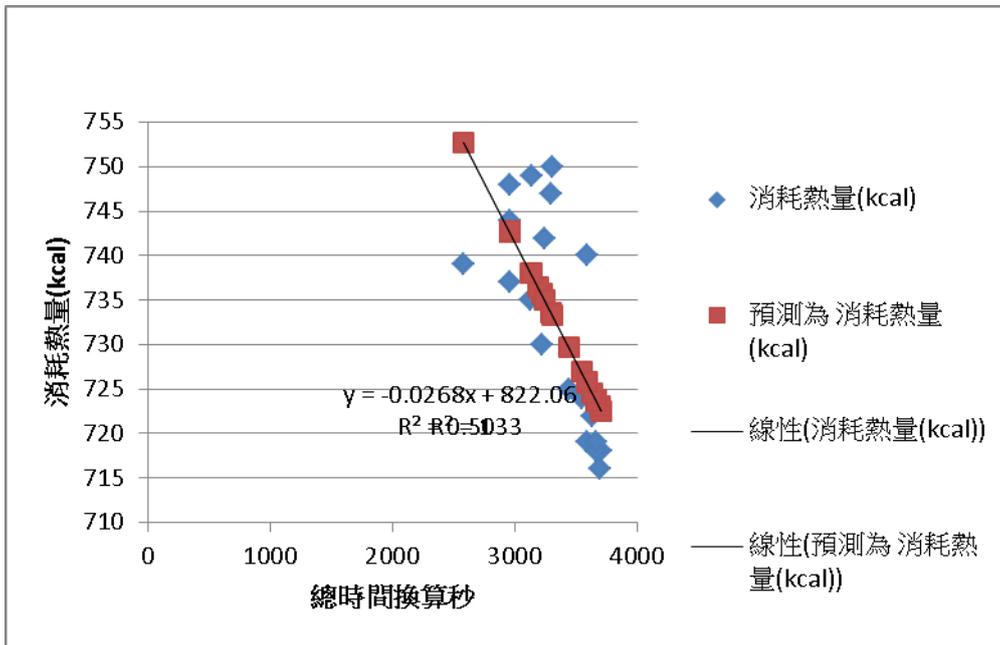


圖 4-5 10 公里消耗熱量與總時間線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

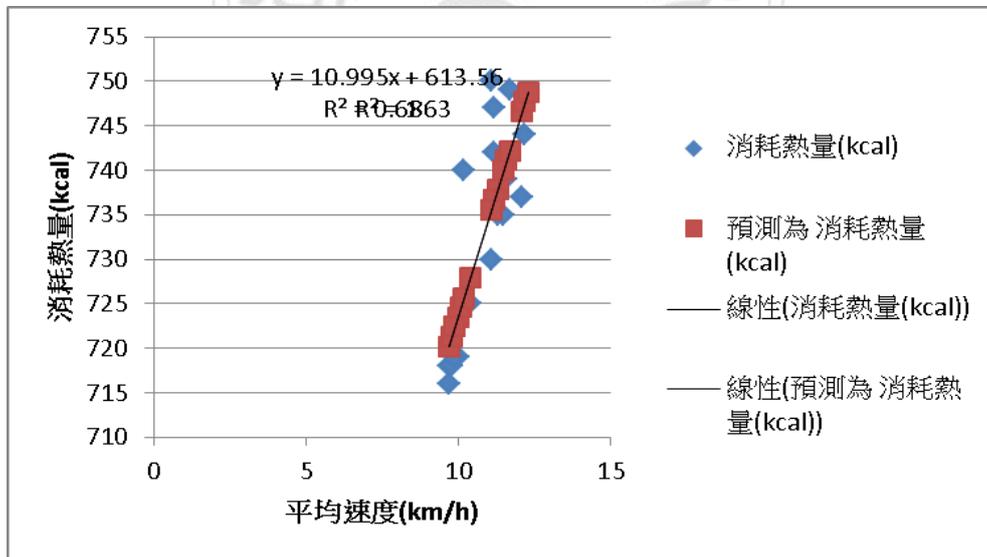


圖 4-6 10 公里消耗熱量與速度線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

表 4-3 10 公里速度、時間與消耗熱量相關係數表

	消耗熱量 (kcal)	總時間換算秒	平均速度 (km/h)
消耗熱量 (kcal)	1		
總時間換算秒	-0.7094	1	
平均速度 (km/h)	0.8284	-0.919	1

資料來源：本研究整理

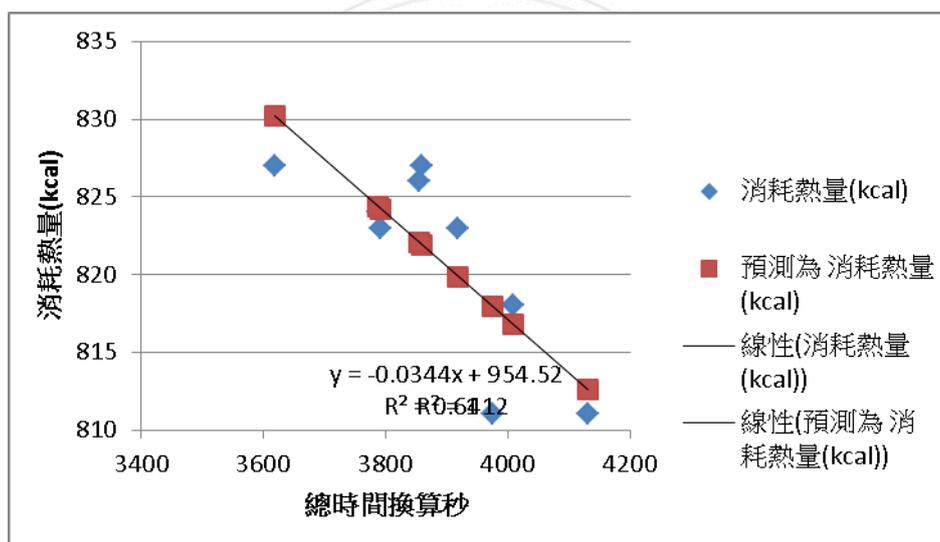


圖 4-7 10 公里消耗熱量與總時間線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

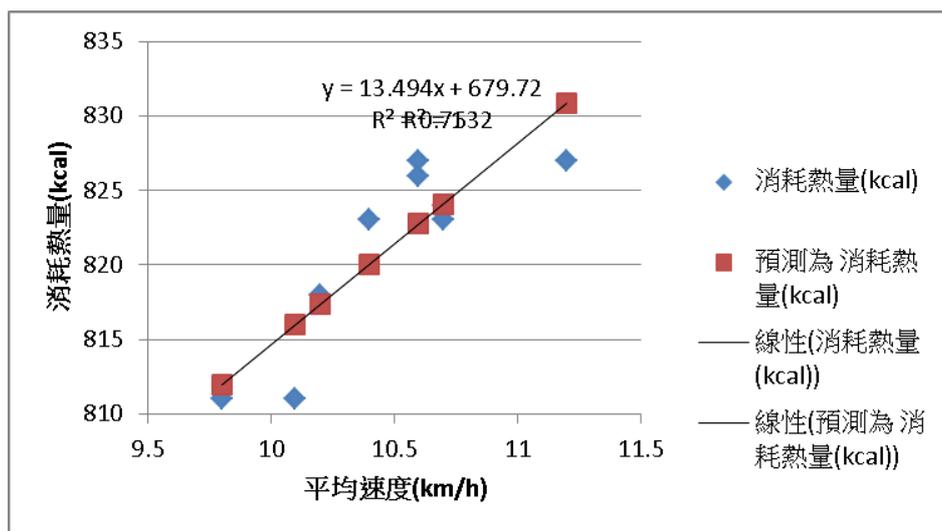


圖 4-8 11 公里消耗熱量與速度線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

表 4-4 11 公里速度、時間與消耗熱量相關係數表

	消耗熱量 (kcal)	總時間換算秒	平均速度 (km/h)
消耗熱量 (kcal)	1		
總時間換算 秒	-0.8007	1	
平均速度 (km/h)	0.8678	-0.9890	1

資料來源：本研究整理

參、總時間、平均速度與消耗熱量之正負相關探討

依照牛頓定律原理，時間越長、速度越快，在相乘原理下，能量應該是越高，但上述報告，在測量 10 公里、11 公里距離下，總時間卻與熱量呈現負相關，其原因乃速度快與慢之分別，本研究速度為平均速度 (km/h)，速度越快，熱量消耗就越高為正相關；相對平均速度越快，跑者在相同距離下所花的時間就越短，便與熱量消耗呈現負相關(如表 4-5 所示)。上述表 4.3 與 4.4 得出消耗熱量與總時間-平均

速度有相關，可作為評估身體活動量的依據。如傅麗蘭、陳毓君(2005)利用加速規量化身體活動的能量消耗、Balogum 等(1989)利用加速規在不同步行速度的數值與能量消耗有相關性、許力升(2010年)以身體運動的加速度及使用者的身體資訊，合併實際去估測出行走及跑步速度的方法，可精確的計算人體活動的熱量。

表 4-5 時間、速度與消耗熱量原始統計表-10 公里

消耗熱量(kcal)	總時間換算秒	平均速度(km/h)
739	2586	11.6
748	2956	12.3
737	2961	12.1
744	2964	12.2
735	3132	11.5
749	3136	11.7
735	3191	11.3
730	3222	11.1
742	3247	11.2
747	3298	11.2
750	3312	11.1
725	3448	10.4
724	3548	10.1
740	3592	10.2
719	3594	10
722	3637	9.9
718	3666	9.8
719	3670	9.9

716	3693	9.7
718	3711	9.7

資料來源：本研究整理

肆、感測平臺與人工估算熱量迴歸係數分析

上述熱量分析乃截取相同距離，是否代表穿戴裝置僅在相同距離情況下，感測器所得熱量數據才具參考性；在簡易卡路里計算公式中， $\text{熱量} = \text{速度 (Km/Hr)} \times \text{時間 (Hr)} \times \text{體重 (Kg)}$ ，將感測裝置所紀錄數據帶入公式進行運算，得出兩者數據變化趨勢有一致性（如圖 4-9 所示），將兩者進行迴歸係數分析，求出為正相關，其係數高達 $r=0.998$ （如圖 4-10 所示）。也就是穿戴裝置感測身體活動量化數據透過平臺運算，所得各項身體活動反映，確實有其參考價值。

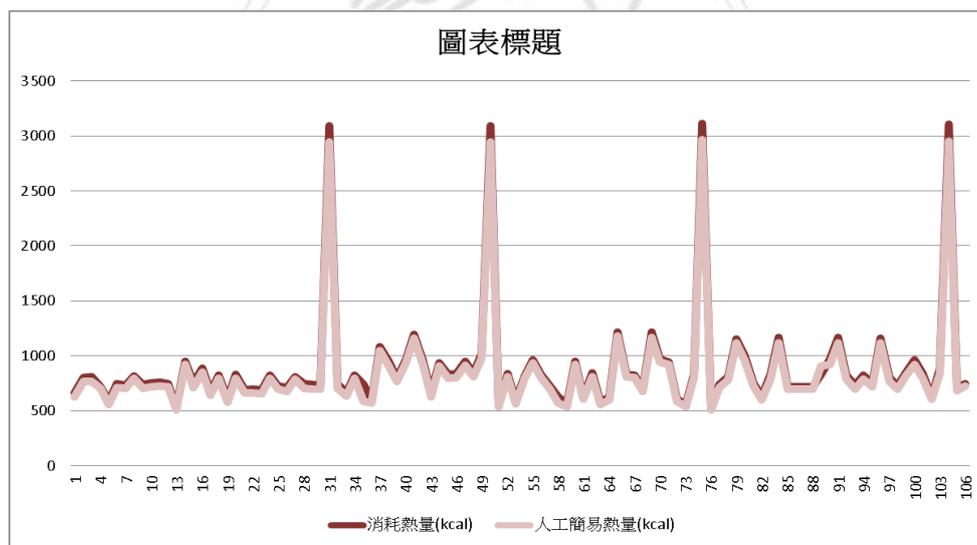


圖 4-9 消耗熱量與人工估算-熱量變化趨勢

資料來源：本研究整理

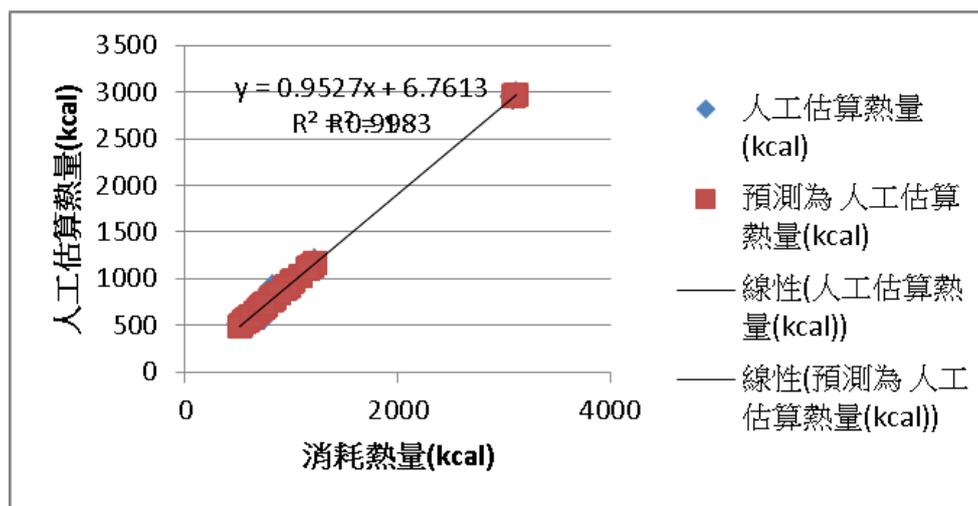


圖 4-10 消耗熱量與人工估算迴歸相關分析

資料來源：本研究整理

上圖 4-9 所示，感測平臺所運算之消耗熱量，雖然與人工估算無明顯差異，但其趨勢曲線均較高。然而測量身體活動方法超過 30 種以上(LaPorte 等，1985)。所得出的數據沒有對或錯，而是準確度是否夠，所提供的資訊是否可以被了解，甚至擴大到健康衛生照護方面。本研究速度感測裝置，乃運用全球定位系統 (GPS)，透過衛星偵測使用者的跑步距離除以運動時間，推估出即時的跑步速度，傅麗蘭、陳毓君 (2005) 研究運用加速規測量三種不同速度在跑步機上行走時的能量消耗，可以有效感應速度變化，但對坡度變化較不敏感，且易高估能量消耗數值。廖立同 (2009) 亦指出單軸加速度只可以偵測軀幹垂直方向的加速度，對於地面坡度、負重所增加的能量消耗其感應度不高。

目前市面上常見的測量身體活動方法為心跳監測器，下一節將分析探討跑者心跳率、速度、熱量及攝氧量之間的相關，驗證結合心律帶穿戴裝置的相關性與準確性。

第三節 心律與身體活動相關性

壹、平均心律與平均速度之迴歸係數分析

將所有平均心律與平均速度進行迴歸係數分析，求得相關係數 $r=0.562$ ，顯示心律與速度呈線性相關(如圖 4-11 所示)。廖立同(2009)在一項以心律錶做為心跳監控儀器的實驗中，亦指出無論是平地跑或跑步機跑步情況下，心跳率與跑步速度呈現線性相關。若截取 10 公里距離進行心律與速度迴歸係數分析，求得相關係數 $r=0.953$ (如圖 4-12 所示)、11 公里距離進行心律與速度迴歸係數分析，求得相關係數 $r=0.434$ (如圖 4-13 所示)。心跳率經常被用來當作監測運動強度的簡易指標 (Ceasay et al., 1989)，可作為避免運動者過度訓練或維護心臟機能安全性，甚至已廣泛運用心律訓練來協助運動員提升體能，尤其是馬拉松、足球員或籃球員等。

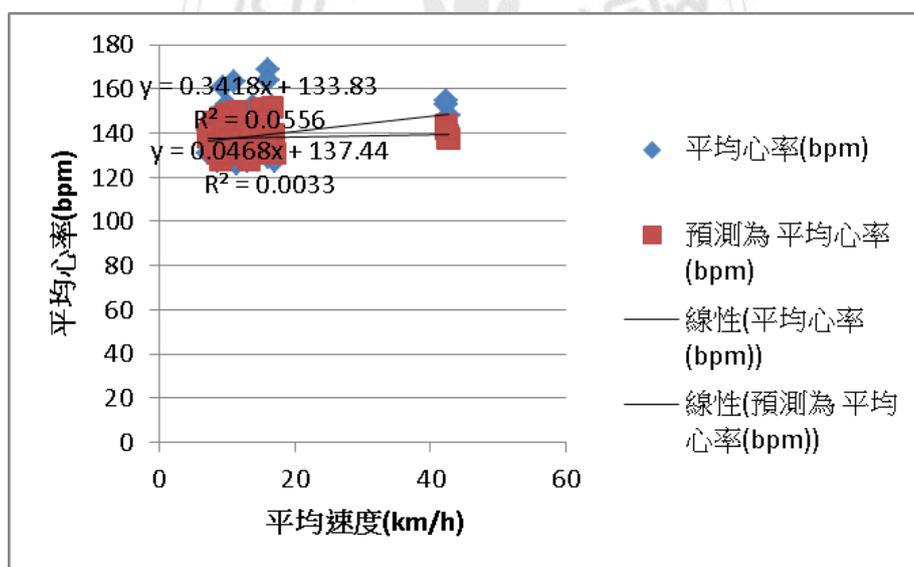


圖 4-11 平均心律與平均速度線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

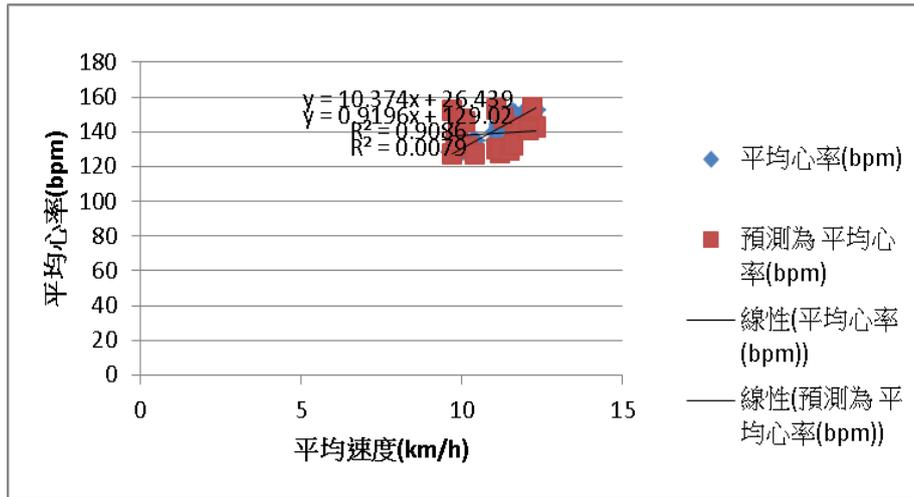


圖 4-12 10 公里平均心律與平均速度線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

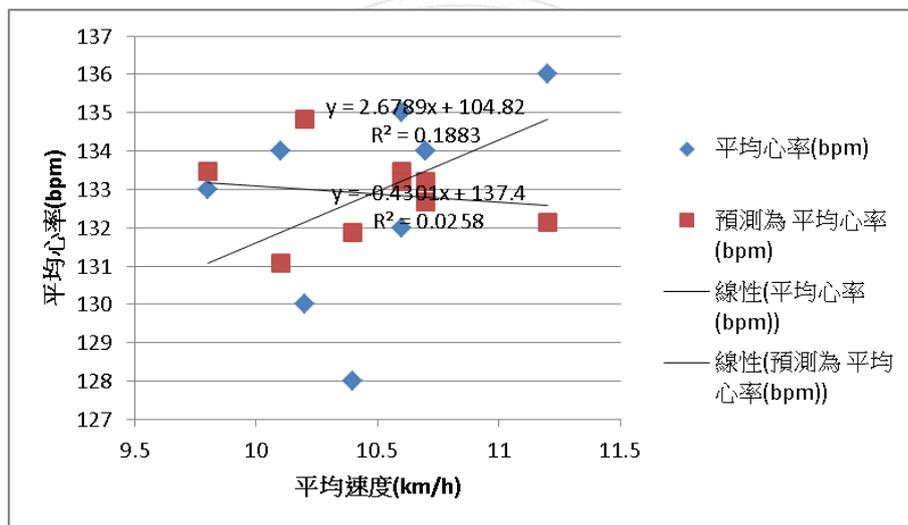


圖 4-13 11 公里平均心律與平均速度線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

更多專家學者亦提出心律訓練的相關研究，如程文欣（2006）以心跳率控制（heart rate control, HRC）跑步速度之耐力訓練研究中，在長時間有氧訓練下，維持相同的目標心跳律，隨著時間經過運動能力提升，相對的跑步速度也會加快。（何梅櫻，2008；堀內一秀，2014）利用心律控制，訓練跑者在高強度間歇運動，以提高心肺功能進而增加體能；在健康方面，杜鎮宇（2002）在其不同強度的規律運動訓練

對人體心臟功能的影響報告中亦指出，欲改善心臟自主神經活性的調控狀態，以高強度的運動訓練的效果較佳；又諸如美國運動醫學會（ACSM）提出運動指引、國內體委會提倡 333 運動，均在強調適當的提高運動強度，對於身體活動達到健康有益是相當重要因素，甚至納入國民運動計劃內推行。

貳、平均心律、攝氧量與熱量之迴歸係數分析

將所有平均心律與熱量消耗進行迴歸係數分析，求得正相關係數 $r=0.244$ ，顯示心律與熱量有線性相關（如圖 4-14 所示）惟相關係數較低，將兩者數據以變化趨勢呈現（如圖 4-15 所示），熱量消耗起伏似乎與平均心律一致。若採等同距離分析，截取 10 公里距離進行心律與熱量迴歸係數分析，求得正相關係數 $r=0.765$ （如圖 4-16 所示）、11 公里距離進行心律與熱量迴歸係數分析，求得正相關係數 $r=0.149$ （如圖 4-17 所示）、13 公里距離進行心律與熱量迴歸係數分析，求得正相關係數正 $r=0.671$ （如圖 4-18 所示）、42 公里距離進行心律與熱量迴歸係數分析，求得正相關係數 $r=0.015$ （如圖 4-19 所示）。

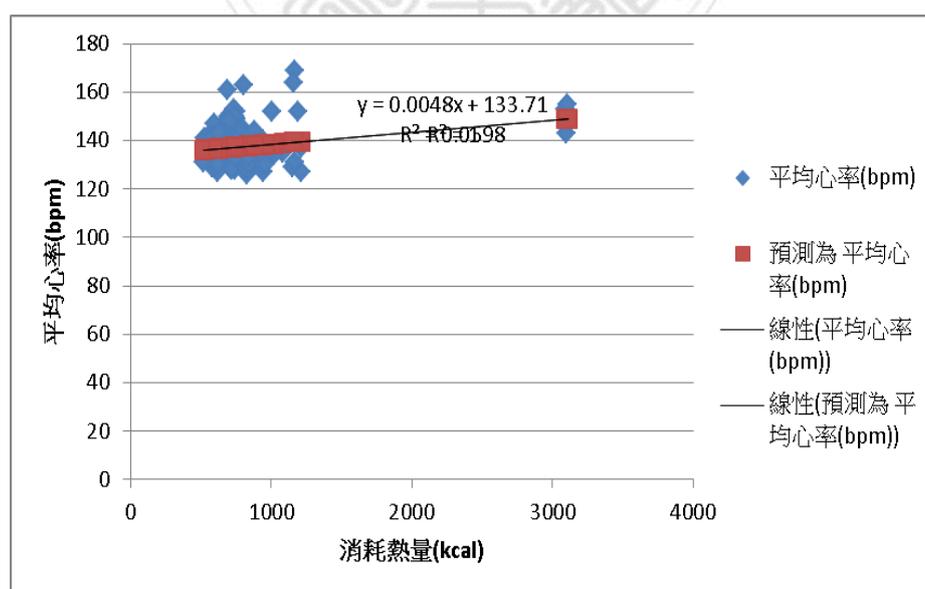


圖 4-14 平均心律與消耗熱量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

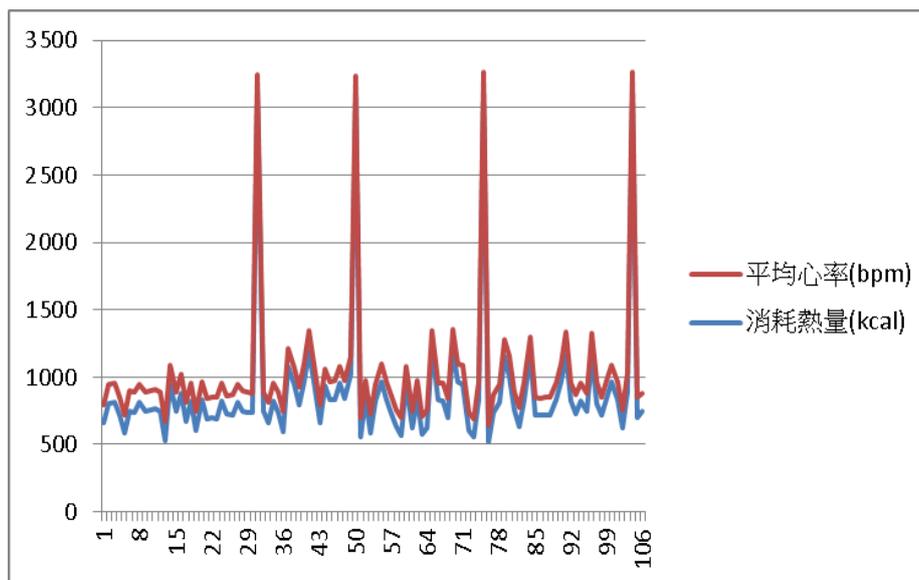


圖 4-15 平均心律與消耗熱量連線曲線變化趨勢

資料來源：本研究整理

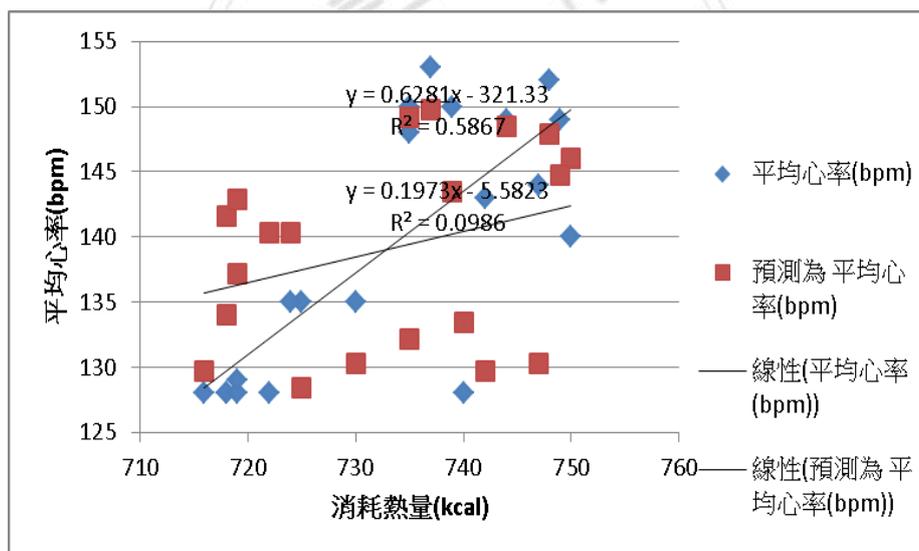


圖 4-16 10 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

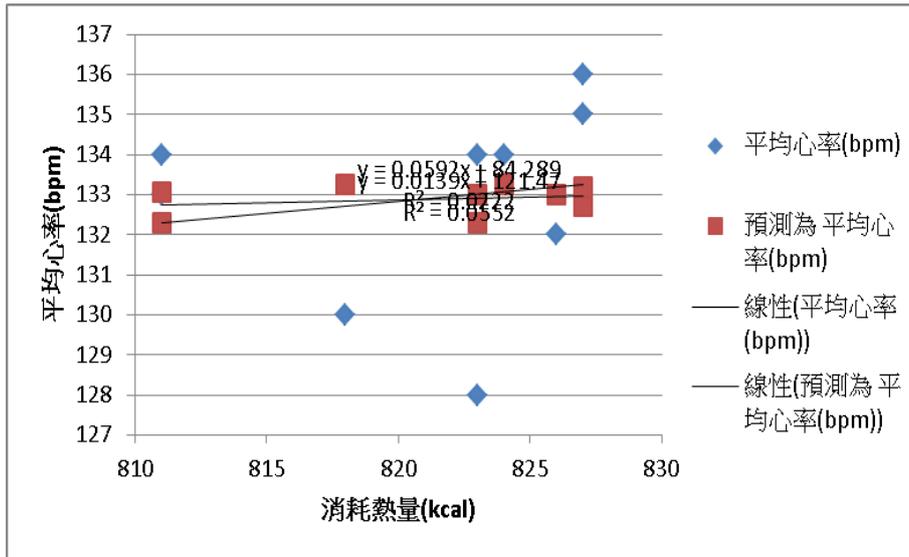


圖 4-17 11 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

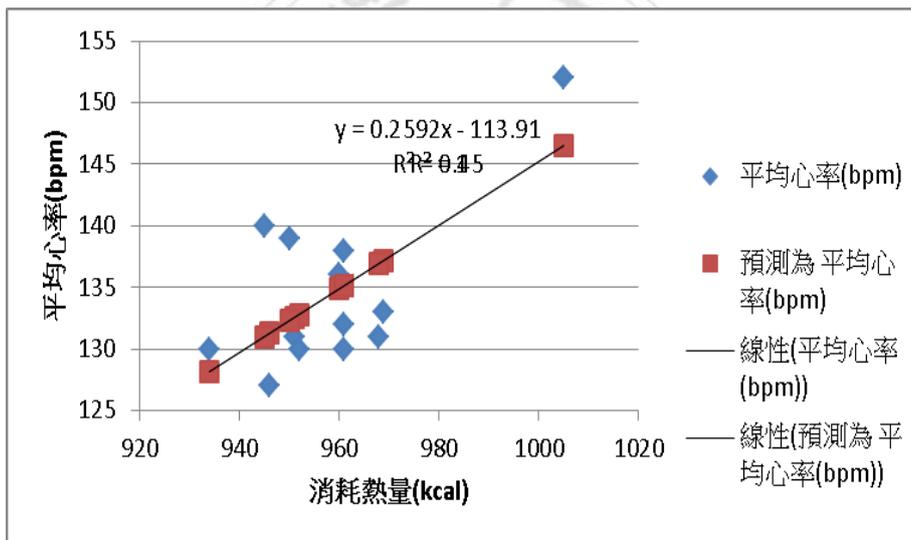


圖 4-18 13 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

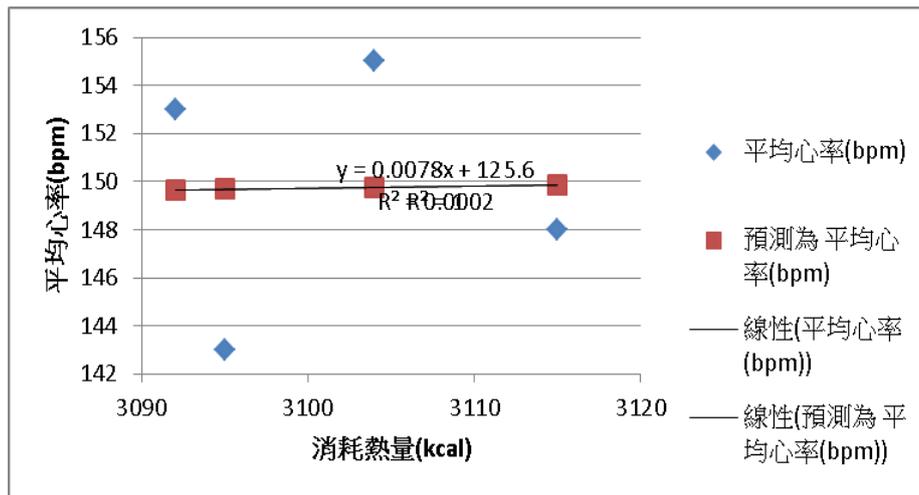


圖 4-19 42 公里平均心律與消耗熱量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

上述心律與熱量迴歸分析，雖呈現線性相關，惟相關係數較低，與上一節速度、距離所反映身體活動量(熱量)所求得相關係數相比，心律感測似乎穩定性不足，再仔細分析各距離之間，最低心律、最高心律、平均速度與熱量反映(如表 4-6 所示)，發現最低心律與最高心律儘管相差 20 bpm 以上，但兩者消耗熱量所反映出數據差異不大，也就是不會隨著心跳越快，消耗熱量就會很明顯增加。黃耀宗(2003)指出，使用心跳率來測量身體活動的優點，是有高的效度且活動強度對心跳率的感應靈敏，缺點則是無法區分輕度和中度活動的心跳率。又或者心理的壓力(沒有活動時)、飲食或身體溫度等等內外在因素的改變，亦會顯著影響心跳率(李佳倫、鄭景峰，2011、豐東洋、季力康，2009)。因此代表心跳感應器測量身體消耗能量準確不足嗎？

表 4-6 各距離高低心律與消耗熱量數據表

公里數	最低 心律 (bpm)	消耗 熱量 (kcal)	平均 速度 (km/hr)	最高 心律 (bpm)	消耗 熱量 (kcal)	平均 速度 (km/hr)
10km	128	718	9.7	153	737	12.1
11km	128	823	10.4	136	827	11.2
13km	127	946	10.3	152	1005	10.5
42km	143	3095	11	155	3104	11.1

資料來源：本研究整理

為避免加速度高估消耗熱量、心律器低估消耗熱量，專家學者提出心跳偵測結合加速度量測身體活動比單一指標更好，並進行研究發現心跳率結合加速度，對於身體活動量測反映與氧消耗量有高度相關，一個人每分鐘所需消耗氧即為氧消耗量，林正常（2000）指出，人體的氧攝取量與運動強度呈正比關係，因此，人體的氧攝取量高低是身體活動水準的指標，國外學者並進而推估出攝氧量預測公式（林順萍，2014）：如，

攝氧量（VO₂）預測公式：

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 6.057359 + 0.002545 * \text{counts/min}$$

將該公式帶入本研究數據，其連續曲線變化趨勢有一致性（如圖 4-20 所示），並與平台運算消耗熱量執行迴歸係數分析，求得正相關係數為 $r=0.569$ （如圖 4-21 所示）。

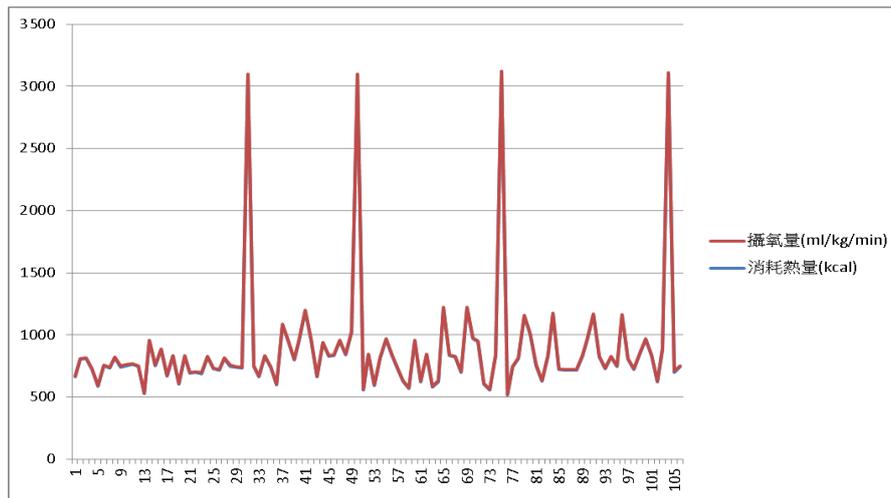


圖 4-20 消耗熱量與攝氧量連續曲線變化趨勢圖

資料來源：本研究整理

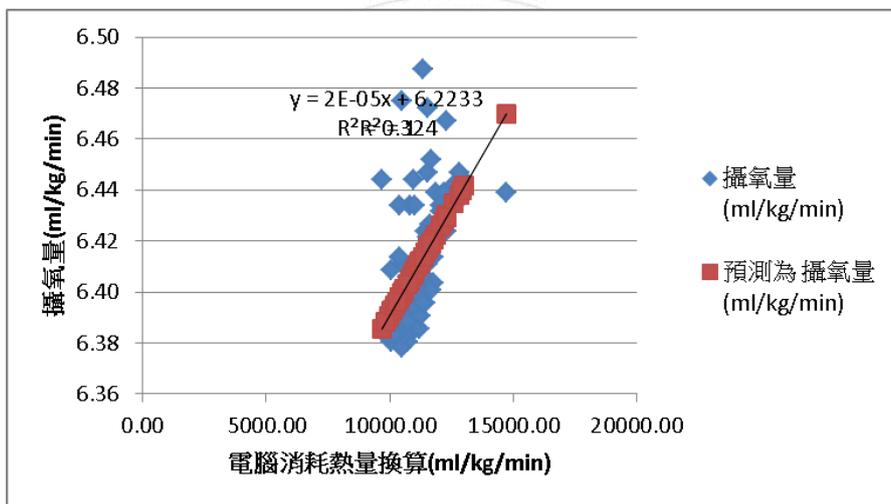


圖 4-21 消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

顯見兩者有其相關，但本研究因跑者速度不一，若採等同距離分析，截取 9 公里距離進行消耗熱量與攝氧量迴歸係數分析，求得正相關係數 $r=0.451$ （如圖 4-22 所示）、10 公里距離進行消耗熱量與攝氧量迴歸係數分析，求得正相關係數 $r=0.892$ （如圖 4-23 所示）、11 公里距離進行消耗熱量與攝氧量迴歸係數分析，求得正相關係數正 $r=0.647$ （如圖 4-24 所示）。

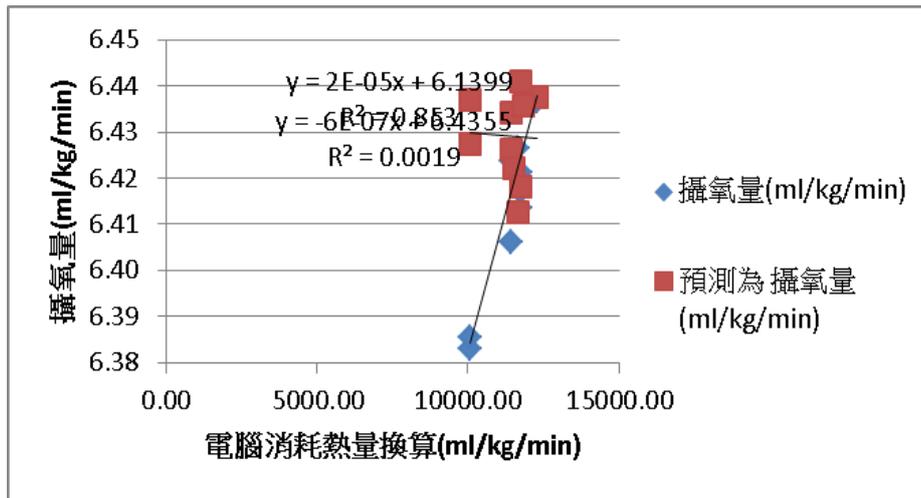


圖 4-22 9 公里消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

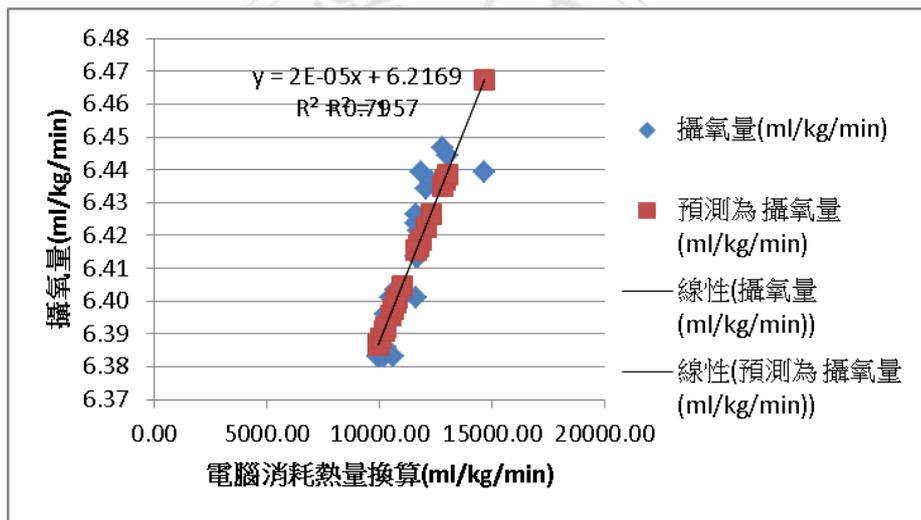


圖 4-23 10 公里消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

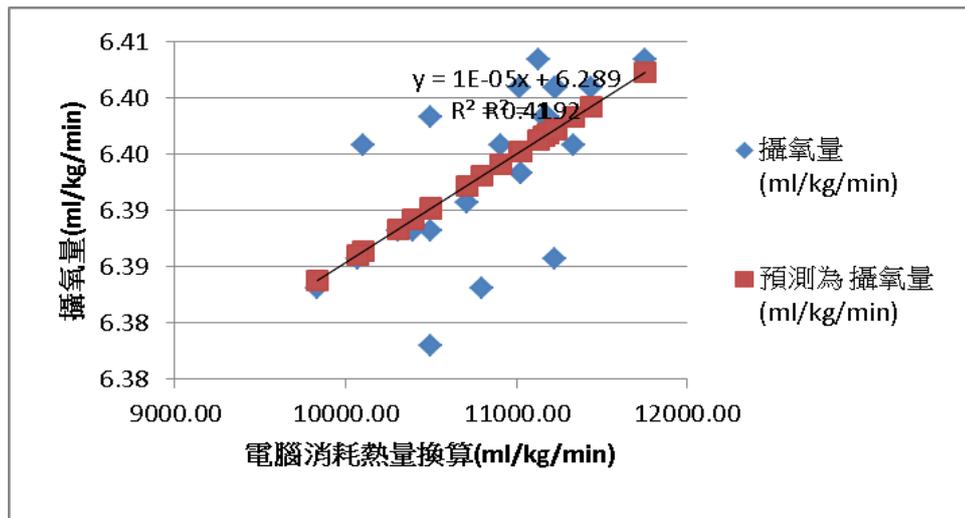


圖 4-24 11 公里消耗熱量與攝氧量線性迴歸分析

資料來源：本研究整理

第四節 小結

目前市面上各式心律量測裝置均大同小異，其中量測電極置放於胸帶型式之心律錶，尤其在運動醫學研究報導上更是普遍運用，該裝置更是專家學者認為穩定度與準確性最高。本研究藉由手腕錶與心律帶，收集跑者身體活動反映。其中手腕錶可透過 Zigbee 無線傳輸的方式將跑者的身體活動訊號（時間、距離、心律、卡路里）傳輸至電腦；另心律帶是使用 ANT 編碼的傳輸方式，不易受到其他電磁波的干擾。廖立同(2009)運用 Polar 心律帶做為心跳監控儀器的實驗中，其裝置規格與使用原理與本研究裝置一樣；又謝文川、林家威等(2009)指出，有醫學報導將 Polar 心律帶測出的 R-R interval（心房至心室間的傳導速度）和 ECG（心電圖）部份做分析，其相關性約在 0.927 到 0.998，證明兩者間有很高的相關性。在上述各節分析可看出，本研究運動型智慧穿戴裝置，對於人體身體活動訊號量測與平臺運算，確實可以幫助人們實現自我運動管理，深入追蹤、瞭解自己身體的變化與體能程度，不需要花錢請運動教練在旁，亦不需要前往私人運動中

心申請會員使用跑步機，市售運動型智慧穿戴裝置需求性會逐年提高，相對地，更會因為普及率提昇，功能性最後必須結合服務性，也就是可以幫助人們健康管理，甚至是醫療照護，相信智慧穿戴裝置邁向智能化的時代將指日可待。



第五章 結論與建議

第一節 結論

上一章節研究分析中，將身體活動測量之訊號，套入 2 種公式進行估算，經與研究裝置網路平臺運算消耗熱量值進行迴歸係數分析，驗證各訊號間之相關性與準確性，所得出消耗熱量與時間-速度-心律均有相關性，確實可作為評估身體活動量的依據，拜讀各專家學者報告中，均運用動作感測器或生理訊號感測器進行研究，其目的旨在適時且精確測量身體活動產生的能量，最後能擴展到健康照護，幫助人們健康促進。

然而測量身體活動方法超過 30 種以上(LaPorte 等，1985)。所得出的數據沒有對或錯，而所提供的資訊是否可以被大眾了解與應用，甚至可延伸到健康衛生照護方面，而這也是各專家學者汲汲鑽研的課題，亦是各家公司急於突破的發展。

第二節 建議

目前市面上以運動型穿戴裝置最為普遍，除因應人們對運動促進健康的觀念需求越來越普及以外，另一方面主因則是現行穿戴裝置就只是紀錄「數字」或監控與提醒的功能，如每天走了多少米？消耗多少卡路里？睡眠品質如何？目前心律太高或太低等等，單純就是健康監測功能，甚至被定位成智慧手機的延伸產品，就連今年 Apple Watch 也偏向在運動健身應用上，仍然侷限於「數字」追蹤與監控，大數據背後仍然缺乏解讀與提供建議能力。

大數據的探勘與應用，其背後是需要很多專家共同去挖掘，所花

費成本高且研究時間長，但其實龐大的後端「資料」才是寶庫，試想某個智慧穿戴裝置除提供動作感測與生理訊號感測功能以外，透過感測裝置網路平臺整合，對於身體活動量化訊號，還能運算、記錄，如個人心電圖（ECG）、血壓、血氧等等生理資訊，即時傳輸醫院提供醫生診斷（或救護服務）並給予醫療諮詢建議，營養師依醫生診斷，馬上線傳給使用者下一餐的食用建議與注意事項，當然運動處方也很重要，醫護人員或運動教練透過平臺整合系統，了解使用者生理與體能狀態后，立即建議使用者運動種類、運動頻率與運動強度。

一個網路平台就有如物聯網型態，將運動學、醫學、營養學等資訊、專業人員與專業系統，整合在感測裝置網路平臺上，建立個人專屬健康管理網路，隨時追蹤、分析個人身體活動紀錄；甚至老年人居家配戴時，可自動追蹤生命跡象與活動，檢測可能發生潛在問題的變化，如發生意外（如跌倒或身體不適昏迷），配戴裝置可向照護人員、醫院或親屬即時提出示警，儘速派遣救護人員到場，即時提供專業協助與建議，相信能提昇人體健康管理效能。

未來穿戴裝置以服務整合創造市場優勢是必然趨勢，相信更能帶來商機，並且讓穿戴裝置更大眾化與智能化，促進人們健康照護的生活品質。

參考文獻

一、中文部份

1. 王政程(2013)，穿戴式無線生理感測器的設計與開發，私立朝陽科技大學資訊工程系碩士學位論文。
2. 何梅櫻(2008)，心跳率控制高強度間歇運動方法之研究，國立中正大學運動與休閒教育研究所碩士學位論文。
3. 吳世琳、王惟溫(2014)，物聯網在健康醫療與照護之應用，科學月刊，534期6月號。
4. 李佳倫、鄭景峰(2011)，攝取咖啡因對心律變異性及反覆高強度衝刺的影響，中華民國體育學會，體育學報，第44卷第3期，第351-366頁。
5. 李和標(2010)，運動員運動預防及猝死，長治學院學報，27卷2期，頁38。
6. 杜鎮宇(2002)，不同強度的規律運動訓練對人體安靜與運動狀態下心臟自主神經功能的影響，國立體育學院運動科學研究所碩士學位論文。
7. 拓璞產業研究所專題報告(2013)，Google Glas、SmartWatch 將掀起智慧穿戴式科技革命，臺北市：拓璞科技股份有限公司。
8. 林正常、王順正(2002)，健康運動的方法與保健，臺北：師大書苑。
9. 林順萍(2014)，穿戴式科技身體活動與安全偵測系統之開發，國立陽明大學物理治療暨輔助科技研究所博士學位論文。
10. 相子元、石又、何金山(2012)，感測科技於運動健康科學之應用，體育學報，第45卷第1期，頁1-12。
11. 張志勇/翁仲銘/石貴平/廖文華(2013)，物聯網概論，臺北市：基峯資訊股份有限公司，頁1-9。
12. 掘內一秀(2014)，心跳率訓練法，臺中市，山與溪谷社，晨星出版有限公司。

13. 許力升(2010)，走跑運動的速度與動作辨識-使用無線攜帶式的加速度量測系統，長庚大學電機工程研究所碩士學位論文。
14. 陳右怡(2014)，穿戴式裝置人機介面挑大樑，新電子科技雜誌，新電子特刊，第 28-31 頁。
15. 陳弘仁(2014)，迎向智慧穿戴科技的大未來，微系統暨奈米科技協會會刊，第 31 期，第 16-24 頁。
16. 陳根(2013)，智能穿戴改變世界—下一輪商業浪潮，北京：電子工業出版社。
17. 陳鶴欽、饒瑞鈞、黃偉城、曾耀賢(2008)，運用 GPS 衛星定位監測彰化沿海地區地層下陷之研究，地籍測量期刊，第 27 卷第 3 期，第 46-60 頁。
18. 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，中華民國物理治療學會，物理治療季刊第 30 卷第 2 期，第 73-79 頁。
19. 彭立帆(2006)，無線行動式心電圖即時監測裝置，國立陽明大學醫學工程研究所碩士學位論文。
20. 程文欣(2006)，心跳率控制跑步速度之耐力訓練研究，國立中正大學運動與休閒教育研究所碩士學位論文。
21. 黃芊芊、王顯智(2005)，心律變異度分析在運動之應用，輔仁大學大專體育-科技應用，77 期。
22. 黃耀宗(2003)，從運動對健康促進的觀點探討身體活動的測量與運動強度的訂定，大專體育第 65 期，第 155-161 頁。
23. 廖立同(2009)，不同跑步模式之手腕與腳踝加速度值分析，國立臺灣師範大學運動科學研究所碩士學位論文。
24. 劉仁筑(2007)，智慧型無線居家監控醫療系統實作，健康管理學刊，第 5 卷第 2 期，第 129-140 頁。
25. 劉禎祺、劉滄琴、朱戩良、郭鴻裕、葉明智(2001)，全球定位系統與即時定位傳輸技術在精準農業上之應用，中華農業研究期刊，第 50 卷第 4 期，第 1-9 頁。
26. 豐東洋、季力康(2009)，不同技術層次空氣槍選手射擊表現與心跳率變化之分析，中華民國體育學會，體育學報，第 42 卷第 1 期，第 13-23 頁。

二、網路文獻

1. DigiTimes 電子時報，競逐穿戴市場 整合 2 種無線技術成趨勢，發佈日期：2013 年 11 月 7 日，網址：http://www.digitimes.com.tw/tw/searchnew/srchlst_main.asp?query=DIGITIMES%A5%F8%B9%BA&selchannel=G#SrchContent。
2. 呂怡貞(2013)，智慧鞋，就是不讓你累，科學人雜誌，第 142 期 12 月號。網址：<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=newscan&id=2280>
3. 林正常(2000)，活力指標：最大攝氧量，運動生理學網站，運動生理週訊（第 39 期）。網址：<http://www.epsport.idv.tw/epsport/week/show.asp?repno=39>
4. 美國消費電子協會網站-新聞發佈網，發佈日期=：2014 年 1 月 2 日，互聯健康和健康消費設備市場報告。網址：<http://www.ce.org/News/News-Releases.aspx?categoryid=&datefrom=&dateto=&tag=&page=24>。
5. 張志勇、陳正昌(2014)，物物相聯的龐大網路—物聯網，科學月刊，第 534 期 6 月號，網址：http://scimonth.blogspot.tw/2014/05/blog-post_3117.html
6. 陳成雄、陳明福(2013)，基於銀髮族雲端照護之"運動處方之穿戴式裝置監測物聯網系統"設計與實作，智慧電子應用設計研討會 (ISBN/978-957-21-9205-4)。網址：<http://www.microtime.com.tw/hiwin0014/store/F3/HCS009.pdf>
7. 陳純郁、鍾曉君(2011)，全球物聯網技術暨應用發展趨勢，財團法人資訊工業策進會產業情報研究所(MIC)研究報告，電子書試閱。
8. 黃偉正(2013)，穿戴式產品演化趨勢與開發策略思維分析，財團法人資訊工業策進會產業情報研究所(MIC)研究報告，網址：http://mic.iii.org.tw/aisp/reports/reportdetail_register.asp?docid=3015&rtype=freereport。
9. 謝文川、林家威、陳怡靜、陳泓銘、陳虹君、蕭惠如、顏振哲(2009)，基於無線感測網路下即時心律變異量測系統之設計與實作，國際醫學資訊研究會論文集，網址：<http://libir.tmu.edu.tw/handle/987654321/22350>。
10. 謝文華(2010)，真菌感測裝置可發旋律還能照明，生活時報電子

報。網址：<http://news.ltn.com.tw/news/life/paper/427982>

11. 賴姿侑(2012)，穿戴式脈搏感測器之研發現況，科技商情。網址：http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnIID=13&Cat=2&Cat1=&id=0000315378_WXB4KQ346H9TA79LLV1VT
12. 蘋果官方網站（2015），「知你心，懂你身」
<http://www.apple.com/tw/watch/technology/>

三、西文部分

1. Balogun, J. A., Martin, D. A., & Clendenin, M. A. (1989) Calorimetric validation of the Caltrac accelerometer during level walking. *Physiology Therapy*. 69:501-509. (美國物理治療協會雜誌)
2. Blair, S. N., & Connelly, J. C. (1996). How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67(2), 193-205. (運動與體育季刊)
3. Borg, G. A. V. (1962). Physical performance and perceived exertion: Gleeurp Lund. (心理學集刊)
4. Bot, S. D. M. & Hollander, A. P. (2000) The relationship between heart rate and oxygen uptake during non-steady state exercise. *Ergonomics*. 43:1578-1592
5. Bravata, D. M., Smith-Spangler, C., Sundaram, V., Gienger, A. L., Lin, N., Lewis, R., ... Sirard, J. R. (2007). Using pedometers to increase physical activity and improve health: A systematic review. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 298(19), 2296. 網址：<http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=209526>。(美國醫學協會雜誌)
6. Capersen, C. J., Powell, K. E., & Chrstenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and Physical fitness: Definition and distinctions for health-related research. *Public Health Report*, 100, 126-131. (美國公共健康報告)
7. Ceesay, S. M., Prentice, A. M., Day, K. C., Murgatroyd, P. R., Goldberg, K., & Scott, W. (1989) The use of heart rate monitoring in the estimation of energy expenditure: a validation study using indirect whole-body calorimetry. *British Journal of Nutrition*, 61, 175-186. (英國營養學雜誌)

8. Dubach, P., Myers, J., & Dziekan, H. (1997). Effect of high intensity exercise training on central hemodynamic responses to exercise in men with reduced left ventricular function. *J Am Coll Cardiol*. 29:1338-1348. (心血管病雜誌)
9. LaPorte, R. E., Montoye, H. J., & Caspersen, C. J. (1985). Assessment of physical activity in epidemiologic research: Problems and prospects. *Public Health Reports*. 100:131-146. (美國公共健康報告)
10. Lee, S. W., Mase, K., & Kogure, K. (2005). Detection of spatio-temporal gait parameters by using wearable motion sensors. *Conference Proceedings: Annual International conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 6836-6839. (醫學和生物學協會年度國際會議)
11. Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Despre, J. P., Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Gater, C. E. (1998). The recommended quantity and quality of exercise for developing & maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in health adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30, 978. (醫學與科學體育與運動月刊)
12. Rodriguez, D. A., Brown, A. L., & Troped, P. J. (2005). Portable global positioning units to complement accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), S572. (醫學與科學體育與運動月刊)
13. Schneider, P. L., Crouter, S. E., Lukajic, O., & (2003). Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(10), 1779-1784. (醫學與科學體育與運動月刊)
14. Strath, S. J., Brage, S., & Ekelund, U. (2005). Integration of physiological and accelerometer data to improve physical activity assessment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 37: S563-S571. (醫學與科學體育與運動月刊)
15. Troped, P. J., Oliveira, M. S., Matthews, C. E., Cromley, E. K., Melly, S. J., & Craig, B. A. (2008). Prediction of activity mode with global positioning system and accelerometer data. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(5), 972. (醫學與科學體育與運動月刊)