中國醫藥學院中國醫學研究所博士論文

指　導　教　授　：謝慶良教授

共同指導教授　：林昭庚教授

論文題目

針刺或經皮電刺激合谷穴對中樞神經系統的影響之研究：比目魚肌 H 反射及表皮反射

NATIONAL CENTRAL LIBRARY ROC

研究生：張光遠

中華民國九十二年六月七日

目錄

第一章　前言 1
第二章　文獻探討 4
一、合谷穴的位置及功用： 4
二、電氣治療的歷史： 4
三、穴位的形態與特性： 7
(一)穴位感受器： 7
(二)穴位的傳入傳出途徑： 8
四、電針作用的神經化學途徑： 10
五、電刺激參數與效應： 14
(一)頻率與強度的選擇及組合： 14
(二)不同頻率電針的作用機理之研究： 15
六、H 反射： 17
(一)H 反射的生理學意義： 17
(二)刺激方法： 18
(三)記錄下肢 H 反射的方法： 19
(四)影響 H 反射的因素： 20
(五)結果判讀與正常值 21
(六)臨床應用 22
七、表皮反射（cutaneous reflex） 24
(一)表皮反射的概念： 24
(二)刺激方法 24
(三)記錄表皮反射的方法： 24
(四)表皮反射的特性與影響因素： 25
(五)結果判讀與正常值 25
(六)臨床應用 26
第三章　對象與方法 28
實驗一、針刺及不同頻率經皮電刺激合谷穴對脊髓的影響：比目魚肌 H 反射的研究 28
一、對象 28
二、H 反射的記錄 28
三、實驗過程 29
四、統計分析 32

實驗二、電針和經皮電刺激合谷穴對表皮反射效應比較之研究.....33
一、對象.....33
二、表皮反射的記錄.....33
三、實驗過程.....35
四、統計分析.....37
第四章　結果.....38
實驗一、針刺及不同頻率經皮電刺激合谷穴對脊髓的影響：比目魚肌 H 反射的研究結果.....38
一、徒手針刺合谷穴對 H 反射振幅及潛期的影響.....39
二、經皮電刺激合谷穴對 H 反射振幅的影響.....40
三、經皮電刺激合谷穴對 H 反射潛期的影響.....40
實驗二、電針和經皮電刺激合谷穴對表皮反射效應比較之研究結果.....41
一、刺激合谷穴對表皮反射 E1 潛期的影響.....41
二、刺激合谷穴對表皮反射 I1 潛期的影響.....42
三、刺激合谷穴對表皮反射 E2 潛期的影響.....43
四、刺激合谷穴對表皮反射 I1 成份振幅的影響.....43
五、刺激合谷穴對表皮反射 E2 成份振幅的影響.....44
六、刺激合谷穴對表皮反射 I1 與 E2 振幅比值(AQ, A1/A2)的影響44
第五章　討論.....46
第六章　結論.....50
附錄.....51
英文摘要.....55
參考文獻.....57

圖目錄

圖 1.1：比目魚肌 H 反射示意圖 ····· 2
圖 1.2：表皮反射傳入與傳出路徑示意圖 ····· 3
圖 3.1：Half-and-half method ····· 29
圖 3.2：H 反射記錄與經皮電刺激的示意圖 ····· 30
圖 3.3：H 反射受試者與實驗設備的實際照片 ····· 31
圖 3.4：表皮反射和各成分波潛期與振幅的測量 ····· 34
圖 3.5：表皮反射的記錄與經皮電刺激的示意圖 ····· 36
圖 3.6：表皮反射受試者與實驗設備的實際照片 ····· 37
圖 4.1：H 反射記錄實例 ····· 38
圖 4.2：表皮反射記錄實例 ····· 45
圖 5.1：TENS 調節運動神經元的路徑簡圖 ····· 47

表目錄

表 4.1：刺激合谷穴對 H 反射振幅影響的時間經過 …… 39
表 4.2：刺激合谷穴對 H 反射潛期影響的時間經過 …… 40
表 4.3：刺激合谷穴對表皮反射 E1 潛期的影響 …… 41
表 4.4：刺激合谷穴對表皮反射 I1 成份潛期的影響 …… 42
表 4.5：刺激合谷穴對表皮反射 E2 成份潛期的影響 …… 43
表 4.6：刺激合谷穴對表皮反射 I1 成分振幅的影響 …… 43
表 4.7：刺激合谷穴對表皮反射 E2 成份振幅的影響 …… 44
表 4.8：刺激合谷穴對表皮反射 AQ(A1/A2)的影響 …… 44

謝辭

本論文得以順利完成，承蒙謝慶良老師及林昭庚老師的指導，謹此敬致由衷之謝忱。

在學研究期間，蒙受許多師長及朋友的關懷與鼓勵；李采娟副教授、周美惠助教在電腦與統計方法上的指導；還有受試的學弟妹及同事們，在此一併致謝。

謹以此論文獻給養育我的父母、栽培我的恩師。

針刺或經皮電刺激合谷穴對中樞神經系統的影響之研究： 比目魚肌 H 反射及表皮反射

研究生　　張光遠

中國醫藥學院　　中國醫學研究所

摘要

我們先前研究的結論是大腦皮質在針刺作用機轉中扮演調節者的角色，及針刺作用機轉中有大腦皮質的參與，但 2 Hz 電針及針刺則對脊髓沒有作用。一些研究指出經皮電刺激和電針或針刺兩者之間有不同的作用機轉，因此本研究探討不同頻率的經皮電刺激對脊髓的作用。對象是十三名健康的醫學院學生，使用電氣於左膝腘窩處的後脛骨神經刺激得到比目魚肌 H 反射 (soleus H reflex) 記錄。於合谷穴施行針刺或用 2 Hz、100 Hz 的經皮電刺激。每位受試者參與四個隨機分派的試驗如下：1) 控制組：電極片貼於右側合谷穴及其相對應的手掌面上，但不通電刺激；2) 2Hz 電刺激組：穴位同控制組，採用韓氏穴位暨神經刺激器 (H.A.N.S.，LY-257) 予 2Hz，40mA 電刺激 15 分鐘；3) 100Hz 電刺激組：穴位同控制組，予 100Hz 起伏波，20mA 電刺激 15 分鐘；4) 傳統針刺組：以毫針直刺合谷穴五分，得氣後留針 15 分鐘。它們之間的間隔是三天以上，而每個試驗分為三個期如下：1) 基準期：刺激前的記錄； 2) 刺激期：針刺或電刺激 15 分鐘，在刺激開始的第 4-5 分鐘、第 9-10 分鐘、第 14-15 分鐘時分別記錄六次 H 反射。 3) 刺激後期：刺激停止後的 4-5 分鐘及 9-10 分鐘時分別記錄六次 H 反射。我們的研究結果顯示 2Hz 及 100Hz 經皮電刺激合谷穴可增加對側下肢的比目魚肌 H 反射振幅，100Hz 比 2Hz 可維持更長的作用時間。徒手針刺合谷穴對 H 反射的振幅則沒有顯著的影響，以上各種刺激對 H 反射潛期沒有作用。我們的結論是 2 Hz 或 100 Hz 的經皮電刺激可以促進比目魚肌 H 反射，而 100 Hz 比 2 Hz 有更強的作用，這些說明不同皮節的經皮電刺激對脊髓前角細胞的運動神經元有興奮作用，又不同的頻率的電刺激可導致不同的效應，但它的作用機轉有待進一步的研究。另外，傳統徒手針刺則沒有產生顯著的影響，支持先前的研究認為經皮電刺激和電針或針刺是透過不

同的機轉。

為了進一步探討電針和經皮電刺激間作用的差異，我們進行另一項實驗，比較 2Hz 電針、2 Hz 和 100Hz 經皮電刺激對表皮反射 (cutaneous reflex) 的影響。對象是十三名健康的成人，他們都是自願者。表皮反射記錄是將記錄電極放置於第一背側骨間肌肌腹上的表面，而參考電極放置於橈骨莖突的表面，使用環形刺激電極套在右手食指上，使用 3Hz 的電氣刺激，當刺激時食指維持一個穩定的等長外展姿勢，然後於左合谷穴分別施予 2 Hz 電針、2 Hz 或 100 Hz 的經皮電刺激。結果顯示第一背側骨間肌肌腹上記錄可以得到一個起初短潛期的興奮波 (E1)，隨著一個抑制波 (I1)，然後一個長潛期興奮波 (E2) 的表皮反射。 2 Hz 電針或 2 Hz 經皮電刺激合谷穴能延長對側上肢表皮反射 I1 成份的潛期，但 100Hz 經皮電刺激則沒有這個作用。電針和經皮電刺激對 E1 和 E2 成份的潛期，以及 E1、I1 和 E2 的振幅都沒有影響。結論是 2 Hz 電針或 2 Hz 經皮電刺激合谷穴能延長對側表皮反射的 I1 潛期，推測它們的作用部位在 supraspinal，可能在 subcortical 或 cortical level，而較高頻率的電刺激如 100Hz 可能較容易導致表皮反射的 habituation 發生。

關鍵詞: 針刺，電針，經皮電刺激，合谷穴，H 反射，表皮反射

第一章　前言

我們先前的研究已知大腦皮質在針刺和電針作用生理機轉中扮演著調節者的角色[1 2]，針刺和 2Hz 電針不能改變脊髓的體感覺誘發電位[2]。另外，一些報告已說明經皮電刺激和電針的作用不同[3]，以及不同的頻率的電針是透過不同的作用機轉[4 5]。此外，我們先前研究的結果發現 2 Hz 的電針對腦幹的眨眼反射(blink reflex)的 R1 component，以及脊髓的 H 反射沒有作用，但對眨眼反射的多突觸反射(polysynaptic reflex)的 R2 component 產生抑制作用(depressive effect)[6]，這些結果提示 2 Hz 電針對腦幹或脊髓的單突觸反射(monsynaptic reflex)沒有直接的作用。

H 反射是一種 Ia 粗大纖維傳入脊髓的單突觸反射(圖 1.1)，它能提供作為脊髓前角運動神經元興奮程度的指標[7 8 9 10 11]。一些研究說明針刺中風病人患側下肢的穴位可以延長 H 反射的恢復時間，降低脊髓前角運動神經元的興奮性[12]，又於偏癱中風病人患側下肢的神經使用經皮神經電刺激 (TENS,100Hz) 可降低下肢痙攣與過度伸張反射，且在刺激停止後仍可見到持續的效應[13]。Walker（1982）發現在腕部施予皮下電刺激 (20Hz) 對多發性硬化症病人的腳踝陣攣(clonus)產生漸增而持久的抑制效果，但並不能對過度反射(hyperreflexia)產生影響[14]。此外，有研究將皮膚電極置於脊髓性肌痙攣患者的穴位，給予不同頻率的跨穴位皮膚電刺激，結果發現高頻 (100Hz)TENS 具有明顯的即時解痙效果，低頻 (2Hz)TENS 則否，推測與穴位高頻電刺激加強了脊髓中強啡？(dynorphin)的釋放有關[15 16]。雖然針刺對脊髓沒有影響已被知道，但高、低頻率的經皮電刺激對脊髓的效應如何尚未知道，因此本研究記錄左側的比目魚肌 H 反射，然後使用傳統徒手針刺、2 Hz 及 100 Hz 的經皮電刺激施於右側的合谷穴，以 H 反射的潛期和振幅變化為指標來探討經皮電刺激對脊髓的影響。目的在探討 1. 對於正常人下肢比目魚肌的 H 反射，當刺激遠隔節段（對側上肢）的穴位時，是否能對它的潛期與振幅產生影響。2. 不同的刺激模式，包括傳統徒手針刺、2Hz 及 100Hz 的經皮電刺激，是否會有不同的作

用。

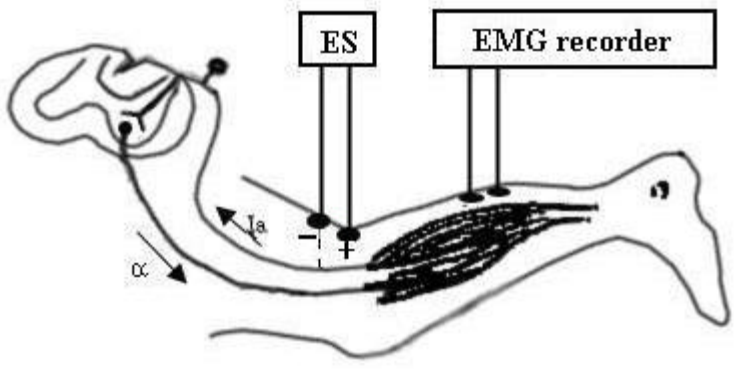

圖 1.1. 比目魚肌記錄 H **反射之示意圖。 電刺激腘窩脛後神經，陰極朝向近端，誘發** Ia **傳入纖維的興奮，其神經衝動經由 α 運動神經元傳出，由一對貼在比目魚肌上的表面電極記錄。** ES: electrical stimulator, -: cathode, +: anode

為了進一步探討電針和經皮電刺激之間作用的差異，我們使用表皮反射的記錄進行另一項研究。在上肢的表皮神經刺激可以在手部的肌肉記錄到一個起初短潛期的興奮性波（E1**），隨著一個抑制性波（**I1**），然後一個長潛期的興奮性波的反射波（**E2**），被稱為表皮反射**[17 18]**。**E1 **被認為可能起源於末梢神經或脊髓，而** I1 **起源於** supraspinal **可能在** subcortical[19]**。**E2 **被認為包含** supraspinal, sensori-motor **與** descending pyramidal tract[20]**。表皮反射由於可包含對中樞神經系統的傳入和輸出兩條路徑，因此它已被使用來做為評估中樞神經系統感覺及運動路徑的功能的指標(圖** 1.2)[21 22]**。我們使用電氣於右側食指的表皮神經刺激，而在刺激同側的第一背側骨間肌記錄，得到一個表皮反**

射，然後分別使用 2Hz 電針、2Hz 和 100 Hz 的經皮電刺激於左側的合谷穴(LI 4, Hegu acupoint)，以表皮反射各成分波的潛期和振幅的變化為指標，來比較電針和經皮電刺激的差異性。

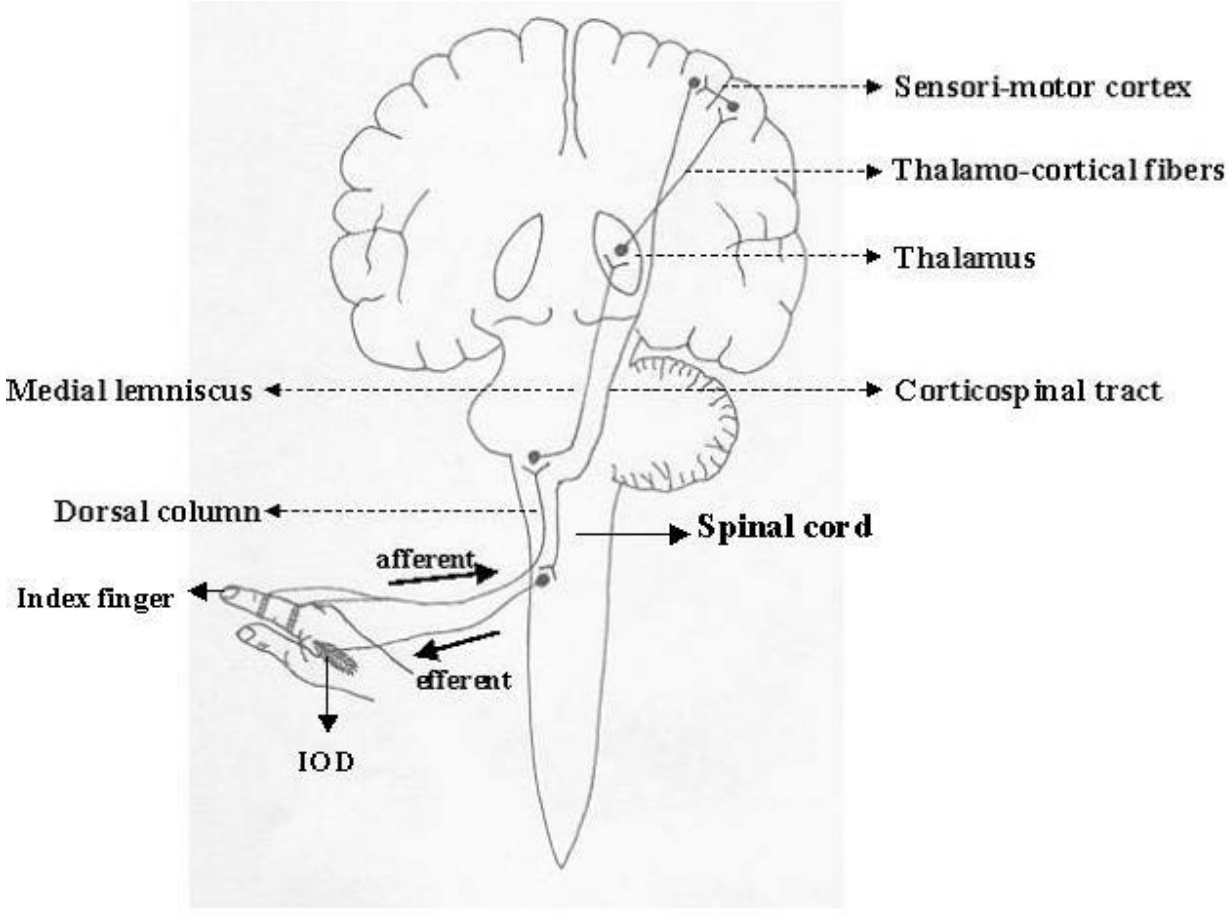

圖 1.2. 由第一背側骨間肌(IOD)記錄到表皮反射的傳入與傳出路徑示意圖。電刺激同側食指激發的傳入性神經衝動是經由 sensory nerves, dorsal columns, the medial lemniscal pathway, thalamus and relay in sensori-motor cortex, **然後藉由** corticospinal tract **下行傳導以形成反射環。**

第二章　文獻探討

一、合谷穴的位置及功用：

"合谷，在大指歧骨之間，為原"（靈樞.本輸篇），一名虎口，屬於手陽明大腸經原穴，為回陽九針之一。合谷穴傳統上被視為中風偏癱治療的要穴[23]

(一)體表定位：在手大指次指歧骨間（甲乙經）。

(二)取穴法：以手平伸，令拇食二指伸張，視其歧骨前出現為凹處是穴，掐住穴位略向食指側按之，必覺酸脹難忍 (針灸科學)。

(三)局部解剖：(1)肌肉：在第一骨間背側肌中，深層為拇內收肌。(2)血管：有手背靜脈網，近側正當橈動脈穿過手臂處。(3)神經：淺層佈有橈神經淺支的掌背側神經，深層為正中神經的指掌側固有神經。

(四)刺灸法：針 0.5-0.8 寸，可灸。

(五)主治：1."肉之大會為谷，肉之小會為谿，肉分之間，谿谷之會，以行營衛，以會大氣...積寒留舍，營衛不居，卷肉縮筋，肋肘不得伸，內為骨痹，外為不仁，命曰不足，大寒留於谿谷也"（素問 氣穴論第五十八）。2."痱痿臂腕不用，唇吻不收，合谷主之 "（甲乙經）。3."...瘖不能言，口噤不開，偏風，...腰脊內引痛 "（針灸大成）。4."合谷主治破傷風，臂痛筋急針止疼"（醫宗金鑒）。

二、電氣治療的歷史：

公元前 46 年, Scribonius Largus 提到用電鰻的生體電氣應用於治療慢性頭痛和痛風[24]。十八世紀後，電的發明以及神經生理學的發展，伽凡尼(Luigi Galvani)在實驗中發現將電流通到青蛙腿部時會引起收縮現象，引起科學家對電流與生物體間刺激與反應的好奇與深入研

究。1816 年，法國醫生柏里歐茲首先提出論文報告，形成電針療法的初步構想，並發表電針治療神經痛的學術報告，提出在針上用電流刺激可能可以增加療效的觀點[25]。1825 年，法國針灸家薩朗第愛(Sarlandiere)醫師發表使用電針治療風濕、痛風等神經系統病變的成效，並逐漸推廣於世界，十九世紀後半可稱之為電療醫學的黃金時代。1902 年，德克使用直流電斷續對頭部通電，認為有催眠效果，且對麻痺的肌肉及神經痛有效[26]，但由於當時電流產生裝置太大且操作複雜，不利臨床應用，加上刺激參數控制不良，對治療的成果亦缺乏科學上的評價，致使其在醫學界名譽掃地。

隨著電子工業發展，真空管、半導體及 IC 的發明，各式電針及電流治療儀器問世。

1965 年，麥札克 (Ronald Melzack) 與威爾 (Patrick Wall) 教授發展之門閥控制 (Gate control) 理論使電刺激止痛的機轉得到合理解釋[27]，使經皮神經電刺激 (TENS) 成為臨床上解除疼痛的另一可行方法。最初使用 TENS 的通電參數為高頻、低強度，是從疼痛的閘門學說推論而來，因為高頻刺激可加強突觸前抑制；低強度可興奮粗大的神經纖維，故高頻率 (50-200Hz) 和低強度(弱針感)的組合的主要作用發生在脊髓節段，所以鎮痛效果出現快，但持續時間短，無累積作用，且須將電極放在疼痛局部才有效。低頻、高強度刺激是從傳統中國針刺技術發展而來，類似於針刺穴位後以手捻轉的頻率 2-4 次/秒，TENS 目前也採用低頻、高強度參數，也能放置於遠離疼痛的部位。低頻(2-4Hz)、高強度(強針感)組合的作用主要是通過脊髓、腦幹、下視丘等層次來調動內源性鴉片物質及單胺系統，其作用出現較慢，但維持時間較長，電針 20 分鐘的效果可維持 30 分鐘到數小時，且效應具有累積性[28]，這種類似針灸的療法其止痛作用可被 Naloxone 抵消。有些慢性疼痛病人用高頻 (100Hz)、強度為感知閥 2-3 倍的刺激時療效不彰，但用頻率 3-5Hz、強度為感知閥 3-5 倍的刺激時卻可奏功。高頻刺激止痛作用不被 Naloxone 抵消，且其作用往往比低頻電刺激產生得早[29]。

電刺激穴位是結合了我國古代針灸與現代理療醫學而發展出來的一種治療方法。韓氏穴位暨神經刺激器（HANS: Han's Acupoint Nerve Stimulator）源於針刺鎮痛的神經化學理論所設計，將一對電極貼在疼痛部位的皮膚上，用法與一般 TENS 完全相同，另一對電極置於具有最強鎮痛效果的經穴上，如合谷（LI 4）或足三里穴（ST 36），以治療各種急慢性疼痛，其效果不輸於傳統的電針治療[30]。運用 HANS 取代手針 (manual needling) 或電針 (electroacupuncture) 的方法已被嘗試於臨床，其設計上的特點還包括：

1. 輸出雙向的矩形波 (bidirectional rectangular waves): 正向波與負向波強度相等，無電極極化之顧慮。
2. 恆流輸出 (constant current output): 輸出強度以 mA 表示，由於輸出電量不因皮膚的電阻改變而改變，因此當輸出鈕調於某一刻度時，不論何時的刺激，所得到的輸出電量都是一致的，故在臨床研究時對於電流量這一變數較能夠掌握，而做出客觀的比較。
3. 波寬自動變化: 2Hz 時為 0.6ms，100Hz 時為 0.2ms。
4. 臨床應用：(1)穴位(acupoints)的選擇：一對電極置於疼痛區，另一對電極置於合谷穴和其手掌面的對應處 (2)頻率及刺激模式的選擇：緩解疼痛的第一選擇是 2/100Hz mode 或 AM 2/100Hz mode；脊髓損傷的肌肉痙攣則是推薦 100Hz 或 AM 2/100Hz mode[31] (3)刺激強度：大部分人在 8-10mA 時感覺到刺激，在 10-12mA 時開始有肌肉跳動，一般會採用較高的電流強度如 12-20mA 以達較佳的治療效果。

三、穴位的形態與特性：

(一)穴位感受器：

穴位針感點主要位於深部組織，人體穴位肌肉豐厚處有密集肌梭分佈，如合谷、足三里。大多數學者認為穴位最普遍的感受器是神經末稍，即包括神經束、游離神經末稍、神經支幹、環層小體等。研究足三里等穴位所見的感受器，淺層以游離神經末稍為主，深部有游離神經末稍、肌梭、腱梭、環層小體、克氏終球等。其中以游離神經末稍分布最廣、數量最多。在穴位皮膚與皮下組織中各種感受器遠較非穴部位為多，穴位區肥大細胞數量明顯高于非穴區[32]。

皮膚感受器有二十多種，其中傷害性感受器只有兩種，即機械性感受器和多覺型感受器 (Polymodal receptor; PMR)。Kawakita(1993)認為針灸的末稍機轉與 PMR 的存在有關：PMR 對機械的、化學的、溫度的各種形式刺激均反應，同時受不同性質刺激時並不對其分別反應，而是將多種刺激綜合起來，根據其強度進行反應，故溫針灸、電針即利用此功能。PMR 在不同動物且在身體各部位分布是不同的，屬於游離神經末稍，存在于全身皮膚、肌肉、筋膜、骨膜、內臟組織，通過 Aδ、C fiber 向中樞傳遞，重複給予相同刺激，普通感受器漸漸反應變得遲鈍，但 PMR 卻變得過敏，這是符合生理須求的。故 PMR 作為未分化的非特異性向心系統，可透過深部組織細的傳入纖維產生針刺鎮痛，例如激活 DNIC (Diffuse noxious inhibitory control)；以及調節自主神經和內分泌系統，例如肌肉的 PMR 傳入增加與反射性呼吸促進有關，且 PMR 激活後類鴉片物質參與了持續性呼吸抑制，又關節機械性刺激對血壓、心率等自主神經系統及激素的分泌有極大影響[33]。

PMR 刺激興奮神經末稍釋放 Substance P、CGRP 等傳達物質，針灸產生潮紅條塊是通過 PMR 軸索反射。人的足陽明胃經線路上皮膚內存在神經和肥大細胞的連接，在經絡線上的生物活性物質如 Substance P、Histamine 等可刺激該部位的傳入神經末稍，一方面透過

軸索反射再釋放 Substance P誘發肥大細胞釋放 Histamine，再刺激相鄰神經末稍，如此可能形成外周循經感傳，同時信息傳入中樞神經系統參與整體性功能調節[34]。又經穴不僅是古典記載部位，也包括壓痛點、反應點、觸發點("阿是穴")，這可能由於內臟-軀體反射的肌性防禦使得肌肉持續收縮，局部缺血、低氧使細胞膜破壞，造成組織損傷，PG、K、Bradykinin、Histamine、Serotonin 等炎症物質使局部 PMR 傷害感受器致敏，形成觸發點。

(二)穴位的傳入傳出途徑：

針感的信息是由神經傳導的。有人針刺活體內關或神門穴，發現受試者有得氣感的同時，在肘部及腋部神經上幾乎同步出現電變化。人體足三里穴位解剖可見神經、血管距體表的深度與臨床之淺、深得氣深度大致相同。上海中醫研究所利用截肢患者，在術前先予針刺得氣，同時以鐵離子-普魯士藍反應法對針刺得氣穴位進行標記，截肢之後則進行了解剖及組織學分析，發現刺激神經幹多引起麻感；刺激骨膜肌腱多引起酸的感覺；刺激肌肉多引起酸脹感；刺激血管則引起痛感。另外，針感與組織中的感受器密切相關，而末稍神經存於所有穴位，當針刺入肌肉時，游離神經末稍的刺激佔三分之二，肌梭的刺激佔三分之一，肌梭可能與針感有關。目前認為不同的刺激方式與刺激量引起神經纖維興奮的數目與種類各不相同，這些類型不同、數量不等的神經衝動可組合成不同形式的編碼傳導進入高級神經中樞，於是產生了不同的針感[35]。有人認為針感是一種模糊的感覺，與慢痛相似，而設想其可能由Ⅳ類纖維傳導，但亦有學者提出不同類別纖維傳導不同性質針感的觀點，發現Ⅱ類纖維與麻感，Ⅲ、Ⅳ類纖維與脹重、酸感密切相關[36]。林文注等指出手捻針主要興奮Ⅲ、Ⅳ類，電針主要興奮Ⅱ類，Ⅲ、Ⅳ類在針感的形成上起著重要作用[37]。

針刺動物足三里穴，效果好的針刺點皮下有髓鞘粗纖維是無髓鞘的 2.7 倍，尤其是 Group Π(Aβ,Aγ)fibers 最多[38]。認為 Aβ,Aγ 粗傳入纖維的優勢是穴位結構和機能特徵之一。

針刺信息的傳入纖維類別存在不同認識。張香桐等認為針刺信息是由中等粗細的有髓鞘纖維(Π、III類)來傳達，而侯宗濂等則認為是 C 纖維，韓濟生等用浸有辣椒素的棉纖維包繞大鼠一側坐骨神經幹來阻斷 C 纖維傳導，此時在該側相當於足三里或三陰交部位給予電針刺激，仍會產生明顯鎮痛效應，說明 C 纖維並非針刺信息傳入中樞鎮痛所必須，但無法排除由於興奮 C 纖維所引起鎮痛的可能性[39]。在諸多爭議中，較多資料支持主要由Π、III類纖維傳入，尤以刺激強度達到III類部份或全部興奮時針刺鎮痛效果最佳。IV類纖維在動物實驗確有較強鎮痛效應，但尚缺乏臨床及人體實驗資料，例如以兔張頜反射為痛指標，興奮Ⅰ、Π、III類纖維之鎮痛優良率為 63%，若再興奮IV類纖維則可達 86%，另有學者觀察各類纖維興奮時鎮痛作用優良率為Ⅰ＋Π＜III＜IV＜III＋IV 類神經纖維[40]。

唐敬師等研究包括IV類的細纖維在遠節段即使粗纖維未顯示鎮痛作用，細纖維仍具有強力鎮痛效果；在近節段也可以加強粗纖維的鎮痛作用[41]。

針刺信息傳入纖維類別隨所施加不同針術或電針參數而變異。高頻(45 次/秒)電針可明顯減弱細纖維的傳入活動，使III類纖維鎮痛作用減弱或消失，故建議在針刺鎮痛實踐中採用近節段、低頻率、高強度的電針刺激，可獲較滿意的結果。

足三里穴區感覺神經的來源有二種，一種是軀體神經，另一種是穴區周圍血管神經叢，它們分別由軀體神經及自主神經傳入脊神經節。內臟的傳入纖維大部份由迷走神經傳入，通過胃黏膜注射 HRP 與足三里穴注射的 HRP 在脊髓中樞有重疊區域，螢光雙標記法證實內臟同軀體穴位在低位中樞有重合標記區域，提示穴位的傳入傳出也包括副交感神經的影響[32]。

將穴位封閉或切斷相應穴位的傳入神經，針刺升壓的作用消失或減弱；若切斷穴位傳入神經或迷走神經則可減弱針刺的降壓效應[42]。通過正常家兔實驗，針刺神門穴可減慢心率，向神門穴或前臂內側尺神經通過處注射 2%普魯卡因，以及剪斷胸迷走神經的心臟支或靜脈注射 5% Atropine 1ml 后再針刺神門穴則均未再出現減慢心率的作用，向迷走背核注入神經胞體抑制劑甘氨酸則針刺神門減慢心率的作用減弱。故其傳入神經為尺神經，中樞為延髓背側的迷走背核，傳出神經為胸迷走神經，由於其效應發生後仍能持續一段時間，表明還有體液因素的參與[43 44]。

針刺穴位時，也可能通過神經、淋巴作用于相關組織后分泌內啡？、神經內分泌遞質及抗體等物質進入血液作用穴位或相應器官產生效應。

四、電針作用的神經化學途徑：

Melzack 和 Wall 在 1965 年提出門閥學說，認為粗纖維感覺神經傳入脊髓，在同一節段可興奮中間神經元來阻止細纖維神經衝動的傳入，這可由針麻時局部使用高頻 TENS 說明。針刺的神經傳導可上及於中樞包括下視丘弓狀核、導水管周圍灰質、中縫大核、藍斑等部位[45 46]。

各種傷害性刺激能誘發 Fos-like-immunoreactivity(FLI)在脊髓背角Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ層的表達。電針引起的 FLI 表達集中於主要對粗纖維投射的Ⅲ-Ⅳ層，提示電針刺激可能主要激活了粗纖維，故以痛制痛未必是電針的主要機制。c-fos 表達可作為特定刺激下神經元功能活性的標誌物:實驗表明不受刺激的正常對照動物 c-fos 表達很低；在只插針而不通電的動物表達也較低；惟電針刺激后大量 FLI 神經元廣泛出現于腦內眾多區域，包括中腦 PAG、弓狀核、橋腦藍斑、延髓中縫大核等鎮痛相關結構的激活，也包括脊髓Ⅲ-Ⅳ層、薄束核、外側楔束核、下橄欖核、小腦皮層、大腦運動皮質的激活，提示電針刺激可能激活了本體傳導通路，這與針灸針插入肌肉內的實際情況相符。也有人將電

針效應與應激(stress)相提並論，但實驗觀察應激可大量誘導下丘腦室旁核 FLI 表達，而電針的室旁核 FLI 表達並不高，提示二者可能是有區別的[47]。

電針足三里穴可活化中縫大核(NRM)之 Raphe-spinal(R-S) neuron 導致抑制致痛性傷害反應，故橫斷腹外側束(DLF)後的電針止痛作用消失[48]。

中樞神經系統的 5-HT 在針刺鎮痛中扮演了很重要的角色[49]。研究已顯示，針刺產生鎮痛效果的大鼠，其腦內 5-HT 的含量明顯增多[50]，提高外源性中樞 5-HT 的含量可加強電針鎮痛[51]，在家兔的中央灰質內或腹腔注射 PCPA (p-chloroamphatamine)可降低電針鎮痛作用[52]，說明電針的止痛作用與賦活中樞神經系統的血清素性神經元有關[53]。

韓濟生提出電針刺激能使中樞神經系統的 NE 含量下降，其認為腦內 NE 主要透過 α 受體來對抗電針鎮痛，而脊髓內的 NE 透過 α 受體加強電針鎮痛[54 55]。腦內的 DA 似乎也有對抗針刺鎮痛的作用[39]。此外，針刺可使大腦皮層、丘腦、尾核中的 Ach 含量明顯增加，腦室內注射 Atropine 或 HC-3 (Hemicholine，可阻斷 Ach 的合成)可降低針刺鎮痛作用，說明中樞性的副交感系統似乎在電針止痛效應上也扮演了正面的角色[56]。

Pickel 等發現富有正腎上腺素性(Noradrenergic)神經元的藍斑區有血清素性(Serotonergic)神經元分布[57]。Crepsi 用 PCPA 將 5-HT 排空後可見到藍斑區的正腎上腺素性神經元活動性上升[58]，表示 NE 在大腦中的含量，受到 5-HT 神經元的影響。電針時 5-HT 釋出活化了中縫大核(NRM)下行抑制系統，一方面也同時抑制了藍斑核(LC)處之正腎上腺素性神經元。

先前的動物及人體實驗已說明了電針能使腦內的類鴉片物質(Opiate-like substance; OLS)的含量增多以及釋放加速。家兔接受電針刺激後，其視前區內的 β -endorphin 樣免疫活性物質增加[59]。電針刺激亦能加速大鼠中樞腦啡？的合成[60]，包括提高了下視丘、尾核的腦啡

？含量，但只有甲硫腦啡？ (MEK)與針效呈正相關的關係，亮腦啡？(LEK)的含量雖也升高，但其與針效無關[61]。

電針與嗎啡都可使腦內 C-AMP 的含量降低。鴉片？的作用可關閉鈣通道，減少細胞外鈣的內流，從而降低胞內游離鈣的水平[62]。

炎症組織內浸潤之免疫細胞如巨噬細胞、淋巴細胞、漿細胞、肥大細胞所含之β-endorphin 在應激及針刺時釋放增加，作用於感覺神經元外周末稍鴉片受體，實現局部鎮痛。慢性疼痛病人的血清 OLS 及亮啡？含量低於正常人，針刺治療有效者可使其回升到近乎常人的水平，這些 OLS 的來源不能排除是針刺下促使免疫細胞釋放該類物質的可能性[63]。

大鼠針刺鎮痛效果的優劣與動物腦內 5-HT 和 OLS 含量的高低以及針刺時這兩者被動員的程度有密切關係。中樞神經系統中 5-HT 與 OLS 兩種神經化學因素間似存在著緊密的相互聯系和功能上的相互代償作用[64]。

隨著形態學、生理學資料的不斷充實，目前認為中樞神經系統可能存在著多條下行性抑制通路。延髓腹側區的數個核團如中縫大核(nucleus raphe magnus; NRM) 、網狀大細胞核 (nucleus reticularis magnocellularis)、網狀巨細胞核(nucleus reticularis gigantocellularis; NRGC)、外側網狀旁巨細胞核(nucleus paragigantocellularis lateralis)均接受來自中腦導水管周圍灰質(PAG)的纖維投射，並發出軸突經背外側束至脊髓背角阻斷初級傳入纖維的痛信號傳遞[65]。在大鼠兩腿足三里穴予 2Hz 電針刺激 5 分鐘後發現 TP (tail pressure pain)閾值提高，且可被 Naloxone 所逆轉，推論電針刺激賦活了 enkephalinergic 中間神經元而突觸前抑制脊髓的初級感覺神經元[66]。

丘腦中央下核(nucleus submedius;Sm)神經元有來自皮膚、肌肉和內臟傷害性信息輸入之廣泛會聚，其外周傳入均為 Aδ及 C 纖維，對機械、溫度、化學等刺激呈多型性反應。來自肌肉的傷害信息主要沿對側腹外側索上行，也可沿同側上行，投射到雙側 Sm，而 Sm 主要投射到同側前額葉的腹外側眶皮層(VLO)，VLO 又濃密的投射到雙側

PAG 的腹外側部，該處是腦幹下行抑制系統的關鍵部位。損毀兩側 Sm 可明顯減弱由強電針刺激足三里穴產生的鎮痛作用，而對弱電針產生的鎮痛作用無明顯影響，提示 Sm-VLO-PAG 系統可構成一個痛覺調制通路。針刺對細纖維的傷害性刺激經 Sm、VLO 轉而激活 PAG，通過腦幹下行抑制系統在脊髓水平調制傷害感受性輸入，從而產生痛覺的負迴饋性調節[67]。

給大鼠連續電針刺激 2 小時以上，CSF 中八？膽囊收縮素 (cholecystokinin-8; CCK-8) 含量顯著升高。刺激 6-8 小時後，針刺鎮痛現象不再出現，表明對電針產生了耐受。此時給大鼠腦室注射 CCK-8 抗血清則 30 分鐘後針刺鎮痛重新出現，于注射後 4 小時達最高值，8 小時後逐漸消失，說明長時間電針可能引起內源性 CCK-8 大量釋放。主要是透過 CCK_B 受體削弱鴉片受體激動劑的作用，而非直接封閉鴉片受體。CCK-8 可對抗 μ、κ 激動劑之鎮痛，卻不能對抗 δ 激動劑之鎮痛。小劑量(生理劑量) CCK-8 有抗鴉片作用，劑量過大反而無效。CCK-8 可使胞內第二信使 IP_3 水平升高，而由細胞鈣庫中釋放出游離鈣。CCK 拮抗劑能加強高頻 (100Hz)電針鎮痛作用，對低頻 (2Hz)電針則無加強作用。CCK-8 還可拮抗大鼠脊髓內注射 μ、κ、δ 三種鴉片受體激動劑引起之血壓下降。已知失血性休克時大鼠脊髓鴉片？釋放加速，而鞘內注射 CCK-8 可使休克低血壓回升，此亦是通過 CCK_B 受體實現。CCK-8 或嗎啡對大鼠腹腔巨噬細胞釋放過氧化氫的能力(作為免疫功能的一種指標)均有抑制作用，且二者合用時有相加作用而不出現對抗作用[68]。

許多研究表明腦缺血時腦內 CCK 含量上升，可加重腦缺血的進程。針刺使正常動物腦血流降低、腦血管收縮，故長時間電針導致腦內 CCK-8 釋放增加很可能導致腦缺血的加重[69]。

五、電刺激參數與效應：

(一)頻率與強度的選擇及組合：

對穴位進行電刺激時，刺激愈強，則被興奮的神經纖維數愈多，在突觸后愈易發生動作電位。

刺激頻率則相當於連續刺激使所產生的興奮性突觸後電位(excitatory postsynaptic potential; EPSP) 疊加起來的時間總和(temporal summation) 效應，產生動作電位。Cheng 等觀察 0.2Hz、4Hz，以及 200Hz 電針鎮痛時提出太低的頻率(0.2Hz)沒有鎮痛作用，而 4Hz 和 200Hz 均可引起疼痛閾值的提高[70]。

不同穴位(配穴)刺激可能殊途同歸支配同一群神經核團，產生不同神經纖維在同一神經元上使 EPSP 疊加起來的現象，即空間總和(spatial summation)效應。

為探討神經訊號間的物理干涉現象，魏凌雲利用海蚯蚓(Myxicola)進行實驗，在一條神經上放置兩組刺激電極，結果發現高頻脈衝可以完全抑制低頻脈衝，但若增加低頻訊號的強度時則可抑制高頻訊號[71]。

Johnansson 報導用低頻低強度刺激肌肉傳入神經，而興奮Ⅱ、Ⅲ類纖維時，可以抑制交感縮血管中樞的活動，產生降壓效應，但用高頻高強度刺激興奮Ⅳ類纖維時則產生興奮交感神經的升壓效應[72]。李鵬亦證實長時間低強度刺激腓深神經等軀體神經以興奮Ⅱ、Ⅲ類傳入纖維時可抑制延髓頭腹外側 (rVLM)的心血管中樞神經元而抑制交感放電及降壓。強刺激興奮Ⅳ類傳入纖維時則可增強交感放電及升壓[73]。

王淑芬等研究不同型態短期電刺激於脊髓橫切動物的雷射誘發脊柱電位之立即效果，結果顯示單一刺激後皆無明顯抑制，連續刺激 1-3 秒以上則可產生有意義的抑制作用。高頻率(100Hz)、低強度(5 倍於閾值)連續刺激 1 秒可產生立即的部份抑制，但不能持續；低頻率(2Hz)、高強度(100-200 倍於閾值)刺激則可產生立即且較強的抑制，並可在刺激結束後仍維持 5-20 秒之久。已知高頻低強度刺激可激發大

的有髓鞘神經纖維；低頻高強度刺激可同時激發大的及小的神經纖維。C 纖維進入脊髓後與其他傳入纖維及中間神經元形成軸突-軸突突觸提供了 C 纖維與其他纖維間突觸前抑制的基礎。表示立即立刻的抑制是由電刺激大纖維所產生；小纖維的激發則須較長(1 秒)時間才能造成抑制，且可持續較久(數秒)。可能不同頻率電刺激在短期內產生經由不同細胞及不同路徑的脊髓抑制；在長期則產生不同的神經物質分泌[74]。

林昭庚等研究不同頻率電針之不同止痛機轉：在大鼠足三里穴及三陰交穴電針發現 2KHz 刺激比 5KHz 刺激有更大的抗傷害感受性作用。Naloxone (20mg/kg)皮下注射可使 2KHz 刺激所引發的抗傷害感受性作用 50％被阻斷，但不影響 5KHz 電針的刺激作用[75]。

(二)不同頻率電針的作用機理之研究：

研究電針的作用機轉，對於所施與的參數如電流量、電壓、頻率、刺激時間等，都要有清楚的選擇，其中尤以頻率最為重要。

1. 低、高頻電針作用由不同鴉片？及鴉片受體介導：

Cheng 及 Pomeranz 報導 Naloxone (1mg/kg)可對抗小鼠低頻電針的鎮痛效果，但不能對抗高頻 (200Hz)電針鎮痛[76]。Sjolund 及 Eriksson 在人體上觀察到針刺或低頻 TENS 鎮痛作用可被 Naloxone 阻斷，但是高頻 TENS 的鎮痛作用則不能被阻斷[77]。

韓濟生等認為 Naloxone 能逆轉電針鎮痛的程度主要決定於電針刺激的頻率。2、15、100Hz 電針鎮痛產生 50％逆轉作用之 Naloxone 劑量分別為 0.53、1.02 及 24mg/kg，實驗表明改變電針刺激強度(1,2,3V)並不影響 Naloxone 翻轉電針鎮痛的百分數，又 2/15Hz 變頻電針的鎮痛作用須大劑量 Naloxone (20mg/kg)才能阻斷[78]。後來證明 2Hz 電針鎮痛主要由μ-及δ-接受體所介導，100Hz 電針鎮痛主要由κ-接受體所介導，而 2/15Hz 交替變頻的電針鎮痛是由μ-，δ-，κ-三種鴉片

接受體來共同參與，且 2Hz 與 100Hz 間無交叉耐受性的現象[79 80]。先前的研究也證明了低頻電針鎮痛須β-內啡？(腦內)、腦啡？(腦和脊髓)轉達；而在高頻電針鎮痛主要由脊髓中的強啡？來轉達[81 82]。這一發現已在人體上得到了證實：用兩對 TENS 皮膚電極分別裝在病人的合谷穴及足三里穴，同時在刺激前後分析腦脊髓液，結果顯示低頻(2Hz)TENS 刺激的 ir-MEAP 含量明顯上升；高頻(100Hz)TENS 刺激的 ir-Dyn A 含量上升。

實驗證明低頻(2Hz)電針刺激，可使大鼠脊髓中 P 物質(substance P, SP)免疫活性 (SP-ir)含量減少，中頻 (15Hz)、高頻 (100Hz)和變頻 (2/15Hz) 刺激時 SP-ir 含量上升。先前的研究已知脊髓類鴉片物質可抑制傷害性傳入神經末稍的 SP 釋放，如此推測低頻(2Hz)電針刺激通過腦啡？使得初級傳入神經末稍的 SP 釋放減少；中頻(15Hz)電針使脊髓中的 SP 釋放增加，透過腦啡？和強啡？協同作用；高頻(100Hz)電針能促進 SP、強啡？的釋放，產生鎮痛作用[83]。

2. 低、高頻電針作用是經由不同的神經徑路來完成：

王強等實驗證明 2Hz 電針信號上達至下丘腦的弓狀核，引起β-內啡？神經元的興奮，促使中腦釋放β-內啡？，然後再引起脊髓釋放腦啡？；而 100Hz 電針信號只須上行到橋腦臂旁核即可返回脊髓，引起強啡？的釋放[84 85]。

還有學者從不同頻率下其 c-fos 基因在不同腦區神經核的表現來證實低、高頻電針作用的確是經由不同的神經徑路來完成。實驗顯示 2Hz、100Hz 電針刺激對於中樞 c-fos 的表達有不同的影響：下丘腦弓狀核 FLI (Fos-like immunoreactive)細胞核表達對 2Hz 較為敏感，而臂旁核則對 100Hz 較敏感；下丘腦室周核和背內側核都對 2Hz 敏感，而腹內側核對 100Hz 甚為敏感；小腦皮層大細胞 (蒲氏細胞)對 2Hz 敏感，而小細胞相對地對 100Hz 較敏感。又觀察電針刺激下鴉片？基因的表達，結果 2Hz 電針促進 preproenkephalin(PPE) mRNA 的表達，100Hz 電針則促進 preprodynorphin(PPD) mRNA 的表達[86]。

3. 低、高頻電針與中樞單胺類物質的關係：

Cheng 及 Pomeranz 在 1979 年報導 PCPA (p-chlorophenylalanine, 為 5-HT synthesis inhibitor)能有效降低高頻電針對小鼠(mice)的鎮痛作用，但不影響低頻電針的作用[87]。Zhang M 及 Han JS 在 1985 年報導 5-HT 介導大鼠(rat)電針鎮痛的角色時，認為高頻或低頻電針都有類似的作用[88]。

游明謙、郭啟中研究不同頻率電針刺激大鼠足三里穴對中樞與脊髓單胺類接受體之作用機轉，結果 2Hz、10Hz、100Hz 電針與 NE 及 5-HT 皆有關。三種頻率電針在 10μg/kg 5-HT 腦室注射後皆有加強鎮痛的作用，尤以高頻(100Hz)最顯著。α-MT(tyrosine hydroxylase inhibitor) i.p.可加強 100Hz 電針的中樞鎮痛作用。prazosin(α1 blocker) i.p.及 clonidine(α2 agonist)i.p.均可加強電針鎮痛；yohimbine i.p.可逆轉 2Hz 及 10Hz 電針鎮痛，但卻加強了 100Hz 電針鎮痛作用，如此提示著低頻電針是與α2 接受體媒介有密切關係，而且α1 及α2 接受體可能扮演著相反的角色[89 90]。

六、H 反射：

(一)H 反射的生理學意義：

1. Paul Hoffman 於 1918 年首先描述了以小量 (submaximal) 電流刺激脛後神經，在比目魚肌上可記錄到一種遲發的反應，其發生時間(latency)與踝反射(Achilles reflex)相似[91]，後來由 Magladery 及 McDougal 將之命名為 H 反射[92]。

2. H 反射是一種單突觸 (monosynaptic) 伸張反射，其反射弧包括由 Ia 感覺神經纖維接受刺激傳入脊髓，再由α運動神經纖維傳至肌肉，

此過程類似踝反射[93]，所不同的是踝反射是經由敲擊肌腱激發肌梭(muscle spindle)的 Ia 感覺神經纖維，而 H 反射是以電流直接刺激脛神經。

3. 8% 受試者的單側或雙側 H 反射無法測得[94]，這種情形在老人比例較高。

4. 在新生兒及嬰兒，刺激肢體的大部分神經都可誘發 H 反射[95]，但是在成人的 H 反射，僅在後腿的比目魚肌和腓腸肌，以及前臂的橈側屈腕肌可記錄到[96 97]。

5. 隨著刺激電量強度增加而使 H 反射漸漸消逝的可能機轉包括：（1）alpha 運動神經元的逆流 (antidromic) 脈衝將單突觸反射傳來的脈衝互相抵消[98] （2）逆流脈衝傳出後，軸突仍有不反應期[99]（3）Renshaw inhibition[100 101] （4）supramaximal 神經刺激之後，有中樞抑制 (central inhibition) 的參與[102]。

(二)刺激方法[103]：

1. 用 0.5-1.0msec long-duration pulses 來刺激傳入性軸突
2. 用雙極電極 (bipolar electrode)，陰極 (cathode)朝近端(proximal)。
3. 刺激的頻率注意不要超過每 3-5 秒一次[104]，因為隨著刺激頻率的增加，則反射的強度將隨之削弱 (attenuation)。

(三)記錄下肢 H 反射的方法：

由小腿肚記錄H反射的兩種廣泛被使用的方法是 Hugon 及 Braddom&Johnson 法[105 106]，這兩種方法產生的H波起始反折是正向 (positive deflection)。此外，有一種方法稱作 "half and half method"[107]，產生的起始反折是負向 (negative deflection)。它們的差異是：

1. Hoffman's original electrode placement

   G1: 後面中線的近端 10 公分

   G2: Achilles tendon

   其結果與 Hugon's method 相似

2. Hugon's method

   Ra (active electrode): 在腓腸肌(gastrocnemius muscle)insertion 的遠端 2 公分處

   Rr (reference electrode): 在 Ra 的遠端 3 公分處

3. Braddom&Johnson's method

   Ra (active electrode): 在腘窩橫紋中到內踝後緣連線的中點

   Rr (reference electrode): 在 Achilles tendon 的 insertion 處

4. Half-and-half method

   G1 electrode: 放置在左側內脛骨髁(medial tibial condyle)與內踝尖的連線中點，脛骨緣上。

   G2 electrode: 沿小腿肚(calf)的長軸，放置在記錄電極與內踝尖之間的一半距離處。

在這些方法中，half-and-half method 產生的 Hmax 最大，波形為 biphasic, initial negative，不同於其他方法的 triphasic, initial positive deflection，而且它的潛期較容易判定。

(四)影響 H 反射的因素：

1. **電極刺激的間隔應大於** 5 **秒，亦即刺激頻率應低於** 0.2Hz**，以避免** habituation error[108]**。**

2. **年齡及身高的增加會使H反射的潛期變大，其餘性別、種族等較無關**[109]**。**

3. **有學者報告**[110]**表面皮膚溫度的降低可提高H反射的振幅。但其他報告則未見到這種溫度的降低對單突觸反射振幅的調節有任何影響**[111 112]**。**

4. **保持腿部的皮膚溫度大於** 34**℃可以保證深部沿著神經的溫度是在** 35-37**℃之間**[113]**。**

5. **治療性徒手肌肉按摩人體** Triceps Surae **可短期降低** H **反射的振幅，削弱脊髓反射的興奮度。這樣的變化主要並不會受到局部末梢血流或溫度的影響**[114]**。**

6. **按摩同側** Triceps surae **可降低H反射的平均振幅，但按摩** hamstring muscle **或對側的** Triceps surae **肌則沒有這樣的效應**[115]

7. Caloric **迷路刺激可雙側性促進** H **反射**[116 117]**。**

8. **通常在睡眠期，特別是在快速動眼期時會使** H **反射受到抑制**[118]**。**

9. 在完全放鬆的情形下，背景肌梭活動性 (background fusimotor activity) 幾乎對跟腱反射 (Achilles tendon jerk) 的激發不產生影響[119][120]。

10. 一些可增加運動神經池興奮度的方法，例如 Jendrassik maneuver 可以促進 H 反射[121]。

11. H 反射可被震動 (vibration) 所抑制，可能部份由於震動引發大型傳入纖維的活化，而有末梢"busy line" interference，也部份由於 central presynaptic inhibition[122]，還有可能是激活了拮抗肌肌梭所扮演的部份角色[123]。

12. 在健康受試者的實驗方面，有報告指出針刺頭皮矢狀縫區可縮短健康人下肢 H 反射的潛期[124]，另有報告對健康人下肢不同神經施以不同頻率 (50Hz 及 99Hz) 的經皮神經電刺激，結果對 H 反射振幅的影響有著相當大的個體間變異，而未觀察到較為一致的調控形式[125]。先前這些不同的研究，由於刺激的模式、部位與參數各不相同，測量與評估的方法也不一致，造成彼此間的結果很難加以比較。

13. 另外，有研究在正常人對側手部施予傷害性溫度刺激可產生中等度但未達統計意義的H反射促進作用，特別是在刺激的前期時。他們推論這樣的變化可能和一些注意力的集中(attentional process)有關[126]。

(五)結果判讀與正常值[127]

1. 若 active electrode 沒放在 motor point 上，則所記錄的 H 波始於一個正反折 (positive deflection)[128]。

2. 正常 H 波潛期的絕對值差異大，同時受到身高、肢體長度、年齡的影響[129]，較無判讀價值。一般採用兩側差異來作判讀依據，如果一側正常而另一側消失，則消失側異常。如果兩側均無反應，則不一定是兩側異常，而可能是正常或技術問題。

3. 正常下肢比目魚肌 H 波潛期的國人值為 27±2.0（<31） ms，正常兩側 H 波潛期的差異值<2.0ms[130]。

4. H/M (ratio of the peak-to-peak maximal H reflex to maximal M-amplitude) 提供對運動神經池 (motoneuron pool) 興奮度 (excitability) 的簡單測量。比目魚肌 H 反射的 H/M ratio 正常時小於 0.7[131]。Hmax/Mmax 提供 side-to-side amplitude asymmetry 的表示法，但是這在不同病人的比較上就沒甚麼價值。

5. H 反射 recruitment curve 可用於探討各種介入 (intervention) 的作用，例如 tendon vibration, muscle stretch, 或藥物的作用等[132]。

(六)臨床應用

1. H 反射潛期提供沿著整個傳入傳出路徑神經傳導的測量[133]。計算 H-M latency，及已知膝部至 T11 的間距，可求得沿脛神經傳入與傳出的感覺及運動混合神經傳導速度[134]。

2. H 反射潛期延長可見於酒精性，尿毒性，及其他多發性神經病變[135]，還可偵測早期糖尿病神經病變[136 137]。

3. H 反射可用於臨床檢測神經根病變。單側脛神經/比目魚肌之 H 波消失或潛期延長，表示踝反射異常，用於鑑別 S1 或 L5 神經根病變[138]。兩側 H 波異常，除兩側 S1 神經根病變外，應考慮多發性神經病變，有助於 Guillain-Barre 症候群的早期診斷。

單側正中神經/橈側屈腕肌之 H 波異常，表示頸椎 C6/C7 神經根病變[139]。

4. 除周邊神經病變外，H 反射也被用於評估中樞神經病灶對下運動神經元的影響，如 H/M 振幅的比值和 H 反射的恢復曲線 (Recovery curve)。

可用於診斷及量化痙攣(spasticity)，以及它對於治療的反應，特別是半身不遂(hemiplegic)病人的健側(uninvolved side)可當作自身的對照(control)[140]。H 反射是一種脊髓的單突觸反射，它能提供作為脊髓前角運動神經元興奮程度的指標[7 8 9 10 11]。一些研究說明針刺中風病人患側下肢的穴位可以延長 H 反射的恢復時間，降低脊髓前角運動神經元的興奮性[12]，又於偏癱中風病人患側下肢的神經使用經皮神經電刺激(TENS,100Hz)可降低下肢痙攣與過度伸張反射，且在刺激停止後仍可見到持續的效應，他們推測 TENS 的這些作用可能有內源性嗎啡物質的參與[13]。Walker（1982）發現在腕部施予皮下電刺激(20Hz)對多發性硬化症病人的腳踝陣攣(clonus)產生漸增而持久的抑制效果，但並不能對過度反射(hyperreflexia)產生影響[14]。此外，有研究將皮膚電極置於脊髓性肌痙攣患者的穴位，給予不同頻率的跨穴位皮膚電刺激，結果發現高頻(100Hz)TENS 具有明顯的即時解痙效果，低頻(2Hz)TENS 則否，推測與穴位高頻電刺激加強了脊髓中強啡？的釋放有關[15 16]。

七、表皮反射（cutaneous reflex）

(一)表皮反射的概念：

刺激表皮神經可誘發手部肌肉自主張力性肌電圖的變化而可記錄到興奮與抑制性的反射波[17 18]。第一個出現的 excitatory component (E1)一般認為是 spinal origin；接下來第一個 inhibitory component (I1)是由α motoneuron 以上、cortex level 以下的抑制機轉所產生[19]；而第二個 excitatory component (E2, LLR2) 因可被大腦皮質磁刺激所促進，故可能是經皮質路徑 (transcortical pathway) 所產生。目前主要討論由電刺激食指之表皮神經，而於第一背側骨間肌記錄所激發之表皮反射[20]。

(二)刺激方法[141]

受測者食指外展，施最大力量的 20%於一負荷板，造成第一背側骨間肌的等長收縮。(因為反應波的振幅，特別是 inhibitory phase，受施力大小的影響很大)。

以環形電極(ring electrodes)套於食指 PIP joint，proximal 為陰極，distal 為陽極，以 0.2 ms square pulses，3 Hz 的頻率，釋出 4 倍 sensory threshold 的刺激強度（反應波的 Latencies 在刺激強度 1.5-5 倍 sensory threshold，以及食指外展最大收縮力量的 10%-50%間並不受影響；但反應波的 amplitudes 則與刺激強度有關。），皮膚的溫度保持於 34℃左右。

(三)記錄表皮反射的方法：

肌電圖的變化由第一背側骨間肌肌腹(belly)的表面電極來記錄，

參考電極則置於橈骨莖突 (styloid process of the radius)上。肌電圖波型經過放大 (20Hz-10kHz)，記錄刺激後 200ms 內的變化，將 128-512 次的記錄結果加以平均，共重複兩次。

(四)表皮反射的特性與影響因素：

正常表皮反射的特性是先有一向上的 E1，接著一個向下的 I1，再接著一個向上的 E2，至於 E2 後的 EMG activity 則有很大的個體間差異而不作分析。

正常人當中約有 10%無法測得可靠的 E1 波, 故 E1-I1-E2 或 I1-E2 波型可視為正常。但 E1-I1 或單相波則不正常。

Latencies are measured to the peaks of the reproducible maxima or minima of the signal.

A1: relative peak-to peak amplitudes between E1 and I1

A2: relative peak-to peak amplitudes between I1 and E2

A1/A2(AQ): AQ<1(75% of normal subjects), AQ>=1(25%)

手臂(arm length)愈長，潛期愈長，性別及年齡的影響較小。手臂長度訂為 100 公分而將潛期標準化。

表皮反射亦可用刺激 superficial radial nerve，而於 thenar muscle 以類似的方法記錄到。有三個興奮波，但只有第二興奮波在每個正常人都可見，至於所得抑制波的變異則很大。

(五)結果判讀與正常值

正常值

	Peak latency (ms)		Amplitude
	Average	Normalized	
E1	40.3	59.8	
I1	50.9	75.5	
E2	65.8	97.6	
E1-E2	25.6		
A1			43.0
A2			72.1
AQ			0.7

根據先前對 127 **位** children(aged 3-18 **歲)所作研究：**E1 **存在所有** children**，其大小隨年齡增加而有小幅度的減少。**I1 **及** E2 **則是逐漸增加其大小直到** 14-15 **歲時才呈現如同** adult **的型態**[142]**。**

(六)臨床應用

形成表皮反射需要完整的 dorsal column, motor cortex, corticospinal tract**。**Ascending **與** descending pathways **的** lesion **可造成表皮反射** late component **的改變，故此反射是一種很好的** screening **的方法**[20]**：**

1. Multiple sclerosis[22]
2. Dorsal column and corticospinal lesions: E1 unchanged, E2 attenuated and delayed
3. Damage to motor cortex: both I1 and E2 absent[20]

4. Parkinson's disease: I1 diminished[19]
5. Lacunar infarctions[143]

刺激 superficial radial nerve **的結果類似刺激** median nerve:

1. Multiple sclerosis: rsn-LLR II delayed or absent
2. Huntington's disease: rsn-LLR II are frequently absent

   *Choreatic movements due to other etiology (Sydenham's chorea, stroke…) have normal reflexes.
3. Spasticity of various origins: rsn-LLR II frequently lacking
4. Myoclonus, corticobasal ganglionic degeneration: rsn-LLRs enhanced[144]

第三章　對象與方法

實驗一、針刺及不同頻率經皮電刺激合谷穴對脊髓的影響：比目魚肌 H 反射的研究

一、對象

十三名健康的醫學院學生(男 11 名，女 2 名)，他們都是自願者。他們的年齡介於 20 到 30 歲之間(平均 22.6±3.9 歲)。實驗時理學檢查顯示他們神經系統屬於正常範圍，而且在實驗期間沒有人服用藥物或接受實驗以外的針灸與電療治療。實驗當天禁服咖啡或酒精以防止影響 H 反射的振幅[145]。實驗是在安靜而半暗的隔音室中進行，室溫 24-26 ℃，受試者俯臥於一張舒適的床上，頭轉向左側以避免張力頸反射(tonic neck reflex)的干擾[146]，上臂向外與身體成 90 度，肘置於床面上呈 90 度屈曲。足踝關節下墊一個小枕頭，使膝關節保持 17 度屈曲，而足部懸於實驗床緣之外，踝關節保持約 110 度背屈(dorsiflexion)最適當的放鬆姿勢[147]。實驗時受試者保持清醒而放鬆的狀態，並於實驗前向每位受試者詳細的說明整個實驗過程及取得同意。

二、H 反射的記錄

電極的裝置

記錄電極(Active electrode)是使用氯化銀的圓盤表面電極放置於左側內脛骨髁(medial tibial condyle)與內踝尖的連線中點的脛骨緣上，而參考電極(Reference electrodes)則沿小腿肚(calf)的長軸，放置在記錄電極與內踝尖之間的一半距離處。接地電極(Ground electrode)是放置在小腿肚上，介於刺激電極與記錄電極之間(圖 3.1)[148]。所有電極的電阻值(skin-electrode impedance)都保持在 10KΩ以下，而且比目魚肌的表面皮膚溫度皆高於 31℃。

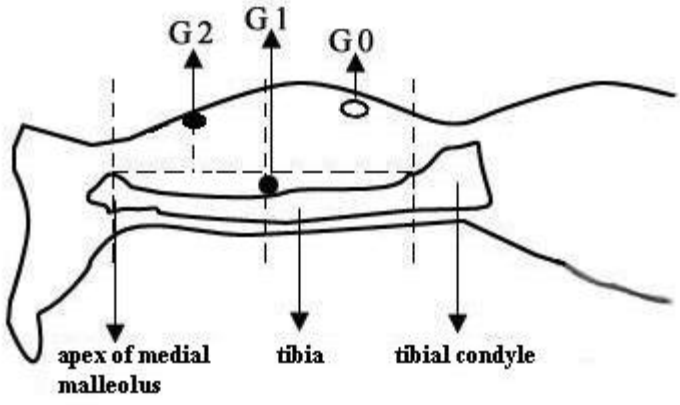

圖 3.1. “ Half-and-half method ”. G1: active electrode, G2: reference electrode, G0: ground electrode. The electrodes touched skin surface tightly.

刺激

採用雙極刺激電極，1ms **矩形波，陰極朝近端，以魔鬼氈**(Velcro)**固定刺激器後，刺激左膝腘窩處脛後神經**(posterior tibial nerve)(**圖** 3.2)**，頻率** 0.1Hz**，刺激強度漸增，增幅約** 0.5-1mA**，得到** H **波最大振幅，然後選擇** H **波最大振幅一半的刺激強度。**

使用 Neuropack Four Mini averager (Evoked potential measuring system, MEB-5304K, Nihon Kohden, Tokyo, Japan)**得到** H reflex**，它的** sensitivity **設定為** 5μV**，**bandpass filter **是從** 20Hz **到** 3KHz**，而分析時間是** 50ms**。潛伏期的測量是從刺激開始到** H **波的起始點，而振幅的計算是從** H **波的頂點到頂點。**

三、實驗過程

電極片(3.5*5cm)**的兩極分別被黏貼於合谷穴手掌背部及掌面的**

皮膚，然後它們被連接於韓氏穴位暨神經刺激器上(H.A.N.S.，LY-257)，它是正負雙向對稱脈衝，脈衝寬度 2Hz 時為 0.6ms，100Hz 時為 0.2ms(圖 3.2)。所有受試者參與四個隨機分派的實驗分組如下：1).控制組：不施行電刺激；2). 2Hz 電刺激組：使用 2Hz，40mA 電刺激 15 分鐘；3). 100Hz 電刺激組：使用 100Hz 起伏波，20mA 電刺激 15 分鐘；4). 傳統針刺組：局部酒精消毒後以毫針直刺合谷穴五分，以酸脹感為知已得氣後留針 15 分鐘。

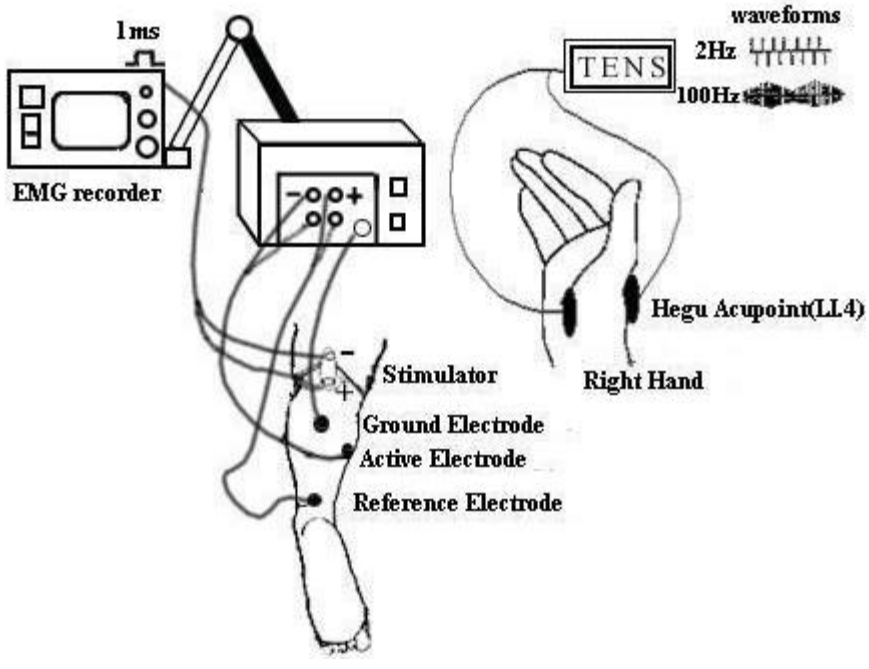

圖 3.2. H **反射記錄與經皮電刺激的示意圖。** -: cathode, +: anode

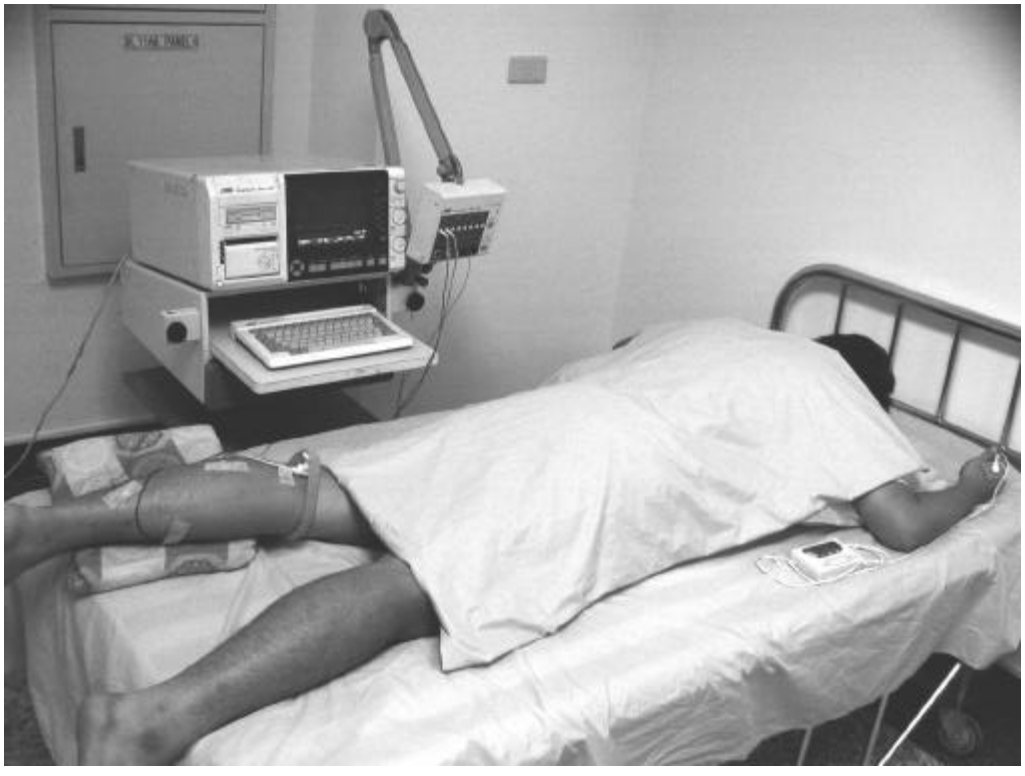

圖 3.3. H **反射受試者與實驗設備的實際照片**

每位受試者都接受四次 H **反射記錄，它們的間隔是三天以上，以避免殘留效應。每次試驗分為：**1)**基準期**(baseline period)**：受試者靜臥五分鐘後，測量** Hmax**，選擇能夠產生大約** Hmax/2 **的刺激強度，經過一分鐘刺激的適應**(accommodation)**之後，在一分鐘內連續記錄六次** H **反射，以建立刺激前的基準值；**2)**刺激期**(stimulation period)**：完成基準期記錄後，將電極片貼於合谷穴，連接韓氏穴位暨神經刺激器，給予各實驗參數的電刺激，或採傳統針刺** 15 **分鐘，在刺激開始的第** 4-5 **分鐘、第** 9-10 **分鐘、第** 14-15 **分鐘時各記錄六次** H **反射。** 3)**刺激後期**(post-stimulation period)**：電刺激停止或拔針後的** 4-5 **分鐘及** 9-10 **分鐘時各記錄六次** H **反射。**

四、統計分析

數值用平均值 ±標準差來表示。使用重複測量單因子變異數分析（one-way ANOVAs for repeated measures)被用於檢定各組在不同時段及兩兩時段間的振幅或潛期是否有達到統計上的顯著水準；Scheffe 事後檢定用於兩兩比較。p 值小於 0.05 被認為有統計上的意義。

實驗二、電針和經皮電刺激合谷穴對表皮反射效應比較之研究

一、對象

十三名健康的成人（女 9 名，男 4 名)，他們都是自願者。他們的年齡介於 22 到 34 歲之間（平均 26 ±4 歲）。實驗時理學檢查顯示他們的神經系統正常，而且在實驗期間都沒有服用藥物，或接受實驗以外的針灸或電療治療。實驗當天禁服咖啡或酒精，實驗前將整個實驗過程和研究目的都充分的向他們說明，並得到他們的同意。實驗是在安靜而半暗的隔音室中進行，室溫維持在 24-26℃之間。實驗時受試者坐在一個舒適穩固的椅子上，右前臂用 splint 支持，意識保持清醒而處在放鬆的狀態。另外，量取手臂外展 45 度時，中指到第七頸椎的距離，來作為標準化反應波潛期。

二、表皮反射的記錄

電極的裝置

將表面電極放置於第一背側骨間肌肌腹上的皮膚做為記錄電極，而參考電極放置於橈骨莖突上。接地電極是放置在手背四、五掌骨間上。所有電極的電阻值(skin-electrode impedance)都保持在 10KΩ 以下，而表皮溫度保持於 31℃以上。

刺激

將環形電極(ring electrodes)放置於右側食指近端的指間關節上（PIP joint)，proximal 為陰極，而距 3 cm 的 distal 為陽極。刺激電流的波寬是 0.2 ms （0.2 ms in square pulses)，刺激頻率是 3 Hz，而刺激強度是 4 倍的 sensory threshold。

記錄

使用 EMG amplifier (Medelec Sapphire Premiere Plus, Oxford, UK) 得到表皮反射，bandpass filter 的設定是從 20Hz 到 2KHz，而分析時間是 100 ms。將總共 256 次的記錄加以平均，每一試驗至少重複兩次確認其再現性。潛期的測量是從 stimulus artifact 開始到波頂，並將手臂長度訂為 100 公分來校正潛期 [141]。I1 振幅的計算是從 E1 的波頂到 I1 的波頂，而 E2 振幅的計算是從 I1 的波頂到 E2 的波頂(圖 3.4)。

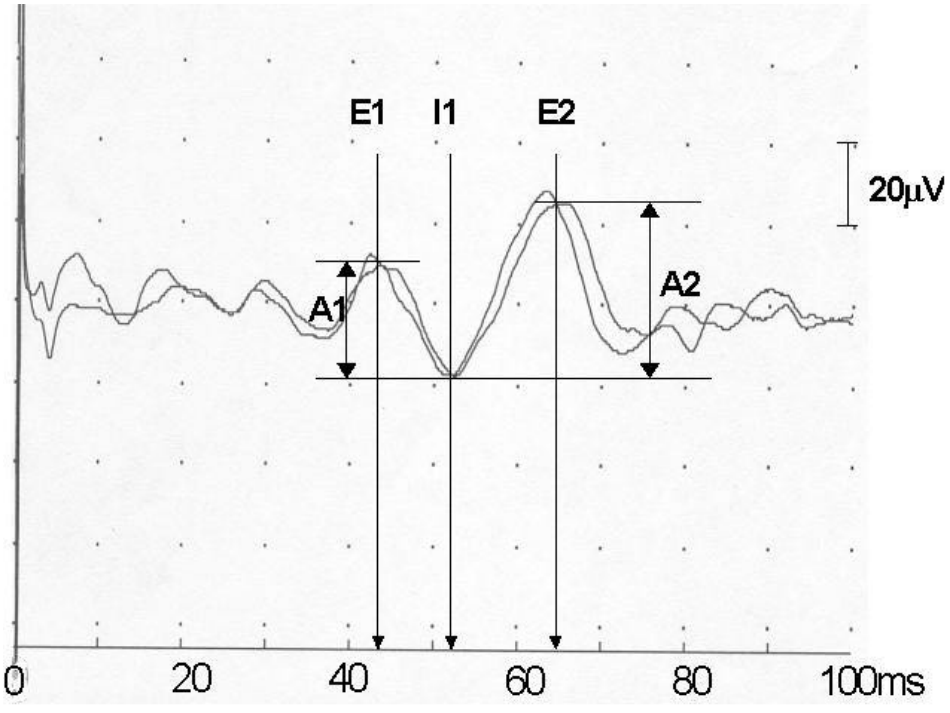

圖 3.4. 電刺激一個 34 歲男性的右側食指，在同側第一背側骨間肌記錄的表皮反射和各成分波潛期與振幅的測量。 The characteristics are an initial short latency excitatory wave (E1), followed by an inhibitory wave (I1), then a long latency excitatory wave (E2). The latencies of E1, I1 or E2 were determined from stimulus artifact to the peak. The peak to peak amplitudes of E1-I1 (A1) and I1-E2 (A2) were measured at the arrows. The analysis time was 100 ms.

三、實驗過程

試驗前須先訓練受試者保持他的右手食指呈穩定的 isometric abduction 姿勢，並施最大力量的 20%於 force transducer 使第一背側骨間肌呈現等長收縮。在整個表皮反射記錄的過程中，受試者需視 digital voltmeter 的數值不斷做 visual feedback 來維持 constant 的施力。

將電極片(3.5*5cm)的兩極分別貼於左側合谷穴的手掌背部和掌面的皮膚上，然後將它們連接於韓氏穴位暨神經刺激器上(H.A.N.S.，LY-257) ，它是屬於一種正負雙向對稱脈衝，當頻率為 2Hz 時其脈衝的寬度是 0.6ms，而頻率為 100Hz 時則是 0.2ms (圖 3.5, 3.6)。所有受試者都須完成四個隨機分派的試驗如下：1) Control assessment：將兩個電極片(3.5*5cm)分別貼於左合谷穴的手掌背部和掌面的皮膚上，並連接於韓氏穴位暨神經刺激器上(H.A.N.S.，LY-257)，但不通電刺激；2) 2 Hz TENS assessment：方法同 Control assessment，但使用頻率 2Hz 的起伏波，30mA 強度的電刺激；3) 100 Hz TENS assessment：方法同 Control assessment，但使用頻率 100 Hz 的起伏波，10mA 強度的電刺激；4) EA assessment:：將兩枝無菌（長度 1 吋）的不鏽鋼針分別插入左側的合谷穴及其距離 0.5 公分的近端處，並待得氣後連接於韓氏穴位暨神經刺激器上，施 2Hz 正負雙向對稱脈衝，脈衝寬度是 0.6ms，刺激強度為 2 mA。每一實驗的間隔至少一週，以避免殘留效應。

每次實驗都分為 1) 基準期（Baseline period , BP）：為接受 TENS 或 EA 刺激前先記錄表皮反射做為基準值。 2)刺激期(stimulus period , SP)：完成基準期表皮反射記錄後，分別在左側合谷穴施行 2 Hz TENS、100 Hz TENS 或 2 Hz EA 刺激 10 分鐘，在刺激開始後的第 5 -10 分鐘時分別記錄兩次表皮反射；3)刺激後期(post-stimulus period , PP)：刺激終止後的第 5-10 分鐘時分別記錄兩次表皮反射。

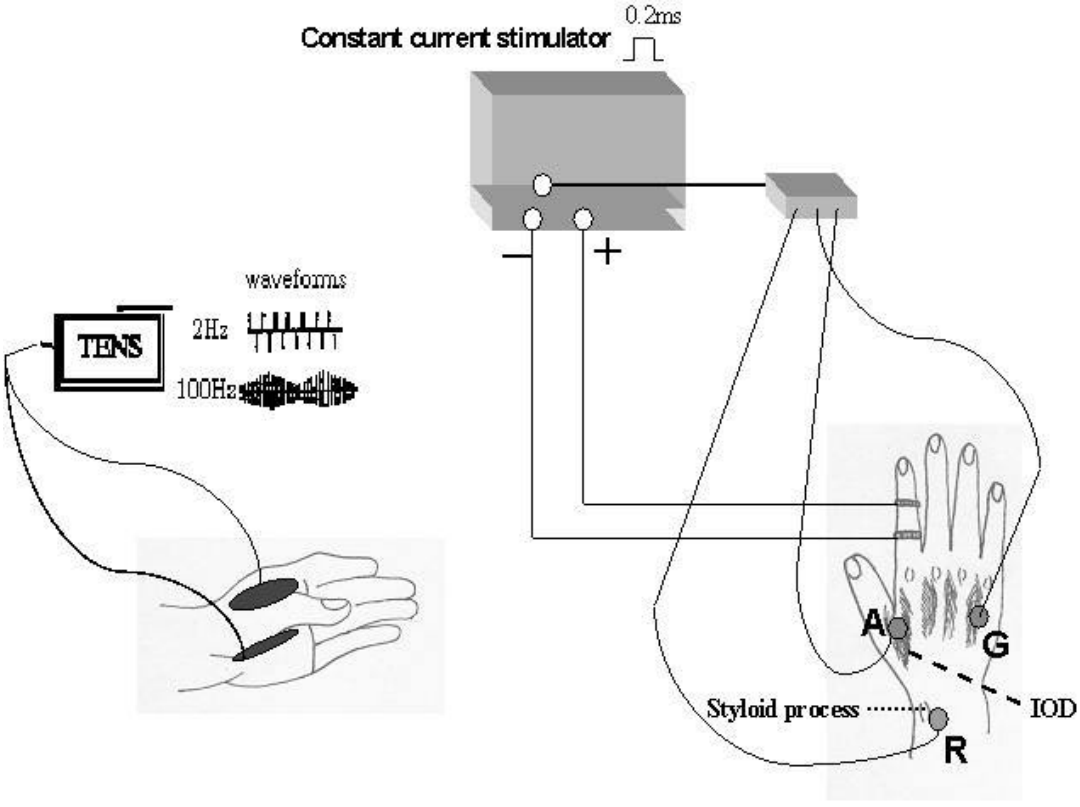

圖 3.5. 表皮反射的記錄與經皮電刺激的示意圖。 The positioning of the stimulator ring electrodes was shown. -: cathode, +: anode. The first dorsal interosseous muscle (IOD) is located between the thumb and the index finger. Recording of the averaged compound action potential was made via surface electrodes (filled circles): A (active electrode); R (reference electrode); G (ground electrode).

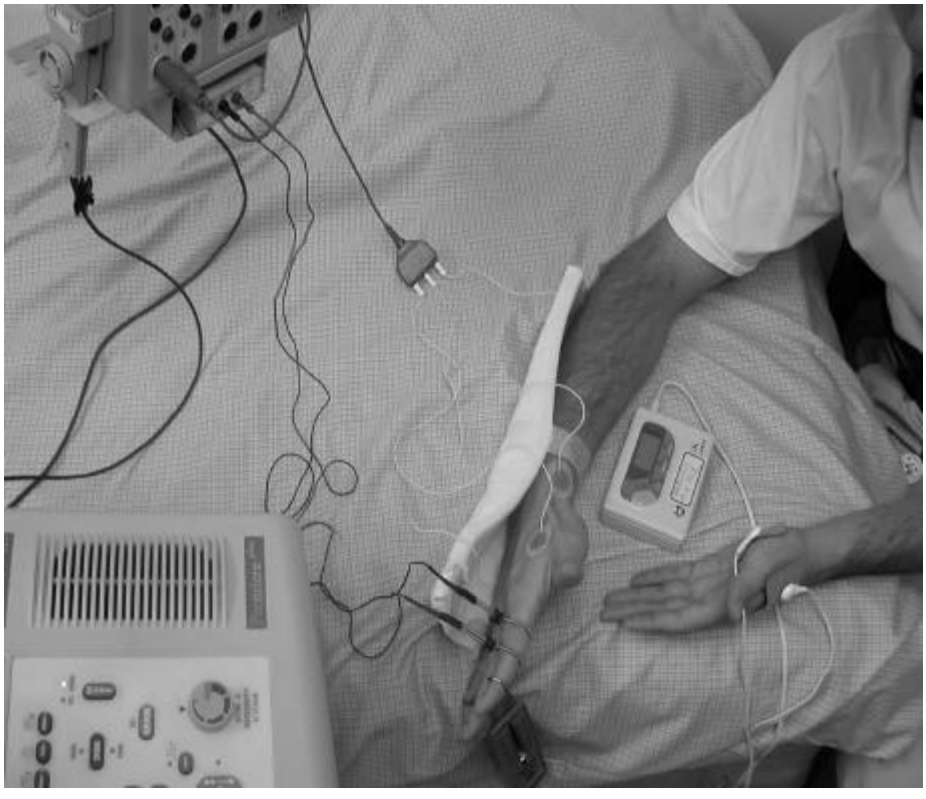

圖 3.6. 表皮反射受試者與實驗設備的實際照片。Subjects were seated with the forearm supported by a splint.

四、統計分析

數值用平均值 ±標準差來表示。重複測量單因子變異數分析（one-way ANOVAs for repeated measures**）被用於檢定各組右側表皮反射在基準期、刺激期和刺激後期表皮反射的潛期或振幅是否有達到統計上的顯著水準；**Scheffe **事後檢定用於兩兩比較。**p **值小於** 0.05 **被認為有統計上的意義。**

第四章　結果

實驗一、針刺及不同頻率經皮電刺激合谷穴對脊髓的影響：比目魚肌 H 反射的研究結果

十三名受試者皆完成實驗。Soleus 肌肉記錄，於popliteal fossa處後脛骨神經電刺激可以得到一個正-負-正的三相波形的H波, 它的潛期大約是29 ms，但有時可以在它的前面看到一個小的M波(表4.2, 圖4.1).

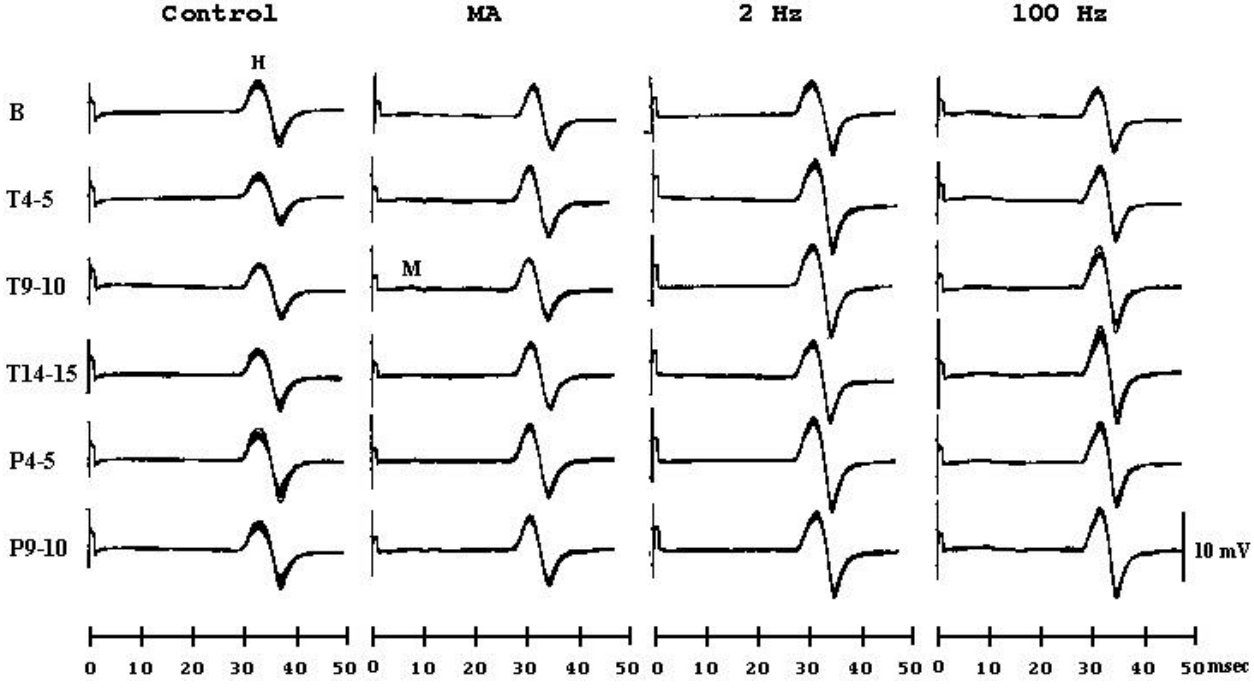

圖4.1. 一個30歲女性的 H 反射記錄. Control= no TENS applied to the right Hegu acupoint (LI.4); MA= manual acupuncture applied to right Hegu acupoint (LI.4); 2 Hz= 2Hz TENS applied to right Hegu acupoint (LI.4); 100 Hz= 100Hz TENS applied to the right Hegu acupoint (LI.4);

B= H-reflex recordings prior to TENS; T4-5= H-reflex recordings starting after TENS for 4-5 min duration; T9-10= H-reflex recordings starting after TENS for 9-10 min; T14-15= H-reflex recordings starting after TENS for 14-15 min; P4-5= H-reflex recordings after TENS period 4-5 min; P9-10= H-reflex recordings after TENS period 9-10 min. M= M response

一、徒手針刺合谷穴對 H 反射振幅及潛期的影響

徒手針刺右側合谷穴對H反射的振幅及潛期沒有產生顯著的影響（P > 0.05, **圖**4.1, **表**4.1 and 4.2）。

表 4.1：**刺激合谷穴對** H **反射振幅影響的時間經過**(mV)　(N=13)

Assessment	Baseline	ES1	ES2	ES3	PS1	PS2
Control	10.09±2.49	9.98±2.85	9.79±2.76	10.19±2.84	10.58±2.78	10.28±2.83
MA	9.94±1.98	10.36±2.44	10.42±2.47	10.22±2.26	10.40±2.01	10.30±2.10
2Hz	9.99±1.76	11.71±2.93*	11.46±3.36	11.29±3.45	11.20±3.32	11.22±3.15
100Hz	10.10±1.90	11.46±2.76*	11.73±3.27*	11.83±3.92	12.05±4.08	12.26±4.34

數值是用平均值±標準差

Abbreviations: In this and subsequent table
TENS= transcutaneous electrical nerve stimulation; Control= no electrical stimulation; MA=manual acupuncture; 2Hz= 2Hz TENS applied to right Hegu acupoint (LI.4); 100Hz= 100Hz TENS applied to right Hegu acupoint (LI.4); Baseline= H-reflex recordings prior to TENS; ES1= H-reflex recordings after TENS 4-5 min; ES2=H-reflex recordings after TENS 9-10 min; ES3= H-reflex recordings after TENS 14-15 min; PS1= H-reflex recordings after TENS period 4-5 min; PS2= H-reflex recordings after TENS period 9-10 min. The values are given with mean ± SD.
* P < 0.05 compared with the values of baseline.

表 4.2：刺激合谷穴對 H 反射潛期影響的時間經過(ms)　(N=13)

Assessmnet	Baseline	ES1	ES2	ES3	PS1	PS2
Control	29.35±2.62	29.35±2.62	29.39±2.63	29.42±2.66	29.43±2.65	29.43±2.68
MA	28.91±2.27	28.95±2.27	28.95±2.31	28.98±2.30	29.00±2.38	28.99±2.30
2Hz	29.16±2.52	29.08±2.54	29.11±2.55	29.13±2.51	29.17±2.50	29.18±2.52
100Hz	29.12±2.35	29.07±2.32	29.15±2.31	29.12±2.26	29.15±2.25	29.19±2.26

平均值±標準差

二、經皮電刺激合谷穴對 H 反射振幅的影響

各試驗刺激前的振幅相似（$P > 0.05$，表4.1）。2Hz與100Hz經皮電刺激合谷穴位能使刺激開始5分鐘的H反射振幅上升（$P < 0.05$，表4.1，圖4.1），100Hz甚至可維持至刺激10分鐘（$P < 0.05$，表4.1，圖4.1），但對刺激的第14至15分鐘及刺激後期的H反射振幅則無影響（$P > 0.05$，表4.1）。

三、經皮電刺激合谷穴對 H 反射潛期的影響

各試驗刺激前的潛期相似（$p > 0.05$ ）。不論2 Hz或是100 Hz 的經皮電刺激對不同時期H反射的潛期都沒有產生顯著的影響（all $P > 0.05$, 表4.2）。

實驗二、電針和經皮電刺激合谷穴對表皮反射效應比較之研究結果

十三名受試者都完成四種試驗，於右側食指電極刺激，在同側第一背側骨間肌肌腹上皮膚記錄，得到一個開始向上的陰性（E1），接著是一個向下的陽性波（I1），然後是一個向下的陰性波（E2）（如圖4.2）。

一、刺激合谷穴對表皮反射 E1 潛期的影響

不論2 Hz TENS, 100 Hz TENS或2 Hz EA 刺激左側合谷穴，對表皮反射E1成分潛期都沒有產生顯著的影響 (all P > 0.05, 圖4.2, 表4.3).

表 4.3：刺激合谷穴對表皮反射 E1 潛期的影響(ms) (N=13)

	Absolute latency			Normalized latency		
	BP	SP	PP	BP	SP	PP
Control	38.96±1.43	38.86±1.33	39.42±1.42	43.97±2.40	43.87±2.46	44.48±2.10
2Hz	39.40±2.05	40.73±2.08	40.82±2.43	44.49±3.14	45.96±2.75	46.10±3.69
100Hz	40.14±2.08	39.56±1.51	40.42±2.51	45.29±2.64	44.63±2.01	45.60±3.01
EA	38.86±1.53	39.39±1.98	39.68±2.35	43.84±2.11	44.46±2.83	44.82±3.62

平均值±標準差

Abbreviations: This and subsequent tables
Control= no electrical stimulation; 2Hz= 2Hz TENS applied to left LI.4; 100Hz= 100Hz TENS applied to left LI.4; EA= 2Hz electroacupuncture applied to left LI.4; BP: cutaneous reflex recordings during the period of baseline; SP= cutaneous reflex recordings during the period of stimulus; PP= cutaneous reflex recordings during the period of post-stimulus. The values were presented as mean ± SD. Normalized latency: adjustment of arm length to a standard of 100cm

二、刺激合谷穴對表皮反射 I1 潛期的影響

各試驗刺激基準期的潛期相似（all $p > 0.05$, 表4.4）。我們的結果顯示電刺激期與基準期比較時呈現顯著差異（$P < 0.05$，$P=0.0003$）。Scheffe事後檢定發現，與control及100Hz TENS組比較，2Hz經皮電刺激及2Hz電針合谷穴組在刺激期可使表皮反射I1潛期延長（$P < 0.05$，表4.4, 圖4.2）。

刺激後期與基準期比較時亦呈現顯著差異（$P < 0.05$，$P=0.0002$）。Scheffe事後檢定發現，與control組比較，2Hz經皮電刺激及2Hz電針合谷穴組在刺激後期仍可使表皮反射I1潛期延長（$P < 0.05$，表4.4, 圖4.2）。

100Hz TENS組對表皮反射I1潛期沒有產生顯著的影響（$P > 0.05$, 表4.4，圖4.2）。

表 4.4：刺激合谷穴對表皮反射 I1 成份潛期的影響(ms)　(N=13)

	Absolute latency			Normalized latency		
	BP	SP	PP	BP	SP	PP
Control	46.07±2.20	45.94±2.01	46.27±2.30	51.96±2.39	51.82±2.38	52.19±2.58
2Hz	46.10±2.58	47.45±2.57*#	47.60±2.64*	51.98±2.69	53.52±2.88*#	53.70±3.30*
100Hz	46.11±2.57	46.17±2.75	46.60±2.77	52.01±2.87	52.06±2.85	52.56±3.12
EA	45.57±2.19	46.79±2.03*#	47.47±1.85*	51.40±2.63	52.82±3.18*#	53.56±2.49*

平均值±標準差

*$p < 0.05$　SP-BP或PP-BP值與control組相比較

# $p < 0.05$　SP-BP值與100Hz TENS組相比較

三、刺激合谷穴對表皮反射 E2 潛期的影響

各試驗刺激前期的潛期相似（P > 0.05，表4.5）。不論2 Hz、100 Hz經皮電刺激或電針左側合谷穴都對E2的潛期沒有影響（all P > 0.05, 圖4.2, 表4.5）。

表 4.5：刺激合谷穴對表皮反射 E2 成份潛期的影響(ms) (N=13)

	Absolute latency			Normalized latency		
	BP	SP	PP	BP	SP	PP
Control	58.40±4.39	58.28±4.22	58.52±3.98	65.89±5.22	65.80±5.73	66.07±5.60
2Hz	57.37±3.15	58.95±4.36	59.37±4.46	64.78±4.98	66.55±5.87	67.04±6.10
100Hz	57.29±3.08	57.81±3.14	58.10±3.73	64.64±3.90	65.25±4.48	65.55±4.46
EA	56.94±3.34	58.29±2.77	58.68±3.32	64.27±4.55	65.80±4.34	66.20±3.94

平均值±標準差

四、刺激合谷穴對表皮反射 I1 成份振幅的影響

各試驗刺激前的I1成份振幅相似（P > 0.05）。不論2 Hz、100 Hz經皮電刺激或電針合谷穴對各時期I1成份的振幅都沒有產生顯著的影響（all P > 0.05, 表4.6）。

表 4.6：刺激合谷穴對表皮反射 I1 成分振幅的影響(μV) (N=13)

	BP	SP	PP
Control	24.42±10.75	23.95±10.42	23.24±9.69
2Hz	19.26±6.38	21.75±8.58	23.13±11.70
100Hz	21.05±6.75	21.87±7.63	23.21±9.78
EA	22.15±10.41	21.92±11.37	21.69±9.29

平均值±標準差

五、刺激合谷穴對表皮反射 E2 成份振幅的影響

各試驗刺激前期的E2成份振幅相似（P > 0.05，表4.7）。不論2 Hz、100 Hz經皮電刺激或電針合谷穴都對E2成份的振幅沒有產生顯著的影響（all P > 0.05, 表4.7）

表 4.7：刺激合谷穴對表皮反射 E2 成份振幅的影響(μV)

(N=13)

	BP	SP	PP
Control	40.57±12.63	39.41±14.40	39.32±15.39
2Hz	37.99±11.94	40.32±14.80	43.48±18.01
100Hz	37.29±10.19	38.35±13.12	40.43±12.63
EA	38.51±18.00	36.75±11.64	37.60±16.15

平均值±標準差

六、刺激合谷穴對表皮反射 I1 與 E2 振幅比值(AQ,A1/A2)的影響

不論2 Hz、100 Hz經皮電刺激或電針合谷穴在各時期的AQ值並沒有顯著的差異（all P > 0.05, 表4.8）

表 4.8：刺激合谷穴對表皮反射 AQ(A1/A2)的影響

(N=13)

	BP	SP	PP
Control	0.60±0.13	0.61±0.18	0.63±0.20
2Hz	0.54±0.20	0.56±0.18	0.54±0.19
100Hz	0.57±0.17	0.59±0.16	0.57±0.16
EA	0.60±0.18	0.58±0.20	0.58±0.17

平均值±標準差

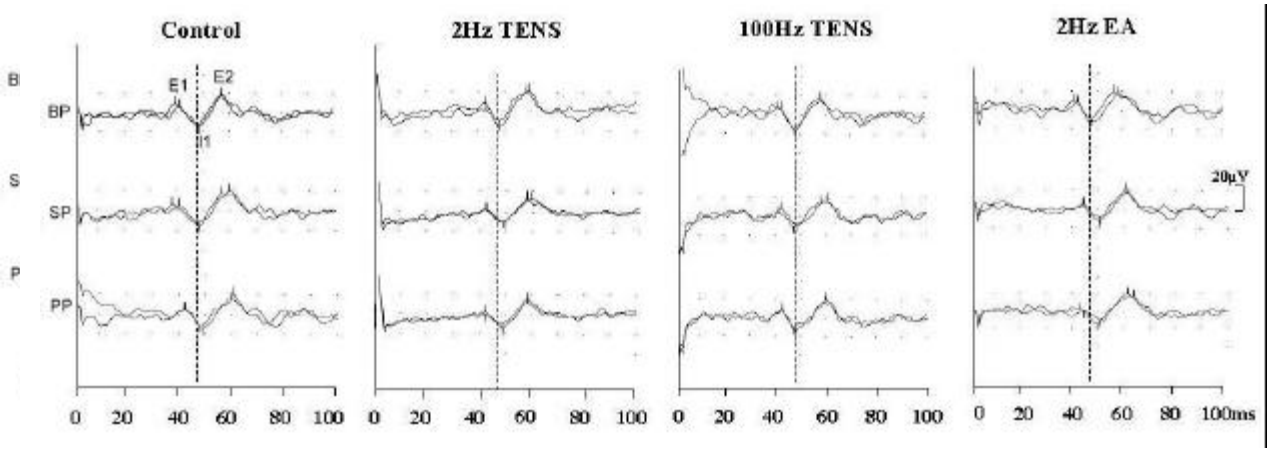

圖 4.2. 一個 34 **歲男性的表皮反射記錄。** The scales of cutaneous reflex amplitude were 20μV. The analysis time was 100ms. Each session of cutaneous reflex recordings were obtained by 256 responses twice. The latencies of baseline I1 are marked by vertical dash lines. Control= no electrical stimulation; 2Hz TENS= 2Hz TENS applied to left LI.4; 100Hz TENS= 100Hz TENS applied to left LI.4; 2Hz EA= 2Hz electroacupuncture applied to left LI.4; BP= the period of baseline; SP= the period of stimulus; PP= the period of post-stimulus.

第五章　討論

在針刺或不同頻率經皮電刺激合谷穴對比目魚肌 H 反射影響的研究中，我們的結果顯示 2 Hz 或 100 Hz 經皮電刺激合谷穴可增加對側下肢的比目魚肌Ｈ反射振幅，這些結果說明遠隔節段性的經皮電刺激對脊髓前角運動神經元有促進作用(facilitation)，其理由是 H 反射可以當作脊髓前角運動神經元興奮的指標[7 8 9 10 11 149 150 151 152 153]。又經皮電刺激的此種作用 100 Hz 比 2 Hz 更強。先前研究的結論說明刺激表皮神經，包括屬於遠隔節段的正中神經能對下肢Ｈ反射的促進作用，可能是由於脊髓以上(supraspinal)中樞參與的結果[154]。另外，有些研究認為刺激能使Ｈ反射發生促進作用可能和一些注意力的集中(attentional process)有關[155]。又遠隔的隨意性肌肉收縮可以導致 Jendrassik Maneuver effect 的發生而促進比目魚肌 H 反射[156 157]。

我們假設經皮電刺激合谷穴可導致傳入性神經衝動(afferent impulse)由脊髓背柱(dorsal column)傳入後上行至大腦的感覺皮質，再透過感覺運動皮質的轉接(relay in sensori-motor cortex)，然後經由皮質脊髓徑(corticospinal tract)下行傳送(descending transmission) 至脊髓[20]，這個下行性的神經衝動可以降低突觸前抑制，興奮下運動神經池(lower motoneuron pool)而促進了 H 反射(圖 5.1)，這是由於先前的研究認為降低突觸前的抑制可以促進 H 反射[158 159 160]。經皮電刺激與 H 反射誘發神經衝動的起始時間點不同，兩者在脊髓彼此干涉的時間點與作用的強弱也可能有所不同，其機轉有待進一步的研究，100 Hz 的經皮電刺激可以導致比 2 Hz 更多的神經衝動發生，所以產生對促進 H 反射有更強的作用。

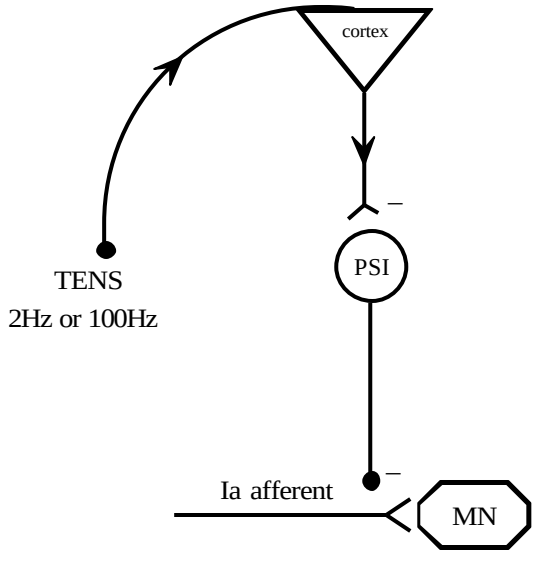

圖 5.1. TENS **傳入神經衝動到達皮質下行連接突觸前抑制**(PSI)**中間神經元以調節運動神經元**(MN)**興奮度的簡圖。**-: inhibition

遺留一個問題尚待解決的是我們先前的結果已顯示 2 Hz **電針或針刺足三里穴對脊髓的體感覺誘發電位沒有影響，以及** 2 Hz **的電針刺激足三里穴對比目魚肌** H **反射沒有作用，本研究的結果似乎和先前的研究有所抵觸。事實上，電針與經皮電刺激的鎮痛作用是透過中樞神經系統不同的調節機轉**[161 162 163]**，**2Hz **電針和針刺主要是經由較小徑** A-delta **神經纖維所傳達，而傳統經皮電刺激主要是由較粗的** A-beta **神經纖維傳達**[164]**，這些與** H**反射經由** Group Ia**粗神經纖維傳達**[165 166]**似乎不謀而合。又本研究經皮電刺激強度低於** 40mA**，沒有痛覺現象出現，因此我們認為不會誘發** A-delta **神經纖維的興奮。**

在電針和經皮電刺激合谷穴對表皮反射效應比較之研究中，我們的結果顯示 2 Hz 電針或 2 Hz 經皮電刺激左側合谷穴，兩者都能延長右側第一背側骨間肌表皮反射 I1 成份的潛期，這些結果說明 2 Hz 的電針或經皮電刺激的作用部位發生在神經系統脊髓以上的部位，由於一些較早期的研究已發現 I1 成分是由 supraspinal mechanism 而來，它的發生源可能在皮質下區域(subcortical region)[143]。又這個抑制活動不直接作用於α- motoneuron，也不會影響 Ia afferents 的 presynaptic terminals，所以推測它的作用位置在α- motoneuron 以上。在 Parkinson's disease 的患者發現表皮反射的 I1 成分降低，已被推論和 subcortical catecholaminergic 的抑制機制(inhibitory mechanism)降低有關[19]。我們的先前的研究已知大腦皮質在 2 Hz 電針的作用生理機轉中扮演著一個調節者的角色[2]，I1 成分是一個 supraspinal origin，它與 subcortical 和 cortical 有關。電針或經皮電刺激能誘發神經衝動，這個衝動會透過交連神經纖維(commissural fibers)由右側大腦半球投射到左側的大腦皮質，而影響表皮反射的 I1 成分[167]。

表皮反射的路徑包含了中樞神經系統信息傳遞的感覺傳入和運動傳出部分，所以已被用來作為評估中樞感覺或運動功能檢查的工具[20 21 22]。表皮反射是屬於脊髓或經皮質(transcortical)的一種多突觸反射迴路(polysynaptic reflex loop)，它受節段上(suprasegmental)調節的影響，因此同側 dorsal column、corticospinal tract，或對側 sensorimotor cortex 的病變會影響表皮反射[20 21 168]，但它不受額葉、枕葉、小腦或 spinothalamic pathways 的影響。有研究認為 E2 成份的發生需要完整的 dorsal columns, sensorimotor cortex, and the corticospinal tract[20]。又在中風有感覺缺損的患者，常出現 I1-E2 成分不正常的現象，因此更加確信 I1-E2 成分是一個 supraspinal origin，它需要一個通過 dorsal column，medial lemniscal pathway 及 thalamic relay[143]。

本研究的結果，2 Hz 的電針或 TENS、以及 100Hz 的 TENS 刺激合谷穴對表皮反射 E1 成分沒有影響。我們先前的結果發現 2 Hz 電針或針刺足三里穴對脊髓誘發電位沒有影響[2]以及 2 Hz 電針足三里穴對腦幹和脊髓的單突觸反射 R1 component of blink reflex 與 H-reflex 沒

有影響[6]，由於表皮反射的 E1 component 的潛期和 H 反射的潛期再加上 4.6ms 的 central delay 很相近，因此被推論它和 spinal pathway 有關[169]，而 E2 component 的產生則和 transcortical pathway 有關。遺留需要解決的問題是為何 2 Hz 電針或 TENS 對 E2 沒有影響，以及 100 Hz 的 TENS 對表皮反射的 I1 的成份沒有影響，一個可以說明的理由是更高的頻率容易導致 habituation 的發生。E2 成份是來自於 dorsal column pathway, sensory 與 motor cortex, 以及 corticospinal tract，因此順著的路徑的任何問題都會造成 E2 成分的 habituation[170]。

第六章　結論

我們的結論是 2 Hz 或 100 Hz 的經皮電刺激合谷穴可以促進 soleus H反射，而 100 Hz 比 2 Hz 有更強的作用，這些說明不同節段的經皮電刺激對脊髓前角細胞的運動神經元有興奮的作用，又不同的頻率的電刺激可導致不同的效應，但它的作用機轉有待進一步的研究。另外，傳統徒手針刺則沒有產生顯著的影響，支持先前的研究認為經皮電刺激和電針或針刺是透過不同的機轉。

2 Hz 電針或 2 Hz 經皮電刺激合谷穴能延長對側表皮反射的 I1 潛期，推測它們的作用部位在 supraspinal，可能在 subcortical 或 cortical level，而較高頻率的電刺激如 100Hz 可能較容易導致表皮反射的 habituation 發生。

附錄

附錄一、受試者須知

實驗名稱：

本研究的目的在探討針刺、電針或經皮電刺激(TENS)正常人的合谷穴時，是否對 H 反射或表皮反射的反應波成分產生不同的影響。

為了獲得正確的研究結果，請詳細閱讀並遵守下列事項：

一、實驗前四十八小時內不得參與任何激烈運動，禁止喝酒、抽煙，喝咖啡、茶及其它含咖啡因的飲料。並請日常飲食、睡眠，定時定量。

二、在實驗期間不得另外接受針灸或 TENS 治療。

三、請在本實驗計畫完成前勿與其它受試者相互交流實驗的過程及感受。

四、請於實驗開始前三十分鐘，穿著輕便服裝到實驗室。實驗開始前一小時內請勿進食，並保持情緒平和。

五、實驗前，如果受試者不符合實驗之規定，則另訂實驗時間。

六、實驗內容：受試者須平躺在實驗床上接受誘發電位儀的測試，以及針刺、電針或 TENS 的處理。

七、受試期間請儘量保持穩定的情緒、呼吸狀態與體姿，若您有不適情況發生，如胸悶、胸痛、頭暈目眩、欲嘔、極度倦怠、呼吸困難等，應立即告知並停止測驗。

※本研究須要您的協助與合作！

謝謝！

附錄二、受試者同意書

實驗名稱：

一、實驗時間自民國　年　月　日至　月　日止。

二、受試者應於指定時間著輕便服裝到針灸生理研究室接受體穴刺激及肌電圖儀的分析。每次實驗間隔至少三天以上，每個人須作四次測驗。

本研究須要您的參與及合作才能順利進行。依實驗研究之規定，研究者應將研究過程可能發生的危險向受試者說明清楚，盡其所能保護受試者的安全及權益，並回答受試者的疑問。如您同意自願遵守受試者須知及同意書所列有關規定，請在下欄內簽名

自願者：　　(簽名)

說明者：　　(簽名)

日期：民國　　年　　月　　日

指 導 教 授 ：謝慶良教授

研究生：張光遠醫師　　聯絡電話：

附錄三、健康調查表

過去一年間，醫師是否告訴您有下列狀況，或是您曾患有之疾病：

□高血壓　　□心臟病

□糖尿病　　□中風

□腎臟病　　□痛風

□貧血　　□心律不整

□很快站起時會頭暈痛□暈厥

□肺炎　　□慢性支氣管炎

□肺結核　　□氣喘

□過敏　　□甲狀腺疾患

□胃、十二指腸潰瘍　□肝硬化或其它肝病

□癌症　　□風濕症

□心理異常　□精神分裂□狂躁□憂鬱 □癲癇□頭痛□失眠

□酗酒□藥物過敏□長期服用藥物_____

□其它重要疾病_____

□過去一年曾否住院或開刀，原因_____

□過去一年內曾否作健康檢查

□是否曾用針灸治病而暈針

姓名：_____

填表日期：_____

附錄四、個人基本資料

姓名：_____ 年齡：____ 出生日期：____年____月____日

身份證字號：

聯絡地址：

聯絡電話：

身高_____公分 體重_____公斤

T:_____℃ P:_____beat/min R:_____

BP:_____mmHg

NCV

LENGTH OF UPPER LIMB

實驗日期：_____年_____月_____日_____時_____分

英文摘要

THE STUDY IN EFFECT OF ACUPUNCTURE AND TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL NERVE STIMULATION AT HEGU ACUPOINT ON THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM: SOLEUS H-REFLEX AND CUTANEOUS REFLEX

Qwang-Yuen Chang, Jaung-Geng Lin, Ching-Liang Hsieh

Several studies find that manual acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) are via different mechanisms and generate different effect on the central nervous system, therefore, the aim of the present study was to compare the effect of manual acupuncture (MA) and TENS on the spinal cord using H-reflex recordings. A total of 13 healthy adult volunteers were studied. The electrical stimuli were delivered to the posterior tibial nerve transcutaneously at the left popliteal fossa to evoke the soleus H-reflex. MA, 2Hz TENS, 100Hz TENS, respectively, was applied to the surface of the right first dorsal interosseous muscle exactly at the Hegu acupoint (LI.4). Four assessments were performed randomly, separated by an interval of at least three days in all the subjects as follows: 1) Control assessment: a pair of electrodes placed on the surface of the right Hegu acupoint (LI.4), but no electrical stimulation was delivered throughout the test; 2) MA assessment: MA was done at the right Hegu acupoint (LI.4) for 15 minutes; 3) TENS assessment at 2Hz: electrical stimulation (40 mA in intensity) at 2Hz was applied to the surface of the right Hegu acupoint (LI.4) for 15 minutes; 4) TENS assessment at 100Hz: electrical stimulation (20 mA in intensity) at 100 Hz was applied to the surface of the right Hegu acupoint (LI.4) for 15 minutes. Each assessment was divided into three periods as follows: 1) Baseline period: H-reflexes recorded prior to MA or TENS; 2) TENS period: six H-reflex recordings after MA or TENS for a duration of 4-5 min, 9-10 min and 14-15 min, respectively; 3) Post TENS period: H-reflex recordings of 6 after TENS period 4-5 min and 9-10 min, respectively. Our results indicate that both 2Hz TENS and 100Hz TENS increased the amplitude of the H-reflex, and that these increases may be retained longer with 100 Hz TENS than with 2 Hz TENS, whereas MA could not increase the amplitude of the H-reflex. MA, TENS at 2 Hz or 100 Hz didn't change the latencies of the H-reflexes. We conclude that both 2Hz and 100Hz TENS increased the amplitude of the H-reflex,

suggesting that TENS enhances the excitability of the motoneuron pool in the spinal cord, and 100Hz TENS has a greater effect than 2Hz TENS, whereas MA was not similar effect to TENS on spinal cord.

Our previous studies have known that the cerebral cortex plays a modulator role in the physiological mechanisms of acupuncture and 2Hz electroacupuncture (EA), but either acupuncture or 2Hz EA has no effect on spinal cord. In addition, 2Hz or 100Hz transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) applied to Hegu acupoint can increase the amplitude of the H-reflex, whereas manual acupuncture has no similar effect. Therefore, the aim of the following study was to further investigated the effect of 2Hz EA, 2Hz or 100Hz TENS on cutaneous reflex (CR). A total of 13 healthy adult volunteers were studied. CR recordings were obtained on the right first dorsal interosseous muscle by electrical stimulation of the ipsilateral index finger. 2Hz EA, 2Hz or 100Hz TENS was applied to the surface of the left Hegu acupoint (LI.4), and then the changes of CR were observed. The results indicated that CR was characterized by an initial short latency excitatory wave (E1), followed by an inhibitory wave (I1), then a long latency excitatory wave (E2). Both 2Hz EA and 2Hz TENS applied to the surface of the left Hegu acupoint (LI.4) could prolong the latencies of I1 component of CR, whereas 100Hz TENS has no similar effect. In addition, either EA or TENS could not change the latencies of E1, E2 component and the amplitudes of I1, E2 component of CR. In conclusion, 2Hz EA or 2Hz TENS applied to the Hegu acupoint (LI.4) prolonged the latencies of I1 component of CR, suggesting that the action site of 2Hz EA or 2Hz TENS located in the supraspinal, possibly in the subcortical or cortical level. In addition, the electrical stimulation of higher frequency such as 100Hz TENS is easier causing the habituating development of CR.

Keywords: manual acupuncture, electroacupuncture, transcutaneous electrical stimulation, Hegu acupoint, H- reflex, cutaneous reflex

參考文獻

1 Hsieh CL, Li TC, Lin CY, Tang NY, Chang QY, Lin JG. Cerebral cortex participation in the physiological mechanisms of acupuncture stimulation: a study by auditory endogenous potentials (P300). Am J Chin Med. 1998; 26(3-4): 265-274.

2 Hsieh CL. Modulation of cerebral cortex in acupuncture stimulation: A study using sympathetic skin response and somatosensory evoked potentials. Am J Chin Med. 1998; 26(1): 1-11.

3 Willer JC, Roby A, Boulu P. Comparative effects of electroacupuncture and transcutaneous nerve stimulation on the human blink reflex. Pain. 1982; 14: 267-278.

4 Han JS, Chen XH, Sun SL, Xu XJ, Yuan Y, Yan SC, Hao JX, Terenius L. Effect of low-and high-frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. Pain. 1991; 47: 295-298.

5 Lee JH, Beitz AJ. Electroacupuncture modifies the expression of c-fos in the spinal cord induced by noxious stimulation. Brain Res. 1992; 557: 80-91.

6 Hsieh CL, Wu CH, Lin JG, Chiu CC, Chen M, Hsieh CT. The physiological mechanisms of 2 Hz electroacupuncture: A study using blink and H reflex. Am J Chin Med. 2002; 30(2&3): 369-378.

7 Schieppati M. The Hoffmann reflex: a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man. Prog Neurobiol. 1987; 28: 345-376.

8 Berardelli, A, Hallett, M., Kaufman, C. Stretch reflexes of triceps surae in normal man. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1982; 45: 513-25.

9 Milner-Brown SH, Girvin JP, Brown WF. The effects of motor cortical stimulaiton on the excitability of spinal motoneurons in man. Can J Neurol Sci 1975; 2: 245-53

10 Owens LA, Peterson CR, Burdick AB. Familial spastic paraplegia: a clinical and electrodiagnostic evaluation. Arch Phys Med Rehabil. 1982; 63: 357-61.

11 Vecchierini-Blineau MF, Guiheneuc P. Exicitability of the monosynaptic reflex pathway in the child from birth to four years of age. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1981; 44:309-14.

12 Yu YH, Wang HC, Wang ZJ. The effect of acupuncture on spinal motor neuron excitability in stroke patients. Chin Med J (Taipei). 1995; 56: 258-63.

13 Potisk KP, Gregoric M, Vodovnik I. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on spasticity in patients with hemiplegia. Scand J Rehabil Med. 1995; 27: 169-74.

14 Walker JB. Modulaton of spasticity: prolonged suppression of a spinal reflex by electrical stimulation. Science. 1982; 216(9): 203-4.

15 **袁毓，嚴尚誠：跨穴位皮膚電刺激治療脊髓性肌痙攣。中華醫學雜誌** 1993; 73(10): 593-95.

16 Han JS, Chen XH, Yuan Y, Yan SC. Transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of spinal spasticity. Chin Med J. 1994; 107(1): 6-11.

17 Caccia MR, McComas AJ, Upton ARM, Blogg T. Cutaneous reflexes in small muscles of the hand. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1973; 36: 960-77.

18 Garnett R, Stephens JA. The reflex responses of single motor units in human first dorsal interosseous muscle following cutaneous afferent stimulation. J Physiol (Lond.) 1980; 303: 351-64.

19 Fuhr P, Zeffiro T, Hallett M. Cutaneous reflexes in Parkinson's disease. Muscle Nerve. 1992; 15: 733-39.

20 Jenner JR, Stephens JA. Cutaneous reflex responses and their central nervous pathways studied in man. J Physiol (Lond). 1982; 333: 405-19.

21 Jenner JR, Stephens JA. Evidence for a transcortical cutaneous reflex response in man. J Physiol. 1979; 293: 39-40.

22 Friedli WG, Fuhr P. Electrocutaneous reflexes and multimodality evoked potentials in multiple sclerosis. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1990; 53: 391-7.

23 **明 楊繼洲：針灸大成，志遠書局，台北** 1989；pp. 438-39.

24 **詹遠華，電療學，大學圖書出版社，台北** 1994; p.29.

25 **李國政，周鼎文，溫享盛，實用家庭電針保健法，志遠書局，台北，** 1995; pp.1-3.

26 **徐玉枝，電子療法健康讀本，青春出版社，台北** 1992; pp.44-45.

27 Melzack R and Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. Science. 1965; 150: 971-979.

28 羅和春，庫寶善，電針治療常見精神疾病，北京醫科大學/中國協和醫科大學聯合出版社，北京 1993; pp.49-50.

29 楊榮森，復健醫學，合記書局，台北 1991; pp.365-366.

30 Wang JQ, Mao LM, Han JS. Comparison of the antinociceptive effects induced by electroacupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation in the rat. Int J Neurosci. 1992; 65: 117-129.

31 Han JS, Chen XH, Yuan Y, Yan SC. Transcutaneous electric nerve stimulation for treatment of spinal spasticity. Chin Med J. 1994; 107: 6-11.

32 余安勝：穴位形態學研究進展。上海針灸雜誌 1995; 14(3): 133-135.

33 Kawakita K. Polymodal receptor hypothesis on the peripheral mechanisms of acupuncture and moxibustion. Am J Acupunct. 1993; 21(4): 331-338.

34 史文春、趙昱、張保真：P 物質和組胺在經絡信息傳遞中的作用。中國針灸 1995; 4: 33-35.

35 沈自尹：中醫理論現代研究，啟業書局，台北 1988; pp.574-583.

36 林文注、陳國美、陳思敏、沈靜燕：不同類別傳入神經纖維在針刺鎮痛中的作用。上海針灸雜誌 1985; (1): 7-11.

37 林文注：實驗針灸學，上海中醫學院出版社 1989; pp.43-46.

38 Lu GW. Characteristics of afferent fiber innervation on acupuncture points zusanli. Am J Physiol 1983; R611.

39 季鍾朴：中西醫結合雜誌特Π集，中國中醫研究院，北京 1988; p.22.

40 秦潮：關於針刺鎮痛傳入纖維類別的研究。上海針灸雜誌 1990; 3: 41-43.

41 唐敬師、史文春、侯宗濂：不同頻率電針對外周神經中各類神經纖維興奮性的影響。針刺研究 1987; 12(1): 68-72.

42 沈自尹：中醫理論現代研究，啟業書局，台北 1988; pp.574-583.

43 尹中玉：針刺兔神門穴減慢心跳的作用機理。生理學通報 1986; 2: 3.

44 孫曙霞、王金良、尹中玉：針刺神門、陰? 減慢心率的機理探討。上海針灸雜誌 1993; 12(3): 124-125.

45 Lee JH and Beitz AJ. The distribution of brain-stem and spinal cord nuclei associated with different frequencies of electroacupuncture analgesia. Pain. 1993; 52: 11-28.

46 Takeshige C, Sato T, Mera T, Hisamitsu T, Fang J. Descending pain inhibitory system involved in acupuncture analgesia. Brain Res.Bull. 1992; 29: 617-634.

47**紀如榮：電針刺激引起中樞原癌基因和阿片？基因的表達及其定位。生理科學進展** 1993; 24(4): 341-343.

48 Liu X, Zhu B, Zhang SX. Relationship between electroacupuncture analgesia and descending pain inhibitory mechanism of nucleus raphe magnus. Pain. 1986; 24: 383-396.

49 Han JS, Chou PH, Lu CC, Lu LH, Yang TH, Jen MF. The role of central 5-hydroxytryptamine in acupuncture analgesia. Scientia Sinica. 1979; 22: 91-104.

50 Qian ZN, Gu ZL, Pan JX. Effects of acupuncture analgesia on the monoamine transmitters levels in the striata and spinal cord in rats. Chen Tzu Yen Chiu. 1985; 3: 199-201.

51 Zhu S, Shi F, Liu Z, Jiang J. Autoradiographic visualization on the role of central 3H-5-hydroxytryptamine in acupuncture analgesia. Chen Tzu Yen Chiu. 1990; 4: 269-273.

52 Sun F, Xu M, Xu S. Effects of microinjections of naloxone and p-chloroamphatamine into rabbit central grey matter on acupuncture analgesia. Acta Physiol. Sin. 1982; 34(2): 173-178.

53 Tsai HY, Chen YF, Lin JG. Effect of electroacupuncture on the serotonergic neurons in rat central nervous system. Chin. Pharm. J. 1989; 41(2): 123-126.

54 Wang Y, Wang S. Effects of intraperitoneal injection of bicuculine or atropine on electroacupuncture analgesic effect and the change of brain noradrenaline content in rats. Chen Tzu Yen Chiu. 1988; 1: 310-313.

55 Xie CW, Tang J, Han JS. Central norepinephrine in acupuncture analgesia:differential effects in the rat brain and spinal cord. Acta Physiol.Sin. 1983; 35(2): 186-192.

56**韓濟生：針刺鎮痛的神經化學原理，中國醫藥科技出版社，北京** 1987; pp.149-151.

57 Pickel V, Joh TH, Reis DJ. A serotonergic innervation of noradrenergic neurons of

the nucleus locus ceruleus: demenstration by immunocytochemical localization of the transmitter specific enzymes tyrosin and tryptophan hydroxylase. Brain Res. 1977; 308: 197-214.

58 Crespi F, Buda M, McRae DA, Pujol JF. Alteration in tyrosine hydroxylase activity in the LC alter administration of p-chlorophenylalanine. Brain Res. 1980; 19: 501-509.

59 Zhu JM, He XP, Cao XD. Changes of releases of β-endorphin-like immunoreactive substances and noradrenaline in rabbit's preoptic area during acupuncture analgesia. Acta Physiol. Sin. 1990; 42(2): 188-193.

60 Yuan H, Han JS. Electroacupuncture accelerates the biogenesis of central enkephalins in the rat. Acta Physiol.Sin. 1985; 37(3): 265-273.

61 Xie CW, Zhang WG, Hong XJ, Han JS. Relation between the content of central met-enkephalin and the analgesic effect of electroacupuncture in rats. Acta Physiol. Sin. 1984; 36(2):192-197.

62**韓濟生：從阿片與抗阿片？這一對矛盾中研究針刺鎮痛原理。疼痛醫學雜誌** 1993; 3: 120-124.

63**羅非、韓濟生：阿片樣物質的外周鎮痛作用。生理科學進展** 1993; 24(1): 64-66.

64 **韓濟生、湯健、范少光、任民峰、周仲福、張萬琴、梁熙南：中樞** 5-**色胺和鴉片樣物質在針刺鎮痛中的作用。針刺研究** 1980; 5: 39-43.

65 **周麗、曹小定、吳根誠：外側網狀旁巨細胞核在痛覺調制系統中的地位和作用。生理科學進展** 1993; 24(4): 321-325.

66 Tsai HY, Lin JG, Inoki R. Further evidence for possible analgesic mechanism of electroacupuncture: effects on neuropeptide and serotonergic neurons in rat spinal cord. Jpn J Pharm. 1989; 49: 181-185.

67 **唐敬師、袁斌、張玉秋、張尹：丘腦中央下核在痛覺感受與痛覺調制中的作用。生理科學進展** 1995; 26(4): 312-316.

68 **韓濟生：八呔膽囊收縮素**(CCK-8)**的抗阿片作用及其機理研究。中醫藥雜誌** 1993; 4(2): 115-123.

69 **崔蒙：試論針刺治療急性腦缺血性疾病存在的潛在性危險。中醫雜誌** 1995; 36(6): 364-366.

70 Cheng R, Pomeranz B. Electroacupuncture analgesia could be mediated by at least

two-relieving mechanism: endorphin and non-endorphin system. Life Sci. 1979; 25: 1957-1962.

71 **魏凌雲：針灸科學與技術，台灣中華書局，台北** 1987; pp.144-149.

72 Johnansson B. Circulatory responses to stimulation of somatic afferents. Acta Physiol Sin. 1962; 57: (supple 198) 5.

73 Li P. Modulatory effect of somatic inputs on medullary cardiovascular neuronal function. News Physiol Sci 1991; 6: 69.

74 **王淑芬、陳楊文、徐百川：不同型態短期電刺激於脊髓橫切動物的雷射誘發脊柱電位之立即效果-初步報告。中華物療誌** 1994; 19(2): 156-164.

75 Lin JG, Chen XH, Han JS. Antinociception produced by 2 and 5KHz peripheral stimulation in the rat. Intern J Neuroscience. 1992; 64: 15-22.

76 Cheng R, Pomeranz B. Electroacupuncture analgesia could be mediated by at least two-relieving mechanism: endorphin and non-endorphin system. Life Sci 1979; 25: 1957-1962.

77 Sjolund, Eriksson. The influence of naloxone on analgesia produced by peripheral electroning stimulation. Brain Res 1979; 173: 295-301.

78 Han JS, Ding XZ, Fan SG. The frequency as the cardinal determinant for electroacupuncture analgesia to be reversed by opioid antagonists. Acta Physiol Sin 1986; 38(5): 475-482.

79 Chen XH, Han JS. Analgesia induced by electroacupuncture of different frequencies is mediated by different types of opioid receptors: Another cross-tolerance study. Behav Brain Res 1992; 47: 143-149.

80 Chen XH, Han JS. All three types of opioid receptors in the spinal cord are important for 2/15Hz electroacupuncture analgesia. Eur J Pharm 1992; 211: 203-210.

81 Han JS. Antibody microinjection: A new approach for studying the functions of neuropeptides. Chin Med J 1987; 100: 459-464.

82 **費宏、謝國璽、韓濟生：不同頻率電針的鎮痛效果與脊髓內甲啡？和強啡？釋放量有關。科學通報** 1986; 31(19): 1512-1515.

83 **邊景檀：脊髓中 P 物質參與電針鎮痛的研究。生理科學進展** 1995; 26(4): 325-328.

84 Wang Q, Mao LM, Han JS. The arcuate nucleus of hypothalamus mediates low but not high frequency electroacupuncture analgesia in rats. Brain Res 1990; 513: 60-66.

85 Wang Q, Mao LM, Han JS. Analgesic electric stimulation of the hypothalamic arcuate nucleus: tolerance and its cross tolerance to 2Hz or 100Hz electroacupuncture. Brain Res 1990; 518: 40-46.

86 Lee JH, Beitz AJ. Electroacupuncture modifies the expression of c-fos in the spinal cord induced by noxious stimulation. Brain Res 1992; 557: 80-91.

87 Cheng R, Pomeranz B. Electroacupuncture analgesia could be mediated by at least two-relieving mechanism: endorphin and non-endorphin system. Life Sci 1979; 25: 1957-1962.

88 Zhang M, HanJS. 5-hydroxytryptamine is an important mediator for both high and low frequency electroacupuncture analgesia. Acup Res 1985; 10(3): 212-215.

89 **游明謙：中樞單胺及類鴉片接受體在不同頻率電針引起鎮痛機轉研究，中國醫藥學院中醫所碩士論文** GICMS-156，1995.

90 **郭啟中：不同頻率之電針對於脊髓** 5-**色胺及類鴉片接受器之作用機轉研究，中國醫藥學院中醫所碩士論文** GICMS-150，1995.

91 Hoffman P. Uber die Beziehungen der Schenreflexe zurwillkurlichen Bewegun zum Tonus. Z Biol 1918; 68: 351-370.

92 Magladery JW, McDougal DB. Electrophysiological studies of nerve and reflex in normal man.I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibers. Bull Johns Hopkins Hosp 1950; 86: 265-290.

93 Katirji MB, Weissman JD. The tibial H reflex and the ankle jerk. Muscle Nerve 1988; 11: 971.

94 Falco FJ, Hennessey WJ, Goldberg G, Braddom RL. H reflex latency in the healthy elderly. Muscle Nerve 1994; 17:161-167.

95 Hodes R. Effects of age, consciousness, and other factors on human electrically induced reflexes (EIRs). Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl 1967; 25: 80-91.

96 Jabre JF. Surface recordings of the H-reflex of the flexor carpi radialis. Muscle Nerve 1981; 4: 435-438.

97 Schimsheimer RJ, Ongerboer de Visser BW, Kemp B, Bour LJ. Flexor carpi radialis H-reflex in polyneuropathy:Relations to conduction velocities of the median nerve and the soleus H-reflex latency. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1987; 50: 447-452.

98 Magladery JW, McDougal DB. Electrophysiological studues of nerve and reflex activity in normal man. I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibres. Bull Johns Hopkins Hosp 1950; 86: 265-290.

99 Gottlieb GL, Agarwal GC. Extinction of the Hoffman reflex by antidromic conduction. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1976; 41: 19-24.

100 Trontelj JV. A study of the H-reflex by single fibre EMG. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1973; 36: 951-959.

101 Veale JL, Rees S. Renshaw cell activity in man. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1973; 36: 674-683.

102 Dawson GD, Merton PA. Recurrent discharges from motoneurons, in Proceedings of the Second International Congress of Physiological Science, Brussels 1965; 221-222.

103 Kimura J, Daube J, Burke D, Hallett M, Cruccu G, Ongerboer de Visser BW, Yanagisawa N, Shimamura M, Rothwell J. Human reflexes and late responses. Report of an IFCN committee. Electrencephalogr Clin Neurophysiol 1994; 90: 393-403.

104 Bruke D, Adams RW, Skuse NF. The effect of voluntary contraction on the H reflex of various limb muscles. Brain1989; 112: 417-433.

105 Hugon M. Methodology of the Hoffman reflex in man, in Desmedt JE (ed): New developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology. Basel, Karger, 1973; 3: 277-293.

106 Braddom RL, Johnson EW. Standardization of H reflex and diagnostic use in S-1 radiculopathy. Arch Phys Med Rehabil 1974; 55: 161-166.

107 Nishida T, Levy CE, Lewit EJ, Janssen I. Comparison of three methods for recording tibial H reflex: a clinical note. Am J Phys Med Rehabil 1999; 78(5): 474-76.

108 Fisher MA. AAEM Minimonograph: 13: H reflexes and F waves: physiology and clinical indications. Muscle Nerve 1992; 15: 1223-1233.

109 Buschbacher RM. Normal range for H-reflex recording from the calf muscles. Am J Phys Med Rehabil 1999; 78(6)suppl: S75-79.

110 Urbscheit N, Bishop B. Effects of cooling on the ankle jerk and H-response. Phys Ther 1970; 50: 1041-9.

111 Bell KR, Lehmann JF. Effect of cooling on H- and T-reflexes in normal subjects. Arch Phys Med Rehabil 1987; 68: 490-3.

112 Knutsson E, Mattsson E. Effect of local cooling on monosynaptic reflexes in man. Scan J Rehabil Med 1969; 1: 126-32.

113 Kimura J. Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscvle: Principles and Practice, ed2.Philadelphia, FA Davis, 1989; pp. 356-361.

114 Morelli M, Seaborne DE, Sullivan SJ. H-reflex modulation during manual muscle massage of human triceps surae. Arch Phys Med Rehabil 1991; 72: 915-919.

115 Sullivan SJ, Williams LR, Seaborne DE, Morelli M. Effects of massage on alpha motoneuron excitability. Phys Ther 1991; 71(8): 555-560.

116 Delwaide PJ. Excitability of lower limb myotatic reflex arcs under the influence of caloric labyrinthine stimulation:Analysis of the postural effects in man. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1977; 40: 970-974.

117 Delwaide PJ, Juprelle M. The effects of caloric stimulation of the labyrinth on the soleus motor pool in man. Acta Neurol Scand 1977; 55: 310-322.

118 Hodes R. Effects of age, consciousness, and other factors on human electrically induced reflexes(EIRs). Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl 1967; 25: 80-91.

119 Burke D, McKeon B, Skuse NF. Irrelevance of fusimotor activity to the Achilles tendon jerk of relaxed humans. Ann Neurol 1981; 10: 547-550.

120 Burke D, McKeon B, Skuse NF. Dependence of the Achilles tendon reflex on the excitability of spinal reflex pathways. Ann Neurol 1981; 10: 551-556.

121 Delwaide PJ, Toulouse P. Jendrassik maneuver vs controlled contraction conditioning the excitability of soleus monosynaptic reflexes. Arch Phys Med Rehabil 1980; 61: 506-510.

122 Hagbarth KE. The effect of muscle vibration in normal man and in patients with motor disorders, in Desmedt JE(ed): New Developments in Electromyography

and Clinical Neurophysiology. Basel,Karger,1973,vol3, pp428-443.

123 Godaux E, Desmedt JE. Human masseter muscle: H- and tendon reflexes. Their paradoxical potentiation by muscle vibration. Arch Neurol 1975; 32: 229-234.

124 **譚寶璇、陳潔文、李小英：針刺顱骨矢狀縫區對健康人脊髓反射的影響。廣州中醫藥大學學報** 1997; 14(1): 45-6.

125 Goulet C, Arsenault AB, Levin MF, Bourbonnais D, Lepage Y. Absence of consistent effects of repetitive transcutaneous electrical stimulation on soleus H-reflex in normal subjects. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 1132-6.

126 Willer JC, Broucker TD, and Bars DL. Encoding of nociceptive thermal stimuli by diffuse noxious inhibitory controls in humans. J Neurophysiol 1989; 62(5): 1028-1038.

127 **吳進安：神經診斷學，國立編譯館，**1998; p.215.

128 Kimura J, Daube J, Burke D, Hallett M, Cruccu G, Ongerboer de Visser BW, Yanagisawa N, Shimamura M, Rothwell J. Human reflexes and late responses. Report of an IFCN committee. Electrencephalogr Clin Neurophysiol 1994; 90: 393-403.

129 Braddom RI, Johnson EW. Standardization of H reflex and diagnostic use in S1 radiculopathy. Arch Phys Med Rehabil 1974; 55: 161-166.

130 **吳進安、朱復禮：五十位正常成人之** H **反射及** F **反應。中華醫誌** 1982; 29: 271-7.

131 Delwaide PJ. Contribution of human reflex studies to the understanding of the pyramidal syndrome, in Shahani BT(ed): Electromyography in CNS Disorders: Central EMG. Boston, Butterworths,1984, pp77-109.

132 Delwaide PJ. Human monosynaptic reflexes and presynaptic inhibition. In: JE Desmedt JE(ed):New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology. Basel,Karger,1973, vol3, pp508-522.

133 Eisen A, Hoirch M, White J, Calne D. Sensory group Ia proximal conduction velocity. Muscle Nerve 1984; 7: 636-641.

134 Troni W, Cantello R, Rainero E. The use of the H reflex in serial evaluation of nerve conduction velocity. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1983; 55: 82-90.

135 Schimsheimer RJ, Ongerboer de Visser BW, Kemp B, Bour LJ. Flexor carpi

radialis H-reflex in polyneuropathy:Relations to conduction velocities of the median nerve and the soleus H-reflex latency. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1987; 50: 447-452.

136 Troni W. Analysis of conduction velocity in the H pathway. Part 2. An electrophysiological study in diabetic polyneuropathy. J Neurol Sci 1981; 51: 235-246.

137 Wager EW, Buerger AA. A linear relationship between H-reflex latency and sensory conduction velocity in diabetic neuropathy. Neurology 1974; 24: 711-714.

138 Aiello I, Rosati G, Serra G, Manca M. The diagnostic value of H-index in S1 root compression. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1981; 44: 171-172.

139 Schimsheimer RJ, de Visser BW, Kemp B. The flexor carpi radialis H-reflex in lesions of the sixth and seventh cervical nerve roots. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1985; 48: 445-449.

140 Delwaide PJ. Human monosynaptic reflexes and presynaptic inhibition. In: JE Desmedt JE(ed):New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology. Basel,Karger, 1973, vol3, pp508-522.

141 Fuhr P, Friedli WG. Electrocutaneous reflexes in upper limbs- reliability and normal values in adults. Eur Neurol 1987; 27: 231-8.

142 Evans AL, Harrison LM, Stephens JA. Maturation of the cutaneomuscular reflex recorded from the first dorsal interosseous muscle in man. J physiol.1990; 428: 425-440.

143 Chen CC, Chen JT, Wu ZA, Kao KP, Liao KK. Cutaneous reflexes in patients with acute lacunar infarctions. J Neurol Sci 1998; 159: 28-37.

144 Chen R, Ashby P, Lang AE. Stimulus-sensitive myoclonus in akinetic-rigid syndromes. Brain. 1992, 115: 1875-1888.

145 Eke-Okoro ST. The H-reflex studied in the presence of alcohol, caffeine, force and fatigue. Electromyogr Clin Neurophysiol. 1982; 22: 579-89.

146 Hayes KC, Sullivan SJ. Tonic neck reflex influence on tendon and Hoffmann reflexes in man. Electromyogr Clin Neurophysiol. 1976; 16: 251-61.

147 Kimura J. Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice, ed2. Philadelphia, FA Davis, 1989; pp356-361.

148 Nishida, T., Levy, C. E., Lewit, E. J., et al. Comparison of three methods for recording tibial H reflex: A clinical note. Am J Phys Med & Rehabil. 1999; 78(5): 474-76.

149 Táboriková, H., Sax, D. S. Motoneurone pool and the H-reflex. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1968; 31: 354-361.

150 Sica, R. EP, McComas, AJ, Upton ARM. Impaired potentiation of H-reflex in patients with upper motorneurone lesion. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1971; 34: 712-717.

151 Trontelj JV. A study of the H-reflex by single fiber EMG. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1973; 36: 951-959.

152 Delwaide PJ, Crenna P, Fleron MH. Cutaneous nerve stimulation and motoneuronal excitability: I, soleus and tibialis anterior excitability after ipsilateral and contralateral sural nerve stimulation. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1981; 44: 699-707.

153 Mazzini L, Balzarini C, Gareri F. H-reflex changes in the course of amyotrophic lateral sclerosis. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1997; 104: 411-417.

154 Delwaide PJ, Crenna P. Cutaneous nerve stimulation and motoneuronal excitability.II: evidence for non-segmental influences. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1984; 47: 190-196.

155 Willer JC, Broucker TD, Bars DL. Encoding of nociceptive thermal stimuli by diffuse noxious inhibitory controls in humans. J Neurophysiol 1989; 62(5): 1028-1038.

156 Pereon Y, Genet R, Guiheneuc P. Facilitation of motor evoked potentials: timing of Jendrassik maneuver effects. Muscle Nerve 1995; 18(12): 1427-1432.

157 Dowman R, Wolpaw JR. Jendrassik maneuver facilitates soleus H-reflex without change in average soleus motoneuron pool membrane potential. Experimental Neurology 1988; 101: 288-302.

158 Zehr EP, Stein RB. Interaction of the Jendrassik maneuver with segmental presynaptic inhibition. Exp Brain Res 1999; 124: 474-480.

159 Dowman R, Wolpaw JR. Jendrassik maneuver facilitates soleus H-reflex without change in average soleus motoneuron pool membrane potential. Experimental Neurology 1988; 101: 288-302.

160 Meunier S, Pierrot-Deseilligny. Cortical control of presynaptic inhibition of the Ia

afferents in humans. Exp Brain Res 1998; 119: 415-426.

161 Pomeranz B. Naloxone blockade of acupuncture analgesia: endorphin implicated. Life Sci 1976; 19: 1757-1762.

162 Han JS and Terenius L. Neurochemical basis of acupuncture analgesia. Ann Rev Pharmacol Toxicol 1982; 22: 193-220.

163 Melzack R, and Wall PD: Pain mechanisms: a new theory. Science 1965; 150: 971-979

164 Baldry PE, and Thompson W. Acupuncture, trigger points and musculoskeletal pain (2nd ed.) New York and Tokyo: Churchill Livingstone 1993; pp.105-110.

165 Sica, R. E. P., McComas, A. J., Upton, A.R. M. Impaired potentiation of H-reflex in patients with upper motorneurone lesion. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1971; 34: 712-717.

166 Garcia, H. A., Fisher, M. A., Gilai, A. H reflex analysis of segmental reflex excitability in flexor and extensor muscles. Neurology. 1979; 29: 984-991.

167 **黃華民，臨床神經解剖學基礎，合記書局，台北** 1998；p.188.

168 Deuschl G, Schenk E, Lucking CH. Electrically elicited long-latency reflexes in thenar muscles: abnormal patterns in central movement disorders. J Neurol (suppl), 1985; 232:255.

169 Venema HW. Spatial distribution of fiber types in skeletal muscle: Test for a random distribution-A reply. Muscle Nerve. 1989; 12: 696-698.

170 Harrison LM, Norton JA, Stephen JA. Habituation of cutaneomuscular reflexes recorded from the first dorsal interosseous and triceps muscle in man. J Neurol Sci. 2000; 177: 32-40.