

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

不同功能性電刺激踩車模式對痙攣及心肺功能之量化分析 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-040-004-
執行期間：95年08月01日至96年10月31日
執行單位：中山醫學大學物理治療學系

計畫主持人：葉純好
共同主持人：陳家進、蔡昆宏、王淳厚
計畫參與人員：大學生-兼任助理：謝宛玲

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97年01月30日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

不同功能性電刺激踩車模式對痙攣及心肺功能之量化分析

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2221-E-040-004

執行期間：2006年 8月 1日至 2007年 10月 31日

計畫主持人：葉純好 副教授

共同主持人：陳家進 教授、王淳厚 教授、蔡昆宏 副教授

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

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

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中山醫學大學物理治療學系

中 華 民 國 97年 1月 29日

不同功能性電刺激踩車模式對痙攣及心肺功能之量化分析

Quantitative Analysis of Spasticity and Physiologic Effects for SCI

Patients after Different FES-Cycling Mode Treatments

¹Chun-Yu Yeh, PhD, PT, ²Jia-Jin J. Chen PhD, ³Kuen-Horng Tsai PhD

計畫編號：NSC 95-2221-E-040-004

執行期限：95 年8 月1 日至96 年10 月31 日

主持人：葉純妤 中山醫學大學物理治療學系

共同主持人：陳家進 國立成功大學醫學工程研究所

共同主持人：蔡昆宏 國立臺南大學系統工程研究所

共同主持人：王淳厚 中山醫學大學物理治療學系

一、中文摘要

對於脊髓損傷患者而言，不正常的下肢張力、心肺功能衰退及肌肉萎縮等，都會造成其日常生活功能受限。因此，臨床治療師希望能以更有效的方式幫助病人進行動作誘發訓練。在復健醫學上，踩車運動（pedaling exercise）已經廣泛的被應用，現在最進步的踩車是使用槓桿原理的電刺激模式，利用開迴路的方式來達到持續踩車的目的，以期訓練病患的心肺功能和增加肌肉力量。然而對於踩車運動前、後下肢肌肉張力（muscle tone）變化和功能性站立平衡（standing balance）的效應，是否與脊髓中樞塑性調變（plastic change）有密切關係，文獻中尚未有詳細報告。

本研究的目的，在探討脊髓損傷患者使用功能性電刺激輔助系統（FES assistive device）作二十分鐘的踩車訓練前、後，下肢肌肉張力的變化情形。

初步結果發現，患者在使用定速、低阻力型的功能性電刺激輔助踩車訓練後，下肢肌肉張力有下降趨勢。

關鍵詞：脊髓損傷、痙攣、功能性電刺激、踩車運動

Abstract:

As to spinal cord injury (SCI) patients, their abnormal muscle tone, decay in cardiopulmonary function and muscle atrophy will cause them much physical restrictions in the daily life. Therefore, the physiotherapists would hope to help patients to carry on motor relearning in a more effective way. In the course of physical rehabilitation, pedaling exercise has been widely used to improve the cardiopulmonary condition and increase the muscle strength.

Up to date FES-cycling is composed of the electricity of the lever principle could stimulate the lower paretic limb to achieve the goal of rhythmic pedaling motion. But there were no detailed report in documents about the effects of muscle tone and functional standing balance with neural plastic changes after the pedaling exercise.

Purpose of this investigation is to document the effect of muscle tone before and after the pedaling exercise by using the FES assistive device. The results indicated that the patients' muscle tone of lower paretic limb was depressed after 20-min training period consisting of low resistance and constant pedal speed.

Keywords: Spinal Cord Injury, Spasticity, Functional Electrical Stimulation, Pedaling Exercise.

二、緣由與目的

脊髓損傷者由於癱瘓肌肉無法自主性收縮運動，而導致癱瘓的肌肉逐漸萎縮失去彈性、關節僵化、骨質疏鬆等常見之症狀，間接也導致心臟血管方面的問題，如血栓形成、高血壓、冠狀動脈疾病等併發症，而且整個的心肺功能下降，其它如痙攣、褥瘡、便秘造成腸道過度擴張等現象，都嚴重的影響患者的健康。由於目前的醫學科技仍然無法使脊髓損傷者回復原有中樞神經控制的運動功能，如何讓脊髓損傷者能改善其生理狀況及保有良好的心理狀況，降低副作用的發生率，是復健醫學上的重要課題，在政府重視身心障礙人士的福利政策下，對脊髓損傷者施以復健治療已是社會的共識。

功能性電刺激為一種物理治療的方法，對脊髓損傷之下運動單元與肌纖維的功能依然完整者而言，可藉由經皮電流來刺激神經產生動作電位，控制癱瘓的肢體肌肉收縮並產生功能性動作，此即為功能性電刺激。在諸多功能性電刺激系統中，其應用範圍大致包括：功能性電刺激站立(FES-standing)、行走(FES-walking)、上肢抓取(FES for hand grasping)，功能性電刺激踩車運動(FES-cycling)是一較簡單而較無患者墜落危險的系統，此系統乃利用控制器送出適當地刺激型式(stimulation pattern)的電流脈波，刺激下肢的肌肉做動態且循環性的收縮，以肌群收縮所產生的力量克服負載阻力做持續的週期性運動。

在臨床治療上，踩車運動已被用來訓練及促進病患的心肺功能，且常能得到正面的改善效果¹⁻³。近年的文獻更發現，對正常人進行阻力變動型式與維持固定踩車速度的訓練後，其結果發現比目魚肌的Hoffmann反射(H reflex)有明顯下降趨勢，而且此種現象與維持固定踩車車速之技能有顯著的進步改善和相關；並且進一步認為此種運動模式與活化脊髓神經路徑的塑性調變(plastic changes)有著密切的關係⁴。但是在臨床上對於下肢痙攣的中風患者之實證效果，仍有待進一步探討。

痙攣的主要外在表現之一為肢體運動阻力的提高，而阻力的提高可能由於中樞神經系統緊張性反射(tonic reflex)造成靜止肌肉張力的提高，或者由於肌肉以及連接組織機械特

性的改變，或者二者兼而有之。因此學者指出，肌肉阻力的提高不能簡單認為是反射亢進的證據，還要考慮肢體位置、肌肉力量等因素的條件下，設法將反射和非反射的貢獻區分開⁵。所以

然而現今功能性電刺激輔助的踩車動作，對下肢痙攣的患者而言，可以直接對於所要訓練的肌肉進行連續牽拉與刺激誘發，進而提升患者學習正確的下肢協調性動作；因此本研究的目的乃在配合成功大學醫學工程研究所所研發之踩車系統效能進行臨床研究與評估，探討脊髓損傷患者使用此系統作二十分鐘踩車訓練之前、後，下肢痙攣除了包括神經生理上的變化外，其肌肉之生物力學特性以及功能性站立平衡的反應，是否亦會有不同表現。

三、方法

本研究所使用之儀器包括肌力與肌電訊號擷取器與量表，來評估下肢痙攣的變化情形。本實驗預計由台中市立復健醫院物理治療部門徵求受試者，所有受試者必須符合以下條件：頸椎第七節以下，胸椎第十一節以上完全脊髓損傷(complete spinal cord injury)之患者，完全損傷之定義依American Spinal Injury Association (ASIA)為等級A(grade A)之病患，為了順利完成踩車動作，我們以MAS選擇下肢張力等級在一至三之間的病患，我們將在各等級收集至少三位患者，且患者除了脊髓損傷所引起的感覺及運動功能失常外，並無其他併發症。

在每次運動前，均先要接受完整的痙攣評估，包括：測量踝關節的被動關節活動度、Modified Ashworth Scale (MAS)評估、比目魚肌的H/M ratio量測、膝關節的生物力學評估。將踩車訓練機的訓練模式設定為低阻力定速型式，患者由輪椅移至功能性電刺激踩車系統(圖一)的座位上，等患者調整好姿勢後將電極片固定至刺激位置。進行研究時，功能性電刺激的強度調整至使患者能夠很順利地作出踩車動作。每位患者完成踩車運動二十分鐘後，再評估下肢痙攣的變化情形。

四、結果與討論

在十五位完成二十分鐘踩車運動的脊髓損傷患者中，其中包括十二位男性、三位女

性，平均年齡為 54.2 歲；在下肢痙攣程度 (MAS) 方面其中有十位 MAS 值為 3，而另五位 MAS 值為 2。

實驗過程中以電生理指標和擺動測試來檢測肌肉張力變化，其測試方式如下：(1) 電生理指標部分，以患側比目魚肌 H reflex 和 H/M 比值，反映脊髓動作神經元網絡 (motor neuron pool) 中與牽張反射 (stretch reflex) 有關部分的興奮性指標變化⁶。(2) 擺動測試部分，讓肢體從一定高度自由下擺，測試其擺動的特性參數，如第一個擺動波的上升幅度，擺動次數，擺動時間，幅度比與放鬆指數 (relaxation index) 等來描述痙攣肢體的運動規律⁷。由於肌肉硬度 (stiffness) 不同，牽張反射強度不同，因此擺動的幅度和周期都不同⁸。

研究結果發現，受測者完成二十分鐘踩車運動後，其肌肉張力部分包括 H reflex (圖二)、H/M 比值 (表一) 以及擺動放鬆指數 (圖三) 等皆有下降趨勢。

探討其可能有如此差異之原因如下：

(一) 在電生理指標部分

本研究中，藉由功能性電刺激輔助踩車動作的訓練，可以短暫誘發股四頭肌收縮，並且同時交替抑制了股二頭肌過度收縮反應；此種彼此間短暫刺激與交替抑制的效應，降低脊髓損傷患者下肢痙攣的協同表現。而此現象於 1993 年代 Collins 學者的踩車研究中亦發現受試者在運動後，其比目魚肌 H reflex 的強度有降低趨勢而獲得證實⁹⁻¹¹。

(二) 在擺動測試部分

在研究中，針對患側肢體的肌肉組織機械特性，可以觀察出受試者在踩車運動後其放鬆指數上有增加的趨勢；另外在第一次擺動波曲線與靜止角度所圍成的面積亦顯示有下降趨勢。綜合上述兩種結果之呈現表示，在踩車運動時由於患側肢體的作用肌和拮抗肌彼此間作交替性的收縮與放鬆活動，促使其組織機械特性如黏滯性及彈性部分，具有相當程度的改善。

本研究透過文獻探討，顯示功能性電刺激輔助踩車訓練對於脊髓損傷患者而言，可以減低下肢肌肉張力的過度表現以及協同動作的生成。

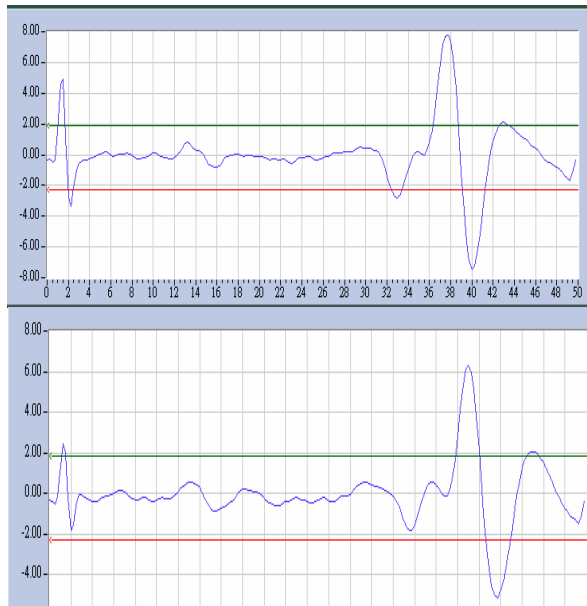
六、參考文獻

1. Bradly MB (1994) The effect of participating in a functional electrical stimulation exercise program of affect in people with spinal cord injuries. Arch Phys Med Rehabil; 75:676-679.
2. Hooker S. P., et al (1992) Physiologic effects of electrical stimulation leg cycle exercise training in spinal cord injured persons. Arch Phys Med Rehabil; 73:470-476.
3. Mutton DL., et al (1997) Physiologic responses during functional electrical stimulation leg cycling and hybrid exercise in spinal cord injured subjects. Arch Phys Med Rehabil; 78:712-718.
4. Riccardo M., et al (2006) Plastic changes in the human H-reflex pathway at rest following skillful cycling training. Clin Neurophysiol; 117: 1682-1691.
5. Katz RT, Rymer WZ (1989) Spastic hypertonia: mechanisms and measurement, Arch. Phys. Med. Rehabil; 70:144-155.
6. Cheng-Ya Huang, Chun-Hou Wang, Ing-Shiou Hwang (2006) Characterization of the mechanical and neural components of spastic hypertonia with modified H reflex. J. Electromyogr. Kinesiol; 16:384-391.
7. Barry S, Dip P, Joan M, (1995) A Video-Based Version of the Pendulum Test: Technique and Normal Response. Arch Phys Med Rehabil; 76:166-76.
8. Jane B, Duncan W, Paul Taylor (1997) The Effect of Common Peroneal Nerve Stimulation on Quadriceps Spasticity in Hemiplegia. Phys Ther; 83:82-89.
9. Fujiwara T, Liu M, Chino N (2003) Effect of pedaling exercise on the hemiplegic lower limb. Am J Phys Med Rehabil; 82:357-363.

10. Collins DF, McIlroy We, Brooke JD (1993)
Contralateral inhibition of soleus H reflexes
with different velocities of passive
movement of the opposite leg. *Brain Res*;
603:96–101.
11. Brooke JD, McIlroy WE, Collins DF (1992)
Movement features and H-reflex modulation.
I. Pedalling versus matched controls. *Brain
Res*; 582:78–84
12. Hikosaka O, Nakamura K, Sakai K,
Nakahara H (2002) Central mechanisms of
motor skill learning. *Curr Opin Neurobiol*;
12:217–22.
13. Burke RE (2001) The central pattern
generator for locomotion in mammals. *Adv
Neurol*; 87:11–24.
14. Lam T, Pearson KG (2002) The role of
proprioceptive feedback in the regulation
and adaptation of locomotor activity. *Adv
Exp Med Biol*; 508:343–55.



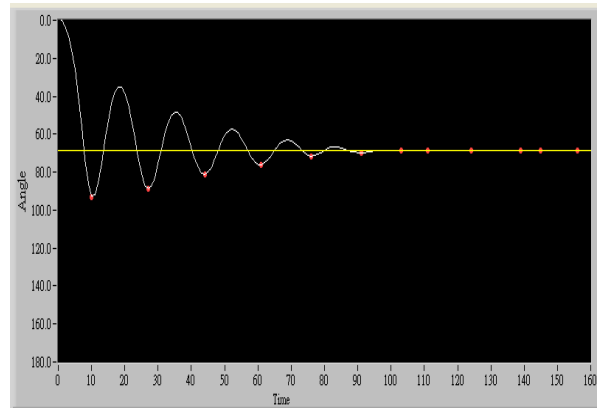
圖一 新型功能性電刺激踩車系統全貌



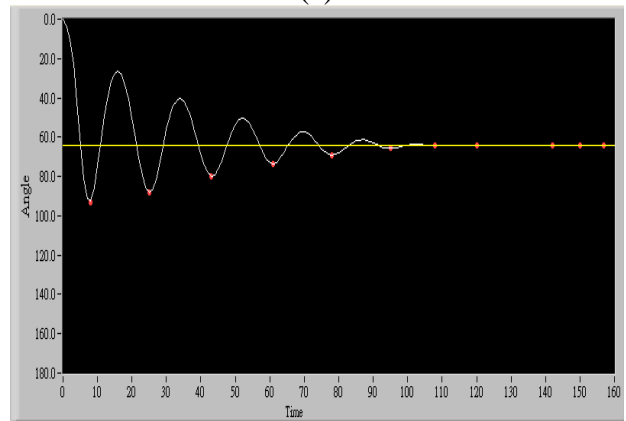
圖二 病患踩車運動前、後之 H reflex 變化

表一. 病患運動前、後之 H/M ratio 變化

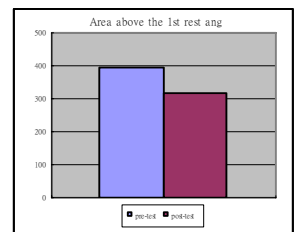
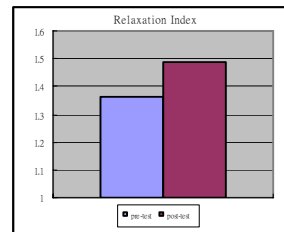
	Pre-test	Post-test
H/M ratio	0.71±0.17	0.54±0.25



(a)



(b)



(c)

圖三. 病患踩車運動前(a)、後(b)之Pendulum 測試變化(c)