

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

以神經肌肉電刺激重建脊髓損傷病人之站立功能： 新控制觀念及其可攜式系統之研發

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2213 - E - 038 - 009
執行期間：89 年 7 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：游忠煌 台北醫學大學醫學院復健科
共同主持人：陳適卿 台北醫學大學醫學院復健科
 劉正良 國立台灣大學機械工程研究所
計畫參與人員：陳昶宏 國立台灣大學機械工程研究所

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：台北醫學大學醫學院復健科

中 華 民 國 90 年 10 月 18 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以神經肌肉電刺激重建脊髓損傷病人之站立功能： 新控制觀念及其可攜式系統之研發

FNS to restore standing function to paraplegics:

New control method investigation & portable system development

計畫編號：NSC 89-2213-E-038-009

執行期限：89年7月1日至90年7月31日

主持人：游忠煌 台北醫學大學醫學院復健科

共同主持人：陳適卿 台北醫學大學醫學院復健科

劉正良 國立台灣大學機械工程研究所

計畫參與人員：陳昶宏 國立台灣大學機械工程研究所

一、中文摘要

功能性神經肌肉電刺激(FNS)是用來恢復脊髓損傷患者功能性動作的方法之一，其中一部份是針對恢復下半身癱瘓者站坐功能所做的研究。許多這方面的研究，仍未對一套能讓下半身癱瘓者隨心所欲站起來與慢慢坐下之FNS系統做進一步研究與評估。研究目標是建立一套使用手部支撐站坐之系統，並發展一套適用之控制系統，使病人藉由改良的助行器從輪椅上站立，在調整不同控制參數且於不同病人使用下，予以評估以找出個別病人之最佳控制參數。此外，所有設備的微型化，使整個站坐系統可移至到實驗室外的場合。

關鍵詞：功能性神經肌肉電刺激、下半身癱瘓、站坐功能、閉迴路控制、可攜式

Abstract

Functional neuromuscular stimulation (FNS) is a method to restore functional movements of spinal cord injury patients. A part of researches of this method is to restore the standing function to paraplegic. Many researches in this field have never done more advanced researches and evaluated for the patient-driven system make paraplegics stand

up and sit down. This study attempts to establish an arm-supported system for standing and sitting function and develop a properly control system making paraplegics stand up from a wheelchair with a modified walker, then evaluates the results after adjusting different controller parameter and using by more patients, and then finds out each patient's optimizing controlling parameters. Besides, minimizing all instruments is our final objective to move the system outside the laboratory.

Keywords: Functional Neuromuscular Stimulation (FNS), Paraplegia, Standing and Sitting Function, Close-loop Control, Portable

二、緣由與目的

1961年，Liberson等人提出利用電刺激的方法，改善偏癱(hemiplegia)病人的垂足(drop foot)現象，使垂足現象得以改善。Liberson對此種功能性電療法下了一個定義：「對中樞神經疾病所造成的癱瘓肌肉，用電刺激的方式，觸動其收縮，以產生功能性的動作。」Bhadra在其文章中提到在1962年，Moe和Post將此種功能性電療法命名為功能性電刺激(FES)，從此之後便都沿用此名稱。而15年前有人利用神經肌肉電刺激(Functional Neuromuscular Stimulation - FNS)的方式

讓下肢癱瘓病人自己從椅子上站起。從此，利用 FNS 以重建脊髓損傷病人的站立功能便成為重要的研究目標。之後，有許多關於 FNS 的研究，包括恢復脊髓損傷站坐、站立、行走、抓握等功能。

在恢復下半身癱瘓患者站立功能系統發展方面，經過多年來的研究發現，以 FNS 站著，對病人下肢的血液循環、骨質疏鬆的避免、及下肢肌肉的強化等，皆有正面療效。然而，對於其能否恢復病人真正的站立功能，卻開始懷疑。因為到目前為止，仍沒有一套系統能讓病人隨心所欲的站起來與慢慢的坐下。計畫主持人發現，目前的系統之所以未能達到預期效能主因是，大部分的研究者都忽略了上半身在站立過程中的重要影響，誤將“手扶杖站立”當成“空手站立”考慮，而整個系統無法最佳化。

由此，計畫主持人在英國發展了一套考慮上身影響的 FNS 站立系統，並將之測試於一位下肢癱瘓(T6)的病人。結果發現，受試者在使用此系統時，上肢與下肢能自然的互相協調，而使站立較自由、較不費工夫。因此，我們相信此一新的控制觀念能讓 FNS 站立系統往實用化邁進一大步。

我們希望以此新控制觀念套用至多位脊髓損傷患者，使患者得以隨心所欲的站起來與慢慢坐下，並建立一套關於站坐量化的評估方式來判定系統優劣。此外，系統零件微型化與可攜性，如電刺激器 (stimulator)、助行器 (walker)、電子量角器 (goniometer)、手部反作用力量測器 (handle transducer)，亦是我們發展的目標，使整個系統得以離開實驗室至患者想要的任一場所。

三、結果與討論

系統架構如圖 1 與圖 2 所示，已建立一套量測手部反作用力與下肢角度的系統，經擷取後，利用 LabVIEW 軟體處理、展示與儲存所擷取的數據。此外，利用 Cybex 取得電刺激強度與下肢各段肌肉力矩關係，以得到客觀與精確的控制刺激強度，其使用情形如圖 3 所示，擷取程式如圖 4 所示，擷取後之數據處理如圖 5 所示：在固定電流 (90mA) 且改變 P.W. 下

(100~300 μ s)，與 Knee extension 之關係。

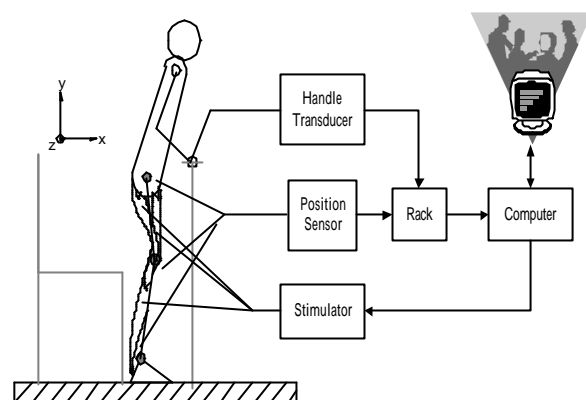


圖 1 系統架構圖

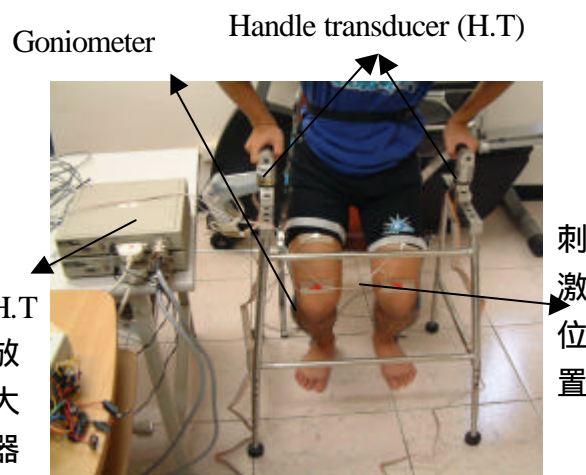


圖 2 量測系統之硬體使用情形

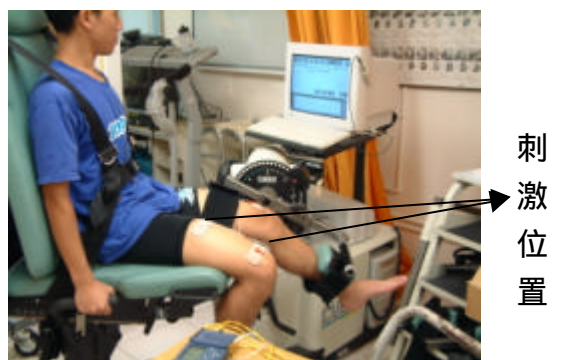


圖 3 Cybex 使用情形

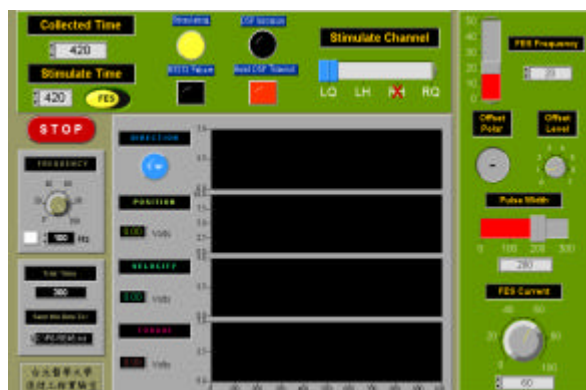


圖 4 Cybex 之 LabVIEW 人機介面圖

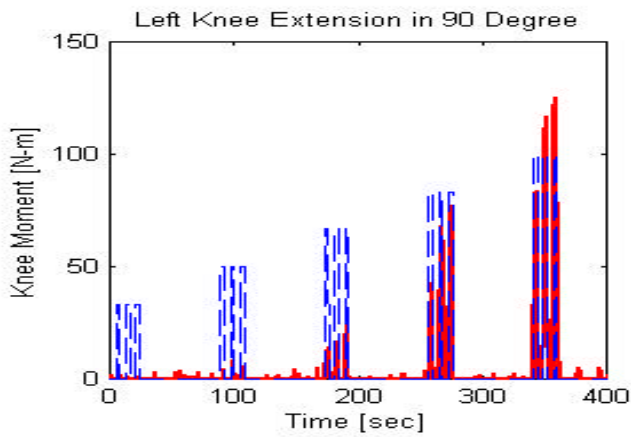


圖 5-1 Cybex 資料處理

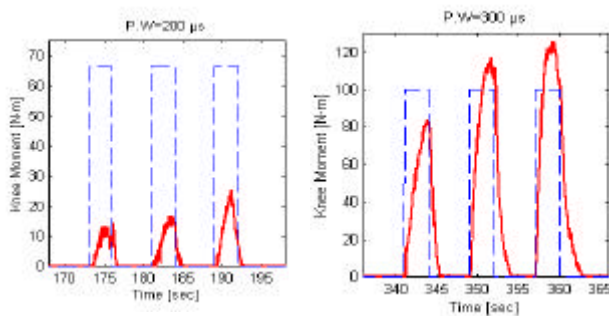


圖 5-2 Cybex 資料處理之分段點

目前現階段完成的是所有量測系統的軟硬體架構，並完成其數據的擷取、處理與儲存，硬體架構之使用，如圖 2 所示，擷取軟體如圖 6 所示。

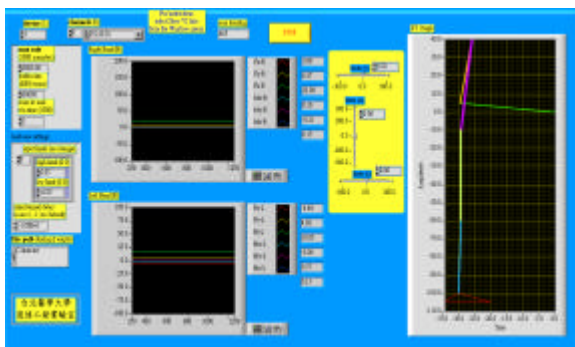
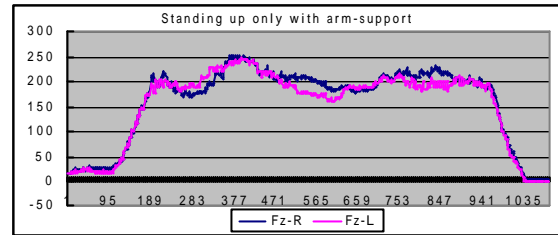


圖 6 H.T 與 Goniometer 之 LabVIEW 人機介面圖

經由初步實驗得知，一般的正常人在調整好姿勢後，仍可只使用手部支撐從椅子上站起。而藉由開迴路的電刺激支撐，於 50mA 電流的電刺激量供應後，正常人亦可站立，其全身的重量大多還是由手部力量提供，站立著實不易，且站立方法也不像一般站立的方式；此外，從圖 7、圖 8 中可知，Only arm-support 站立時所需之手部支撐力較 With ES support 站立時的手部



支撐力大 50 牛頓。此 H.T 數據可當作日後閉迴路控制的對照組。

圖 7 Only arm-support 站立時之力量
Fz-R；右手與地面垂直之力量
Fz-L；左手與地面垂直之力量

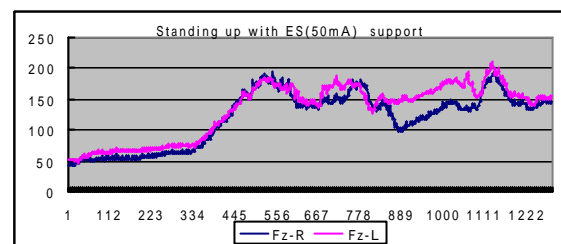


圖 8 With ES support 站立時之力量

四、計畫成果自評

整體而言，目前的計畫進行到臨床實驗階段，我們必須要先完成正常人新控制觀念系統測試，接著再進行下半身癱瘓患者的臨床實驗。過去的一年來，已完成系統的理論架構、大部分的軟硬體採買與架設，並經由實驗得知電刺激輔助站立與閉迴路控制的必要性，而受試患者的來源也已確定，此外，所擷取到的數據也找到處理、利用的方法，接踵而來的是一連串的臨床實驗。未來一年的目標是希望所有使用此系統站坐的患者皆可隨心所欲且省力安全的站起來與慢慢坐下，並利用所建立的評估方式，尋找使用此系統的最佳化。長遠來看，所有設備的微型化與可攜性亦是我們欲突破的重點。

五、參考文獻

- [1] Bajd T, Kralj A, Turk R. Standing-up of a healthy subject and a paraplegic patient. *Journal of Biomechanics* 1982;15:1-10.
- [2] Yu, Chung-huang. New Method for Restoring Standing to Paraplegics: Control of Leg Muscle Stimulation by the Handle

- Support Reactions. 3-1-1999.
Department of Medical Physics &
Bioengineering, University College London,
UK. PhD Thesis
- [3] Kralj AR, Bajd T. Functional Electrical Stimulation: Standing and Walking after Spinal Cord Injury. CRC Press, 1989.
- [4] Donaldson N., Yu C-H. FES Standing: Control by Handle Reactions of Leg Muscle Stimulation (CHRELMS). IEEE Trans.Rehab.Eng. 1996;4:280-4.
- [5] Donaldson NdN., Yu C-H. A strategy used by Paraplegic to Stand Up using FES. *IEEE Trans.Rehab.Eng.* 1998;6:162-7.
- [6] Franken HM, Veltink PH. Restoring Gait in Paraplegics by Functional Electrical Stimulation. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* 1994;564-71.
- [7] Neural Prostheses. Stein, Richard B., Peckham, P. Hunter, and Popovic, DeJan P. 345. 1992. New York, Oxford, Oxford University Press.
- [8] Bajd T, Kralj A, Turk R, Benko H, Sega J. Use of functional electrical stimulation in the rehabilitation of patients with incomplete spinal cord injuries. *J-Biomed-Eng* 1989;11:96-102.
- [9] Cybulski GR, Penn RD, Jaeger RJ. Lower extremity functional neuromuscular stimulation in cases of spinal cord injury. *Neurosurgery* 1984;15:132-46.
- [10] Kralj A, Bajd T, Turk R, Benko H. Posture switching for prolonging functional electrical stimulation standing in paraplegic patients. *Paraplegia* 1986;24:221-30.
- [11] Kralj A, Jaeger RJ, Munih M. Analysis of standing up and sitting down in humans: definitions and normative data presentation. *Journal of Biomechanics* 1990;23:1123-38.
- [12] Quintern J, Minwegen P, Mauritz KH. Control mechanisms for restoring posture and movements in paraplegics. *Prog Brain Res* 1989;80:489-502.
- [13] Goniometers and Torsiometers, Biometrics Ltd.
- [14] Astrom KJ, Wittenmark B. Computer-Controlled Systems: Theory and Design. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1990.
- [15] Donaldson N, Munih M, Perkins TA, Wood DE. Apparatus to measure simultaneously 14 isometric leg joint moments. Part 1: Design and calibration of six-axis transducers for the forces and moments at the ankle. *Medical & Biological Engineering & Computing* 1999.
- [16] Winter DA. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. New York / Chichester /Brisbane / Toronto / Singapore: John Wiley, Sons. Inc., 1990.