RRPB90081553 (6 .P)

附件：封面格式

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

研發自動迴饋控制之幫浦循環器解決脊髓損傷者姿勢性低血壓引起之暈眩 Development of a feedback control pumping circulator to prevent postural hypotension in the spinal cord injuried

計畫編號：NSC 2213-E-038-005-

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：賴建宏 台北醫學大學附設醫院復健科主治醫師

共同主持人：陳適卿 台北醫學大學附設醫院復健科主任

張恆雄 中原大學醫學工程學系暨研究所教授

劉正良 台灣大學機械工程學研究所教授

游忠煌 陽明大學復健科技輔具研究所 助理教授

計畫參與人員：溫展雄 台灣大學機械工程學研究所研究生

劉士偉 中原大學醫學工程學研究所研究生

吳志偉 中原大學醫學工程學兼任研究助理

一、中文摘要

姿勢性低血壓(postural hypotension)是第六胸髓以上(尤其是頸髓)脊髓損傷者，復健過程中常見的問題。它的症狀從輕微的頭昏眼花至嚴重的暈厥都可能出現。在受傷早期，它會干擾復健治療、延長復健的進行，甚至有些脊髓損傷受傷幾個月至幾年後，還可能因為姿勢性低血壓造成頭昏眼花等症狀，而無法使用站立輪椅或站立架長時間站立。本研究的主要目的在發展幫浦循環器，以改善起立過程中，脊髓損傷者姿勢性低血壓。

本研究目前已完成之研發項目包括下肢循環器、控制器、生理訊號擷取電路以及擷取程式的撰寫與製作。利用以上的軟硬體之配合，改善下肢血液回流的效果，以避免姿勢性低血壓的發生。除了軟硬體架構之建立之外，本研究已完成正常人及脊髓損傷者於傾斜床不同角度時其生理參數的變化情形，並已建立生理參數變化之相關資料庫。

第二年將第一年研發之幫浦系統(包括功能性電刺激系統與下肢循環器系統)初步測試、自動迴饋控制幫浦系統之軟硬體開發、人機使用界面之程式設計。

關鍵詞：姿勢性低血壓，脊髓損傷

Abstract

Postural hypotension is a common problem in the spinal cord injury patients with the injury level above T6, especially for those with cervical level lesion. In the early stage of injury, postural hypotension can interfere with the rehabilitation therapy and prolong the progression of rehabilitation. In some cases, even several months or years after the injury, the hypotension may still occur and thus prevent the patient from standing up by a stand-up wheelchair or a standing table. It is therefore very desirable to find solution to cope with the hypotension.

To begin with, we would like to investigate the changes of physiological phenomena (including heart rate, blood pressure, blood oxygen concentration, blood flow, and so forth) due to different body postures. It was found that by pumping the blood back to the heart from the lower extremities can prevent or reduce the problems of postural hypotension. Therefore, we also want to assess the influence of pumping circulator on the lower limbs and develop a feedback

pumping system to address the problems of postural hypotension.

In the first year of this project, the major tasks include (a) to investigate the relations between physiological parameters and different rising angles of a tilting table both in normal subjects and the spinal cord injury patients, (b) to establish the correlation between levels of dizziness and physiological parameters, and (c) to devise the control strategies of the automatic feedback pumping system.

In the second year, we attempted to clarify the effects on the hemodynamic response to orthostatic challenge when functional electrical stimulation (FES) and lower limb pumping circulator prototype applied to SCI patients. In addition, we will further develop the hardware and software for the automatic feedback pumping system.

Keywords: postural hypotension, spinal cord injury, automatic feedback control pumping circulator system.

二、緣由與目的

脊髓損傷(Spinal cord injury, SCI)經常發生於年輕族群，尤其在交通紊亂及生活步調快的社會中，例如：車禍、摔傷、外物擊傷..等，當此類病患遇到嚴重殘障時，若僅有急症的醫療照顧，病人或許可以繼續存活，但往後生活卻需完全依賴他人，如果病患能再接受良好的復健醫療，則病人將可學習如何利用剩餘功能來生活，增加其獨立性。

高位脊髓損傷病患姿勢改變時，會因血液積存在下肢及因自主神經反應不協調，而使下肢血管收縮不良，致血壓突然下降（稱為姿勢性低血壓）[1-3]，而血壓下降也將使輸往大腦的血流量減少[4-5]，由於大腦細胞需要藉由腦血流循環才能取得足夠的氧和葡萄糖來維持代謝作用，儘管病患的血壓有下降現像，此時大腦還是能夠從減少的腦血流量中取得足夠的氧，但當血壓下降到臨界值以下將導致大腦的血流自我調節機制失效，則氧化機制將失去平衡，則產生神經電位活性的能量開始減少，並嚴重影響中央神經系統的傳導性，此時腦部會開始有節律障礙(dysrhythmia)的症狀，因而產生頭暈、頭昏眼花、休克等症狀，換句話說，要維持中央神經系統電位活性(electrical activity)的能量，則大腦氧化作用的過程佔了很大的因素[6-8]。

大腦血流主要是由頸動脈與脊動脈來供應，隨著超音波科技的進步，已經可以利用2MHz的超音波探頭來量測大腦即時血流狀態[15-18]，因此使用此種穿顱都卜勒超音波(Transcranial Doppler Ultrasound)將可直接探討腦血流與頭暈之關係[19-21]，由於脊動脈在脊髓腔內並經由枕骨大孔進入大腦內，量測較為不易。目前有相當多的學者藉由量測總頸動脈血流量來探知大腦的血流狀態[9-14]。

目前已經有一些方法被用來減輕姿勢性低血壓[22]，最常用的方法是利用傾斜床逐漸升高傾斜角度來增加脊髓損傷者直立的耐受度，但是這較費時而且效果因人而異[23]。另外也可使用彈性襪，來增加靜脈回流，減少血液積存在下肢，但還無法達到很好的效果。藥物治療如 ephedrine, fludrocortisone 及 ergotamine 可能可以改善姿勢性低血壓，但目前僅限於個案報告[24]。

雖然姿勢性低血壓在急性期較容易發生，但是仍有不少脊髓損傷者(特別是頸髓損傷者)雖然受傷時間已過了好幾年，仍會因姿勢性低血壓造成坐著時會暈眩或站立姿勢時會頭昏眼花，以致於不敢保持站立的姿勢[23]。

本計畫共分為三年進行

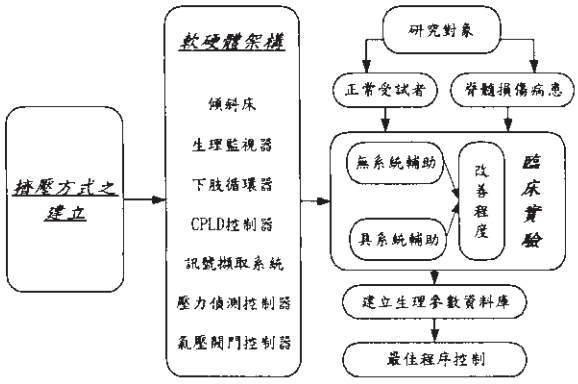
第一年主要探討正常人及脊髓損傷者於傾斜床不同角度時其生理參數的變化情形，建立暈眩與生理參數變化之相關性資料庫，並開始自動迴饋幫浦系統的軟硬體整合設計。

第二年將繼續進行生理訊號擷取、自動迴饋控制幫浦系統之實體開發與初步測試、人機使用界面之程式設計。

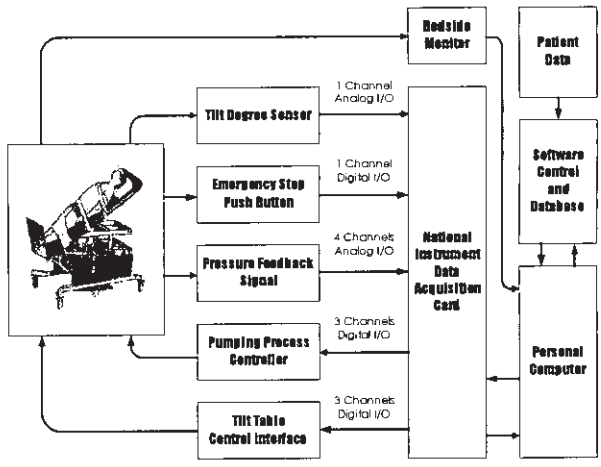
第三年主要為脊髓損傷者實際使用，進行臨床評估修正病患反應模式及自動控制幫浦軟硬體系統，完成原型系統的最後修整。

三、結果與討論

研究流程介紹，如圖一



圖一 研究流程圖



圖二系統架構圖

計畫共分三年進行：

第一年(本年度)的研究進度及成果(初步結果已投稿中華民國復健醫學會雜誌)：

1.在生理方面：

藉由傾斜床角度的變化來改變脊髓損傷者的姿勢，觀察姿勢改變，對脊髓損傷者總頸動脈血流量、脈波變化指數(pulsatility index；PI)、心率(heart rate)與血壓的影響，並比較和正常人的差異，以便更深入了解脊髓損傷者從平躺到直立姿勢過程，血液動力與生理參數的變化。

目前共有六名第六胸髓以上脊髓損傷者及十五名健康的正常人完成研究。其結果顯示脊髓損傷病患在各傾斜角度變化下各參數與傾斜角度 0 度時作一比較，可看出心率在傾斜角度 30 度以上即明顯高於角度 0 度時之心率。總頸動脈血流量在傾斜角 45° 時即開始顯著下降，到 75 度時下降最多，共下降了 23.73%，脈波變化指數在傾斜角 45 度以上即明顯高於 0 度時之 PI 數值，在收縮壓及舒張壓方面，脊髓損傷者在傾斜角度 45° 度起即開始明顯下降，到了傾斜角度 75° 度時，下降最多分別下降了 23.26%與 18.84%。而正常人心率雖然傾斜角度 45 度以上也明顯增加，但血壓和總頸動脈血流量，則不會隨著傾斜角度增加有顯著變化。

2.在系統方面：

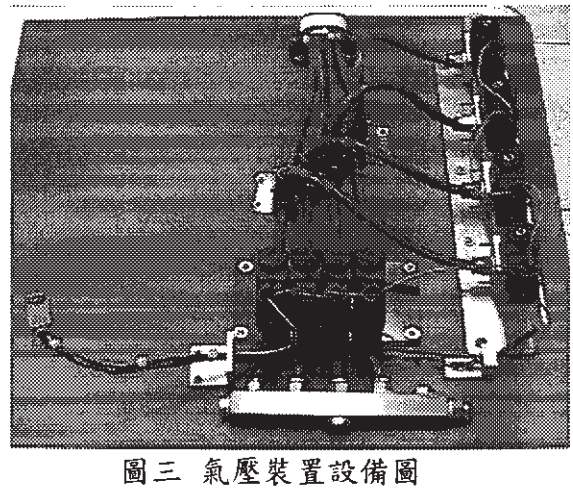
本研究之硬體包含基本結構、氣壓裝置、電路裝置、生理監視系統及傾斜裝置，整體系統架構如圖二所示，已完成

(1) 幫浦加壓系統之軟硬體系統初步設計。

(2) 功能性電刺激系統之初步設計。

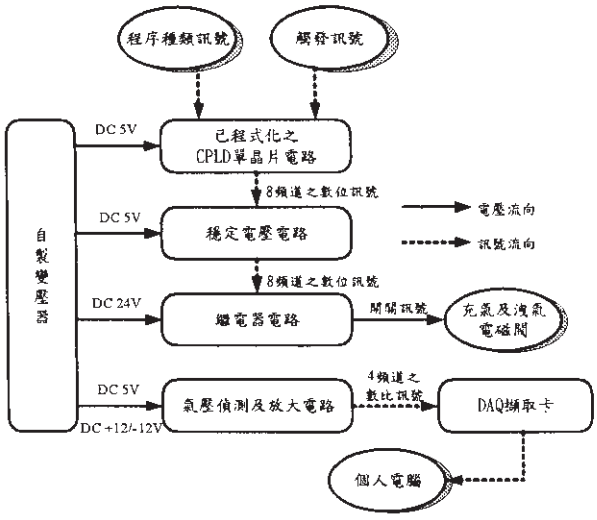
(3) 開始人機使用界面之程式設計。

氣壓裝置件包括氣體壓縮機、五通分壓器、充氣電磁閥、三通分壓器、洩氣電磁閥、氣壓護套接頭及氣壓護套其設備如圖三所示。



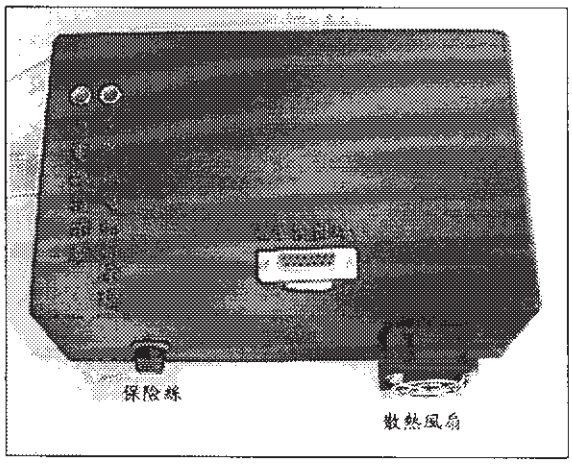
圖三 氣壓裝置設備圖

電路裝置元件包括自製變壓器、已程式化之 CPLD 單晶片電路、穩定電壓電路、繼電器電路、DAQ 擷取卡及氣壓偵測及放大電路，電路裝置元件關係圖如圖四所示。



圖四電路裝置元件關係圖

本研究之自製變壓器完成品，如圖五所示。



圖五自製變壓器完成品

四、計畫成果自評

第一年(本年度)研究，在生理方面之初步結果已刊登中華民國復健醫學會雜誌[25]。在系統方面，已完成幫浦加壓系統之軟硬體系統初步設計，並開始人機使用界面之程式設計。

第二年在第一年完成軟硬體設計之下肢功能性電刺激及循環系統實際應用於脊髓損傷者，觀察患者起立過程中血液動力與生理參數之變化情形，並開始自動迴饋系統之實體開發與初步測試。

此自動迴饋控制系統可運用於克服任何可能產生姿勢性低血壓之暈眩，包括傾斜床訓練時，坐在輪椅時，以站立式輪椅站立等各種情況。經由本系統的研發，相信必能克服目前多數脊髓損傷朋友起立性低血壓之困擾，且能提供未來脊髓損傷者更多的站立機會與更長的站立時間，造福脊髓損傷者。

五. 參考文獻:

1.Lopes P, Figoni S. Current literature on orthostatic hypotension and training in SCI patients. American Corrective Medical Therapy Journal 1981; 36:56-59.

2.William E, Staas Jr, Christopher SF, Mitchell KF, Guy WF, Mary ESR. Spinal cord injury and spinal cord injury medicine. Rehabilitation Medicine 1998; 51:1267.

3.Maynard FM. Post-traumatic cystic myelopathy in motor incomplete quadriplegia presenting as progressive orthostasis. Arch Phys Med Rehabil 1984; 65:30-32.

4. Gonzalez F, Chang JY, Banovac K, Messina D, Martinez-Arizala A, Kelly RE. Autoregulation of cerebral blood flow in patients with orthostatic hypotension after spinal cord injury. Paraplegia 1991;29:1-7.

5. Savin E, Siegelova J, Fisher B, Bonnin P. Intra-and extracranial artery blood velocity during a sudden blood pressure decrease in humans. Eur J Appl Physiol 1997; 76:289-293.

6. Stevens H, Fazekas J. Experimentally induced hypotension. Arch Neurol Psych 1955;73:416-418.

7. Olaf BP, Svend S, Lars E. Cerebral autoregulation. Cerebrovascular and brain metabolism review 1990;2:161-192.

8. Roar J, Stig AS, Hans T, Alf OB. Flow estimation using ultrasound of imaging(color M-Mode) and computer postprocessing. J Cerebral Blood Flow and Metabolism 1991; 11;879-882.

9. David CT, Strandness DE. Carotid artery duplex scanning. J Clin Ultrasound 1987; 15:635-644.

10.Hans PW, Kerstin H. US-based evaluation of hemodynamic parameters in the common carotid artery: A nomogram trail. Radiology 1997; 205:353-359.

11.Sumio U, Andrew Y, Thomas

15:635-644.
10.Hans PW, Kerstin H. US-based evaluation of hemodynamic parameters in the common carotid artery: A nomogram trail. Radiology 1997; 205:353-359.
11.Sumio U, Andrew Y, Thomas J.Measurement of carotid blood flow in man and its clinicalapplication. Stroke 1983;14:256-266.
12. Hellstrom G., Fischer C.W., Wahlgren N.G., Jogestrand T., "Carotid artery blood flow and middle cerebral artery blood flow velocity during physical exercise" J Appl. Physiol., 81(1):413-418, 1996
13. Leopold PW, Shandall AA, Feutel P, Corson JD, Shah DM, Popp AJ, Fortune JB, Leater RP,Karmody AM. Duplex scanning of the internal carotid artery: an assessment of cerebral bloodflow. Br. J. Surg 1987; 74:630-633.
14. Payen DM, Levy BI, Menegalli DJ, Lajat YI, Levenson JA, Nicolas FM, Evaluation of human hemispheric blood flow based on noninvasive carotid blood flow measurements using the range-gated doppler technique. Stroke 1982; 13:392-398.
15.Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. J Neurosurg 1982; 57:769-774.
16.Martin S, Jochen W, Peter S. Estimation of cerebral blood flow through color duplex sonography of the carotid and vertebral arteries in healthy adults. Stroke 1994; 57:769-774.
17. Dana DL, Lawrence RW. Transcranial Doppler . Stroke 1988; 19:915-921.
18. Wechsler LR, Ropper AH, Kistler JP. Transcranial Doppler in cerebrovascular disease. Stroke 1986; 17:905-912.
19. Hennerici M, Rautenberg W, Sitzer G, Schwartz A. Transcranial Doppler ultrasound for the assessment of intracranial arterial flow velocity-Part 1. Surg Neurol 1987; 27;439-448.
20. .Li-Chi H, Chang-Ming C, Wen-Yung S, Wen-Jang W, Yun-On L, Han-Hwa H. Transcranial Doppler Monitoring with head-upright tilting in patients with syncope. Chin Med J(Taipei) 1999; 62:544-549.
21. Carey SF, Kurt MB, Vipool P, Erica LU. Transcrinal Doppler ultrasonography during head- upright tilt-table testing. Ann Intern Med 1995; 123:848-849.
22. Staas WE, Formal CS, Gershkoff AM, Hirschwald JF, Schmidt M, Schultz AR et al. Rehabilitation of the spinal cord-injured patient in : DeLisa JA, Gans BM, editors. Rehabilitationmedicine-principles and practice. 2nd ed. Philadelphia: JB. Lippincott Company 1993;pp 890-896.
23. Evan ES, Robert SB, Brian JA. Functional electrical stimulation effect on orthostatic hypotensionafter spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil 2000; pp81.
24 .Groomes TE, Huang CT. Orthostatic hypotension after spinal cord injury: treatment with fludrocortisone and ergotamine. Arch Phys Med 1991; 72:56-58.
25.Chien-Hung Lai, Shih-Wei Liu, Feng-Chien Lin, I-Chun Chen, Shih-Ching Chen, Chung-Huang Yu, Walter H. Chang. The Study of Hemodynamic and Cardiovascular Changes Responding to Head-up Tilt in The Spinal Cord Injured. J of Rehab Med Assoc ROC 2002;30(2):79-86