

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫進度報告

以迴饋控制神經科技輔具重建脊髓損傷者之手部功能
Development of Artificial Feedback for Restoring Hand Function
to Quadriplegics by Neural Prostheses

計畫類別：整合型計畫之子計畫

計畫編號：NSC89 - 2 614 - E - 038 - 004 -

執行期間：89年8月1日至92年7月31日

計畫主持人：游忠煌

共同主持人：陳適卿

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：私立台北醫大學 醫學系復健學科

中華民國 90 年 5 月 28 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫進度報告

以殘餘功能控制神經科技輔具以重建脊髓損傷者之手部功能

Development of Patient-driven Controller for restoring hand function to Quadriplegics by Neural Prostheses

計畫編號：NSC 89-2614-E-038-004

執行期限：89年8月1日至92年7月31日

主持人：游忠煌 台北醫大學 醫學系復健學科

共同主持人：陳適卿 台北醫大學 醫學系復健學科

計畫參與人員：蔡容之 台灣大學 機械研究所

張建國 台灣大學 機械研究所

一、中文摘要

功能性電刺激已証實為對脊髓損傷者的肌肉強化和功能重建有助益。目前已有的手部電刺激輔具採用開迴路控制，其缺乏修正誤差之功能無法達成精準控制及容易造成患者肌肉的疲乏，效能表現較差。若採用閉迴路控制，可減少誤差及減緩肌肉疲乏的出現，以滿足四肢癱瘓脊髓損傷者之手部功能需求。

此子計畫預計三年完成，工作重點如下 1. 偵測微小動作及力量感應器的評估，2. 發展手部的控制模型，3. 架設“手部運動”量測系統及其校正裝置，4. 發展控制演算法，5. 整合發展子計畫 1 所開發的刺激器及子計畫 3 中所開發的病人主控控制器，及這個子計畫所發展的回饋感應器，來完成最後的整合。並配合子計畫 3 作臨床的研究，使此系統達成實用的目標。

目前為計畫的第一年，本報告將說明執行進度及部分成果。

關鍵詞：神經科技輔具、脊髓損傷、手部功能、功能性電激

Abstract

Those quadriplegics who lost their grasp function cannot independently perform many activities of daily life. Unable to perform these activities independently, the quality of life of the patients is much decreased and it may increase the loading to their families both economically and mentally. Therefore,

we would like to restore hand function to them by so-called Neural Prostheses (NP). Based on the NP technique, there are a few commercial products in the world, e.g. FreeHand system (NeuroControl, USA), and HandMaster (Israel). However, we would like to develop our very own system to best meet the need of patients in Taiwan.

This is a three-year study. The work includes: 1. survey and evaluation of miniature position and force sensors and the development of hand control model, 2. development and calibration of a hand position & force measurement system, to develop the control algorithm, 3. Integration of feedback sensor system, control algorithm, command controller, and 4. Clinical trial and control parameter tuning.

This article reports the progress of the first year study

Keywords: Neural Prostheses, Quadriplegics, Hand function, Palmar Grasp, Lateral Pinch, Key pinch, Cup Grasp

二、緣由與目的

對於脊髓損傷而四肢癱瘓者而言，因喪失上肢的抓握功能，許多日常生活無法自理(例如：吃喝東西、刷牙、寫字等)造成其生活上極大不便，亦增加其家庭經濟上與精神上的負擔。為改善此困境，我們迫切希望能重建四肢癱瘓者之手部功能。

目前，有一神經科技輔具(Neural

Prostheses - NP)的技術能恢復四肢癱瘓者的抓握功能，且世上已有二套商品化的系統 FreeHand (NeuroControl, USA)和 HandMaster (Israel)。然而，安裝 FreeHand 必須經由外科手術而且其費用太過昂貴 (每個大約新台幣 1,000,000 元)對剛接觸神經科技輔具的台灣而言，並不合適。至於非侵入式的 HandMaster 系統，因其製造商尚不能提供足夠諮詢服務，而無法進口台灣使用。從實用觀點來看，這兩套商品化的系統，連同其它許多實驗中的系統，仍存有許多缺點必須加以改進，以實際滿足使用者的需求。因此，我們的長程目標是利用神經科技輔具的技術以發展一便宜且實用的本土系統，來改善四肢癱瘓者的生活品質。

為了達成此目標，有很多方面的工作必須努力，幸運的是許有多工作已經在以往幾年的努力中建立相當好的基礎，包括與台大復健部賴金鑫教授共同研究之上肢功能(NSC-88-2614-E-002-003，2年)，及與中原醫工張恆雄教授共同研究之(NSC-88-2614-E-033-001，2年)，台大電機郭德盛教授研發之功能性電刺激器系統(NSC-82-0420-B-002-150-M08，2年)。目前更積極準備其他研究，例如：刺激器微型化的研發(子計畫1)、肌肉電刺激反應之研究(子計畫2,3)、病人操控的控制器開發(子計畫3)、類神經網路在肌肉控制的應用(子計畫5)等。而本計畫將著重於感應器的研發以利迴饋控制在NP抓握系統上應用。

在機電系統的領域裏，迴饋控制經常被用來提高系統的穩定度與效能。理論上，利用“力量”與“位置”迴饋於神經肌肉電刺激系統，亦可避免手部肌肉的過度刺激並增加系統的抗疲乏度與其效能。雖然迴饋控制在機械手臂的應用已有一段時日，且有許多微小化的感應器已被陸續開發，但迴饋控制在神經科技輔具的應用上仍有一段距離。因此，我們想要利用這些迴饋控制技術來改進NP抓握系統。

此子計畫預計三年完成，第一年的工作將著重在1.偵測微小動作及力量感應器的評估，2.發展手部的控制模型。在第二年裏，我們將著重在1.設計並製造“手部運動”量測系統及其校正裝置，2.發展控制

演算法，此部分工作將和子計畫5的研究人員共同合作。第三年，我們將整合發展子計畫1所開發的刺激器及子計畫3中所開發的病人主控控制器，及這個子計畫所發展的回饋感應器，來完成最後的整合。並配合子計畫3作臨床的研究，使此系統達成實用的目標。

三、研究進度內容

此第一年的進度主要在於研究設備儀器的設立、詳細文獻回顧及實驗流程之確立。主要有兩大進展：手部動作量測系統之建立與多頻道可攜式EMG量測系統之建立

(一)手部動作量測系統之建立

本研究方向是研發出一套手部的迴饋控制電刺激系統。在量測方面，利用已商業化的Cyber Glove(Virtual technologies, USA)對手部關節之角度作即時的量測，再將此角度以程式轉換成電刺激器所需的刺激強度達成迴饋控制，及監測各手指開合路徑的順序以確保各手指動作依序完成。在輔具電刺激方面，提供抓握(Palmar prehension)、側握(Lateral prehension)等手部動作模式選擇，達成病人自主性地完成控制手部動作的目標。

軟體與硬體的進度：軟體方面程式架構流程與採行的LabVIEW程式；硬體方面量測部份、控制部份與電刺激部份的配置架構。未來搭配可攜式系統，使病人手部的自主性功能擴展至實驗室外的場合。

進度：

1. 完成手部關節角度量測儀具的評估：為了即時識別手部關節姿態，在手部有限、易受阻礙的體積內，需置放入22個角度量測器。故選擇Cyber Glove作為量測儀具。
2. 完成硬體架設：架設Cyber Glove控制元(CGIU)與電腦的資料傳輸線路(序列埠與類比/同步連接埠)(參考圖一)
3. 完成擷取訊號的測試：撰寫LabVIEW程式，以trigger功能可成功同步讀入經CGIU轉換的類比電壓訊號值。
4. 完成手部數學模型建構：以手部22個關節角度與桿長，配合Cyber Glove各量測感知器的定位，建構手部數學模

型。

目前進行：

1. 利用手部數學模型，以 LabVIEW 繪製向量圖(3-D 向量投影至 2-D 平面)。
2. 修正電壓值與角度值線性轉換的 GAIN 與 OFFSET 數值。

(二)多頻道可攜式 EMG 量測系統之建立

動機：

近年來，在脊髓損傷病患的復健過程中，我們常以電刺激的方式來恢復病患受創部分的功能(FES)，或者訓練病患受創部分的部分肌肉，防止肌肉萎縮並加強肌力與肌耐力(TES)。為了得到最佳的功能重建與治療效果，對病患施予電刺激時，需要考量電刺激位置、電刺激電極以及電刺激強度，由於病人受創程度以及個人體質的不同，前述三點的影響也有所不同。

研究方向：

在施予電刺激治療的過程中，若僅僅使用電刺激的方式，無法以肉眼確定受刺激肌肉的反應，也無法判斷週邊肌肉是否受到干擾，造成受創部位反應的不確定性；藉由引入肌電訊號量測的技術來測量

特定目標的肌肉，可以用來(1)監測各條肌肉受到電刺激的影響、(2)研究肌肉出力與電刺激的相關性或者(3)利用肌電訊號驅動電刺激器來使病患受創部位恢復部分功能。

量測方法：

在量測肌電訊號的過程中，採用差分式Active electrode量取肌電訊號，並將所有electrode量測到的訊號集中到一個集線盒中，再將資料傳到DAQ卡做資料轉換的動作，最後透過LabVIEW進行訊號處理與分析的工作。

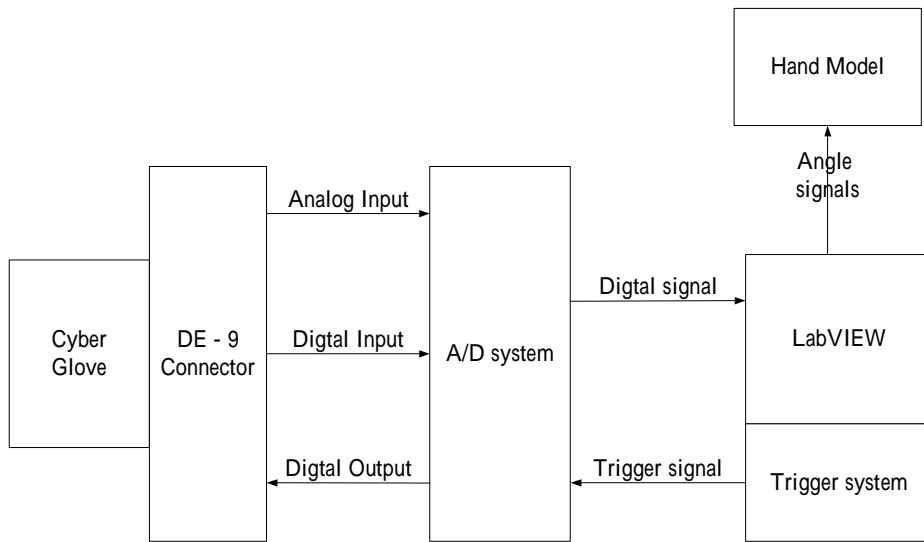
在設計整個系統的時候考慮到攜帶的問題，因此將集線盒作成適合由人攜帶的大小，只要在將系統的其他器材，發展為可攜帶式，便可推展到實驗室外的一場合。

研究進度：

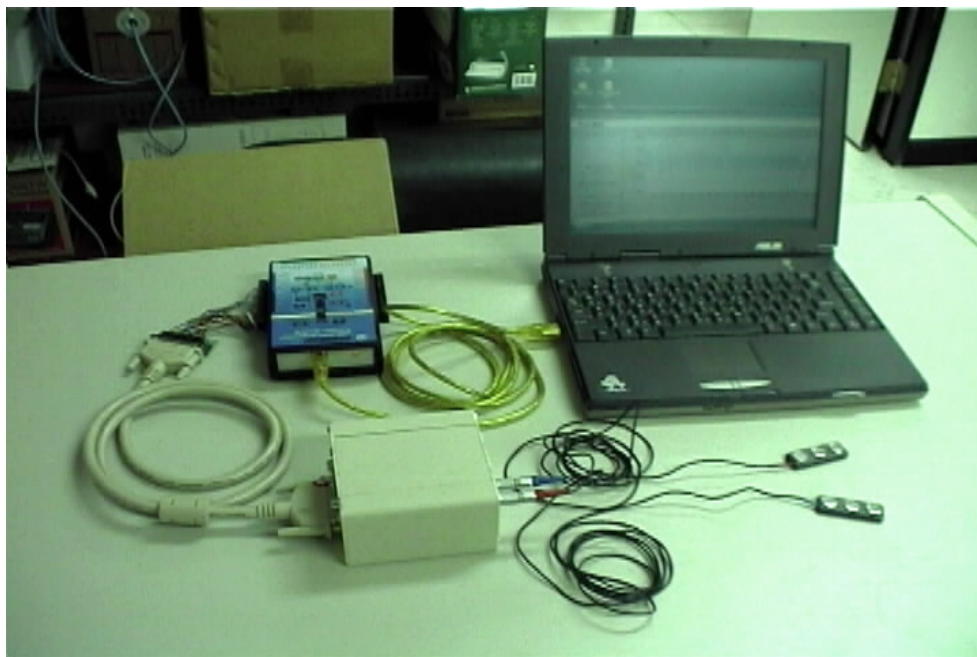
硬體方面，完成了集線盒之設計與製造。並完成了電極、集線盒、DAQ卡與電腦之連接與測試，如圖三所示。軟體方面，使用LabVIEW軟體撰寫DAQ卡之資料擷取程式，程式圖如圖四所示。



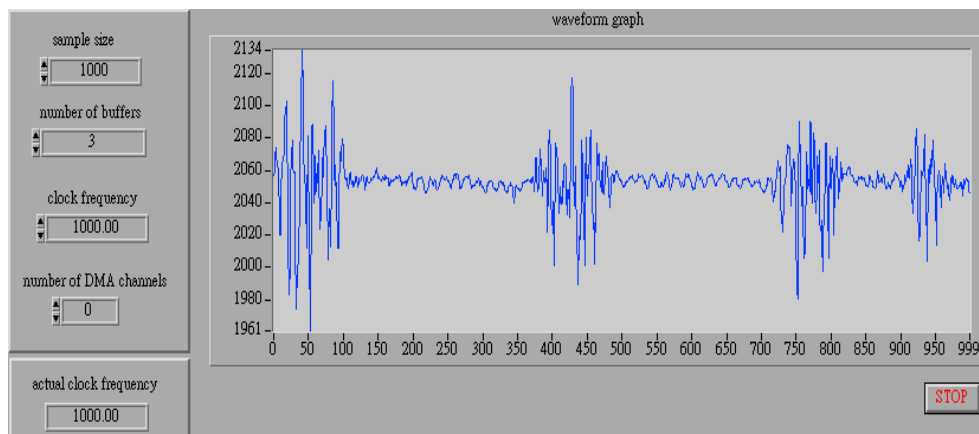
圖一：手部動作量測系統



圖二：手部動作量測系統之架構圖



圖三：多頻道可攜式 EMG 量測系統



圖三：多頻道可攜式 EMG 量測系統之軟體介面