

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

脊髓損傷患者功能性電刺激系統之研發與應用

The Developments and Applications of Functional Electrical Stimulation Systems for Spinal Cord Injuries

計畫編號：NSC 87-2213-E-002-066

執行期限：86 年 8 月 1 日至 87 年 7 月 31 日

主持人：賴金鑫

執行機構及單位名稱：國立臺灣大學復健科

E-mail: jslai@ccms.ntu.edu.tw

一、中文摘要

脊髓損傷(Spinal Code Injury, SCI)是因為病人的脊髓受到血管病變或是外傷導致四肢及軀幹完全或者不完全麻痺。由於肢體功能的喪失，會嚴重影響病患者的活動功能以及獨立性。此類患者多好發於富有工作能力的青年人，這些年輕患者往往因此而喪失工作能力，不僅使國家損失許多生產力；更因為照顧這些病患需要龐大的醫療照顧人力，更形成國家資源的一種浪費。而功能性電刺激(Functional Electrical Stimulation, FES)是利用電刺激病人的神經肌肉系統，以使病人得到功能上的重建與回復。目前功能性電刺激為許多先進國家認為是重建脊髓損傷患者功能的良方，並且業已投注許多心力加以研發。我們亦認為不論在未來對患者的功能重建上、在減少患者對他人的依賴上、在降低照護的人力需求上、以及建立本土化高附加價值的醫療工業上的考量，功能性電刺激都是一項值得投注人力金錢下去研發的項目。

本計劃第一年整合了七個子計劃，對功能性電刺激進行初步研究。已初步完成預計之目標，並順利進入第二年。

關鍵詞：功能性電刺激，脊髓損傷

Abstract

Spinal Cord Injury (SCI) resulted in trauma or vascular malfunction will cause the paralysis of extremities and trunk, whose motor function and independence are impaired according to its level and severity. Functional Electrical Stimulation (FES) could restore the motor function of SCI patients with the controlled electrical neuromuscular stimulation and be thought as a useful rehabilitation utility in developed countries. We believe that the FES is valuable whatever for the motor function restoration and independence of SCI patients, the reduction of medical requirements, and the localization of high-value medical industries in Taiwan.

Now this project, which contained 7 subprojects, achieved the desired goals of first year.

二、緣由與目的

功能性電刺激(FES)是利用電刺激癱瘓肢體的神經肌肉，使肌肉產生收縮，進而產生功能上有用的動作。功能性電刺激在復健上的運用首先是由 Liberson 等人用於中風病人步行時的懸垂足(foot-drop)矯正[1]。自此之後 FES 使用使用來重建中樞

神經病變或受傷的病人所喪失的功能。

脊髓損傷(Spinal Cord Injury, SCI)是因為病人的脊髓受到病變或外傷導致四肢及軀幹完全或者不完全麻痺。而對不同位置的受傷病患，會產生不同程度的功能喪失。

在國內，已有臺灣大學電機工程研究所及成功大學醫學工程研究所對此題目進行研發。並已有成果發表於國內外之期刊[2-4]。未來 FES 對患者的功能重建上、在減少患者對他人的依賴上、在降低照護的人力需求上、以及建立本土化高附加價值的醫療工業上的考量，功能性電刺激都是一項值得投注人力金錢下去研發的項目。因此，本計劃的目的在於：建立使用功能性電刺激回復因頸髓損傷所造成之全身癱瘓患者的上肢功能的臨床治療計劃。

本計劃主要的工作在於建立一個完整的脊髓損傷患者功能性電刺激治療計劃、建立動作圖樣資料庫及相關的基礎研究、完成功能性電刺激人體使用臨床評估。

三、研究方法與進行步驟：

第一年我們整合了四個醫學工程相關單位（臺大電機所、臺大醫工中心、中原醫工所、以及成大醫工所）以及三個復健科學臨床研究單位（臺大復健科、成大物理治療學系以及長庚復健科）對此一題目進行研究。第一年經國科會核准補助的研究包括下列七個子計劃：

子計劃一：復健用多通道功能性電刺激系統之研發：由臺大電機所郭德盛教授主持；

子計劃二：功能性電刺激之動態及靜態肌肉疲乏特性之研究：由成大醫工所陳家進副教授主持；

子計劃三：功能性電刺激在不完全脊髓損傷病患步行能力增進之應用：由長庚復健科黃美涓副教授主持

子計劃四：功能性電刺激踩車運動之臨床測試：由成大物理治療學系傅麗蘭博士主

持；

子計劃五：以動物模式研究電刺激參數與肌肉神經傳導性之關係：由中原醫工所張恆雄教授主持

子計劃六：頸髓損傷患者上肢功能性電刺激之研究：由台大復健科賴金鑫教授主持；

子計劃七：以視動滑鼠眼球控制頸髓損傷患者之電刺激人機介面：由台大電機所陳志宏副教授主持。

以上七個子計劃，分別對基礎、臨床、及不同層度的失能狀況來加以研究。

三、結果與討論

子計劃一已經設計出一套以數位信號處理晶片為主的電刺激器，其有產生任意刺激波型(arbitrary waveform)、接受不同控制信號的能力。

子計劃二在成功大學的研究，主要在觀察功能性電刺激所產生動靜態運動下肌肉疲勞的情形。以電刺激造成大腿股四頭肌收縮所產生的肌電訊號當成肌肉疲勞的指標，顯示肌肉在較短的姿勢下肌肉疲勞的速度較緩慢，肌肉被拉張時較易疲勞。不同速度對於肌電訊號同樣也是有明顯的影響，且動態收縮也較靜態收縮更容易疲勞。

子計劃三中，對功能性障礙 C 級之病患，建立其下肢對表面電極的功能性電刺激之反應參數，結果發現以 25Hz、50-70mA 之電刺激能引起功能性之動作且病人均能忍受電刺激所引起之不適感。

子計劃四結果顯示，可調式座椅、高效率的刺激樣式和模糊邏輯控制法則來控制本土化的踩車系統已研發完成。系統具有操作簡單及價格低等優點，同時，經由不同的速度所組合成的訓練方式，可以更进一步地擴充此系統的訓練效果。

子計劃五的目的是建立一功能性電刺激的動物實驗模型，提供多通道功能性電刺激器之安全性動物實驗測試，並探討電刺激參數與肌肉收縮力量之關係。在

此動物實驗模型中使用表面式電極電刺激與埋入式線電極電刺激(wire electrode)等兩種不同之電刺激方式，討論不同的電刺激參數與肌肉收縮力量、肌肉疲勞與收縮時間的關係。

子計劃六著重於頸髓損傷中最常發生的 C5,C6 頸髓損傷病患。針對這些病人的腕伸直肌、肘伸直肌都已麻痺的特性設計功能性電刺激。第一年使用體表的功能性電刺激合併支架使用，控制肘關節運動與手合握之動作。此套功能性電刺激系統包括一個由神經網路控制器，以提供系統給予患者合適的刺激。此系統在模擬及實驗上得到初步的成功。

子計劃七所研發出來的控制介面，已得到初步的成功，且已在試用中。

四、計畫成果自評

本計劃為國內第一個針對功能性電刺激之三年整合型計劃之第一年。各子計劃皆大部份完成原擬計劃之預期目標，亦有部份成果已發表於國外相關會議之上[3,4]，對於脊髓損傷患者將會有相當大的助益。此外，依本計劃所發展之技術，可移轉至廠商，達成醫療工業本土化之目的。

五、參考文獻

- [1] H. J. Chizeck, R. Kobetic, E. B. Marsolais, J. J. Abbas, I. H. Donner, and E. Simon, "Control of functional neuromuscular stimulation system for standing and locomotion in paraplegics," Proc. IEEE, vol. 76, no. 9, pp. 1155-1165, 1988.
- [2] G-C Chang, J-J Luh, G-D Liao, J-S Lai, C-K Cheng, B-L Kuo, and T-S Kuo, "A neuro-control system for the knee joint position control with quadriceps stimulation," IEEE Trans. Rehabil. Eng. vol. 5, no. 1, pp.2-11, 1997.
- [3] J. J. Luh, G. C. Chang, J. S. Lai, C. K. Cheng, T. S. Kuo, and J. F. Lee "A diagonal

recurrent neural network based FES system for the knee joint position control" in Proceeding of 1998 IEEE Conference of Medical and Biomedical Engineering Society, Hong Kong, 1998.

- [4] N. Y. Yu and J. J. Chen, "Surface EMG manifestation of muscle fatigue induced by electrical stimulation in static and dynamic movements" World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering Nice, France, vol. 35, Supplement Part 1, p. 653, 1997.