

國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

建構運動心跳率偵測系統與訓練應用

**Construction of Heart Rate Detection System and Sports Training
Application**

指導老師：張嘉澤 博士

研 究 生：蔡青宏 撰

中 華 民 國 1 0 3 年 6 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

本論文：建構運動心跳率偵測系統與訓練應用

係國立體育大學競技與教練科學研究所研究生蔡青宏所提，
作為審查授予體育學碩士學位之一部分。

本論文承蒙下列考試委員審查通過

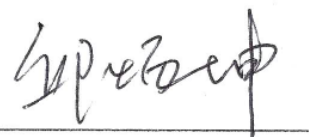
中華民國 103 年 6 月

論文考試委員



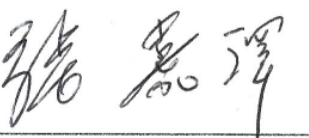
詹元碩 博士

國立臺北教育大學副教授



邱炳坤 博士

國立體育大學教授



張嘉澤 博士

國立體育大學助理教授

(本論文指導教授)

建構運動心跳率偵測系統與訓練應用

摘 要

如何快速取得科學化的生理數據呈現及運用是目前科學家所要追求的目標，眾多運動負荷產生之生理參數，立即呈現運動強度反應症狀，心跳率的高低是最能夠解釋身體活動的壓力負荷。目前檢測心跳率的儀器大部份都是以個人自我訓練為主沒有量化檢測功能。本研究的硬體與軟體設計，與其最大的區隔在於團隊應用，用顏色及圖形顯示多人及個人生理數據，達到快速取得科學化的生理數據呈現及運用到實際訓練的目標。在室內與室外應用，以信號訊號轉接器，建構成完整傳輸網。而另一功能在於軟體的運動訓練計劃是依據個人能力設定，此模式可以提高運動的安全性與運動監控的方便性。

關鍵詞： 心跳錶、心跳率指標、訓練負荷強度

Construction of Heart Rate Detection System and Sports Training Application

Abstract

To achieve the physiological response data immediately and accurately is what the scientists are searching for . Sports scientists always use multiple biomarkers from exercise-induced responses to understand the body situations. Heart rate monitors are valuable and the easiest biomarker on stress at physical activities. To date, most of heart rate monitoring systems focus on personal training. It was lack of team sport events on heart rate detection system. Therefore, we develop hardware and software devices in team application, showing people and individual physiological data by color and graphics, to rapidly acquire physiological data presented scientific and applied to practical training goals. Another function is that the software and exercise training program is based on personal ability. This model can improve the safety of sport and exercise monitoring its convenience.

Keywords : Heart rate monitor 、 Heart rate index 、 Training load

謝 誌

獻給 月端

固執個性惹妳生氣 縱然不喜歡 總是委屈自己
重回學校奢侈興趣 傾力來支持 過程卻苦了妳
同甘共苦有限歲月 自私去追求 圖圓滿沒能力
功成名就榮華富貴 永遠都不如 我的人生有妳

嘉澤 老師

暗水流花徑 清風滿竹林

SPDI 夥伴

夢想所以偉大 因為後繼有人



蔡青宏

謹誌

中華民國一〇三年六月十六日

目 錄

摘 要.....	I
Abstract.....	II
謝 誌.....	III
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
第壹章 緒論	1
第一節 前言.....	1
第二節 研究背景.....	2
第三節 心跳率應用於運動訓練與安全監控.....	3
第四節 研究目的.....	4
第貳章 文獻探討	5
第一節 目前運動心跳率偵測工具之方式.....	5
第二節 分析心跳率偵測各廠牌功能優缺點.....	7
第三節 訓練計劃負荷強度與心跳率指標.....	8
第三章 研究方法	9
第一節 即時顯示心跳率應用軟體設計.....	9
第二節 運動心跳率遠端傳輸硬體設計.....	10
第三節 研究方法步驟流程圖.....	11
第肆章 系統實作與應用	12
第一節 硬體架構.....	12
第二節 軟體功能顯示.....	14
第三節 資料匯出及運用.....	17

第四節 心跳率與訓練計劃軟體.....	19
第五章 結論	22
參考文獻.....	23
一、 中文部份.....	23
二、 外文部份.....	23
三、 網站.....	24



表目錄

表 2-2-1 分析心跳率偵測各廠牌功能優缺點.....	6
表 2-3-1 最大心跳百分比與訓練目的.....	8
表 3-1-1 即時顯示心跳率應用軟體設計.....	9
表 4-1-1 訓練計劃.....	20



圖目錄

圖 2-1-1 夾式心率偵測器	5
圖 2-1-2 手握式心率偵測器	5
圖 2-1-3 胸戴式心率偵測器	6
圖 2-1-4 團體心率偵測 Team2 系統	6
圖 4-1-1 胸戴式心率偵測器	12
圖 4-1-2 訊號轉接器	12
圖 4-1-3 訊號轉接器	12
圖 4-1-4 無線訊號涵蓋圖	13
圖 4-2-1 組別輸入資料	15
圖 4-2-2 團隊安全監控畫面	15
圖 4-2-3 個人數據監控功能顯示	16
圖 4-2-4 個人運動心率走勢圖	16
圖 4-3-1 輸出秒數間格圖	17
圖 4-3-2 匯出的 Excel 格式圖	18
圖 4-3-3 匯出的 Excel 個人心跳圖	19

第壹章 緒論

第一節 前言

WHO (1953) 世界衛生日提出的口號：健康是金，一個人失去健康，他所擁有的或創造中的一切歸零，因此掌握自我的健康是最重要的。維持健康需要運動，WHO (2000) 人類健康策略，因為從一些相關的研究工作報告發現，在工業化國家與開發中國家中，有越來越多的人飽受慢性病之苦，因此在“世界健康日”的前夕呼籲，每個人每日至少要有 30 分鐘的適度運動。如何運動才能有益國人的健康，陳全壽 (2002) 目前國內除瞭解如何增加運動人口，培養運動習慣外，應以身體活動量為健康體能目標，最重要的是參與運動的時間和強度。運用生理數據作為參考及安全實施標準，才能達到健康的目標。而眾多運動負荷產生之生理參數，立即呈現運動強度反應症狀，心跳率的高低是最能夠解釋身體活動的壓力負荷。Hollmann et al. (1982) 因為在運動場上造成心臟衰竭，主要因素在超過預期的運動負荷與大量流汗，繼續運動造成血液濃度上昇，因此增加心臟收縮壓力的負擔。此現象將造成心跳率急速上昇，進而促使心肌產生病變。因此運動中的心跳率觀察，可以預防心臟衰竭。準確的負荷強度，藉助心跳率應用，是快速與安全的。

第二節 研究背景

在運動的領域中，運動能力診斷是運動科學化最重要的一環，長期應用在提升選手競技能力，效果非常顯著，因為競技運動中運動能力診斷及訓練調整，是注重精確的負荷劑量。而訓練計劃的擬定是依據診斷數據分析，再由專業人士規劃。而檢測數據的收集，針對運動員是容易的，因為人數少。然而要大量針對一般民眾進行測試，再依據數據擬定個人之負荷劑量。目前在執行上是受到限制的，主要在於儀器種類繁多，軟硬體操作困難。在有限人力，只能運用在有限範圍與少數人。目前檢測心跳率的儀器大部份都是以個人自我訓練為主，沒有量化檢測功能，如何透過系統，建立訓練負荷劑量控制流程及建立運動測試心跳率負荷與訓練計劃模式，提高運動測試心跳率質與量。在運動過程中的心跳率觀察，可以預防心臟衰竭，達到安全運動及避免傷害發生。運用準確的負荷強度，藉助心跳率應用，避免產生負適應，快速達到訓練效果。

第三節 心跳率應用於運動訓練與安全監控

訓練系統化是著重於人體適應機制反應，其透過訓練階段劃分（準備期、專項期、比賽期）擬定不同運動負荷，促使身體各組織器官對運動負荷產生改善與適應機轉反應，快速提高身體疲勞消除的能力。

體能的訓練屬專業領域，良好專項體能可以使技術提昇，但技術訓練無法同時改善體能，良好體能可以強化意志力，意志力強並非體力過人，原因在生理的呈現，當運動的強度超過生理的負荷，必須停止或減少負荷，否則會產生生理上的傷害。如何快速取得科學化的生理數據呈現及運用是目前科學家所要追求的目標。

運動儀器應用主要透過心跳率或血液乳酸反應，即時調整運動負荷強度，避免不適當的負荷劑量，造成身體組織器官傷害。運動中的心跳率反應是最直接呈現身體負荷壓力的指標。因此運動時配戴心跳率偵測器，是一般人體適能活動與競技運動員訓練不可缺少的運動器材。

目前心率偵測器大部份都用於個人的需求與喜好，可以依不同的運動項目選擇各種專用心率偵測器，除了心率偵測外，還有附加許多功能如 GPS 衛星定位、時間、日曆、計時、鬧鈴、夜光、卡路里計算、最大心跳率百分比設定與警示功能、消耗脂肪比例、高階心率偵測器更發展可下載至電腦訓練軟體，做個人運動計畫及訓練記錄儲存。

直到近年來才有屬於團體訓練的心率錶出現，如 POLAR 公司生產 TEAM 系統。可紀錄團隊（最多 80 人）的心跳率或單一球員。在訓練後提供客觀的數據，給球員和教練利用這些數據來調整訓練目標。

第四節 研究目的

- 一、建構室內與室外長距離心跳接收儀器。
- 二、建構與結合硬體之軟體系統。
- 三、建構心跳數據歸類系統。
- 四、建構心跳率與訓練計劃系統。



第貳章 文獻探討

第一節 目前運動心跳率偵測工具之方式

運動心跳率偵測工具的工作原理及功能是使用能感應心跳電流幅度或偵測微血管的儀器，透過無線或有線的方式傳輸給接收儀器，經運算後以每分鐘心跳數為單位 (BPM) 呈現。

1. 夾式心率偵測器：(廠牌 pulse plus)

運用遠紅外線感應每一次心跳在耳垂或手指微血管裡血液的流動所引起的變化。



圖 2-1-1 夾式心率偵測器

2. 手握式心率偵測器：(廠牌 SOLE E25)

使用左右手掌握感應片來傳導心臟電波，大部份使用於跑步機及腳踏車等。



圖 2-1-2 手握式心率偵測器

3. 胸戴式心率偵測器：POLAR

訊號由胸戴偵測後發送至接收器運算後顯示到手錶。



圖 2-1-3 胸戴式心率偵測器

4. 團體心率偵測 POLAR Team2 系統：

基地台、充電器、10 個發射器、USB 和電腦軟體、同時紀錄心跳率。



圖 2-1-4 團體心率偵測 POLAR Team2 系統

第二節 分析心跳率偵測各廠牌功能優缺點

表 2-2-1 分析心跳率偵測各廠牌功能優缺點

廠牌	優點	缺點
GARMIN	專業衛星導航技術運用於跑步、游泳、自行車及針對鐵人三項運動設計的腕錶，使用無線傳送資料，可建立個人運動行程及活動資料，可與 Google earth 結合顯示，可設定目標、時間、圈數的訓練課程。	無團體偵測 無遠距離接收資料 無法匯入 Excel 數據呈現時間長 (約 5 秒)
POLAR	首創用心跳率改變運動員的訓練方式。在無線心率錶誕生 30 多年之後的今天，不但提供全系列多元豐富的產品。不斷更新全面的訓練系統。記錄數據然後上傳到電腦給 POLAR Pro Trainer 5 分析來達到訓練目的。	無團體偵測 無遠距離接收資料 無法匯入 Excel 數據呈現時間長 (約 5 秒)
POLAR Team2	用於團隊訓練並能用軟體管理選手訓練狀態。特色：能即時監控最多 80 名運動員，並記錄其心律率，觀察選手生理反應，作為訓練強度的控制。POLAR Team2 套裝軟體以團體訓練為目標，可由教練擬定目的，及訓練計畫、訓練科目、能隨時監測團體隊員的心跳率狀況。可設定每一個選手的訓練項目，每日訓練效果均有記錄。即時監測選手心跳率，調整訓練強度。能看到隊員的心率的呈現及完整過程資料。	不能即時顯示，強度、心跳率只是訓練記錄數據呈現

第三節 訓練計劃負荷強度與心跳率指標

為了訓練而應用心律偵測儀器的因素：一、偵測訓練過程的生理反應狀況的數據：擬定下個階段的訓練調整。二、控制運動時體循環的適當負荷：避免產生負適應。三、設定各種訓練運動目標：設定時間、距離、卡路里、速度達成預設的訓練目的。每一個人都是獨立而特殊的個體，同樣強度可能產生不同反應，而眾多運動負荷產生之生理參數，立即呈現運動強度反應症狀，心跳率是最直接最快的。心率原理是在 1780 年左右由意大利解剖家伽伐尼發現，Panton et al. (1996) 建議直接以最大心跳率的百分比，做為判斷運動心跳率範圍 (heart rate range) 的依據。WHO 公式為最大心跳率 = 220-年齡 (男性) 或 200-年齡 (女性、老人、孩童、病人)，再依最大心跳率的百分比作為運動負荷的指標 (表 2-3-1)，來達到訓練的目的。

表 2-3-1 最大心跳百分比與訓練目的

最大心跳率百分比	訓練目的
100-90% (±10%)	最大訓練
90-80% (±10%)	無氧訓練
80-70% (±10%)	有氧-無氧訓練
60-50% (±10%)	有氧-適度訓練

第三章 研究方法

第一節 即時顯示心跳率應用軟體設計

表 3-1-1 即時顯示心跳率應用軟體設計

基本資料輸入	資料表格由受測者鍵入資料 (姓名、性別、年齡、身高、體重、運動習慣)
設定心率偵測器個人識別碼	程式自動換算個人最大心跳率百分比
顯示頁面	團體操作整頁模式 50 人的每秒心跳率、時間、個人最大心跳率百分比、90%以上 (紅色) 80% 以上 (黃色) 70% 以上 (綠色) 60% 上 (灰色) 等顏色表現強度。
個人心率圖放大	每秒以曲線串聯成圖，可選擇任一部份放大，顯示時間及心跳數。
建立檔案	可設定秒數，轉檔至 Excel 分析。

第二節 運動心跳率遠端傳輸硬體設計

西元 1977 年心率偵測器的發明，改變了訓練的模式，長期以來，對改變心率偵測器功能設計，更是推陳出新，但只限用於個人。現在無線傳輸如藍牙或 2.4 G 都能達到遠端傳輸的功能，如果能將傳送距離增長，接收即可變為互動的團體觀察心跳率模式，並依選手個別狀況即時傳遞訊息，甚至可以在模擬比賽過程中掌控選手心跳率及訓練強度，是簡單方便、安全有效率的檢測儀器。但因在室外多人使用的無線傳輸會有互相干擾的情況發生，所以心率偵測器發送端，必須要有個人識別碼，在運動中有背向或人員重疊或超出接收範圍，讓接收端中斷訊號，應以信號中繼站或強波器，建構成完整傳輸網，降低訊號漏失。



第三節 研究方法步驟流程圖



第肆章 系統實作與應用

第一節 硬體架構

運動的環境俱有多元的變化，在硬體要求以輕、薄、短、小、簡單架設、攜帶方便為原則。

1. 人體胸帶式心率偵測帶：

每條心率帶都有專有識別碼，佩戴於胸部接收心跳電流訊號由胸帶偵測後發送至轉接器。



圖 4-1-1 胸戴式心率偵測器

2. 無線訊號轉接器：

接收胸帶發送的訊號由轉接器網狀式傳至接收器。



圖 4-1-2 訊號轉接器

3. 無線訊號接收器與電腦主機：

訊號接收器連接電腦，訊號接收後由電腦程式處理。



圖 4-1-3 訊號轉接器

4. 硬體架構佈置及無線訊號涵蓋面積圖：

四台轉接器及一組訊號接收器與電腦主機即可涵蓋 400 公尺標準田徑場。

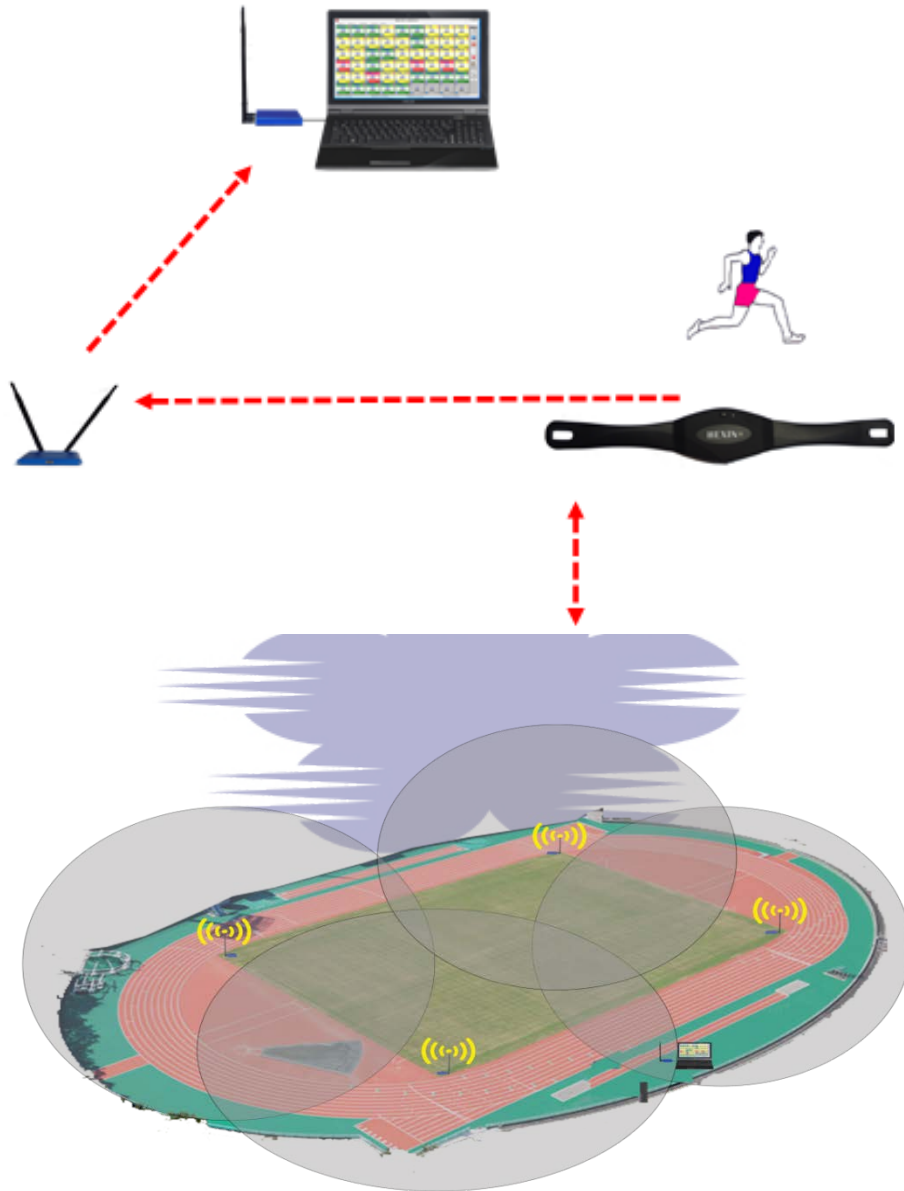


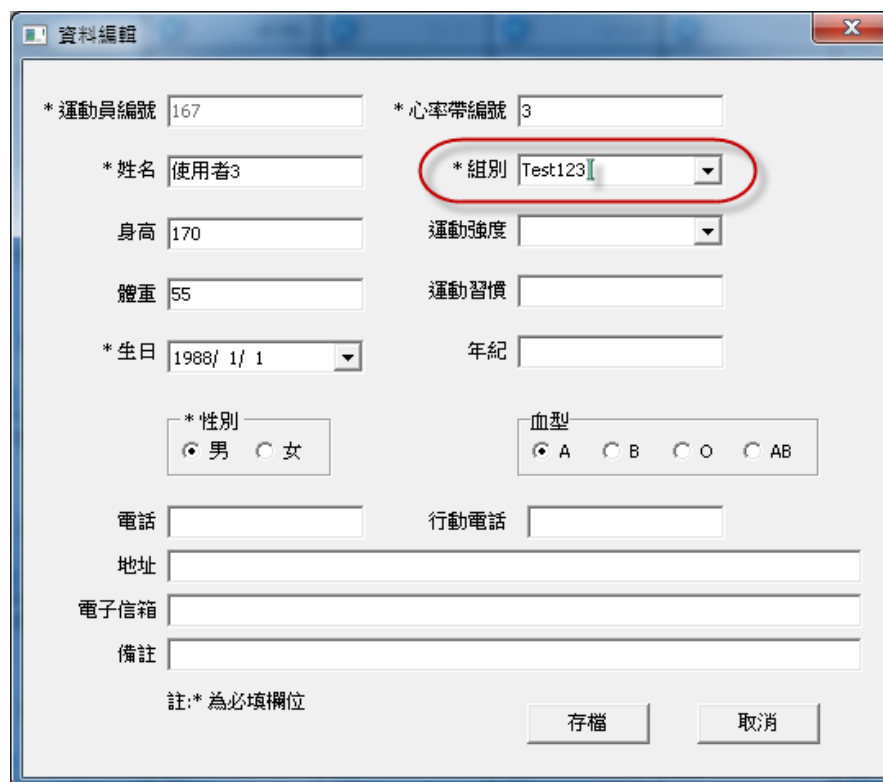
圖 4-1-4 無線訊號涵蓋圖

第二節 軟體功能顯示

心跳率偵測軟體主要功能，偵測前：程式依個人資料，算出個人最大心跳率。偵測中：達到團體使用中每個人的安全監控。使用後：滿足研究所需的數據呈現方式。

1. 組別及個人資料：

包括測試編號、心率帶號碼、姓名、組別、身高、體重、年齡、血型、運動習慣、強度等個人資料。



The screenshot shows a software window titled "資料編輯" (Data Edit). It contains various input fields for personal information. The fields are arranged in two columns. The left column includes: "* 運動員編號" (Athlete ID) with value 167, "* 姓名" (Name) with value 使用者3, "身高" (Height) with value 170, "體重" (Weight) with value 55, "* 生日" (Date of Birth) with a date picker showing 1988/1/1, "* 性別" (Gender) with radio buttons for 男 (Male) and 女 (Female), "電話" (Phone), "地址" (Address), "電子信箱" (Email), and "備註" (Remarks). The right column includes: "* 心率帶編號" (Heart Rate Band ID) with value 3, "* 組別" (Group) with a dropdown menu showing Test123 (highlighted with a red circle), "運動強度" (Exercise Intensity) with a dropdown menu, "運動習慣" (Exercise Habit), "年紀" (Age), "血型" (Blood Type) with radio buttons for A, B, O, and AB, "行動電話" (Mobile Phone), and "地址" (Address). At the bottom, there is a note "註:* 為必填欄位" (Note: * indicates required fields) and two buttons: "存檔" (Save) and "取消" (Cancel).

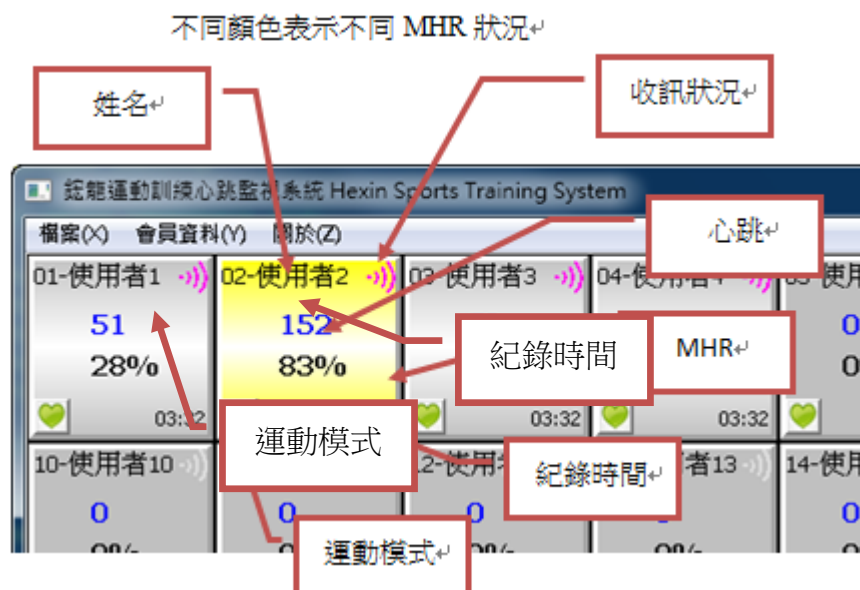
圖 4-2-1 組別及個人資料

2. 團隊安全監控畫面

同時監控 54 人運動心跳率用不同顏色顯示各種強度，提昇訓練效果及安全。



3. 個人數據監控功能顯示



4. 個人運動心率走勢圖

只要在姓名視窗上雙擊滑鼠左鍵，即會帶出放大之視窗顯示每秒心跳率曲線圖。

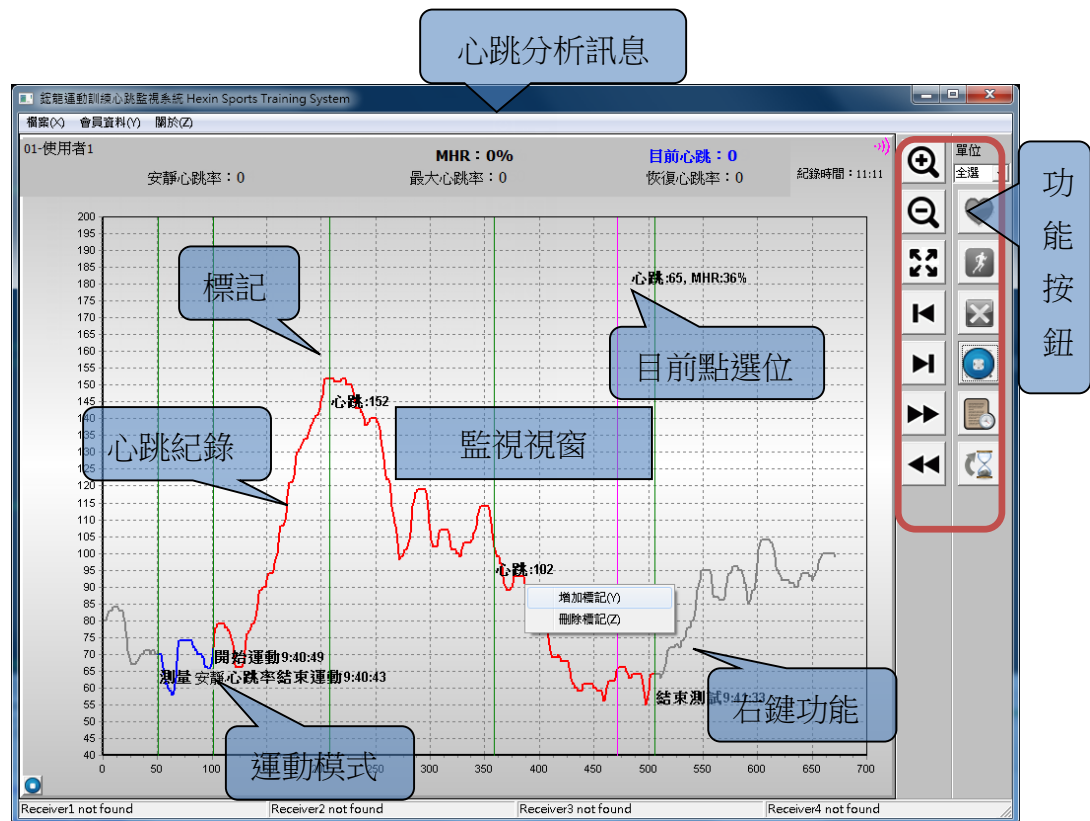


圖 4-2-4 個人運動心率走勢圖

第三節 資料匯出及運用

1. 設定輸出秒數間格：

間格大可以減小輸出的數據大小，例如選取 3，則每 3 秒資料僅輸出一筆。

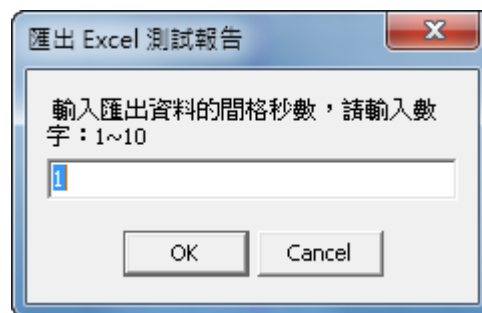


圖 4-3-1 輸出秒數間格圖

2. 匯出的 Excel 範例如下：

心跳	MHR	狀態	標記	
75	41	暫停測試		
77	42	暫停測試		安靜心跳率： 65
77	42	暫停測試		最大心跳率： 72
77	42	暫停測試		恢復心跳率： 34
99	54	暫停測試		
100	55	運動前	測量休息心跳率 11:38:22	
100	55	運動前		
86	47	運動前		
70	38	運動中	開始運動 11:38:29	
65	36	運動中		
49	27	運動後	結束運動 11:38:44	

50	27	運動後		
----	----	-----	--	--

圖 4-3-2 匯出的 Excel 格式圖

3. Excel 中每一個人心跳紀錄圖形：

圖中顯示個人基本資料

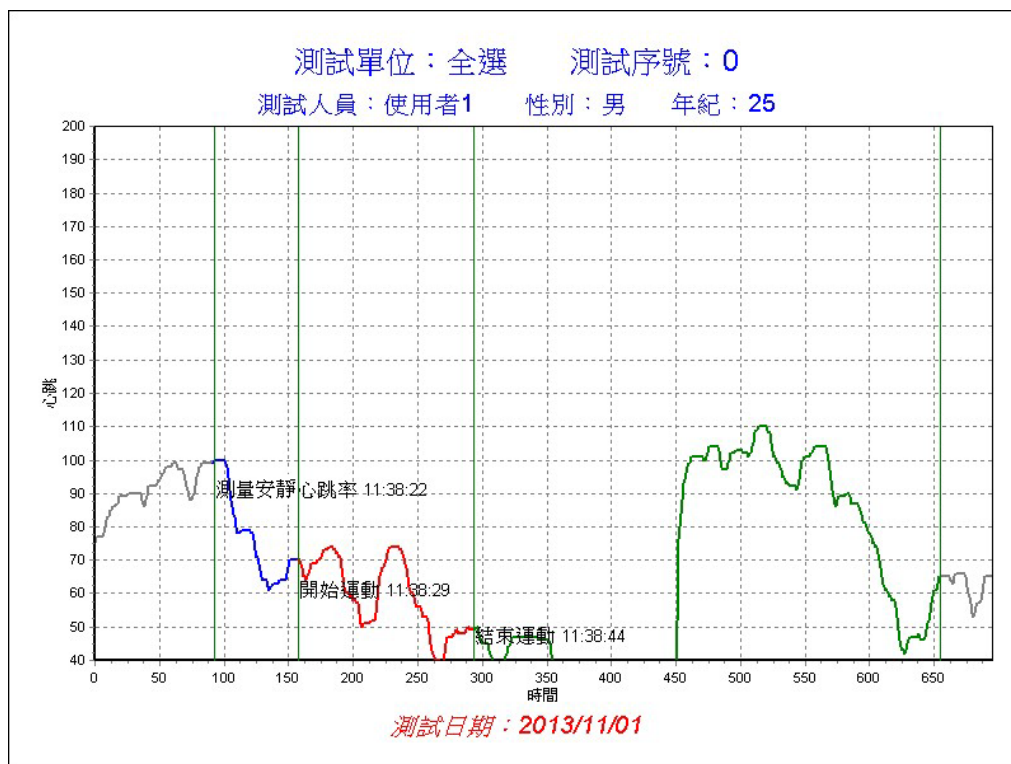


圖 4-3-3 匯出的 Exce 個人心跳圖

第四節 心跳率與訓練計劃軟體

運動負荷強度依據年齡與每週運動的次數擬定。年齡指標以 Hollmann et al. (1978) 方式男性應用 220-年齡為負荷強度，女性、老人與小孩則以 200-年齡為運動強度指標。訓練心跳率則應用 Schmith et al. (1983) 方式擬定，其應用方式以 220-年齡的最大心跳率，再減去 $1/2$ 年齡。例如：50 歲 (男性)，最大心跳率為 $220-50 = 170 \text{ min}^{-1}$ 。訓練心跳率則為 $170-25 (1/2 \text{ 年齡}) = 145 \text{ min}^{-1} (\pm 10 \text{ min}^{-1})$ 。

訓練心跳率指標確定，即進入運動訓練內容模式選擇。運動訓練計劃是依據上述心跳率指標與運動習慣擬定。具有運動習慣者，其體循環功能是高於未從事運動者。Hollmann et al. (1982) 提出有運動習慣者與沒有運動習慣者生理特徵指出，保持每週運動 3 次以上者，其體循環功能比較能夠維持健康與對抗肌肉的阻力。因此本研究依據上述文獻，又將運動習慣變數設計進入運動強度的擬定，增加運動的安全與健康。

1. 運動安全指標 (Hollamnn et al., 1978)

$HR_{\max} = 220 - \text{年齡 (男性)}$

$HR_{\max} = 180 - \text{年齡 (老人、小孩、婦女、病人)}$

2. 訓練心跳率

Schmith et al. (1983) 指標 $HR_{\max} - 1/2 \text{ 年齡 } (\pm 10 \text{ min}^{-1})$

Mader et al. (1978) 個人有氧－無氧乳酸閾值耐力診斷 (2-4 mmol/l)

3. 每週運動習慣次數的訓練計劃

1~2 次 → 訓練心跳率 → A · B · C-Plan → Tr-1

3~4 次 → 訓練心跳率 → A · B · C-Plan → Tr-2

5~6 次 → 訓練心跳率 → A · B · C-Plan → Tr-3



表 4-4-1 訓練計劃

星期	Training	訓練內容		
		Tr-1-A	Tr-1-B	Tr-1-C
一	目的	改善運動心跳率	改善運動心跳率	改善運動心跳率
	方式	持續跑步	持續跑步	持續速度變換
	負荷	153 min ⁻¹ (88%)	153 min ⁻¹ (88%-92%)	88-92-95-88% (153 min ⁻¹)
	範圍	2x10 min (136 min ⁻¹)	5 min (136 min ⁻¹), 3x5min (140 min ⁻¹)	5- 5- 5- 5 min
	休息	Set 6 min	Set 6 min	
二	目的	改善肌肉對抗阻力	改善肌肉對抗阻力	改善肌肉對抗阻力
	方式	循環	循環	循環
	負荷	30% (1RM)	30% (1RM)	35% (1RM)
	範圍	2 x 15 (2 上肢-2 下肢)	3 x 15 (2 上肢-2 下肢)	2 x 15 (2 上肢-2 下肢)
	休息	Set 90s	Set 90s	Set 90s
三	目的	改善運動心跳率		
	方式	持續跑步		
	負荷	153 min ⁻¹ (88%)		
	範圍	2x10 min (136 min ⁻¹)		
	休息	Set 6 min		
四	目的	改善肌肉對抗阻力	改善肌肉對抗阻力	改善運動心跳率
	方式	循環	循環	持續速度變換
	負荷	30% (1RM)	30% (1RM)	88-92-95-88% (153min ⁻¹)
	範圍	2 x 15 (2 上肢-2 下肢)	3 x 15 (2 上肢-2 下肢)	5-5-5- 5 min
	休息	Set 90s	Set 90s	Set 6 min
五	目的	改善運動心跳率	改善運動心跳率	改善肌肉對抗阻力
	方式	持續跑步	持續跑步	循環
	負荷	153 min ⁻¹ (88%)	153 min ⁻¹ (88%-92%)	35% (1RM)
	範圍	2x10 min (136 min ⁻¹)	5 min (136 min ⁻¹), 3x5min (140 min ⁻¹)	2 x 15 (2 上肢-2 下肢)
	休息	Set 6 min	Set 6 min	35% (1RM)
六	目的		改善運動心跳率	改善運動心跳率
	方式		持續跑步	持續速度變換
	負荷		153 min ⁻¹ (88%-92%)	88-92-95-88% (153 min ⁻¹)
	範圍		5 min (136 min ⁻¹), 3x5min (140 min ⁻¹)	5- 5- 5- 5 min
	休息		Set 6 min	Set 6 min

第五章 結論

以目前市面上穿戴科技配備與功能，本研究的硬體與軟體設計，與其最大的區隔在於團隊應用。在團隊室內與室外應用，每個心跳率訊號不會互相干擾。室外最大距離，直徑可達 150 m。以信號訊號轉接器，建構成完整傳輸網，可以擴大接收面積，並降低訊號漏失。而另一區隔功能在於軟體的運動訓練計劃是依據個人能力設定，此模式可以提高運動的安全性與運動監控的方便性。



參考文獻

一、 中文部份

張嘉澤 (2008)。訓練學。台北縣林口鄉：台灣運動能力診斷協會。

張嘉澤 (2010)。運動能力診斷與訓練調整。台北縣林口鄉：台灣運動能力診斷協會。

陳全壽、林文郎 (2004)。各國健康體能指標之收集與分析與國人健康體能狀況評估調查。

浩浩譯 (2006)。心率偵測器在訓練與比賽的應用。

二、 外文部份

Hollmann, W., Liesen, H., Rost, R., Kawahats, K. (1978). Über Leistungsverhalten und die Trainingsbarkeit im Alter. Z. Geront. 11:312. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整。

Hollmann, W., Rost, R. (1982): Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Grundlagen Technik und Interpretation ergometrischer Untersuchungsverfahren. 120-126. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整。

Mader, A.; Lisen, H.; Heck,; Philippi, H Rost, R.; Schurch, P.; Hollamn, w. (1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit in Labor. Sportarzt und Sportmed. 27(4),80-88. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整。

Schmith, G., Isarel, S. (1983). Herzschlagfrequenz beim Gesundheitsstabilisierenden Ausdauertraining. Ausdauer Training. 130-132. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整。

三、 網站

世界衛生組織 (WHO) 官方網站

(<http://www.taipeimarathon.org.tw/知識園地/專文報導/hearttratemonitor.htm>)

Polar 官方網站 (2012) ([http://www.polar.com/us-](http://www.polar.com/us-en/b2b_products/team_sports/polar_team2_pro)

[en/b2b_products/team_sports/polar_team2_pro](http://www.polar.com/us-en/b2b_products/team_sports/polar_team2_pro))

Garmin 官方網站 (2012)

(<http://www.garmin.com.tw/RDO/>)

