

以智能型量測系統探討腦中風病人心跳變異率與姿勢性低血壓之相關性

李靖海^{*}

明道大學資訊傳播學系助理教授

蔡榮德^{**}

國防部資電作戰指揮部

魏大森^{***} 顏明璋^{***} 劉鵬達^{***}

彰化基督教醫院復健科

摘要

腦中風病患可能因自律神經系統傳導障礙及腦部灌流異常併發姿勢性低血壓、暈眩、盜汗、視力模糊、失去意識等症狀。

腦中風患者術後身體狀況穩定後，需透過復健工作以恢復正常生活能力，其中又以傾斜床復健訓練，因在療程中需要人工控制傾斜床，及量測病人之生命資訊，花費人力最多，時間最長。本研究以整合式智能型量測設備設計為著眼，針對患者在傾斜床復健時，設計一套自動控制傾斜床啟動及量測腦中風病患之血壓、血氧、脈搏等生理資訊參數，並藉由無線網路傳輸系統即時將所量測之病患生理資訊及治療狀況傳送至雲端系統；並將脈搏訊號量化為心率變異，探討腦中風病患於傾斜床治療測試期間發生姿勢性低血壓併發暈眩症狀與心率變異及血壓之關係。了解病患暈眩症狀即時相關生理資訊，以預防病患因併發症造成更大之傷害，同時可提升醫療品質與降低醫護人員之負擔與設備成本。進而可藉由攜行輕便、有(無)線網路傳輸及資料庫儲存整合包裝成可攜式之醫護包，提供醫院復健或社區腦中風病患做更多之醫療照護服務。

關鍵字：自律神經系統、心率變異、姿勢性低血壓、腦中風、智能型量測儀

Correlation of Heart Rate Variability and Orthostatic Hypotension in Stroke Patients by Using Integrated Intelligent Biosensor System

Ching-Hai Li^{*}

Assistant Professor , Department of Information Communication ,
MingDao University.

Jung-Te Tsai^{}**

Information and Electronic Warfare Command , Ministry of National Defense.

Da-Sen Wei^{*} Ming-Wei Yen^{***} Peng-Da Liu^{***}**

Rehabilitation Medicine , Changhua Christian Hospital

Abstract

Because of the autonomic nervous system conduction disorders and brain perfusion abnormalities, a stroke patient may be complicated by symptoms such as orthostatic hypotension, dizziness, sweating, blurred vision, and the loss of consciousness.

When a stroke patient's health condition stabilizes after an operation, a patient must take the rehabilitation to restore the ability to live a normal life. Among all the rehabilitations, the tilt table rehabilitation training, because it requires a manual control and measures a patient's physiological information, it consumes the most manpower and spends the longest hours. In this study, we design an integrated intelligent biosensor system for patients using the tilt table during the rehabilitation, automatically switching on and measuring a stroke patient's physiological parameters, such as blood pressure, blood oxygen, and pulse. Then the gathered physiological information and treatment status are sent to a cloud system by WI-FI. Moreover, a patient's pulse is quantified as the heart rate variability in order to study the relationship between heart rate variability and blood pressure, which are complicated

by orthostatic hypotension during the tilt table training. To understand the immediate relevant physiological information like dizziness , it could avoid the complications that may cause more harms on patients. Meanwhile, it could enhance the medical quality and lower the loading and equipment cost of health care. Thus, with portable device, WI-FI connection, and database storage, the health care package is provided to stroke patients during the rehabilitation in the hospital or in the community for more medical care service.

Keywords: Autonomic Nervous System, Heart rate variability, Orthostatic hypotension, stroke, integrated intelligent biosensor system.

壹、前言

一、研究動機

依據衛福部民國105年發表之統計數據，民國104年腦血管疾病名列台灣十大死因之第三位，而且是成人殘障的主因。(衛福部，2016)血壓的高低與發生中風或其他心血管疾病之風險，為一連續性之關係。一般而言，平均血壓每增加10mmHg，腦中風之危險性即增加30%。腦中風或其他心血管疾病之危險度，除依據血壓之輕、中、重度外，必須同時考慮是否存在相關血管危險因子、腦中風或心臟病等。依據Framingham 資料(Framingham.com, 2006, 2014)，輕度危險群者未來十年發生重大心血管意外之危險小於15%，中度危險群者為15-20%，高度危險群為20-30%，而超高危險群之危險度則超過30%。因此，高血壓患者且併有危險因子者，已屬中度以上危險群，必須嚴格控制血壓，避免腦中風或其他心血管疾病之發生。(葉美玲、陳興夏、陳靜修，民102)而腦中風患者可能因發病過程中，造成控制心跳與血壓之自律神經系統(Autonomic nervous system, ANS)受損。所以平時需要做傾斜床(Tilting Table)復健與治療，從復健治療過程中，因傾斜床是模擬人起身動作，由臥姿轉變為站姿，而腦中風患者往往因姿勢性之改變，容易發生姿勢性低血壓(orthostatic hypotension, OH)病症(王詮賀，2009)，此時會導致腦缺血、梗塞，患者常有全身無力、頭暈、盜汗、視野發黑、視力模糊、失去意識等症狀，甚至併發跌倒傷害、心絞痛或再次腦中風，嚴重者甚至造成生命危險。

腦中風患者的復健過程區分為三階段，第一階段係於中風後生命跡象穩定後開始於床上翻身及做肢體關節運動，主要是防止褥瘡及關節僵硬的發生；第二階段約於中風後一週到數個月間，治療目的在促進神經修復或重新整合，訓練日常生活功能，減輕照顧者負擔並增加患者之獨立生活能力；第三階段於第二階段完成後開始，將患者的獨立生活能力發揮到最大，並增進生活品質。在患者的醫療狀況穩定後便可至運動治療室進行更進一步的功能性訓練，包括有傾斜床、功能性活動訓練及加強心肺耐力等訓練。其中傾斜床訓練為最關鍵之訓練過程，因本項訓練過程中要評估患者是否有姿勢性低血壓的狀況，並可以訓練病患從臥床狀態，轉為站立姿勢，並執行低負荷量的直立運動訓練，為下一階段獨立運動治療做準備。過去腦中風患者實施傾斜床訓練期間，需全程由復健師監控、量測與記

錄各項生理訊號，所以每一位病患都需要至少一位醫療人員全程照護，而且各項生理訊號都需要有一套專用的量測儀器，限制了執行傾斜床訓練的空間與醫療能量的擴充性。

腦中風患者復健過程中，尤其以姿勢性低血壓為最重要評量項目，姿勢性低血壓會造成患者頭暈、盜汗、無力、視力模糊、失去意識等症狀，是腦中風復健患者常見的併發症。依文獻顯示(JOHN G. BRADLEY, M.D., and KATHY A. DAVIS, R.N., 2003)姿勢性低血壓主要是由於自律神經調節血壓機能受到脫水、血量喪失，甚至藥物影響而受損所造成(方楨文，2014)。

自律神經包括交感神經與副交感神經，主要掌管人體心跳、血壓、呼吸、體溫、腸胃蠕動等生理活動。心率變異可以反映出交感與副交感神經系統的平衡狀態。因此，血壓變化、呼吸、身體或心理壓力，皆會呈現於心率變異的變化。過去量測自律神經功能，醫院必須以心電圖機(Electrocardiograph, ECG)測量，再以電腦進行心律變異(Heart rate variability, HRV)分析得之(李德華，2000)，因此腦中風病患在初期即要做追蹤之診治與復健，病患可能因行動不方便而對前往就醫卻步；近期有運用簡易性心電圖機、HRV分析儀器或手腕式心律機進行量測，使心律量測較為便利(李潤宇，2002)；不過這些量測系統均有其缺點，傳統大型心電圖機價格昂貴，操作不易，新型簡易之心電圖機仍多半需要耗材(電極片)如，而手腕式心律機僅有部份機型能運用COM Port或USB等介面由醫護人員下載運用，對資料的運用仍有限制(孫德銓、郭益源、梁楊鴻、湯勝輝、林裕峰、張永賢、林昭庚，2006)。

本研究以研究與設計智能型量測系統，來協助復健科醫護人員於腦中風患者復建期間執行傾斜床訓練操作與紀錄，以減輕其負荷提升醫療效能。

二、研究目的

本研究藉由設計智能型量測系統，於臨床上常使用之傾斜床治療過程，整合心跳、血壓、血氧濃度及心率變異的量測，並具有自動控制傾斜床的功能，協助醫護人員執行腦中風患者復建過程相關操作與紀錄工作，提升醫療品質與降低醫護人員之負擔與設備成本。

系統於操作過程量測與監控血氧、血壓、心率及脈搏等生理訊號，並能依流程自動控制傾斜床傾斜角度，協助訓練腦中風患者對直立壓之容忍力，克服因姿勢改變下之暈眩問題，進而幫助病患得以繼續進行爾後之復健治療，進而探討心率變異與姿勢性低血壓暈眩情況發生之關係(涂份呈，2014)。未來可做為醫生評估腦中風患者發生姿勢性低血壓之可能性，建立簡單偵測量眩之定量指標，降低病患生活中發生跌倒後造成更多傷害之機率。進而發展以行動包方式由醫師隨手攜行，到社區或獨居老人居住處實施量測，量測訊號可以藉由網際網路直接傳送至醫療中心或醫師，亦可傳送至雲端資料庫，以提供隨地存取參考研究，以利醫師做正確、有效之判斷。

貳、文獻回顧

一、姿勢性低血壓

當人體姿勢改變時因為受到重力影響，約有300~800cc的血液會流向下肢，使腿部及腹部組織和肌肉的壓力增加。在正常人的情況下，感壓反射以及傳出交感神經路徑開始作用，阻止更大量的血液流至下肢。並促使下肢之血液透過靜脈壓力回流至心臟。而部分脊髓損傷、高血壓及巴金森氏症患者，若因交感神經活性不正常的下降、又伴隨心率降低和周圍血管舒張情況增加，就會構成姿勢性低血壓(呂雅婷，2001)。依據美國自律神經科學院(America Autonomic Society)及美國神經病學學會(America Academy of Neurology)於1996年之研究定義為：站立三分鐘或頭部於60°的傾斜狀況下，收縮壓下降至少20mm-Hg，或舒張壓下降至少10mm-Hg；它所產生的症狀包括頭昏、頭痛、視力模糊或暫時性視覺消失、無力、嗜睡、甚至昏厥(JOHN G. BRADLEY, M.D., and KATHY A. DAVIS, R.N., 2003)。

目前針對姿勢性低血壓的研究中，大多文獻是針對脊椎損傷患者來做研究，且研究中有以下肢循環器研發(洪偉翎，2005、莊仁棣，2007)、患者血壓與血氧濃度關係之研究(劉士偉，2007)、運用脈波抵達時間與間歇性校正推估連續血壓(楊坤岳，2006)及患者心輸出量之量測與分析(林辰膺，2008)等面向。各項研究多以傳統式心電圖機或心率儀實施量測，也發現心率變異與姿勢性低血壓有相當的關聯度。

二、心率變異

心率變異分析是一種評估自律神經系統功能的重要方法。自律神經系統分為交感神經系統和副交感神經系統。交感神經系統可使心跳加快、瞳孔放大、腸胃蠕動變慢、皮膚排汗增加、和肌肉緊張有力，以應付緊急狀況；副交感神經系統則使心跳變慢、瞳孔縮小、腸胃蠕動加快、皮膚排汗減少、和肌肉放鬆，並讓人體呈放鬆狀態；兩者相互拮抗保持平衡。心率變異的分析帶給了心血管疾病的研究與防制一個新方向，在1996年Framingham心臟研究的一份研究報告指出，心率變異的高低與危險性高的心血管疾病有確切關係，除此之外，來自各地的研究也不斷地發覺了心率變異與各種心血管疾病的關係與應用(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)。

心率變異分析，是一種量測連續心跳速率變化程度的方法。它的計算方式主要是分析藉由心電圖或脈搏量測得到的心跳與心跳間隔的時間序列。在心電圖上，R波是較為顯著的波形容易被偵測，用相鄰兩個心跳的R波波峰間距來代表心臟跳動的間隔，便可以計算出心跳的頻率，故醫學上最常以RRI間距來代表心跳間期（如圖1）。

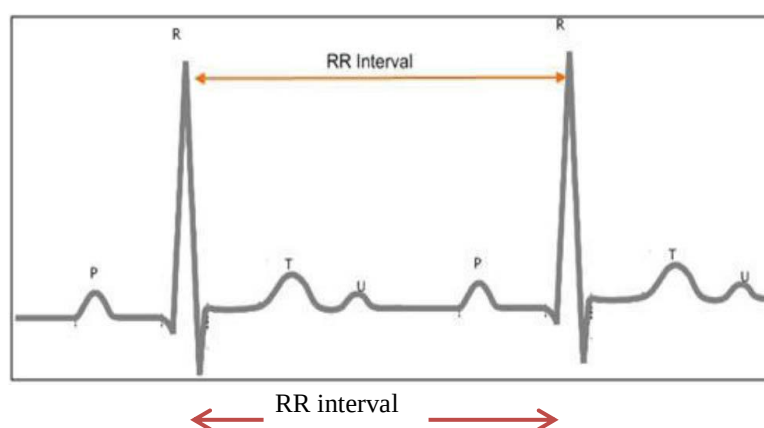


圖1：RRI間距

在心率變異分析上可分為時域分析(time domain)及頻域分析(frequency domain)二大部份(翁根本、何慈育、歐善福、林竹川、謝凱生，2009)。

(一) 時域分析：在時域分析上較常使用的參數如下

1. 全部正常心跳間距之平均值(Mean)：單位為微秒。

$$\text{其公式為：} MeanRRI = \frac{\sum_{i=1}^n RRI_i}{n} \quad (1)$$

n:量測心跳的個數

RRI_i ：是相鄰兩個心跳的R波波峰間距，間距來代表心跳間期

2. 全部正常心跳間距之標準差(SDNN 《Standard Deviation of Normal to Normal》)：單位為微秒，SDNN 的平方值與頻域分析之總功率平方相同，代表總心率變異。

$$\text{其公式為：} SDNN = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RRI_i - MeanRRI)^2}{n}} \quad (2)$$

3. SDANN (Standard deviation of the averages of NN intervals in all 5-minute segments of the entire recording)：全程依五分鐘分成連續的時段，先計算每五分鐘心跳間期的標準差，再計算標準差的平均值，單位為微秒。
4. RMSSD (The root mean square of successive differences between adjacent normal cycles)：相鄰 RRI 差值序列的方均根值（正常心跳間期差值平方和的均方根），可評估短時間心率變異度，與高頻功率相同，代表副交感神經的活性，小於 20 表示副交感神經對心臟調節能力之下降。

$$\text{其公式為：} RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n (RRI_i - RRI_{i-1})^2}{N-1}} \quad (3)$$

5. NN50 count (Number of pairs of adjacent NN intervals differing by more than 50 ms in the entire recording)：心電圖中所有每對相鄰正常心跳時間間隔，差距超 50 毫秒的數目。

$$\text{其公式為：count}(if RRI > 50\text{ms}) \quad (4)$$

6. pNN50 (NN50 count divided by the total number of all NN intervals)：NN50 數目除以量測之心電圖中所有的正常心跳間隔總數。

$$\text{其公式為：} \frac{\text{Count}(if RRI > 50\text{ms})}{\text{Count}(RRI \leq 50\text{ms})} \quad (5)$$

在心率變異分析中有關時域之參數，其單位、定義及臨床意義(Marek Malik，1996)綜整如表1。

表 1：心律變異度時域分析測量指標、定義及臨床意義

指標	單位	定義	臨床意義
標準差 SDNN	ms	整體心率變異度的指標	自律神經總活性指標
RMSSD	ms	短期的變異度指標，與副交感神經的活性有關	與副交感神經活性有關
pNN50	百分比	短期的變異度指標，與副交感神經的活性有關	與副交感神經活性有關

(二) 頻域分析：

在頻域上的分析利用快速傅立葉變換(FFT)將心跳間隔的時間序列轉換為頻域，以功率頻譜密度(Power spectral density, PSD)或是頻譜分佈(Spectral distribution)的方式表現。通常動脈壓及心率變異，在頻域內區分為不同的頻率段來計量其功率 (power) (STEVEN M. KAY, 1981)。

參、研究方法

一、研究架構與流程

本文針對腦中風患者之姿勢性低血壓與心率變異之關聯性，依照HRV Guidelines 規定(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)，使用極為簡單之設備與計算HRV 演算法，在腦中風患者傾斜床訓練與評估過程中，運用行動化平台量測患者姿勢性低血壓發生率之關係，用來即時監測病人的生理狀態並匯集生理感測器的生理訊號，並透過微處理器與可程式化程式即時監控個案是否發生不適現象，並透過伺服器馬達控制傾斜床角度。研究架構與流程如圖2、3。

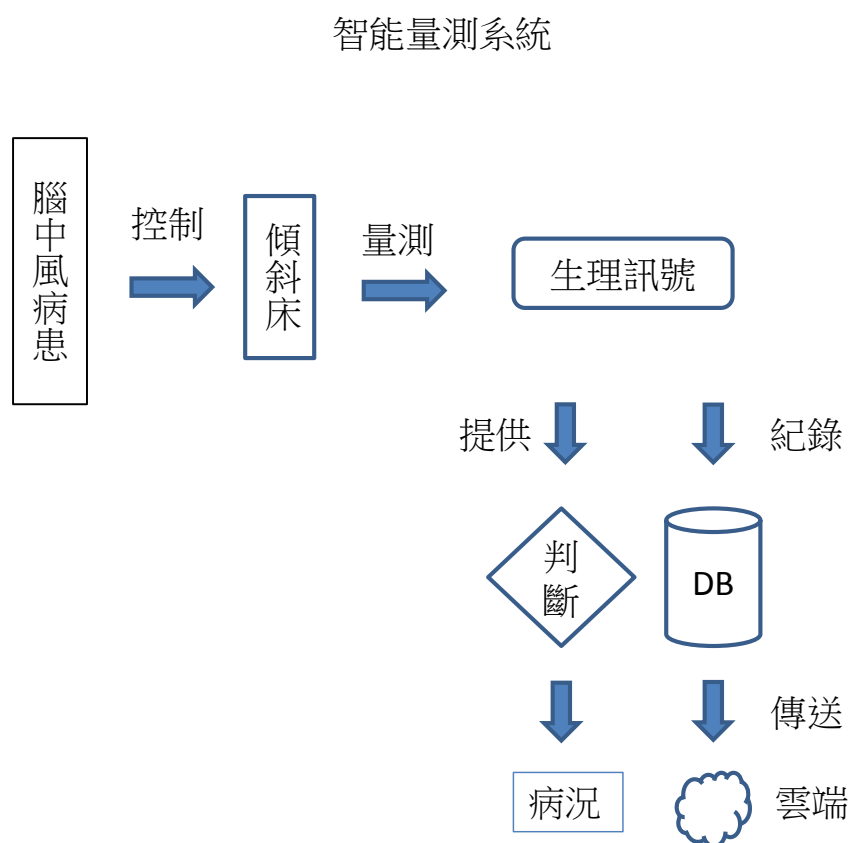


圖 2：研究架構圖

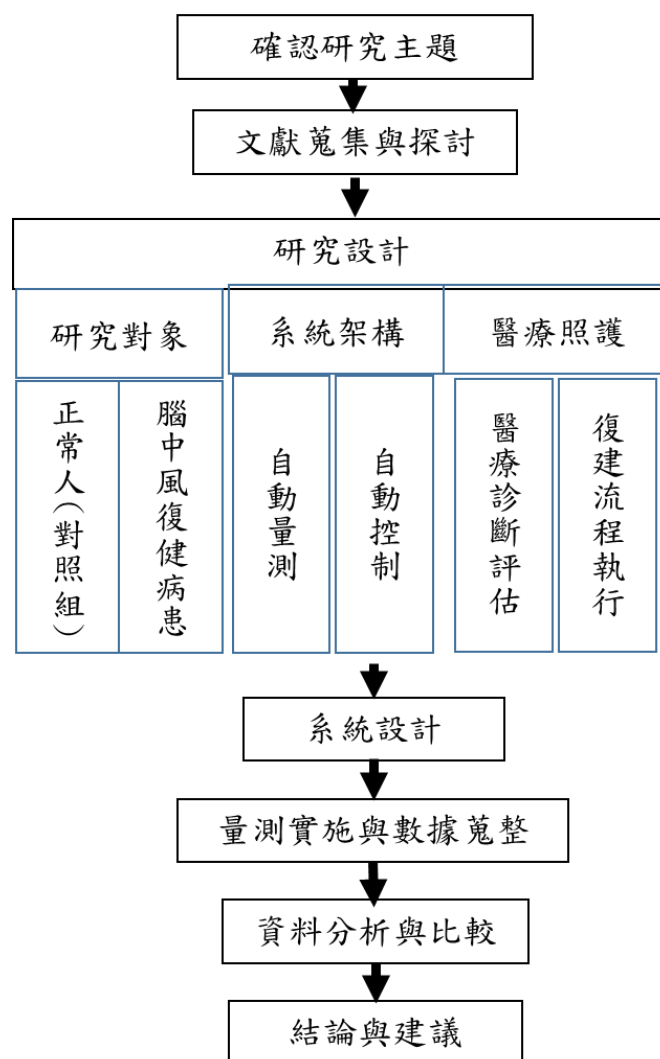


圖 3：研究流程圖

二、腦中風患者傾斜床復健流程

因本研究係與彰化基督教醫院合作實施臨床實驗，故依該院復健醫學科物理治療組「腦中風患者姿勢性低血壓評估標準作業流程」(編號：CW-7200-00，新訂認證：7/12/10)，該院腦中風住院患者復健流程為醫師開立治療處方籤、姿勢性低血壓評估、有姿勢性低血壓患者進行傾斜床治療，生命徵象穩定後不需再傾斜床治療，轉而進行常規物理治療計畫；病人執行傾斜床期間，都要量測血壓、血氧、心跳等等生命資訊判斷其生理狀況，其流程如圖4。

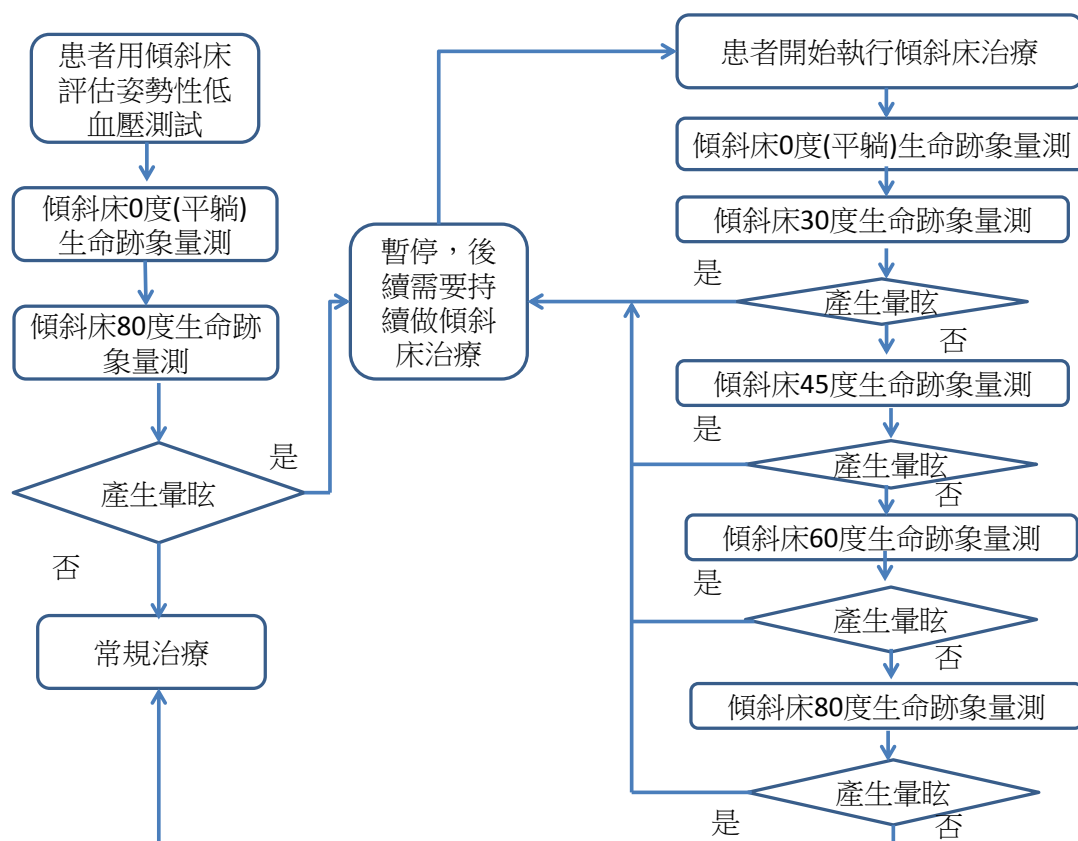


圖 4：腦中風患者姿勢性低血壓評估標準作業流程

三、智能型傾斜床控制暨生命資訊量測系統設計

依彰化基督教醫院治療流程，本文應用ARDUINO(Arduino cookbook錦囊妙計，2012)這種開放原始碼的單晶片微控制器，它採用了基於開放原始碼的軟體平台，建構出簡易輸出/輸入（simple I/O）介面板，並且具有使用類似Java、C語言的Processing/Wiring開發環境。並運用與ARDUINO相容之生理資訊量測套件實施生理資訊量測，及以Xbee這種無線傳輸系統作為資料的傳輸工具，整合設計出資料擷取終端平台，將血壓、心跳、血氧、脈搏...等生理資訊，傳回資訊應用平台，經過系統計算與分類後存入資料庫內，後端監控平台並可經由Internet讀取資訊運用平台資料庫各項之資料，智能型傾斜床控制暨生命資訊量測系統架構如圖5。

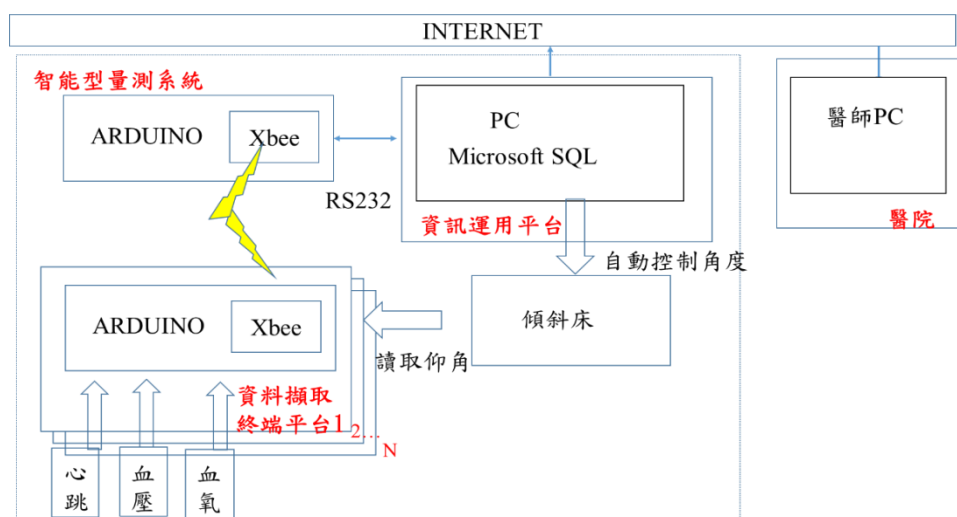


圖 5：智能型傾斜床控制暨生命資訊量測系統架構圖

(一) 資料擷取終端平台

運用嵌入式微算機晶片為基礎建構成的多重人體生命訊號資訊感測擷取模組，在輸入介面端可程式化地以多重分工（多對一）處理方式匯集由人體上量測之各種量測訊號，輸出至無線感測網路模組（Xbee）傳送至遠端監控伺服器，此部分位於系統中央核心位置，具有接合承轉的功用，所有的資料會在此做資料上的處理，前端可程式化邏輯控制器接收到的原始資料，經由轉換、整合與重新編碼後，再轉由無線感測網路傳輸到後端所設計的socket程式中，將資料再次整合附加上網頁語法並且上傳到網路中，存入資料庫，資料擷取終端平台架構圖如圖6。

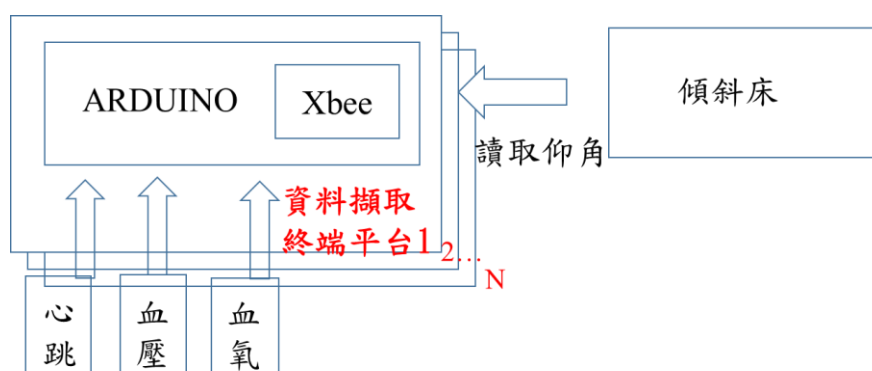


圖 6：資料擷取終端平台

本系統擷取訊號包含脈搏、血壓、血氧等生理資訊參數。

(二) 資料傳輸

本系統使用的無線通訊傳輸是應用無線感測網路技術（Xbee），XBee是要採用IEEE 802.15.4無線通訊協定為標準規範的無線傳輸系統，主要的優點在於它低耗能、低成本，我們可以很容易在網路上或其他地方取得這個產品，他主要分成兩種；提供點對點網路通訊模式的series1 和網狀通訊的series2，而XBee依照天線的種類也分成幾種；線型天線、晶片型天線、PCB印刷型天線等，如圖7所示，XBee 支援三種網路拓樸，共有星狀(Star) 、樹狀(Tree)和網狀(Mesh)，本系統採用series2之系統，因其有較高之頻寬與較佳之傳輸品質，並採用星狀網路架構，圖8為XBee的星狀網路架構。



圖 7：XBee無線傳輸模組

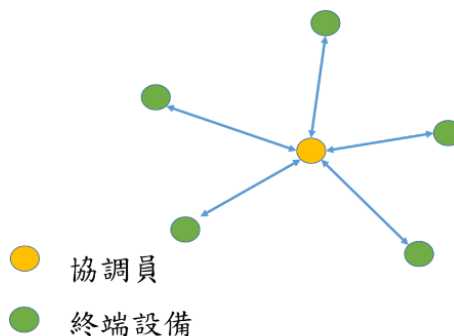


圖 8：Xbee星狀網路架構

在病患處配置一個無線感測網路終端節點，並在終端伺服器配置一個無線感測網路路由接收器，二者以點對點方式發射/接收從嵌入式資料結取模組所收集之感測訊號，訊號經過整合後，傳送至終端伺服器XBee接收機模組完成網路通訊之功能。Xbee將接收到之各種感測信號以RS232傳送至操作人員或療養院護理站之終端主節點。再由終端主節點將感測信號記錄在網頁式醫療資料庫管理系統內，建立醫療管理資料庫。

(三) 伺服器網頁式醫療資料庫管理系統

本研究採取XAMP 架構(windows 系列+ Microsoft SQL)，資訊與應用平台架構圖如圖9所示。將終端平台所收到之感測訊號整合至PC 顯示視窗，由程式語

言編寫判斷將資料擷取系統之各項欄位並儲存於Microsoft SQL，以適應多元化、可彈性調適之作業環境需求，達到實際紀錄之目的，以下介紹資訊應用平台(如圖9)。



圖 9：資訊與應用平台

本研究資訊與應用平台使用以下軟體做為開發之工具：

1. Microsoft Visual studio 2008

Visual studio 2008 是以物件導向開發方式設計 Web 應用程式，使用串列埠通訊，(SerialPort)元件空制與資料接收，再透過 ODBC(Open Database Connectivity)與資料庫作連結開發出資料庫應用程式。本論文結合串列埠與資料庫設計出自動化辨識系統，包含介面視窗以及查詢表單。用來監測及儲存所讀取的資料數據。

2. Microsoft SQL

本研究將運用Microsoft SQL設計出監測資訊所讀取的資料數據的程式表單，存入資料庫，此軟體可自行上網下載。

四、實驗流程

依彰化基督教醫院腦中風患者姿勢性低血壓的評估流程，第一階段患者平躺於傾斜床6分鐘，每3分鐘量測監測側血壓、心跳與血氧濃度，第二階段，傾斜床調至80度站立15分鐘，每3分鐘量測血壓心跳與血氧濃度，生命徵象穩定無發生姿勢性低血壓患者以常規治療，如於第二階段執行過程當生命徵象不穩定或病人出現不適狀況(頭暈、嘔吐、腳酸、意識混亂)時，傾斜床回復至平躺狀態休息，若測得SpO2<90%，給予2L/min氧氣，監測生命徵象直至穩定休息，若發生意識改變或危及生命，則依醫院程序啟動緊急應變流程並結束本次評估作業。圖10是傾斜床在各階段停留時間之評估流程圖。

傾斜床角度		時間
0度(水平)	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏	
	調整角度	
80度	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏、HRV	3分鐘
	血壓、血氧、脈搏	
	結束評估	

圖10：腦中風患者姿勢性低血壓傾斜床在各階段停留時間之評估流程圖

肆、實驗結果與分析

一、實驗結果

本研究應用ARDUINO單晶片微控制器，建構出簡易輸出/輸入（simple I/O）介面板，並運用與ARDUINO相容之生理資訊量測套件實施生理資訊量測，及以Xbee這種無線傳輸系統作為資料的傳輸工具，整合設計出資料擷取終端平台，將血壓、血氧、脈搏等生理資訊，傳回資訊應用平台存入資料庫內，後端監控平台並可經由Internet讀取資訊運用平台資料庫各項之資料，完成系統製作成品如圖11。



圖11：智能型傾斜床控制及生理量測系統

系統中運用嵌入式微算機晶片為基礎建構成的多重人體生命訊號資訊感測擷取模組，在輸入介面端可程式化地以多重分工（多對一）處理方式匯集由人體上量測之各種量測訊號，經由轉換、整合與重新編碼後，再由感測擷取模組連結無線感測網路模組（星狀Xbee無線網路）傳送至遠端監控伺服器(資料庫)，伺服器接收各Xbee傳送來傾斜床復健病患資訊後，將資料紀錄於資料庫中，並整合附加上網頁語法並且上傳到網路中。本系統擷取訊號包含血壓、血氧、脈搏等生理資訊參數，在後端伺服器計算病患之HRV。監測與控制系統如圖12。



圖12：資料擷取終端平台與控制系統

量測病患的脈搏、血氧等感測模組所組成類比訊號經由數位化後，匯流傳送至嵌入式資料擷取模組中，再經由Xbee無線感測網路模組，並傳送至遠端監控伺服器，遠端伺服器接收到資料後將經由設定好的socket程式送到指定IP的網頁資料庫中。而血壓計所量測到之血壓資訊(收縮壓及舒張壓)則由內置藍芽介面直接傳送至遠端監控伺服器，再匯入資料庫中。

本研究資料庫採取XAMP 架構(windows 系列+ MsSQL)。將終端平台所收到之感測訊號整合至PC 顯示視窗，如圖13，由程式語言編寫判斷將資料擷取系統之各項欄位並儲存於MsSQL，如圖14，以適應多元化、可彈性調適之作業環境需求，達到實際紀錄之目的。



圖13：量測生理資訊訊號整合至電腦顯示視窗

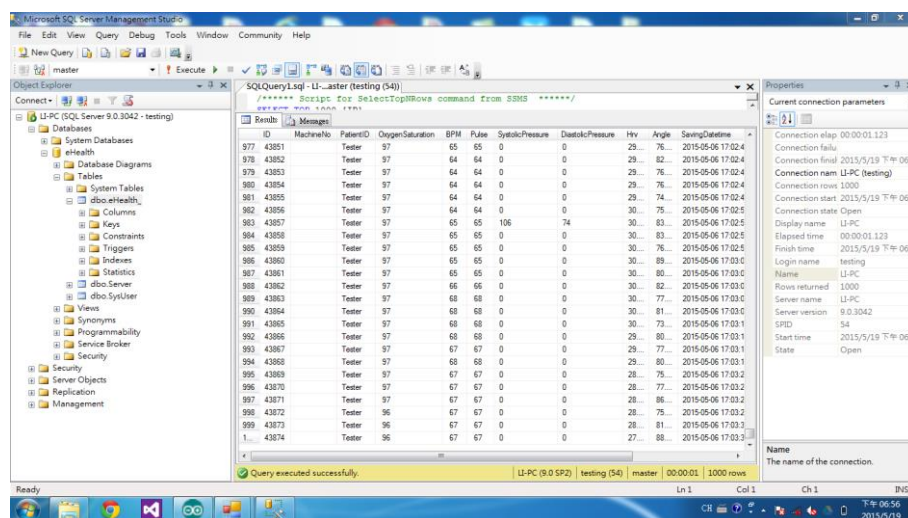


圖14：MsSQL資料庫紀錄量測病患之生理資訊

依彰化基督教醫院腦中風患者姿勢性低血壓的評估流程，制定本研究研製智能型腦中風病患姿勢性低血壓評估系統測試流程(如圖4)，設計完成腦中風病患復健治療時所需之傾斜角之自動控制及生理資訊資料蒐集與紀錄。從第一階段患者平躺於傾斜床(如圖15)6分鐘，持續量測脈搏與血氧濃度，並每隔3分鐘量測血壓一次，第二階段，傾斜床依程式控制調至80度站立15分鐘(如圖18)，期間持續量測心跳與血氧濃度，並每隔3分鐘量測血壓一次(圖17、18、表2)，生命徵象穩定無發生姿勢性低血壓患者以常規治療，如於第二階段執行過程當生命徵象不穩定或病人出現不適狀況(頭暈、嘔吐、腳酸、意識混亂)時，傾斜床回復至平躺狀態休息，若測得 $SpO_2 < 90\%$ ，給予2L/minu氧氣，監測生命徵象直至穩定休息，若發生意識改變或危及生命，則依醫院程序啟動緊急應變流程並結束本次評估作業。



圖15：傾斜床平躺開始評估



圖17：自動控制傾斜床角度至設定位置



圖18：傾斜床角度到達80度並測量生命資訊

表2：傾斜床從0度至80度再回到0度評估過程實驗紀錄

血氧濃度	心跳	收縮壓	舒張壓	角度	HRV
98	60	116	87	0	25.6
98	60	0	0	1	25.62086
98	60	0	0	1	29.48799
97	65	0	0	20	35.62043
97	65	0	0	25	35.51936
97	65	138	78	30	35.41889
97	65	0	0	31	35.41899
97	65	0	0	34	35.3193
97	66	0	0	44	35.29633
97	66	134	81	45	35.29633
97	66	0	0	50	35.27201
97	66	0	0	55	35.2464
97	66	121	86	60	35.24635
97	66	0	0	64	35.21957
97	67	0	0	68	35.29946
97	67	0	0	73	35.37494

血氧濃度	心跳	收縮壓	舒張壓	角度	HRV
97	67	0	0	79	35.4462
96	68	0	0	79	35.64788
99	68	0	0	79	37.83337
99	68	116	80	80	37.9430
99	68	0	0	80	37.9428
99	68	0	0	80	38.04743
98	69	0	0	80	38.2728
98	79	0	0	79	30.94607
98	79	0	0	74	30.86426
98	79	0	0	71	30.77267
98	79	0	0	66	30.67122
98	79	0	0	62	30.83544
98	79	121	86	60	30.98051
98	79	0	0	58	30.99716
98	79	0	0	49	31.14342
98	79	134	81	45	31.27886
98	79	90	0	44	31.28811
98	79	0	0	40	31.35224
98	78	138	78	30	31.35110
98	78	0	0	30	31.35224
98	78	0	0	22	31.35224
98	78	0	0	18	31.40037
98	78	0	0	12	31.47906
98	78	116	87	0	31.48003

因為血壓量測是傾斜床角度停在0度、30度、60度、80度時才會量測，而心跳、血氧，則是開始執行傾斜床治療時，每1000ms時就量測一次，直到終止治療，因此在表2中舒張壓與收縮壓只有在不同角度時才有顯示，而血氧、脈搏及HRV值則是一直出現量測數據。

病患量測結果即時顯示於螢幕並紀錄於資料庫內(如圖19)，並與病患是否發生姿勢性低血壓狀況實施比對，研判心率變異率與姿勢性低血壓發生之關連性。



圖19：受測者量測記錄資料庫

二、資料分析

運用本研究所設計之智能型量測系統，針對中風病患於復建治療過程中姿勢性低血壓評估階段實施生理資訊量測，並將其HRV與傾斜床角度及收縮壓、舒張壓等資料繪圖如圖20-27。測試數據的樣本是從正常人、罹患高血壓及機梭受傷的病患做比較，從傾斜床治療流程中判定是否具有姿勢性低血壓的症狀，以利醫師針對病人實施精準的治療。這三類受測之人，都不預先預知是否有姿勢性低血壓的症狀，完全由本研究所設計的智能型量測系統，依照醫院的評估流程來做判別。

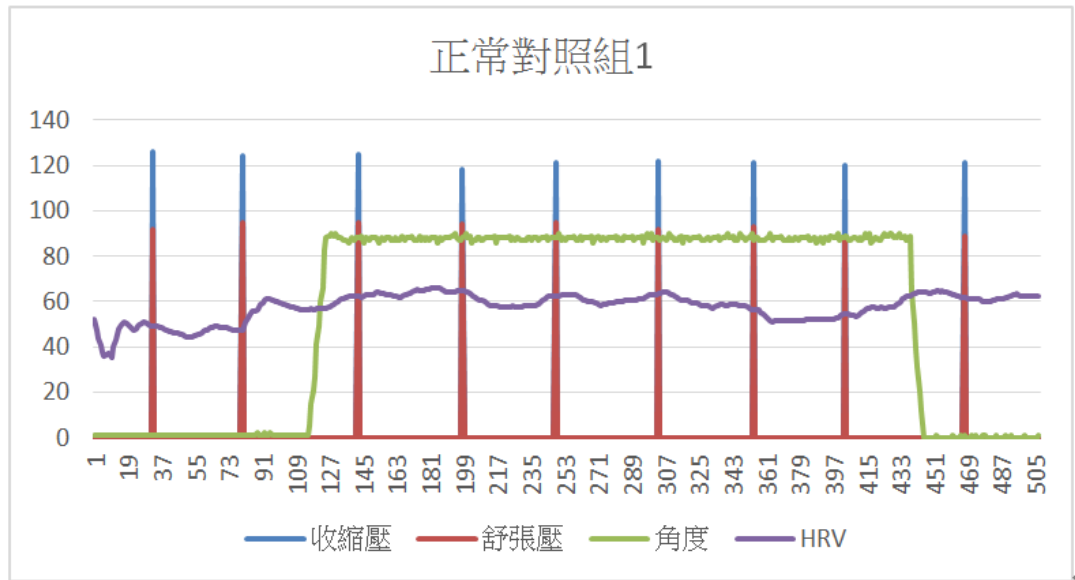


圖 20：正常測試者-1 傾斜床角度與量測數據圖

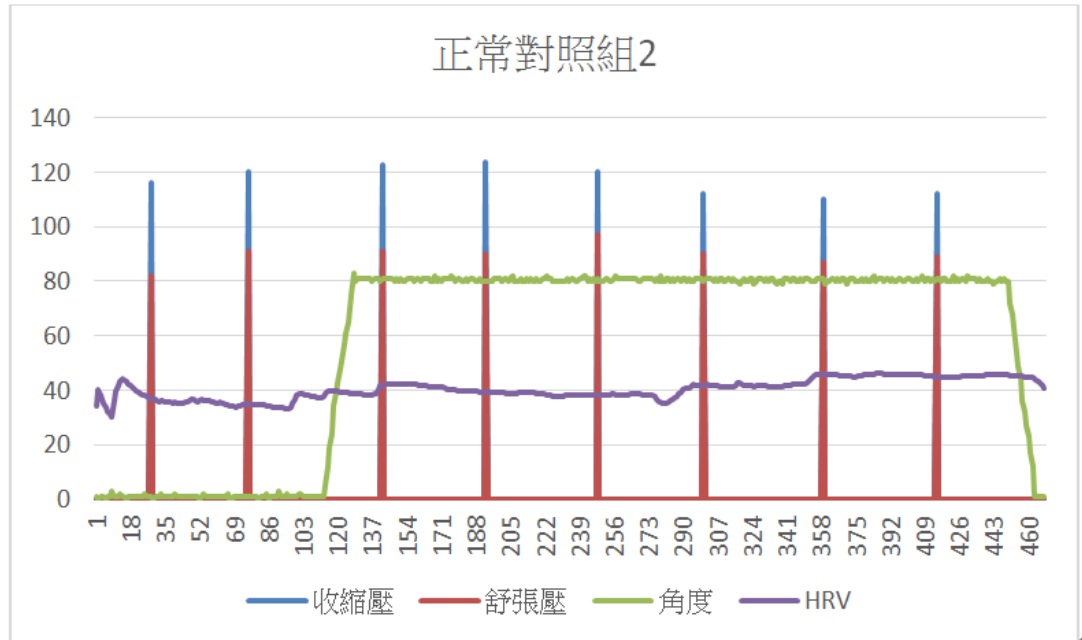


圖 21：正常測試者-2傾斜床角度與量測數據圖

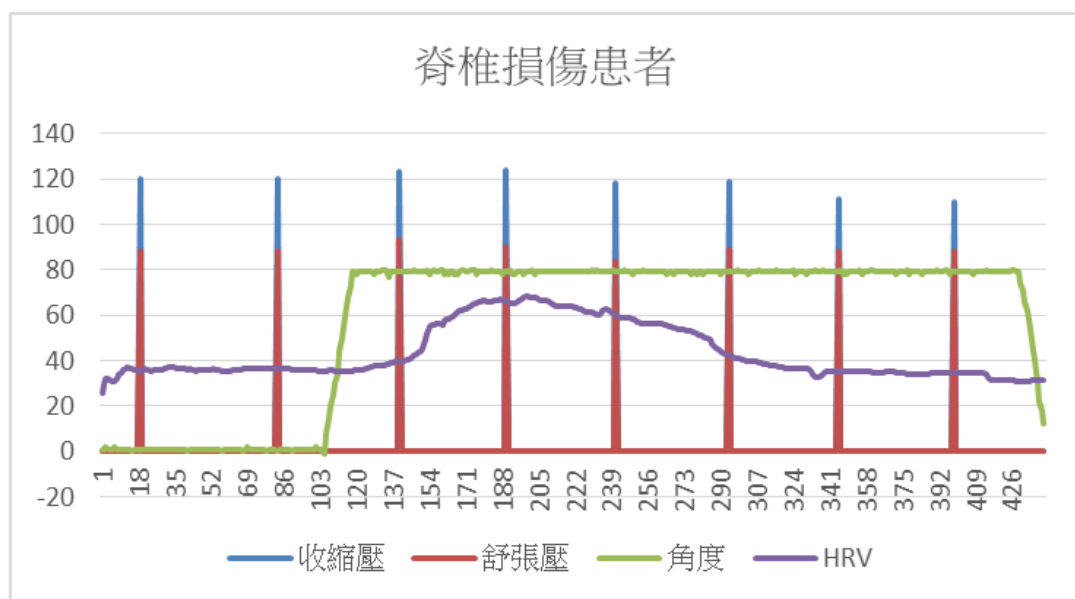


圖 22：脊椎損傷患者傾斜床角度與量測數據圖

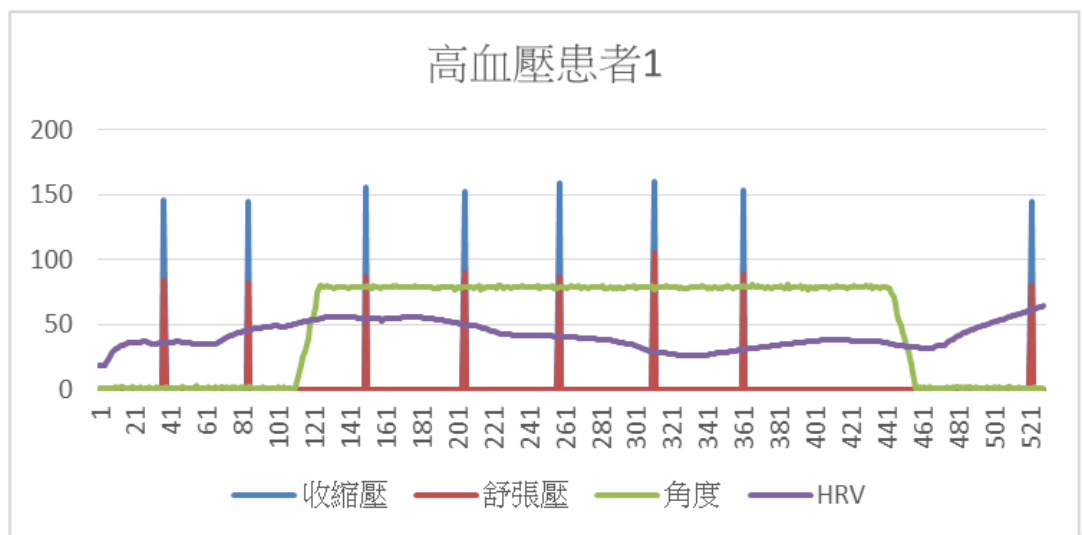


圖 23：高血壓患者-1傾斜床角度與量測數據圖

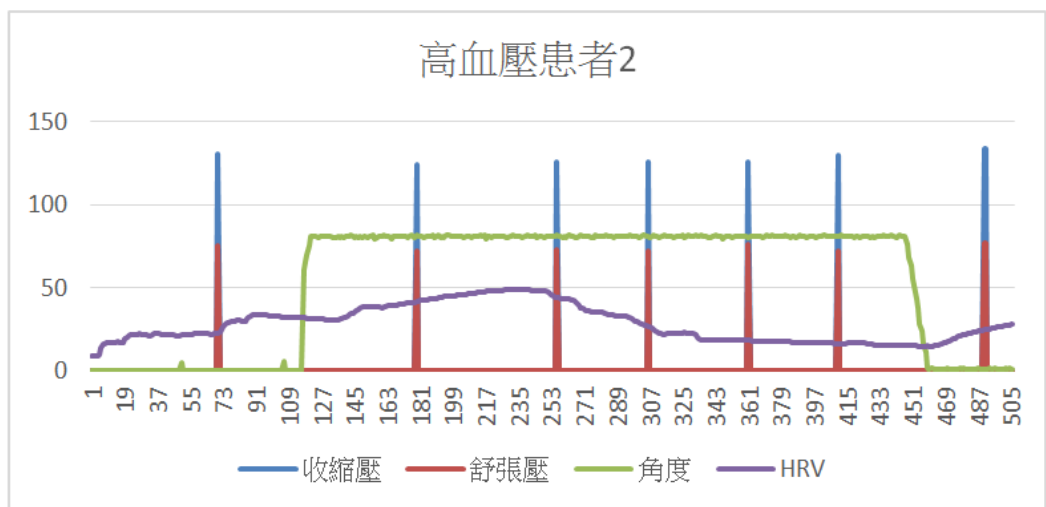


圖24：高血壓患者2傾斜床角度與量測數據圖

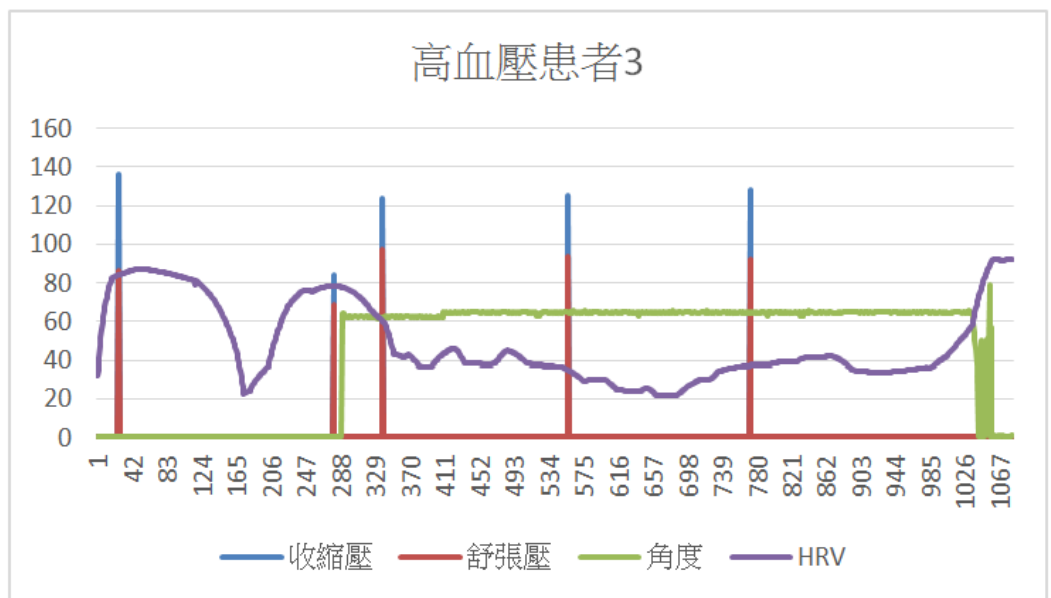


圖25：高血壓患者3傾斜床角度與量測數據圖

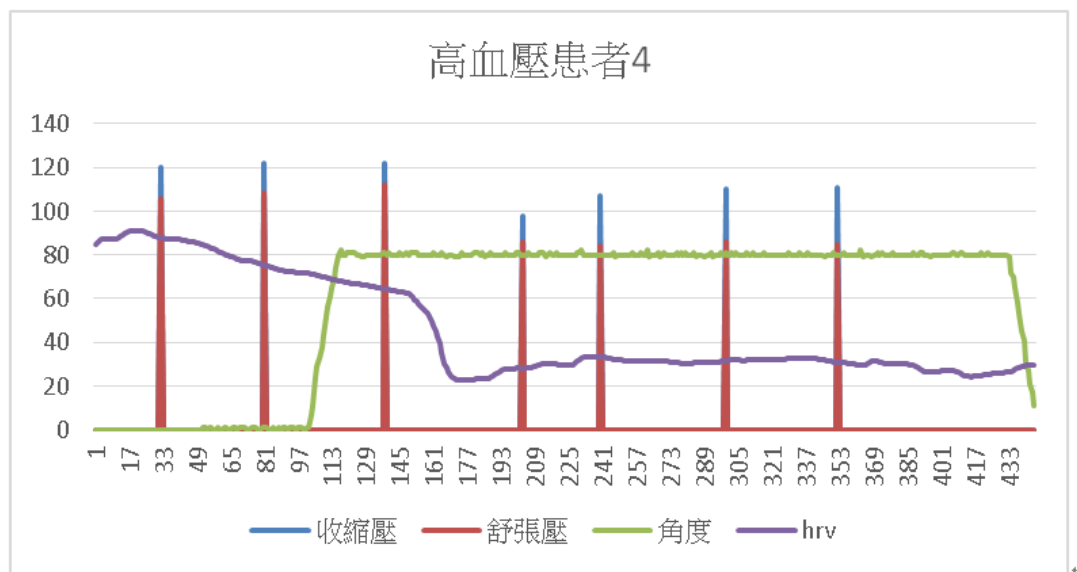


圖26：高血壓患者4傾斜床角度與量測數據圖

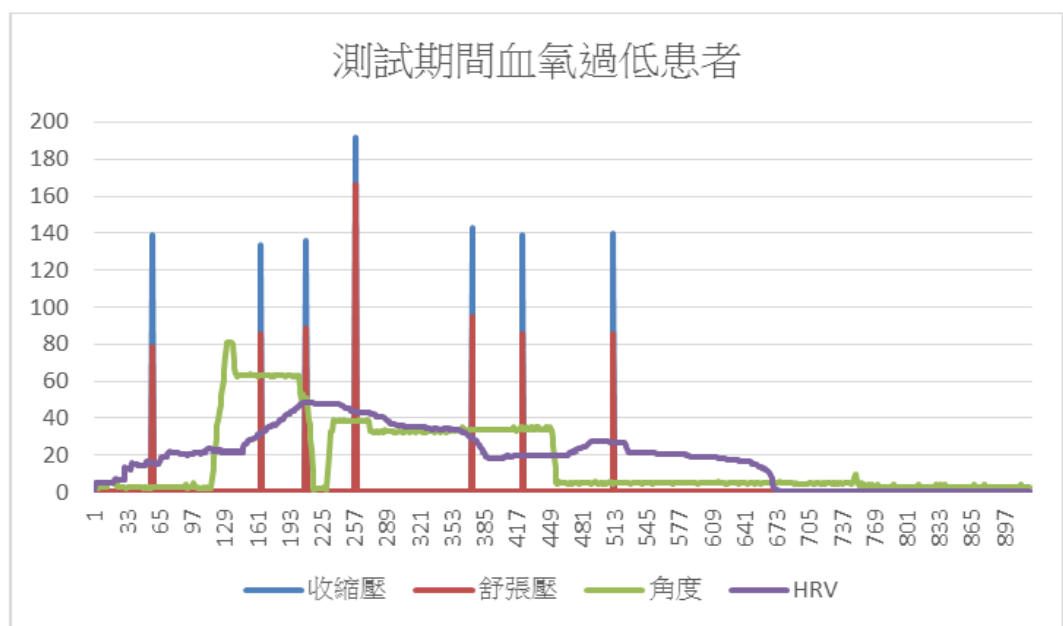


圖27：測試期間血氧過低患者傾斜床角度與量測數據圖

以上數據圖分別對正常人與腦中風患者之心率變異與血壓變異做一比較，其中在R-R間隔之時域分析值的差異比較：

1. 正常人姿勢改變前(平躺)以及之後(立姿)的總心率變異 SDNN 值比較結果：
姿勢改變前，受測者在差異度為 21.6 與 22.9%。姿勢改變後差異度在 10.7% 與 10.47%之間。
2. 腦中風患者姿勢改變前(平躺)以及之後(立姿)的總心率變異 SDNN 值比較結果：
姿勢改變前，受測者的差異度為 31.7%與 39%。姿勢改變後的差異度在 36.2%與 59.6%之間。

上述比較結果，顯示正常人與高血壓患者在以總心率變異SDNN值作為量測分析方法有明顯的差異，即正常人的總心率變異SDNN值的差異度比高血壓患者小很多。並將其總心率變異SDNN值與是否發生姿勢性低血壓狀況實施比對，發現中風患者之總心率變異SDNN值均明顯低於健康情況良好者，而發生姿勢性低血壓狀況患者，他的心率有急速上升的現象，而血壓則有下降的現象，其總心率變異SDNN值更是明顯偏低，顯示總心率變異SDNN值與姿勢性低血壓發生與否，具有其關聯性。

HRV時域分析各項指標：總心率變異SDNN主要反映交感和副交感神經總的活性水平變化。高血壓患者之心臟自律神經系統與心血管系統之間相互作用不協調，心臟自律神經系統功能受損，使交感神經張力增高，迷走神經張力減低，表現為心率變異性降低。本研究結果顯示高血壓組總心率變異SDNN明顯低於健康人員之比照組，差異具有顯著性，顯示高血壓患者他的自律神經功能可能受損。本研究量測結果與相關文獻報導一致。

伍、結論與未來研究方向

從實驗結果顯示中風患者之總心率變異值均低於健康情況良好者，而發生姿勢性低血壓狀況患者，其總心率變異值更是明顯偏低，顯示總心率變異值與姿勢性低血壓發生與否，具有其關聯性。而經過傾斜床復建訓練後之患者，亦發現其總心率變異值已較未經訓練前有所提升，顯示傾斜床訓練，有助於患者自律神經之控制，能適應身體姿勢的轉變。

本研究完成智能型量測系統製作，並依彰化基督教醫院腦中風患者姿勢性低血壓的評估與訓練流程，於傾斜床姿勢性低血壓評估與傾斜床訓練治療流程中，對腦中風患者實施血氧、血壓、脈搏及傾斜床角度等資料進行量測，並將量測結果紀錄於資料庫內，以供醫護人員後續參考運用。

未來可藉由攜行輕便、有(無)線網路傳輸及資料庫儲存整合包裝成可攜式之醫護包，提供醫院復健或社區腦中風病患醫療照護服務，到社區或獨居老人居住處實施醫療服務，量測訊號可以藉由網際網路直接傳送至醫療中心或醫師，亦可傳送至雲端資料庫，以提供隨地存取參考研究，以利醫師做正確、有效之判斷；更藉由無線網路的發展，進一步往醫療照護物聯網之目標邁進。

參考文獻

- 方楨文(2014)，阿茲海默症患者的自律神經系統功能，碩士論文，國立雲林科技大學工業工程與管理系。
- 王詮賀(2009)，多元縱向變數與邏輯斯之聯合模型-腦中風病患之姿態性低血壓實例研究，碩士論文，國立臺北大學統計學系。
- 呂雅婷(2001)，脊髓傷病患其心率變異與起坐性低血壓之關係，碩士論文，中原大學醫學工程學系。
- 李德華(2000)，心率變異度與血壓變異度之量測與比較，碩士論文，私立中原大學醫學工程學系。
- 李潤宇(2002)，腦中風病患於Labetalol處理前後循環變異性之變化，碩士論文，慈濟大學神經科學研究所，。
- 林辰膺(2008)，姿態性低血壓患者心輸出量之量測與分析，碩士論文，台灣大學生農學院生物產業機電工程學系。
- 涂份呈(2014)，以心率變異分析在腦損傷病患之預後評估，碩士論文，國立雲林科技大學工業工程與管理系。
- 洪偉翎(2005)，下肢加壓循環器幫浦壓力變化對脊髓損傷患者姿勢性低血壓之影響之研究，碩士論文，台灣大學機械工程學研究所。
- 孫德銓、郭益源、梁楊鴻、湯勝輝、林裕峰、張永賢、林昭庚(2006)，新型腕式生理監視器-心律大師之簡介及其中西醫學應用，2006年工程科技與中西醫學應用研討會大會論文集，頁33-38。
- 徐德發譯(2014)，Arduino cookbook錦囊妙計，美商歐萊禮。
- 翁根本、何慈育、歐善福、林竹川、謝凱生(2009)，“心律變動性分析”，台灣醫界, Vol.52, No.6，P290-294。
- 莊仁棣(2007)，具連續血壓量測與即時回饋控制系統下肢加壓循環器之研發，碩士論文，台灣大學機械工程學研究所，。
- 葉美玲、陳興夏、陳靜修(2013)，急性心血管疾病之護理(2版)。臺北市：五南圖書。
- 劉士偉(2007)，脊髓損傷病患起坐性低血壓昏眩程度與血壓及血氧濃度關係之研究，碩士論文，中原大學生物醫學工程學系。

衛福部 (2016) , 「 104 年死因統計結果分析 」 , 取自 [http :
//www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=2747](http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=2747) ,
6,June 。

The Consensus Committee of the American Autonomic Society and the American Academy of Neurology. Neurology. (1996), “Consensus statement on the definition of orthostatic hypotension, pure autonomic failure, and multiple system atrophy.”46 : 1470.

Framingham.com (2006). “Profile of the Framingham Heart Study.” Retrieved 2014-8-3 from [http ://www.framingham.com/heart/profile.htm](http://www.framingham.com/heart/profile.htm). Framingham.com (2014). “A Timeline of Milestones from the Framingham Heart Study.” Retrieved 2014-8-3 from [http : //www.framingham.com/heart/timeline.htm](http://www.framingham.com/heart/timeline.htm)

John G. Bradley, M.D., and Kathy A. Davis, R.N., (2003) “Orthostatic Hypotension”, Southern Illinois University School of Medicine, Decatur, Illinois, ,Am Fam Physician.

Marek Malik (Chairman), J. Thomas Bigger, A. John Camm, Robert E. Kleiger, Alberto Malliani, Arthur J. Moss, Peter J. Schwartz. (1996) “Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use.” Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology Retrieved 2014-8-3 from [http :
//eurheartj.oxfordjournals.org/content/17/3/354.full.pdf](http://eurheartj.oxfordjournals.org/content/17/3/354.full.pdf)

Steven M. Kay, Stanley Lawrence Marple,JR. (1981),”Spectrum Analysis-A Modern Perspective”, IEEE, VOL. 69, NO. 11,December.