

R  
008.8  
4426

# 中山醫學院醫學研究所碩士論文

Master Thesis, Institute of Medicine,  
Chung Shan Medical and Dental College

指導教授：江炳焱 副教授 ( Dr. Ping-Yen Chiang )

## 電刺激感覺神經對運動神經元 興奮度之影響



The effect of sensory input induced by electrical  
stimulation on motor neuron excitability

研究生：葉信顯 ( Hsin-Hsien Yeh ) 撰  
中華民國八十五年一月  
( Jan, 1996 )

中山醫學院圖書館



C034319

參考書恕不外借

學生葉信顯，論文題目為電刺激感覺神經對運動神經元興奮度之影響，其論文已經中山醫學院醫學研究所碩士論文考試委員會審查合格及口試通過，並由其指導教授核閱後無誤。

指導教授：江炳焱副教授

簽名：江炳焱

中華民國

85年

1月

31日

# 電刺激感覺神經對運動神經元 興奮度之影響

The effect of sensory input induced by electrical stimulation on motor neuron excitability

本論文為中山醫學院授予理學碩士學位必備條件之一，經中山醫學院醫學研究所碩士論文考試委員會審及口試通過。

論文考試委員：

國立臺灣大學物理治療學系

廖華芳 副教授  
廖華芳

中山醫學院醫學系

畢柳鶯 副教授  
畢柳鶯

中山醫學院復健醫學系  
(本論文指導教授)

江炳焱 副教授  
江炳焱

中華民國 八十五年 一 月 二十七 日

## 中文摘要

由條件化電刺激感覺神經的研究中，已知單一次電刺激可誘發或抑制脊髓運動神經元之興奮度。至於連續性電刺激感覺神經，使其傳入訊息，對脊髓運動神經元興奮度之影響是否有累積之結果，則並不清楚。本篇研究之目的即為利用電刺激不同種類之感覺神經15分鐘，以產生連續之感覺傳入訊息；評估刺激前後，其脊髓運動神經元興奮度之變化；並比較不同種類之傳入訊息對脊髓運動神經元興奮度之影響有無不同。研究中共有10名健康成年男性參與，每位受測者均分別接受腓腸神經及脛神經之電刺激15分鐘，並在刺激前及後，評估其比目魚肌之Hmax/Mmax及脛前肌之F/Mmax，以代表該肌肉之運動神經元興奮度；利用配對t檢定比較電刺激前後，肌肉之Hmax/Mmax（或F/Mmax）值有無改變；並比較不同神經接受電刺激後，其肌肉Hmax/Mmax（或F/Mmax）值之變化有無不同。結果只有電刺激脛神經15分鐘後（即電刺激肌肉傳入纖維），比目魚肌之Hmax/Mmax降低了（ $P < 0.05$ ），其他則並未受影響。不同感覺傳入訊息，對比目魚肌或脛前肌之影響也無不同。由於本研究中記錄時間無法調整在電刺激當中或結束後幾毫秒內，因此不易真正記錄到其對脊髓運動神經元興奮度之立即影響。而單一回電刺激對脊髓運動神經元並未產生較持久之影響，因此其對神經適應所扮演的角色，尚待進一步利用長期電刺激加以研究。

# Abstract

The purpose of this study is to examine the effects of continuous sensory input on spinal motoneuron excitability. We use electrical stimulation on sensory nerve to induce afferent input. The Hmax/Mmax of soleus and F/Mmax of anterior tibial muscle are used to represent spinal motor neuron excitability. The subjects are 10 healthy young males. The electrical stimulations are applied over cutaneous distribution of sural nerve and over gastrocnemius branch of tibial nerve for 15 minutes. The H reflex of soleus and F wave of anterior tibial muscle are recorded before and after electrical stimulation. In this study we find that, cutaneous input induced by 15 minutes' electrical stimulation doesn't alter the spinal motoneuron excitability. However, Hmax/Mmax of soleus muscle is decreased significantly after stimulation over muscle afferent fiber. The effects of sensory input on motor neuron may be temporarily and we didn't record the response in that short time, and that may explain why the results didn't match the results of conditioning studies.

## 致 謝

本論文承蒙吾師江炳焱副教授之啓發指導，及督促鼓勵，始臻完成，謹致上最誠摯之敬意與謝意。

此外，感謝國立台灣大學物理治療學系廖華芳副教授，及本研究所畢柳鶯副教授於百忙中撥冗指導。

論文進行中，屢生挫折，幸賴志峰學長之精神支持與鼓舞，方得以順利度過；此外，亦感謝其與同事啓明及純妤於測試程序上之協助。論文初成，同事淳厚於資料處理及統計分析方面之資訊提供及輔助，在此亦十分感激。研究時不可或缺的受測者，是研究中最大的功臣，感謝本院同仁及實習學生犧牲休息時間參與實驗，使本論文得以及時完成。

葉 信 顯      謹誌於

中山醫學院醫學研究所

中華民國八十五年一月

# 目 錄

## 第壹章 緒論

- 一、研究動機.....1
- 二、研究目的.....2
- 三、研究假設.....3
- 四、名詞解釋.....5

## 第貳章 文獻回顧

- 一、表皮感覺傳入訊息對脊髓運動神經元興奮度之探討.....10
- 二、比較刺激不同感覺神經對運動神經元興奮度之影響.....13
- 三、感覺傳入訊息對大腦運動神經元之影響.....14
- 四、肌力訓練的研究發現.....17
- 五、感覺傳入訊息的臨床應用.....18

## 第參章 材料與方法

- 一、研究對象.....20
- 二、儀器設備.....20
- 三、實驗設計.....22
- 四、實驗方法與步驟.....24
- 五、資料搜集.....29

六、統計分析.....	30
-------------	----

## 第肆章 結果

一、基本資料.....	31
二、電刺激腓腸神經之影響.....	32
三、電刺激脛神經之影響.....	34
四、比較不同神經接受電刺激之影響.....	36

## 第伍章 討論

一、比目魚肌受到脛神經傳入訊息之抑制.....	38
二、刺激強度.....	39
三、刺激部位.....	39
四、刺激及記錄時間.....	39
五、連續刺激的效應.....	40
六、對肌力訓練的影響.....	40

第陸章 結論與建議.....	41
----------------	----

參考文獻.....	43
-----------	----



## 表 目 錄

表一、受測者基本資料.....	31
表二、電刺激腓腸神經前後，比目魚肌及脛前肌之 Hmax/Mmax或F/Mmax.....	33
表三、電刺激脛神經前後，比目魚肌及脛前肌之 Hmax/Mmax或F/Mmax.....	35

## 圖 目 錄

圖一、MS-60 肌電圖儀.....	21
圖二、Stiwell電刺激儀及受測者姿勢.....	24
圖三、電刺激腓腸神經之電極片黏貼部位.....	27
圖四、電刺激脛神經之電極片黏貼部位.....	27
圖五、電刺激腓腸神經前後，比目魚肌之Hmax/Mmax及脛 前肌之F/Mmax百分比值.....	33
圖六、電刺激脛神經前後，比目魚肌之Hmax/Mmax及脛前 肌之F/Mmax百分比值.....	35
圖七、電刺激腓腸神經及脛神經前後，比目魚肌之 Hmax/Mmax百分比差值及脛前肌之F/Mmax百分比差 值.....	37

# 第壹章 緒論

## 一、研究動機

感覺神經的傳入訊息 (sensory input) 是人類動作控制中 (Motor control) 重要的一環。由條件化電刺激表皮感覺神經 (Cutaneous afferent) 的研究中，可知感覺傳入訊息會改變運動神經元的興奮度。中等的刺激強度，大都能產生誘發效果；而稍強的刺激，則會抑制之。而本體感覺 (Proprioception) 的傳入訊息也會對脊髓或大腦皮質的運動神經元產生影響。這樣的結果應用在痙攣病人的治療上，可達到降低痙攣程度及增加突觸前抑制 (Presynaptic inhibition) 的結果。但對正常人的效應則不一致。另外，在肌力訓練過程中，神經適應 (Neural adaptation) 的較早發生，是否為感覺傳入訊息的刺激，使運動神經元興奮度增加的結果？由於臨床的研究，並未特定探討不同感覺傳入訊息，對運動神經元興奮度的影響，因此本篇研究便嘗試利用電刺激產生感覺傳入訊息，以評估其對運動神經元興奮度的影響。

## 二、研究目的

1. 比較比目魚肌的Hmax/Mmax值，經過電刺激腓腸神經15分鐘以產生表皮感覺傳入訊息後，是否有改變？
2. 比較脛前肌的F/Mmax值，經過電刺激腓腸神經15分鐘以產生表皮感覺傳入訊息後，是否有改變？
3. 比較比目魚肌的Hmax/Mmax值，經過電刺激脛神經15分鐘以產生肌肉傳入訊息後，是否有改變？
4. 比較脛前肌的F/Mmax值，經過電刺激脛神經15分鐘以產生肌肉傳入訊息後，是否有改變？
5. 比較電刺激腓腸神經和電刺激脛神經15分鐘後，比目魚肌的Hmax/Mmax前後差值，彼此有無不同？
6. 比較電刺激腓腸神經和電刺激脛神經15分鐘後，脛前肌的F/Mmax前後差值，彼此有無不同？

### 三、研究假設

#### 問題一：

##### 虛無假設：

電刺激腓腸神經以產生表皮傳入訊息15分鐘後，比目魚肌之Hmax/Mmax值沒有顯著變化。

##### 對立假設：

電刺激腓腸神經以產生表皮傳入訊息15分鐘後，比目魚肌之Hmax/Mmax值明顯改變。

#### 問題二：

##### 虛無假設：

電刺激腓腸神經以產生表皮傳入訊息15分鐘後，脛前肌之F/Mmax值沒有顯著變化。

##### 對立假設：

電刺激腓腸神經以產生表皮傳入訊息15分鐘後，脛前肌之F/Mmax值明顯改變。

#### 問題三：

##### 虛無假設：

電刺激脛神經以產生肌肉傳入訊息15分鐘後，比目魚肌之Hmax/Mmax值沒有顯著變化。

##### 對立假設：

電刺激脛神經以產生肌肉傳入訊息15分鐘後，比目魚肌之Hmax/Mmax值明顯改變。

**問題四：**

虛無假設：

電刺激脛神經以產生肌肉傳入訊息15分鐘後，脛前肌之F/Mmax值沒有顯著變化。

對立假設：

電刺激脛神經以產生肌肉傳入訊息15分鐘後，脛前肌之F/Mmax值明顯改變。

**問題五：**

虛無假設：

電刺激腓腸神經和電刺激脛神經15分鐘後，比目魚肌之Hmax/Mmax前後差值，彼此並無顯著差異。

對立假設：

電刺激腓腸神經和電刺激脛神經15分鐘後，比目魚肌之Hmax/Mmax前後差值，彼此有顯著差異。

**問題六：**

虛無假設：

電刺激腓腸神經和電刺激脛神經15分鐘後，脛前肌之F/Mmax前後差值，彼此並無顯著差異。

對立假設：

電刺激腓腸神經和電刺激脛神經15分鐘後，脛前肌之F/Mmax前後差值，彼此有顯著差異。

## 四、名詞解釋

### 1. 運動神經元興奮度 ( Motor neuron excitability )

運動神經元的靜止膜電位 ( resting membrane potential ) 約為  $-65\text{mv}$ ，當產生動作電位 ( action potential ) 時，其值會變成正值 ( 亦即處於去極化 depolarization 狀態 )。若運動神經元較興奮時，其膜電位會變成較小的負值；反之，若膜電位負值變大，則表示其運動神經元的興奮度變小。

除了直接測量神經元細胞的膜電位外，也可利用電刺激所產生的反射，來得知其興奮狀態。(如  $H_{\max}/M_{\max}$ )

## 2.H反射 (H-Reflex)

為Hoffman在1918年所提出。以小量電流刺激神經時，可先活化到較大且具髓鞘的神經纖維—主要是感覺神經中的Ia傳入纖維 (Ia afferent fiber)，使之傳遞神經衝動至同節脊髓中的 $\alpha$ 運動神經元 ( $\alpha$  motor neuron)。當刺激夠大時，可使 $\alpha$ 運動神經元產生動作電位，造成肌肉反射性收縮，此為單一突觸反射 (monosynaptic reflex) [22,24]，肌電圖上可記錄到電位變化，即是H反射。當電流增加時，更多的 $\alpha$ 運動神經元被活化，H反射也越大。

若電刺激量大到可直接活化運動神經纖維時，則會有沿神經往肌肉方向傳導的順向傳導 (Orthodromic conduction) 脈衝傳至肌肉，使之收縮，形成M反應 (M-Response)。另外也會形成逆向傳導 (antidromic conduction)，此方向的脈衝會與H反射相抵消，因而使H反射在M反應出現後，逐

漸減小。一般以小腿腹肌 (Calf muscle) 最易測得 H 反射，橈側屈腕肌 (Flexor carpi radialis) 也可測得。[24]

H 反射值的大小可顯示其運動神經元整體的興奮度。



### 3.F 波 (F-Wave)

F波也是電刺激活化 $\alpha$ 運動神經元所產生的動作電位，但並非真正的反射，而是當施予超大 (Supramaximal) 電刺激時，其逆向傳導至 $\alpha$ 運動神經元的脈衝，使之產生反響 (Reverberation) 衝動，導致少數肌肉收縮[22]。其在肌電圖上出現的時間 (latency) 約與H反射同，但幅度很小，也不一定每次出現。[8,25]

由於H反射與F波都是活化特定運動神經元池 (Motor neuron pool) 中的 $\alpha$ 運動神經元所得的反應，因此均可反映出此運動神經元池的興奮度。

一般常以最大H反射與最大M反應的百分比值 (Hmax/Mmax)；或F波與最大M反應的百分比值 (F/Mmax) 來表示運動神經元的興奮度。[21,24]

#### 4. 表皮傳入神經 (Cutaneous afferents) 與肌肉傳入神經 (Muscle afferents)

##### a. 表皮感覺：

人體表皮的感覺受器 (receptors) 分爲三種：傷害受器 (nociceptor)、溫度受器 (thermoreceptor) 及壓力感受器 (mechanoreceptor)。主要爲感受外界環境變化之訊息 (exteroception)。其中壓力感受器還可感應作用在表皮上之壓力、或動作變化，因此也是傳遞本體感覺 (proprioception) 之受器。其傳入神經之種類，依其傳導速度可分爲  $A_{\alpha\beta}$ 、 $A_{\delta}$  及 C 纖維 [11,16,22]。

##### b. 肌肉傳入訊息：

肌肉上的感覺纖維有來自肌梭 (muscle spindle) 的 Ia 及 II 纖維，與來自肌鍵上的 Ib 纖維，可傳進肌肉的姿勢、動作或受力牽張狀態，爲傳導本體感受訊息之纖維 [16,22]。

## 第貳章 文獻回顧

### 一、表皮感覺傳入訊息對脊髓運動神經元興奮度之探討

感覺神經的傳入訊息 (sensory input) 是人類動作控制中 (Motor control) 重要的一環。來自肌肉或關節的本體感覺的傳入，除可產生反射作用外，還可藉由脊髓上節 (supraspinal) 或大腦皮質 (cortex) 來調控脊髓運動神經元的興奮度。而表皮感覺受器所傳入的訊息，在動作控制中所扮演的角色，除了可利用曲屈反射來探討外；也有許多作者採用電刺激表皮感覺神經，如腓腸神經 (Sural N.)，並記錄比目魚肌 (Soleus M.) H反射值之變化的研究[24]。其中，Gassel曾提出刺激不同部位的表皮感覺神經，對比目魚肌的H反射值會產生興奮或抑制的作用[10]。Delwaide曾系統性的歸納出電刺激腓腸神經後，互為拮抗的比目魚肌及脛前肌 (Anterior tibial M.) 之運動神經元興奮度的變化[6]。Delwaide發現這兩塊肌肉在接受電刺激後其運

動神經元興奮度均增加了，且都在刺激間隔60-90ms與150ms左右出現。至於電刺激對側的腓腸神經後，也有類似的結果。由其產生誘發效果的時間推測，加上刺激對側與其他部位的類似結果，Delwaide認為表皮傳入訊息是藉著脊髓上中樞（supraspinal center）來改變脊髓運動神經元之興奮度[6,7]。但若刺激強度增加，在刺激20ms後，則對比目魚肌產生抑制效果，對側則仍是誘發，脛前肌之誘發效果則不變。Hugon在較早的研究也有這種隨刺激強度改變而改變的結果。

Walk & Fisher以較強的電量刺激第二手指表皮神經，發現外展拇短肌（abductor pollicis brevis）的F波出現率及強度均降低，對側則增加[25]。

不論上肢或下肢的研究一般均認為以超大電刺激在表皮神經上時，將會形成抑制同側伸直肌（extensor）、而興奮同側拮抗肌（antagonist）及對側伸直肌之效果[6,25]。這種超大刺激所刺激到的表皮受器及纖維為高閾值（high threshold）、傳導較慢的A $\delta$ 纖維。這種抑制作用可能只在脊髓階段（segmental level）[6,25]。Malmgren & Pierrot-Deseilligny則認為可能是經由頸椎的Propriospinal neurons傳遞[17,18]。若以中等強度刺激時，則有兩個誘發時間（two peak of facilitation）且比傳入到脊髓的時間長，因此Delwaide認為是來自脊髓上的中樞之誘發[6,7]。

## 二、比較刺激不同感覺神經對運動神經元興奮度之影響

Fisher 分析外展拇短肌之F波，在受到不同之神經電刺激後均產生了被抑制的結果。研究中分別電刺激第二指神經（digital N. of finger II）、正中神經（Median N.）及第五指神經。結果發現：刺激純為感覺神經的第二指神經，對F波之大小、出現時間或出現比率的抑制效果，均比刺激混合神經（即正中神經）來得大。但刺激第五指神經則並無影響[8]。因此，Fisher認為這種抑制運動神經元興奮性的傳遞訊息，是來自與肌肉同一神經的感覺傳入，且表皮感覺較具抑制效果。

而Komori類似的研究卻發現魚際肌（thenar M.）的F波的出現率並未受到電刺激的介入而改變[14]。

### 三、感覺傳入訊息對大腦運動神經元之影響

由脊髓運動神經元的研究可知中等程度的刺激傳入，可增加運動神經元興奮度，且可能並非來自脊髓階段。因此繼續探討傳入訊息對大腦運動神經元之影響。目前研究常用電或磁場（Magnetic stimulation）刺激大腦運動皮質，並記錄周邊肌肉的動作誘發電位（Motor evoked potential），並可與脊髓運動神經元的H或F值的結果互相比較。Komori的研究結果顯示刺激正中神經會明顯增加魚際肌的動作誘發電位，而刺激第二指神經卻毫無影響；至於脊髓運動神經元的F值則並無變化[14]。

相反的，Clouston卻發現手指的表皮傳入訊息會抑制手指肌肉的動作誘發電位；而脊髓運動神經元則無變化[2]。因此，Clouston認為其抑制訊息是由大腦皮質傳下，而非僅在脊髓層次。Inghilleri也得到類似的抑制結果[12]。

Wolfe的研究則還是認為腓腸神經的傳入訊息會加強脛前肌及其拮抗肌—比目魚肌的動作誘發電位[26]。

至於肌肉傳入訊息的影響，Deletis有系統的研究了上肢與下肢的反應，發現刺激腕部的正中神經及刺激脛神經，都分別增加了手指及下肢肌肉的動作誘發電位[7]。Perreon更發現刺激對側也會產生誘發效果[20]。

以上的研究，都發現傳入訊息—不論表皮或肌肉，都對大腦皮質運動神經元有影響，且都是常間隔時間（long latency）的反應。Kasai的研究，則發現以不同強度刺激感覺神經，會在不同刺激間隔時間（condition-test interval）出現不同反應[13]。在刺激20-50ms時會有一微小的抑制反應，但須以較大的刺激才能產生，因此被認為是刺激到較大閾值的表皮傳入受器，經由脊髓層次產生抑制效應。而



約50-90ms後，則出現誘發效應，其時間約為傳入訊息至大腦後再傳下所需，可能經由低閾值的表皮或肌肉傳入訊息傳遞。大於110ms後還會有一微小之抑制反應。這個結果與Delwaide的脊髓運動神經元研究結果非常類似。

#### 四、肌力訓練的研究發現

在肌力訓練的研究中，常可見到短期訓練即可明顯增加肌力，而肌肉大小及肌纖維大小則尚未發生變化，且訓練對側的肌肉也有肌力增加的情形。肌電圖的研究顯示動作單位（motor unit）的活動增加，放電的協調度（synchronization）也增加了。這些結果說明肌力訓練短期內，神經適應（neural adaptation）已經形成[23]。其中感覺神經在訓練過程中，被刺激而傳入中樞後，是否如條件化電刺激的研究中可誘發運動神經元的興奮度，因而促進神經適應的形成，則尚未被單獨探討。但電刺激表皮感覺神經已知會影響動作單位徵召閾值（recruitment threshold）[3,9]。

## 五、感覺傳入訊息的臨床應用

臨床上有許多藉刺激感覺傳入來治療的方法，物理治療中，按摩，冷熱療，壓力，副木及牽張等方法都曾被探討過其效果與對運動神經元的影響。而電刺激已被認為可加強肌力，另外也有止痛的效果。至於應用到其對運動神經元興奮度的影響，則主要是利用來治療痙攣現象。Bajd, Potisk et al 等的力學研究已提出其效果[1,21]，而Levin的系列研究則說明了電刺激可以明顯增加中風病人比目魚肌的突觸前抑制，降低其痙攣程度[15]，雖然其Hmax/Mmax值並未改變。

感覺神經的傳入非常複雜，其對運動神經元的影響視其刺激強度、位置與傳入訊息的種類不同而異。由條件化刺激的研究可窺知其影響層次，但其臨床應用的反應則須進一步探討。本篇研究即以電刺激產生感覺傳入訊息：選擇腓腸神經代表表皮感覺神經，及脛神經代表

肌肉傳入訊息；記錄比較比目魚肌和其拮抗肌-脛前肌的運動神經元興奮度受電刺激前後的影響。並比較傳入訊息不同，其影響是否不同。

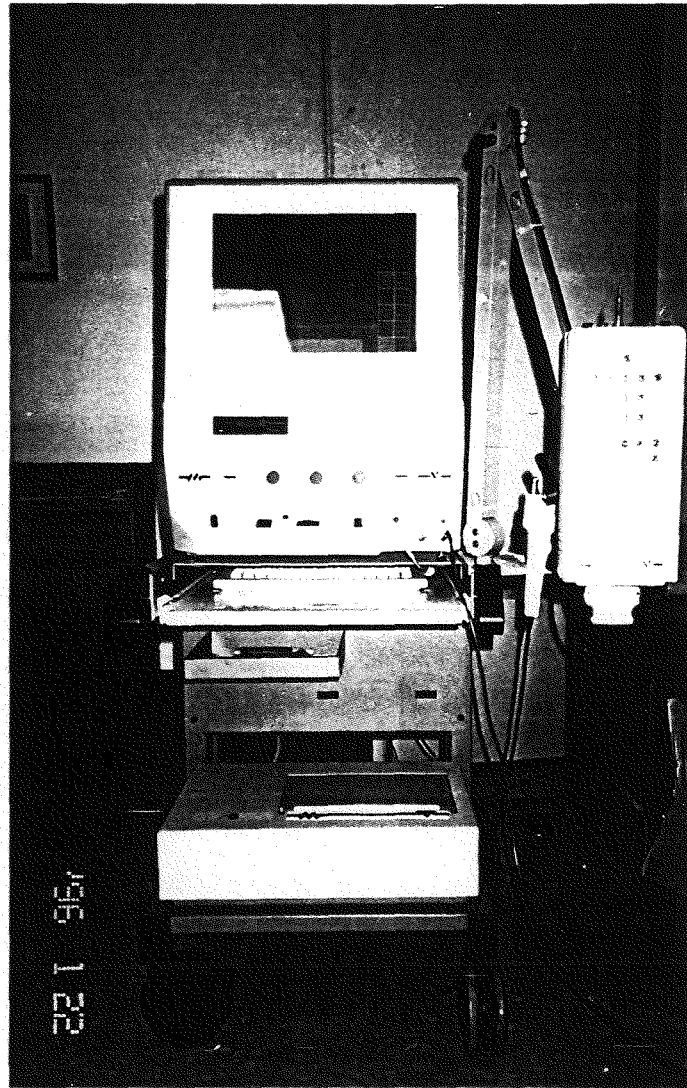
## 第參章 材料與方法

### 一、研究對象：

本篇研究共有十名健康成年男子參與，平均年齡為 $26.1 \pm 5.2$ 歲。所有受測者均測試左腳。在研究進行前半年內，所有受測者均無下肢或背部受傷的病史。在研究進行中，接受測試之小腿及踝關節皮膚均無傷口。

### 二、儀器設備：

1. 肌電圖儀：MS-60 (圖一)
2. 電刺激器：Stiwell Stimulator, Model 1200 (圖二)



圖一、MS-60肌電圖儀

### 三、實驗設計：

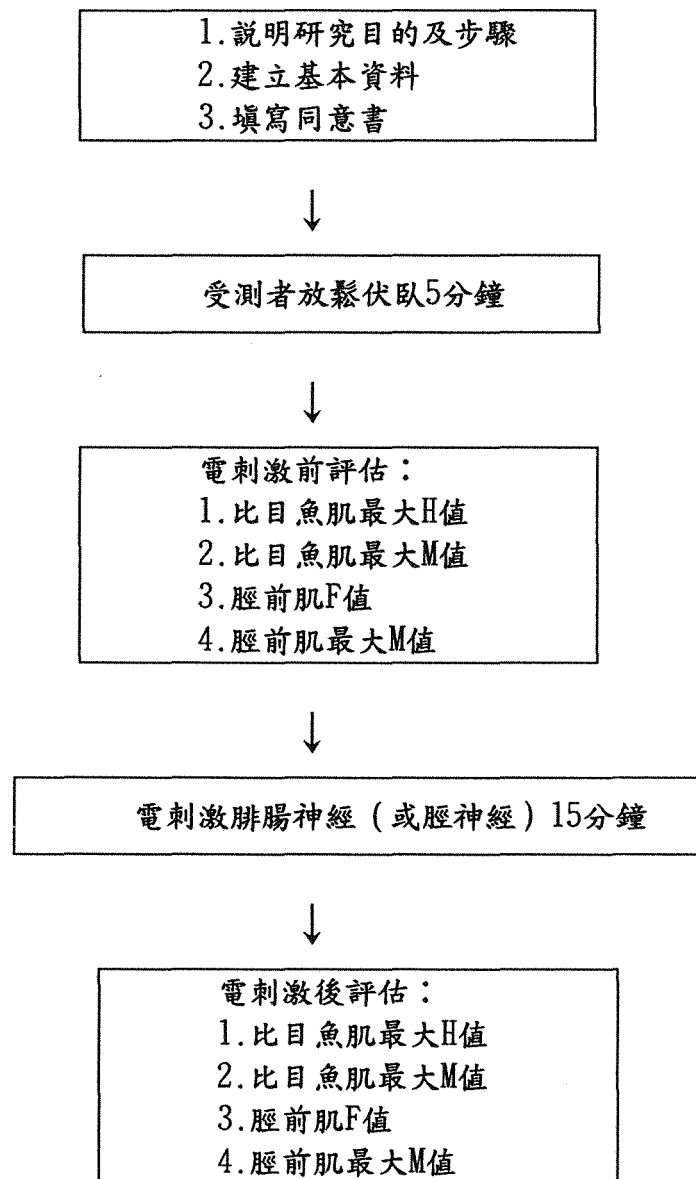
- 1.本篇研究中每位受測者均需接受兩回測試。分別為測試電刺激腓腸神經 (Sural N.) 及電刺激脛神經 (Tibial N.) 前後的反應。兩回測試中間至少間隔24小時。電刺激神經的順序則是隨機的。

#### 2.評估項目：

本篇研究是測試：

比目魚肌的最大H反射值及最大M反應值，與脛前肌的F值及最大M反應值；並分別計算其 $H_{max}/M_{max}$  及  $F/M_{max}$  來代表其脊髓運動神經元的興奮度。分別在施予感覺神經電刺激前及15分鐘後評估其值。

### 3. 實驗流程：

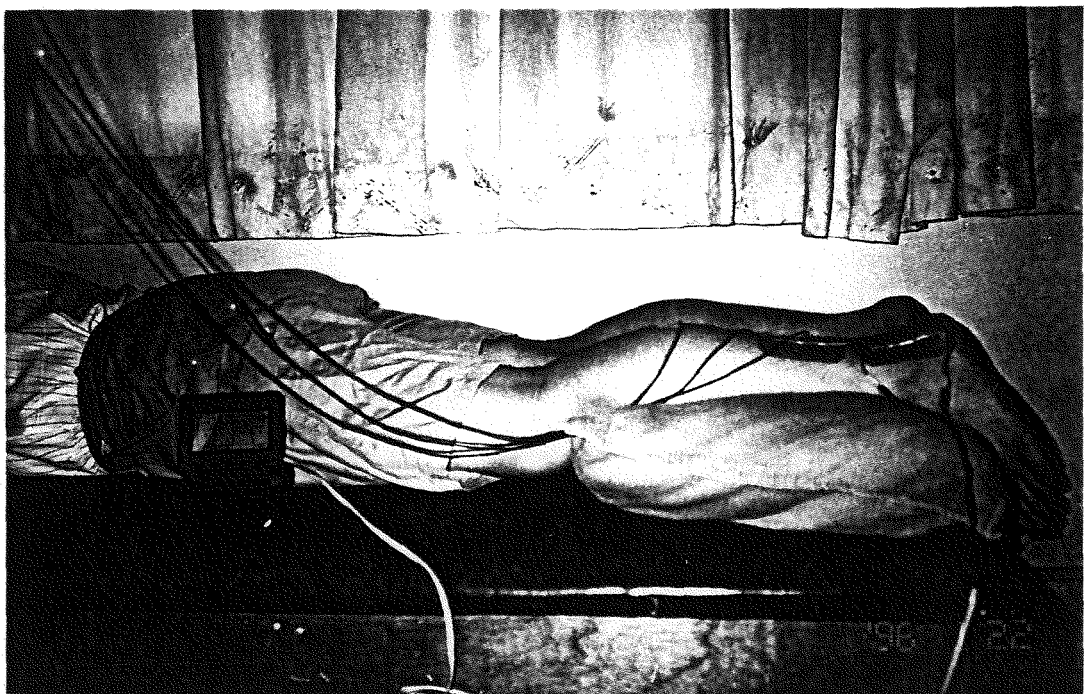




#### 四、實驗方法與步驟：

1. 首先向受測者說明研究目的、及實驗步驟，經受測者同意後，即正式開始進行資料搜集。
2. 開始測試前，須先讓受測者全身放鬆伏臥於治療床上5分鐘，以避免姿勢改變或肌肉收縮對運動神經元興奮度產生影響[24]。
3. 整個實驗進行中，受測者均須維持以下姿勢：伏臥、以枕頭支持小腿，使受測腳之膝關節保持於屈曲30度，踝關節自然放鬆。胸下置一枕頭，使頭部能保持於正中位置，無任何側彎、旋轉或屈曲。（圖二）

圖二、Stiwell電刺激儀及受測者姿勢



#### 4. 測試運動神經元興奮度：

##### 4-1：比目魚肌

利用肌電圖儀，測試比目魚肌之 $H_{max}$ 及 $M_{max}$ 。記錄電極置於比目魚肌內側，刺激電極則位於腓窩中央之脛神經通過處[4]。測試 $H_{max}$ 時，負極在近端，測試 $M_{max}$ 時則相反。每個測試均做三次，取其平均值。

##### 4-2：脛前肌

利用肌電圖儀，測試脛前肌之F值及 $M_{max}$ 。記錄電極置於脛前肌上距脛骨粗隆（tibial tuberosity）4指幅遠處，刺激電極則至於腓骨頭（fibular head）後側之腓神經（Peroneal N.）通過處[4]。測試F值時，負極在近端，測試 $M_{max}$ 時則相反。測試F值時，每個測試均做十次，測試 $M_{max}$ 時則三次，取其平均值。

#### 5. 電刺激感覺神經：

### 5-1：電刺激模式

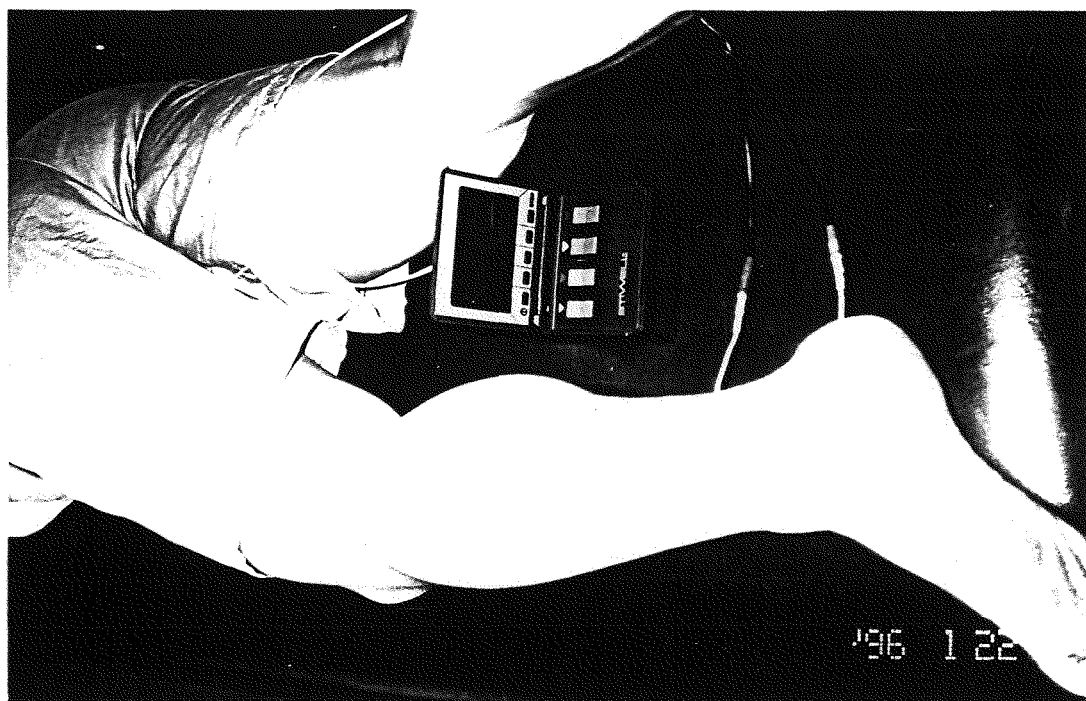
以Stiwell電刺激儀，採用0.1ms之方形雙向波，頻率為100HZ，連續電刺激15分鐘，刺激強度則調至使受測者有麻感，但不至引起疼痛及肌肉收縮的最大強度即可。

### 5-2：刺激部位

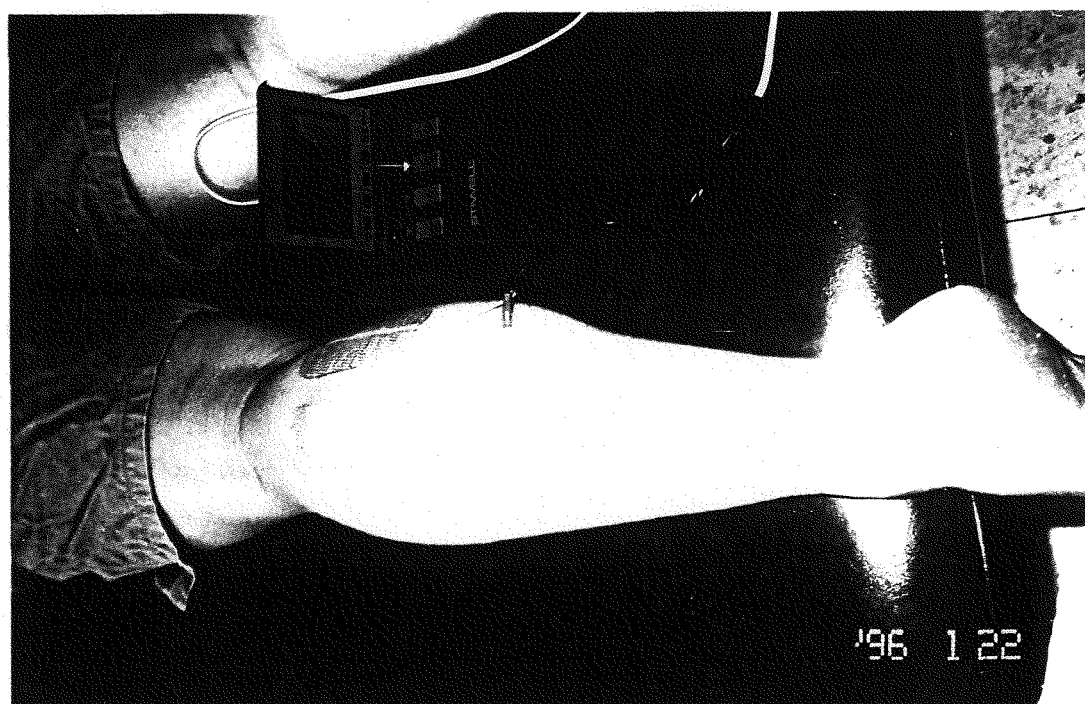
以兩片 $5 \times 9\text{cm}^2$ 之自黏式電極片，貼於以下二處：

1. 腓腸神經所支配之表皮感覺區，即踝關節外髁後方及其稍上位置—產生表皮傳入訊息  
(圖三)
2. 脛神經分支進入內外兩側腓腸肌 (gastrocnemius) 處—產生肌肉傳入訊息。  
(圖四)

每位受測者每回均只接受一處電刺激，第二回再刺激另一處。



圖三、電刺激腓腸神經之電極片黏貼部位



圖四、電刺激脛神經之電極片黏貼部位

## 6. 測試電刺激後之運動神經元興奮度

方法同步驟4

每位受測者第二回受測時再由步驟2-6重複一次。

## 五、資料搜集：

1. 受測者基本資料：包括年齡，身高、體重。
2. 記錄比目魚肌在電刺激前及後之 $H_{max}$ 、 $M_{max}$ 平均值，及脛前肌在電刺激前及後之 $F$ 、 $M_{max}$ 平均值。
3. 計算比目魚肌在電刺激前及後之個別 $H_{max}/M_{max}$ 比值，以百分比（%）表示。計算脛前肌在電刺激前及後之個別 $F/M_{max}$ 比值，以百分比（%）表示。
4. 計算電刺激前後，比目魚肌的 $H_{max}/M_{max}$ 差值，及脛前肌的 $F/M_{max}$ 差值。

## 六、統計分析：

1.所有資料均以平均值±標準差來表示。

2.以配對t-檢定比較：

電刺激腓腸神經前與後，比目魚肌的 $H_{max}/M_{max}$ 值有無差異。

電刺激腓腸神經前與後，脛前肌的 $F/M_{max}$ 值有無差異。

電刺激脛神經前與後，比目魚肌的 $H_{max}/M_{max}$ 值有無差異。

電刺激脛神經前與後，脛前肌的 $F/M_{max}$ 值有無差異。

3.以配對t-檢定比較：

電刺激腓腸神經與電刺激脛神經前後之比目魚肌的 $H_{max}/M_{max}$ 差值，彼此間有無差異。

電刺激腓腸神經與電刺激脛神經前後之脛前肌的 $F/M_{max}$ 差值，彼此間有無差異。

4.所有統計皆以SPSS/WINDOWS軟體處理。

5.本實驗之顯著水準定為0.05。

## 第肆章 結 果

### 一、基本資料

10名受測者平均年齡為 $26.1 \pm 5.2$ 歲，身高為 $170.6 \pm 4.5$ 公分，體重為 $67.3 \pm 10.1$ 公斤。（表一）

表一、受測者基本資料

	平均值	標準差
年 齡 (歲)	26.1	5.2
身 高 (公分)	170.6	4.5
體 重 (體重)	67.3	10.1



## 二、電刺激腓腸神經之影響

### 1. 比目魚肌：

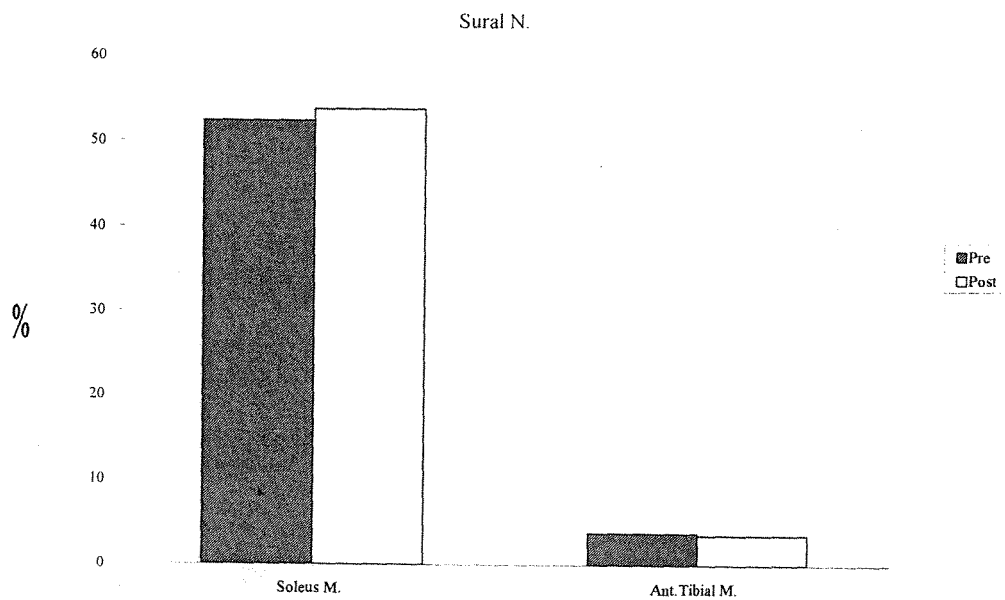
比目魚肌的平均Hmax/Mmax為 $52.37 \pm 16.64\%$ ，經電刺激腓腸神經後，則為 $53.73 \pm 20.21\%$ 。平均差值為 $1.36 \pm 9.15\%$ （ $-9.97 - 18.11\%$ ）。用配對t-檢定比較，其P值為0.65（ $>0.05$ ），則接受虛無假設，顯示電刺激前後比目魚肌的運動神經元興奮度並無改變。（表二）（圖五）

### 2. 脛前肌：

脛前肌的平均F/Mmax值為 $3.77 \pm 2.34\%$ ，經電刺激腓腸神經後，則為 $3.56 \pm 1.66\%$ 。平均差值為 $0.21 \pm 2.52\%$ （ $-5.56 - 2.24\%$ ）。用配對t-檢定比較，其P值為0.795（ $>0.05$ ），則接受虛無假設，顯示電刺激前後脛前肌的運動神經元興奮度並無改變。（表二）（圖五）

表二、電刺激腓腸神經前後，比目魚肌及脛前肌之Hmax/Mmax或F/Mmax (Mean  $\pm$  SD)

	電刺激前	電刺激後	前後差值
比目魚肌	52.37 $\pm$ 16.64	53.73 $\pm$ 20.21	1.36 $\pm$ 9.15
脛前肌	3.77 $\pm$ 2.34	3.56 $\pm$ 1.66	-0.21 $\pm$ 2.52



圖五、電刺激腓腸神經前後，比目魚肌之Hmax/Mmax及脛前肌之F/Mmax百分比值

### 三、電刺激脛神經之影響

#### 1. 比目魚肌：

比目魚肌的平均Hmax/Mmax為 $49.00 \pm 16.39\%$ ，經電刺激脛神經後，則為 $42.89 \pm 17.66\%$ 。平均差值為 $-6.11 \pm 7.94\%$  ( $-25.49 - 4.56\%$ )。用配對t-檢定比較，其P值為0.038 ( $< 0.05$ )，則推翻虛無假設，顯示電刺激前後比目魚肌的運動神經元興奮度降低了。(表三) (圖六)

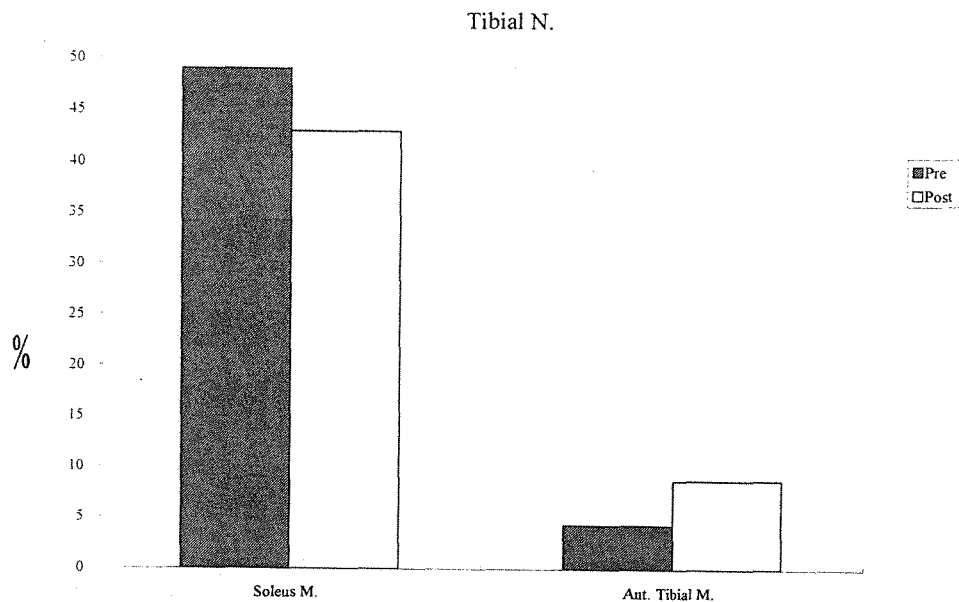
#### 2. 脛前肌：

脛前肌的平均F/Mmax值為 $4.33 \pm 3.39\%$ ，經電刺激腓腸神經後，則為 $8.76 \pm 11.01\%$ 。平均差值為 $4.43 \pm 10.29\%$  ( $-1.05 - 33.22\%$ )。用配對t-檢定比較，其P值為0.21 ( $> 0.05$ )，則接受虛無假設，顯示電刺激前後脛前肌的運動神經元興奮度並無改變。(表三) (圖六)

表三、電刺激脛神經前後，比目魚肌及脛前肌之Hmax/Mmax或F/Mmax (Mean ± SD)

	電刺激前	電刺激後	前後差值
比目魚肌	49.00±16.39	42.89±17.66*	-6.11±7.94
脛前肌	4.33±3.39	8.76±11.01	4.43±10.29

\* : Paired-t-test, P<0.05



圖六、電刺激脛神經前後，比目魚肌之Hmax/Mmax及脛前肌之F/Mmax百分比值

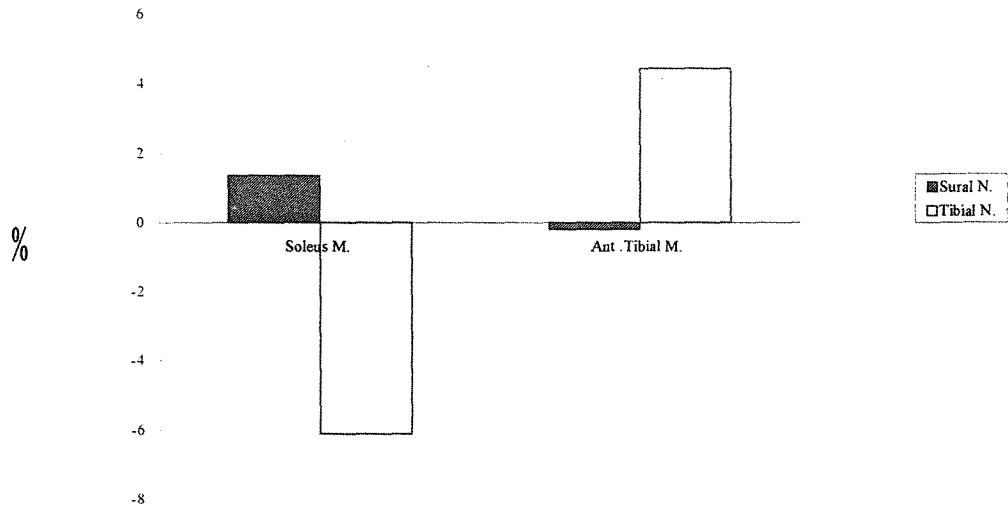
#### 四、比較不同神經接受電刺激之影響：

##### 1. 比目魚肌：

電刺激腓腸神經與電刺激脛神經前後之Hmax/Mmax差值，以配對t-檢定比較，其P值為0.13 ( $>0.05$ )，則接受虛無假設，表示不同種類的感覺傳入訊息，對比目魚肌的運動神經元興奮度影響並無顯著不同。(圖七)

##### 2. 脛前肌

電刺激腓腸神經與電刺激脛神經前後之F/Mmax差值，以配對t-檢定比較，其P值為0.26 ( $>.05$ )，則接受虛無假設，表示不同種類的感覺傳入訊息，對脛前肌的運動神經元興奮度影響並無顯著不同。(圖七)



圖七、電刺激腓腸神經及脛神經前後，比目魚肌之  
Hmax/Mmax百分比差值及脛前肌之F/Mmax百分  
比差值

## 第五章 討論

### 1. 比目魚肌受到脛神經傳入訊息之抑制

肌肉傳入訊息：

本篇研究中，只有比目魚肌的Hmax/Mmax值在經過脛神經刺激15分鐘後，產生明顯的抑制效果。其餘的刺激對肌肉的運動神經元興奮度都未能產生誘發或抑制效應。顯示肌肉傳入訊息會抑制同一神經的脊髓運動神經元興奮度。Komori的研究中，魚際肌的脊髓運動神經元興奮度並未受刺激而改變[14]，但由磁場產生之動作誘發電位，卻有增加現象，顯示其誘發乃是來自大腦皮質，並非只在脊髓階段。Fisher的研究雖然沒有互相比較不同種類刺激的結果，但可看到表皮感覺較具抑制效果[8]；與本篇研究不同的是，其表皮感覺傳入也是來自同一神經。Malmgren & Pierrot-Deseilligny 認為其抑制是經由脊髓上（Suprasegmental）的Propriospinal Neurons傳下抑制訊息的結果[18]。

## 2. 刺激強度

在條件化電刺激的研究中，以超強的刺激量刺激表皮神經，一般會產生抑制效果；中等刺激則有誘發效果[6,25]。本篇研究的刺激強度，雖未讓受測者產生疼痛或不舒服感，但並未量化其感覺閾值（sensory threshold），因此不易界定其刺激強度。

## 3. 刺激部位

本篇研究嘗試利用刺激不同神經以傳入不同的感覺傳入訊息；但是，由於刺激電極較大，無法準確的只刺激到肌肉傳入纖維，因此也會有許多表皮傳入訊息同時傳入，而影響其效應。

## 4. 刺激及記錄時間

條件化刺激的研究中，電刺激多只為單一或少數幾個刺激而已，且其誘發或抑制的效果都是發生在幾十



或幾百毫秒內。本篇研究目的在評估連續刺激15分鐘後的效應，雖然在刺激結束後立即加以評估，但仍無法測得這麼短時間內的反應。連續性電刺激對脊髓運動神經元所產生的影響，如果只能維持極短暫的時間，則本研究之評估方法無法測出其影響程度。

## 5. 連續刺激的效應

本篇研究所採用的連續刺激是否能累積單一刺激的效應，由於並未在電刺激15分鐘中間加以評估，因此須待進一步研究。

至於Levin對痙攣病人施予連續電刺激60分鐘，2及3週後，其Hmax/Mmax值並無改變[15]，但其Hvibr/Hcontr降低了，顯示痙攣病人的突觸前抑制增加了。

## 6. 對肌力訓練的影響

肌力訓練的時間均須數週才能達到神經適應的結果，本篇研究只評估一回刺激後的效應，尚無法提供感覺傳入訊息對神經適應所扮演的角色。

## 第陸章 結論與建議

1. 本篇研究利用電刺激以產生連續感覺傳入訊息15分鐘，並評估脊髓運動神經元之興奮度是否受影響。結果顯示電刺激肌肉傳入纖維（即電刺激脛神經）後，其作用肌（agonist）—即比目魚肌的脊髓運動神經元興奮度下降了；而拮抗肌（antagonist）—即脛前肌則並未改變。至於電刺激表皮感覺神經（即電刺激腓腸神經）則不會影響比目魚肌或脛前肌之脊髓運動神經元興奮度。
2. 電刺激不同種類的感覺神經—表皮感覺神經或肌肉傳入纖維，對比目魚肌或脛前肌脊髓運動神經元興奮度之影響並無不同。
3. 本篇研究儘提供一回電刺激產生之感覺傳入訊息，無法提供較多刺激回數之效應。刺激回數若增加是否會使脊髓運動神經元興奮度之變化較顯著，應再進一步加以探討。

4. 本篇研究選擇H反射或F反應之大小來代表脊髓運動神經元興奮度，然而除了幅度（amplitude）大小外，其發生時間（latency）或F之產生頻率（frequency），也可用來評估脊髓運動神經元興奮度。因此，如能同時評估大小與發生時間之資料，應更能了解其變化。
  
5. 感覺訊息的傳入，除了到達脊髓外，仍會將訊息傳至大腦，其對大腦運動神經元之影響，亦值得探討。若能同時評估脊髓運動神經元及大腦運動神經元之興奮度，應可進一步了解感覺訊息傳入之途徑與其對運動系統之影響。

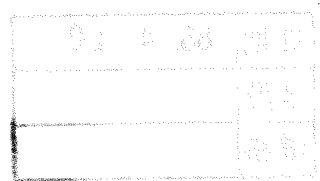
## 参 考 文 献

1. Bajd T. et al:Electrical stimulation in treating spasticity resulting from spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil 66:515-517,1985
2. Clouston P.D. et al:Modulation of motor activity by cutaneous input:inhibition of the magnetic motor evoked potential by digital electrical stimulation. Electroenceph clin Neurophysiol 97:114-125,1995
3. Datta A. K. and Stephens J. A.:The effects of digital nerve stimulation on the firing of motor units in human first dorsal interosseous muscle. J Physiol 318:501-510,1981
4. Delagi E.F. et al :Anatomic guide for the electromyographer. Charles C Thomas Publisher. Illinois, 1975
5. Deletis V. et al: Facilitation of motor evoked potentials by somatosensory afferent stimulation. Electroenceph clin Neurophysiol 85:302-310,1992
6. Delwaide P.J., Crenna P. and Fleron M.H.: Cutaneous nerve stimulation and motoneuronal excitability.I:,soleus and tibialis anterior excitability after ipsilateral and contralateral sural nerve stimulation. J Neurol Neurosurg Psychiat 44:699-707,1981
7. Delwaide P.J. and Crenna P.:Cutaneous nerve stimulation and motoneuronal excitability.II:evidence for non-segmental influences. J Neurol Neurosurg Psychiat 47:190-196,1984

8. Fisher M.A. :Inhibition of motoneuron discharge by peripheral nerve stimulation: an F response analysis. *Muscle Nerve* 14:120-123,1991
9. Garnett R. and Stephens J.A. :Changes in the recruitment threshold of motor units produced by cutaneous stimulation in man. *J Physiol* 311:463-473,1981
10. Gassel M.M. and Ott K.H.: Local sign and late effects on motoneuron excitability of cutaneous stimulation in man. *Brain* 93:95-106,1970
11. Gowitzke B.A. and Milner M.: Understanding the scientific bases of human movement. 2nd ed. Williams &Wilkins. Baltimore,1980
12. Inghilleri M. et al :Inhibition of hand muscle motoneurons by peripheral nerve stimulation in the relaxed human subject. Antidromic versus orthodromic input. *Electroenceph clin Neurophysiol* 97:63-68,1995
13. Kasai T. et al : Afferent conditioning of motor evoked potentials following transcranial magnetic stimulation of motor cortex in normal subjects. *Electroenceph clin Neurophysiol* 85:95-101,1992
14. Komori T. Watson B.V. and Brown W.F.: Influence of peripheral afferents on cortical and spinal motoneuron excitability. *Muscle Nerve* 15:48-51 1992
15. Levin M.F. and Hui-Chan C.W.Y.: Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and motor functions. *Electroenceph clin Neurophysiol* 85:131-142,1992
16. Light A.R. and Perl E.R.:Peripheral sensory systems. In:Peripheral Neuropathy. 2nd ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia, 1984

17. Malmgren K. and Pierrot-Deseilligny E.: Evidence for non-monosynaptic Ia excitation of human wrist flexor motoneurons, possibly via propriospinal neurones. *J Physiol* 405:747-764, 1988
18. Malmgren K. and Pierrot-Deseilligny E.: Inhibition of neurones transmitting non-monosynaptic Ia excitation to human wrist flexor motoneurons. *J Physiol* 405:765-783, 1988
19. Oh S.J.: Clinical electromyography Nerve conduction studies. 2nd ed. Williams & Wilkins. Baltimore, 1993
20. Perreon Y. and Guiheneuc: Late facilitations of motor evoked potentials by contralateral mixed nerve stimulation. *Electroenceph clin Neurophysiol* 97:126-130, 1995
21. Potisk K.P. Gregoric M. and Vodovnik L.: Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on spasticity in patients with hemiplegia. *Scand J Rehab Med* 27:169-174, 1995
22. Rothwell J.: Control of human voluntary movement. 2nd ed. Chapman & Hall. London, 1994
23. Sale D.G.: Neural adaptation in strength and power training. In: Jones N.L. McCartney N. and McComas A.J.: Human muscle power. Human Kinetics Publishers. Champaign, 1986
24. Schieppati M.: The Hoffmann reflex: a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man. *Progress in Neurobiology* 28:345-376, 1987

25. Walk D. and Fisher M.A.: Effects of cutaneous stimulation on ipsilateral and contralateral motoneuron excitability: an analysis using H reflexes and F waves. *Electromyogr clin Neurophysiol* 33:259-264,1993
26. Wolfe D.L. : Conditioning effects of sural nerve stimulation on short and long latency motor evoked potentials in lower limb muscles. *Electroenceph clin Neurophysiol* 97:11-17,1995



《 授 權 書 》

本人所撰(著) 捌拾肆 學年度第 壹 學期 中 山 醫 學 院

醫學研究所  碩 士學位論文(論文名稱：電刺激感覺神經對運動神經元興奮度之影響)  
博

之提要  同意  不同意  
開放供學術利用。

姓名：葉信顯

立書人：地址：台中市太原路三段1142號

身分證統一編號：J220305927

聯絡電話：04-2393855

中華民國 捌拾伍 年 壹 月 參拾壹 日