

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

電針刺激對脊髓損傷鼠血壓之影響

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2320-B-040-026-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：中山醫學大學醫學系生理學科

計畫主持人：林則彬

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 11 月 1 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

計畫名稱：電針刺激對脊髓損傷鼠血壓之影響

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 94-2320-B-040-026-

執行期間：94年8月31日至95年7月31日

計畫主持人：林則彬

共同主持人：

計畫參與人員：廖娟妙

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

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

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中山醫學大學生理科

中華民國 95 年 10 月 30 日

中文摘要：

關鍵詞：大白鼠、電針、血壓、心率、體-交感神經反射、脊髓損傷、合谷穴、自主神經

已証實電針刺激合谷穴位 (Hoku acupoint) 可以透過體-交感神經反射 (somatic-sympathetic reflex)，引發小動脈收縮、心律及心臟收縮力增加，使大白鼠血壓產生加壓反應；同時可抑制胃迷走神經活性而降低胃平滑肌之過度活動，即針對特定穴位的刺激，可調節自主神經系統的功能。另外已知大多數急性脊髓損傷病患，脊髓交感神經因喪失來自中樞的張力性興奮性支配 (tonic excitatory drive)，導致無法有效增加心臟收縮及輸出量、心率不整、心搏徐緩及起坐性低血壓 (orthostatic hypotension)、運動中低血壓或自主神經異常反射等自主神經功能失調症狀，因而可能危及生命。

本研究主要想探討電針刺激合谷穴所引發體-交感神經反射，對急性脊髓損傷鼠血壓所產生之影響，以大白鼠為實驗動物，利用外科手術將第七頸椎及第一胸脊髓 (C7、T1) 完全橫斷，手術一週後，先對偽手術組 (控制組) 及脊髓損傷動物 (實驗組) 進行傾斜床 (Tilting table) 試驗，傾斜角度為 30 度時，控制組及實驗組在第三分鐘的平均血壓分別為傾斜前的 $93.99 \pm 1.69\%$ 及 $103.67 \pm 1.11\%$ ($P < 0.05$)，實驗組的心跳頻率在傾斜後雖有下降但與控制組未呈現顯著差異；當傾斜角度增為 60 度時，實驗組的平均血壓明顯一路下降至 $79.63 \pm 5.6\%$ ，控制組的平均血壓變化量不大，平均為 $101.57 \pm 0.67\%$ ，兩組有顯著差異 ($P < 0.05$)，兩組的心率變化在傾斜前後無明顯變化。由上述實驗結果得知脊髓損傷鼠在改變姿勢使血壓急速下降後，無法像正常鼠一樣立即有效調控血壓變化。另外分別以 2Hz 與 20 Hz 兩種頻率，刺激強度為 $20 \times T$ (T 為能引起肌肉收縮之最小電流閾值)，在左前肢合谷 (Li-4) 及後肢之足三里穴 (St-36) 兩處穴位施予電針刺激，發現以 2Hz 刺激合谷穴，使正常鼠的血壓及心率持續增加至電針刺激結束才恢復正常，但正常鼠的增加幅度明顯高於實驗鼠 [刺激後第 30 秒的血壓變化分別為 $129.79 \pm 6.08\%$ / $106.65 \pm 1.77\%$ ($P < 0.05$)；心率變化為 $114.16 \pm 4.31\%$ / 100 ± 0.135 ($P < 0.05$)]，以高頻刺激合谷穴位發現，兩組老鼠的平均血壓迅速增加，隨後血壓在 4~5 分鐘後逐漸恢復正常，但正常鼠的增加量較實驗鼠顯著 [刺激後第 30 秒的血壓變化分別為 $142.59 \pm 2.95\%$ / $111.71 \pm 1.63\%$ ($P < 0.05$)]，高頻刺激則使心率持續增加至刺激結束始恢復正常，但正常鼠的增加量較實驗鼠顯著 [刺激後第 30 秒的心率變化分別為 $124.05 \pm 6.71\%$ / $100.33 \pm 0.19\%$ ($P < 0.05$)]，顯見脊髓損傷鼠對電針刺激的反應雖低於正常鼠，但藉由適當的功能性電針刺激，應對急性脊髓損傷患者循環系統、血壓變化或其他內臟功能的改善有所助益。

英文摘要：

Keywords : Rat, electroacupuncture, blood pressure, heart rate, somatic-sympathetic reflex, Hoku, Tsuanli, spinal cord injury, autonomic nervous system,

Many investigators explore that acupuncture may modulate nerve activity influencing visceral function via somatic-sympathetic reflex. Recent studies in our laboratory have shown that electroacupuncture (Ea) at Hoku acupoint elicited a pressor effect on blood pressure by potentiation of sympathetic tone in urethane-anesthetized rats. Individuals with spinal cord injuries above thoracic level 6 (T6) experience life-threatening bouts of autonomic dysfunction. Hypotension, bradycardia and orthostatic hypotension immediately occur after the injury because of loss of tonic supraspinal excitatory drive to spinal sympathetic neurons.

We designed to perform the Ea stimulation at Hoku to examine the effect of Ea on cardiovascular function of acute spinal cord injured rat. Methods of the present study : One week post-T1 spinal cord transaction, the rats are instrumented with a brachial arterial catheter, blood pressure (BP), heart rate (HR) and electrocardiogram (ECG) are continuously recorded on a computer system (MP 30). The acupoints, Hoku (Li-4) and Tsusanli (ST36), are tested using Ea of 2 and 20 Hz with intensity of 20 times of motor threshold. Ea treatment is conducted for 10 min. Before the Ea stimulation, a 10-minute head-upright tilt test are conducted on spinal cord injured and sham operated animals. All parameters are measured simultaneously on a tilt table at 0, 30 and 60 degrees, respectively. We found that Ea at Hoku with appropriate stimulation parameters can modulate the autonomic dysfunction in acute spinal cord injured condition, and such a therapeutic technique has potential in clinical practice.

報告內容：

一、前言及文獻探討：

電針刺激之相關研究

針灸在中國用以治療各種疾病已有兩千多年的歷史，許多研究針灸生理機制的報告指出，針灸能透過體交感神經反射(somato-sympathetic reflex) 影響身體各部的內臟功能 (Andersson et al., 1973;Kline et al., 1978; Koizumi et al., 1980; Tsuchiya et al., 1991; Sato et al., 1993; Kimura et al., 1995; Liao et al., 2002)。

電針刺激對心臟血管系統的影響

目前已有許多針灸影響血壓的報告： Lovic (1995)等人指出，以低頻的電流刺激大白鼠腓神經(peroneal nerve)能造成血壓上昇的現象。Sugiyama (1995)的報告亦指出針灸刺激足三里穴會使正常受試者的血壓上昇。正常大白鼠以電針刺激合谷穴可以對血壓產生加壓之作用 (Ernst et al., 1985; Lin et al., 1998)，同時此一加壓之效應不為腎上腺摘除手術 (adrenalectomy) 所影響 (Lin and Fu, 2000)，顯示此一效應主要直接源自於心臟及血管系統之反應。Lin and Fu (2000)以靜脈注射阿爾發阻斷劑 (α -blocker) 阻斷了大部分的加壓效應，並由此推測系統性之小動脈收縮為電針刺激合谷穴血壓產生加壓現象之主要機制，而 Liao (in press) 等人更進一步利用靜脈同時注射阿爾發阻斷劑及貝他阻斷劑 (β -blocker) 的實驗方法，發現電針刺激合谷穴除了使血管平滑肌收縮，同時可興奮節律點及增加心肌收縮力，所以心臟在電針引發的加壓反應中也扮演重要角色。

電針刺激的各個參數

前述的各個實驗，雖然都同樣地使用針灸刺激引發加壓作用，但其作用的效用並未加以量化，在 Lin and Fu 的報告除了指出電針刺激正常大白鼠之合谷穴可以產生加壓之作用之外並將刺激的參數加以量化，並說明採用頻寬為 0.05 ms, 頻率為 2 Hz 與 20 Hz 的電針刺激，只要強度大於刺激閾值的五倍，便能夠引發系統血壓約 10% 的加壓反應。一旦刺激強度高於閾值的二十倍，系統血壓就會產生最大的反應，亦即血壓增加約 15%。

自主神經系統對心臟血管系統之影響

正常心跳的起源來自於特化的心臟傳導系統，具有自發及規律性放電能力的竇房結 (SA node) 將電訊號經由結間路徑(Internodal pathways) 傳入房室結 (AV node) 引發心房收縮；繼之經希氏束 (Bundle of His) 和左右束枝，最後經普金氏纖維 (Purkinje system) 傳入心室各處肌肉造成肌肉收縮，心臟因此不停的規律跳動

以供應血液到身體組織。

自主神經系統可藉由交感神經與副交感神經相互拮抗來影響心率與血壓，前者藉加速神經 (acceleratory nerves) 支配竇房結與其他心肌細胞，從這些神經纖維傳來的衝動使神經末梢釋放正腎上腺素 (Norepinephrine) 使心跳速率加快，心肌收縮強度增加，血管平滑肌收縮增加血管阻力而提升血壓；當副交感神經興奮則釋放乙醯膽鹼 (Acetylcholine) 使心率減慢、血管擴張、血壓下降。

副交感神經的抑制效應和交感神經的興奮效應間彼此正常的平衡乃由延髓的心跳中樞 (cardioinhibitor and cardioaccelerator reflex centers) 所調節，這些中樞接受循環系統各部份感覺衝動並以運動神經衝動相應之。例如位於心臟及血管壁上之壓力接受器可感測血壓之變化以改變 (增強或抑制) 血管收縮神經的張力性放電 (頸動脈竇反射、主動脈弓反射及右心房反射)，來達到不斷維持心跳速率及血壓之動態生理平衡 (Joyner and Shepherd, 1997)。

脊髓損傷導致自主神經失調

腦與脊髓為中樞神經系統，分別位於腦殼和脊柱中，脊髓由腦部延伸至腰部，其主要功能是傳遞神經衝動及做為脊髓反射的中樞。腦可藉由脊髓將指令傳至全身各部位；而肢體周邊所接受到的訊號，例如壓、痛、觸、溫等感覺訊號再經由脊髓傳回腦部。依脊髓的分節可以分成 31 節，每節都有一對脊神經 (spinal nerves)，這些神經有許多分支向外延伸至身體各處，使它們與中樞神經相互連接及傳遞衝動，其中包括 8 節頸髓 (C1~C8)、12 節胸髓 (T1~T12)、5 節腰髓 (L1~L5) 以及 5 節薦髓 (S1~S5)，及一對尾神經 (coccygeal nerves)，最上端的頸髓控制呼吸、頸部、三角肌群、腕關節及三頭肌等上肢肌群；胸髓控制胸腔及腹腔的活動；腰髓控制下肢功能；最下端的薦髓控制腸子、膀胱及性功能。

上述脊髓功能的分配中，第六胸髓 (T6) 係上肢與下肢的生理訊號傳遞分界之主要髓節，第六胸髓以上屬於高位脊髓關節，其交感神經負責頭頸部、心血管循環系統及呼吸等活動；此外交感神經生理訊號可經由第六胸髓直接傳至腹腔神經節 (celiac ganglion)；或是經由第七、八或第九胸髓傳至交感神經鏈，再到達腹腔神經節來控制胃、肝臟、腎臟及小腸等內臟活動，所以第六胸髓以上損傷將會嚴重影響下肢活動及內臟功能，愈高位胸髓損傷者，影響範圍愈廣 (Lehmann et al., 1987)。

脊髓損傷是指脊髓神經受外傷性或病變因素影響或阻斷腦部與周邊肢體的聯繫，嚴重影響中樞與周邊系統的運作及運動與感覺訊息之傳達達，並使自主神經發生傳導障礙，導致生理反應異常 (Kimura, 1995)，例如，正常人之姿勢改變導致血壓降低之訊號可經由主動脈弓及頸動脈竇偵測並上傳至腦幹，腦幹透過脊髓神經，將血管收縮的訊號傳至交感神經，使下肢血管收縮，血液因而流回上肢及腦部，以維持血壓之恒定；而脊髓損傷病患 (尤其是 T5 以上損傷或全癱病人) 的姿勢一改

變，從腦幹傳出到交感神經使內臟及下肢血管收縮的訊息因脊髓損傷而阻斷，軀體自我調節血壓的功能喪失，導致心輸出量減少、血壓突然下降，此現象稱為姿勢性或起坐性低血壓 (postural hypotension)，導致腦部血流不足造成腦部缺氧而有暈眩 (syncope)、眼花甚至產生休克，歸納其主要原因是在損傷脊髓節上的交感神經活性不再接受腦幹的支配 (Wieling et al., 1998; Benjamin et al., 2002)。另外 Lehmann 等人針對 2 至 6 週內發生腰髓受損的病患作為研究的對象，發現 14 天以內，病患也會產生長期心率不整及心搏徐緩等不正常的生理現象，甚而造成生命危險。

二、研究目的：

綜合上述文獻，一旦發生脊髓損傷，不論是損傷範圍、損傷嚴重性、及損傷時間長短，都會因自主神經功能失調而直接影響心臟血管功能，因此本研究計劃的主要目的擬採用電針刺激的方式，並將刺激參數量化，即利用二十倍閾值的刺激強度配合低頻與高頻兩種頻率，對第 1 節胸脊髓損傷鼠之合谷穴進行電針刺激，測量實驗動物之肱動脈壓、收縮壓、舒張壓、心率等循環生理參數，觀察其所誘發的反應對脊髓損傷動物心臟血管功能的影響。

三、研究方法：

實驗流程

動物進行脊髓橫斷手術及術後照顧一週後進行下列實驗：

第一部份實驗：動物先以仰臥姿勢量測的生理參數包含心率、動脈壓、收縮壓及舒張壓後，以傾斜床將動物傾斜 30 度角，維持該姿勢 10 分鐘，回復臥姿休息 10 分鐘；再度將動物傾斜 60 度角，維持該姿勢 10 分鐘，回復臥姿休息 10 分鐘。

第二部份實驗則是量測各生理參數在電針刺激合谷穴之反應對脊髓損傷動物心臟血管功能的影響。

i. 脊髓截斷手術

本實驗以大白鼠 (Wistar) 為實驗動物，並將動物分成偽手術之對照組及脊髓損傷之實驗組，實驗組以腹腔注射 sodium pentobarbital (60mg/kg) 給予適度麻醉，動物採俯臥姿勢，以 23 號刀片將第七頸椎至與第一胸椎骨上方之皮膚與肌肉層分別切開，利用小型的撐開器將兩側肌肉群撐開，在露出胸椎後，以骨將脊椎骨的棘突與骨板去除，以尖鑷挑開硬膜，暴露出第 1 頸椎與第 1 胸脊髓 (C7、T1)，利用眼科剪刀將脊髓完全切斷，確定脊髓腔與其他組織止血後，最後將肌肉、皮下組織與皮膚分別縫合，傷口塗以優碘。手術完成後，將動物置於乾淨的鼠籠內，每日分兩次由皮下給予抗生素 gentamycin (10mg/kg) 以避免手術傷口及泌尿道之細菌感染，每日幫動物擠尿兩次，連續照顧一週。對照組只以手術切開皮膚肌肉，隨即予以縫合照料。

動物於手術並飼養一週後，以腹腔注射 urethane (1.2g/kg) 給予適度麻醉後，採仰臥的姿勢固定。在整個實驗的過程中連續計錄動物的血壓，心律，並地觀察自發性動作，以判別麻醉深度是否得宜，決定是否追加麻醉劑量。動物的肱動脈及右股靜脈分別加以插管，分別作為測量血壓及注射藥品之用。氣管加以插管，以保持動物呼吸道暢通，防止分泌物阻塞呼吸道造成窒息，同時在必要時也利於實行人工呼吸。

ii. 電針刺激

刺激穴位參照中國傳統的針灸圖譜，以解剖學的相對位置在動物體上加以定位。足三里穴位於下肢膝下脛骨的上緣，合谷穴則位於上肢第一及第二掌骨交接處。以一隻焊接於電線的皮下針垂直插入刺激點，另一隻相同的針則插入相距約 5-10 mm 處作為正極。

電流則以刺激器 (Grass, S88) 輸出通至絕緣器 (Grass, SIU5B) 再以穩流器 (Grass, CCU1A) 輸出至動物體。刺激的頻率則分兩組，低頻電針刺激組為 2 Hz，此乃一常見的捻針頻率。高頻刺激組則為 20 Hz，相當於低頻刺激的十倍，用以比較高低頻刺激之差異。

每一頻率以閾值的 20 倍的刺激強度 (20xT) 加以刺激測試。所有的測試其刺激時間皆設定為十分鐘，因為本實驗所引發的反應在此時間內已達飽和。

iii. 紀錄參數

1. 血壓及心率:動物的肱動脈插管一端接至壓力轉換器(Statham Transducer, P23D, U.S.A)。
2. 收縮壓與舒張壓: 由肱動脈血壓之記錄訊號經電腦紀錄系統分析記錄。

最後各項記錄訊號均傳至電腦紀錄系統 (MP30; Biopac, FL, U.S.A)，以便分析儲存。

四、参考文献

1. Andersson, S. A.; Ericson, T.; Holmgren, E.; Lindqvist, G. Electro-acupuncture. effect on pain threshold measured with electrical stimulation of teeth. *Brain Res.* 63: 393-396; 1973.
2. Alpert N. R., Brosseau, C., Federico, A., Krenz, M., Robbins, J. and Warshaw, D. M. Molecular mechanics of mouse cardiac myosin isoforms. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 283: H1446-H1454, 2002.
3. Ernst, M.; Lee, M. H. M. Sympathetic vasomotor changes induced by manual and electrical acupuncture of the Hoku point visualized by thermography. *Pain* 21: 25-33; 1985.
4. Joyner, M. J. and Shepherd, J. T. "Autonomic regulation of circulation", *Clinical Autonomic Disorders*, 2nd ed., Lippincott-Raven, pp. 61-64, 1997.
5. Kimura, A.; Ohsawa, H.; Sato, A.; Sato, Y. Somatocardiovascular reflexes in anesthetized rats with the central nervous system intact or acutely spinalized at the cervical level. *Neurosci. Res.* 22: 297-305; 1995.
6. Kline, R. L.; Yeung, K. Y.; Calaresu, F.R. Role of somatic nerve in the cardiovascular responses to stimulation of an acupuncture point in anesthetized rabbits. *Exp. Neurol.* 61: 561-570; 1978.
7. Koizumi, K.; Sato, A.; Terui, N. Role of somatic afferents in autonomic system control of the intestinal motility. *Brain Res.* 182: 85-97; 1980.
8. Kochiadakis, G. E., Lees, P. J. , Kanopakis, E. M., Igoumenids, E. G., Manios, E. G., Vardas, P. E. Spectral analysis of heart rate variability in the analysis of autonomic nervous system activity during tilt-table testing in patients with unexplained syncope. *Computer in Cardiology* 24: 367-369, 1997.
9. Lee, H. S.; Kim, J. Y. Effect of acupuncture on blood pressure and plasma renin activity in two-kidney one clip Goldblatt hypertension. *Am. J. Chin. Med.* 22: 215-219; 1994.
10. Lehmann, K. G., Lane, J. G., Piepmeier, J. M., and Batsford, W. P. "Cardiovascular abnormalities accompanying acute spinal cord injury in humans: incidence, time course and severity", *J. am Cardiology* 10: 46-52, 1987.

11. Levine, B. D., Pawelczyk, J. A., Ertl, A. C. et al. Human muscle sympathetic neural and hemodynamic responses to tilt following spaceflight. *J. Physiol.* 538 (1): 331-340, 2002.
12. Lin, T. B.; Fu, T. C.; Chen, C. F.; Lin, Y. J.; Chien, C. T. Low and high frequency electroacupuncture at Hoku elicits a distinct mechanism to activate sympathetic nervous system in anesthetized rats. *Neurosci. Lett.* 247: 75-78; 1998.
13. Lin, T.B., and Fu, T.C. (2000) Effect of electro-acupuncture on blood pressure and adrenal nerve activity in anesthetized rats. *Neuroscience Letters*, 285, 37-40.
14. Liao, J.M., Lin, C.F., Ting, H., Chang, C.C., Lin, Y.J., and Lin, T.B. (2002) Electro-acupuncture at Hoku elicits dual effect on autonomic nervous system in anesthetized rats. *Neuroscience Research*, 42(1), 15-20.
15. Lovic, T. A.; Li, P.; Schenberg, L. C. Modulation of the cardiovascular defense response by low frequency stimulation of a deep somatic nerve in rats. *J. Auton. Nerv. Syst.* 50: 347-354; 1995.
16. Sato, A.; Sato, Y.; Suzuki, A.; Uchida, S. Neural mechanism of the reflex inhibition and excitation of gastric motility elicited by acupuncture-like stimulation in anesthetized rats. *Neurosci. Res.* 18: 53-62; 1993.
17. Sugiyama, Y.; Xue, Y. X.; Mano, T. Transient increase in human muscle sympathetic nerve activity during manual acupuncture. *Jpn. J. Physiol.* 45: 337-345; 1995.
18. Tsuchiya, T.; Nakayama, Y.; Ozawa, T. Response of adrenal sympathetic efferent nerve activity to mechanical and thermal stimulations of the facial skin area in anesthetized rats. *Neurosci. Lett.* 123: 240-243; 1991.
19. Ting, H., Liao, J.M., Lin, C.F., Chiang, P.Y, Chang, C.C., Kuo, D.Y., and Lin, T.B. (2002) Pressor effect , on blood pressure and renal nerve activity elicited by electroacupuncture in intact and acute hemorrhagic rats. *Neuroscience Research*, 2002 (327), 5-8.
20. Wieling, W., Van Lieshout, J. J., and Ten Harkel, A. D. J. Dynamics of circulatory adjustment to head-up tilt-back in healthy and sympathetically denervated subject. *Cli. Sci.* 94: 347-352, 1998.

五、結果：

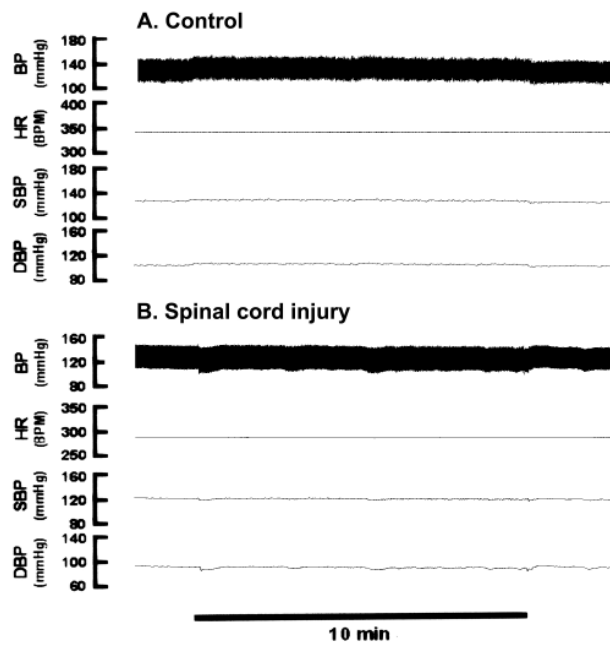


圖 1：以傾斜床將動物傾斜 30 度角，維持該姿勢 10 分鐘（圖中黑色橫條所示），記錄對正常鼠 (A) 與脊髓損傷鼠 (B) 的血壓 (BP)、心率 (HR)、收縮壓 (SBP) 及舒張壓 (DBP) 之影響。

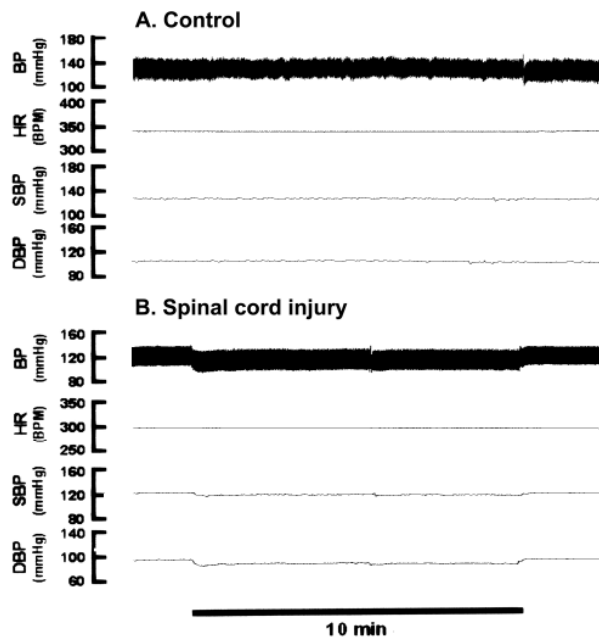


圖 2：以傾斜床將動物傾斜 60 度角，維持該姿勢 10 分鐘（圖中黑色橫條所示），記錄對正常鼠 (A) 與脊髓損傷鼠 (B) 的血壓 (BP)、心率 (HR)、收縮壓 (SBP) 及舒張壓 (DBP) 之影響。

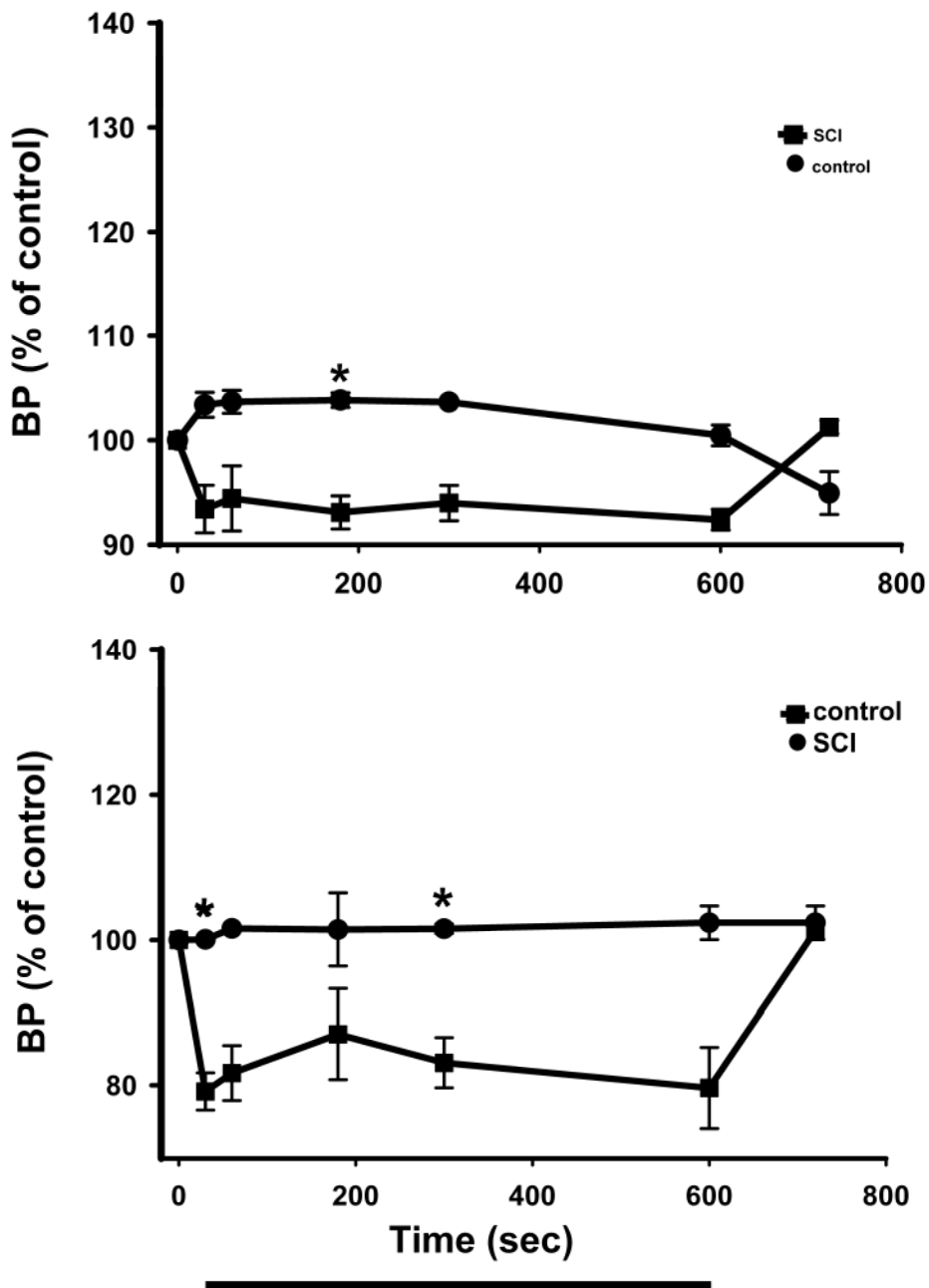


圖 3：記錄正常鼠 (■) 與脊髓損傷鼠 (●) 經傾斜床分別傾斜 30 度角 (上圖) 或 60 度角 (下圖) 10 分鐘(圖中黑色橫條所示) 後，動物血壓 (BP) 反應之統計圖。(* 代表 $P < 0.05$)

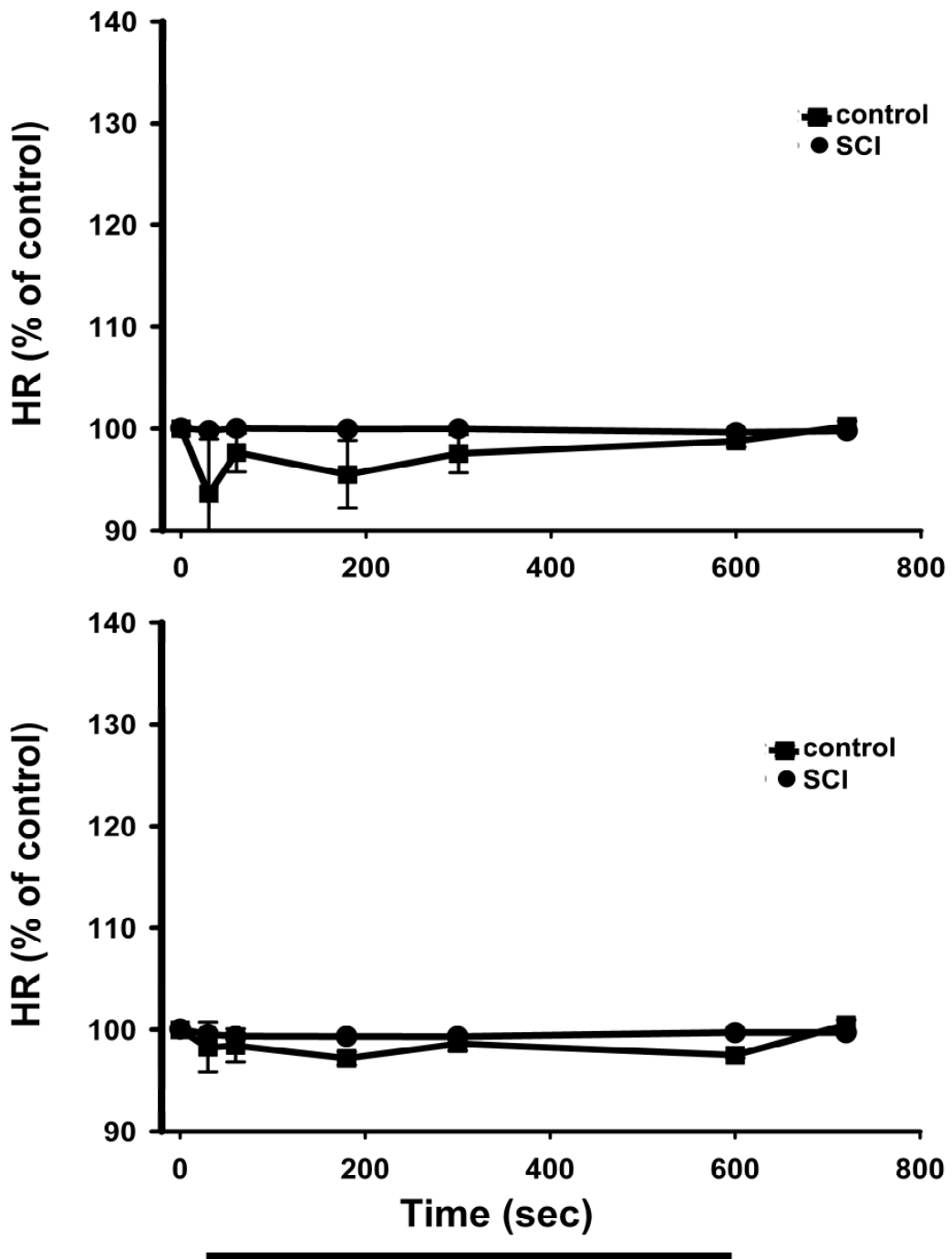


圖 4：記錄正常鼠 (■) 與脊髓損傷鼠 (●) 經傾斜床分別傾斜 30 度角 (上圖) 或 60 度角 (下圖) 10 分鐘(圖中黑色橫條所示) 後，動物心率 (HR) 反應之統計圖。

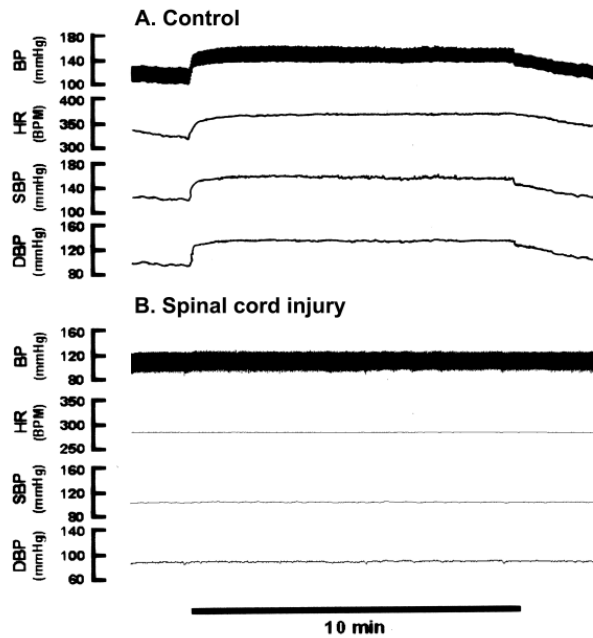


圖 5：低頻 (2Hz) 電針刺激對血壓 (BP)、心率 (HR)、收縮壓 (SBP) 及舒張壓 (DBP) 之影響。由圖 5A 顯示：以低頻電針刺激合谷穴 (Hoku) 引起正常鼠的血壓、心率、收縮壓及舒張壓持續性增加 (tonic response)，直至刺激結束才慢慢恢復正常。脊髓損傷鼠 (B) 則對低頻刺激不產生明顯反應。

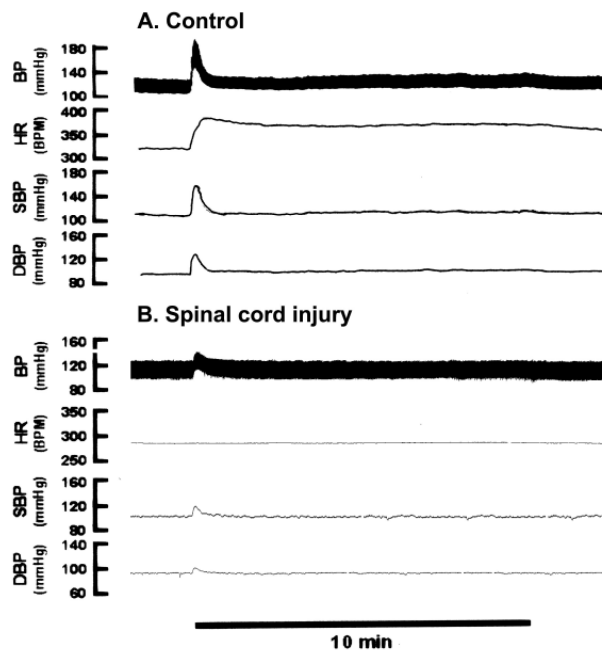


圖 6：高頻 (20Hz) 電針刺激對血壓 (BP)、心率 (HR)、收縮壓 (SBP) 及舒張壓 (DBP) 之影響。由圖 6A 顯示：以高頻電針刺激合谷穴 (Hoku) 引起正常鼠的血壓、收縮壓及舒張壓短暫性增加反應 (phasic response)。但不論是低頻或高頻之刺激，所引起心律增加之程度及型式很相近，皆會引起持續性反應。高頻電針刺激合谷穴 (Hoku) 也使脊髓損傷鼠 (B) 的血壓呈現短暫性反應，但增加幅度遠小於正常鼠，高頻刺激對脊髓損傷鼠的心跳速率則不產生明顯影響。

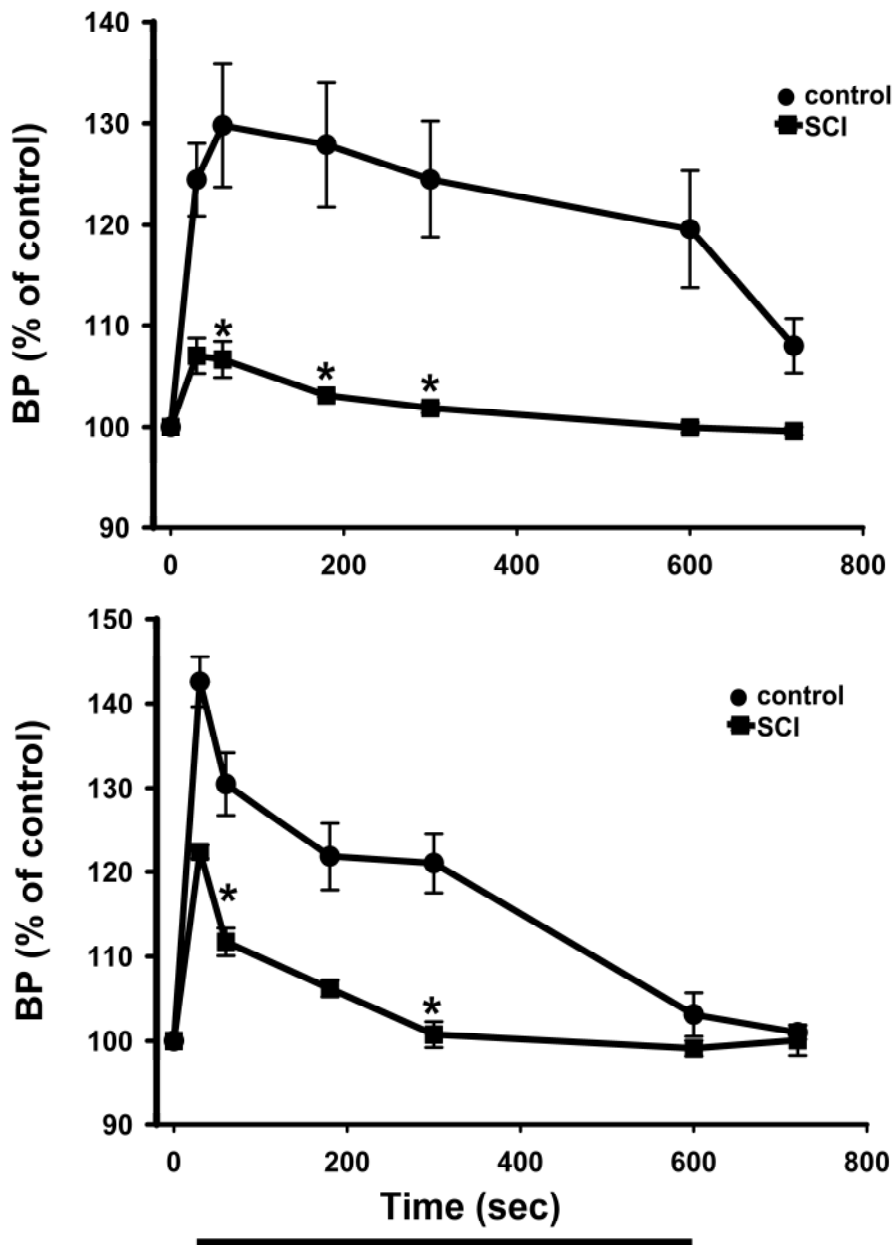


圖 7：由上圖顯示：對照組 (●) 血壓的升壓反應在電針刺激後的一分鐘內，平行地升高至一最大值 (為刺激前的 $129 \pm 6\%$)，並穩定的維持在此一範圍，直至刺激結束才恢復。脊髓損傷鼠 (■) 的血壓對電針刺激的持續性加壓反應較對照組為低 (第一分鐘增加至 $106 \pm 2\%$)，隨後增壓反應慢慢降低，並未如對照組一般維持持續性反應。

高頻電針刺激對血壓的影響則顯示於 B 圖，當高頻電針刺激合谷開始後約三十內，對照組 (●) 血壓急速地升高至一頂點 (為刺激前的 $142 \pm 3\%$)，隨後血壓逐漸下降回到和刺激前相同的高度。脊髓損傷鼠 (■) 的血壓對電針刺激的短暫性加壓幅度則較對照組為低。

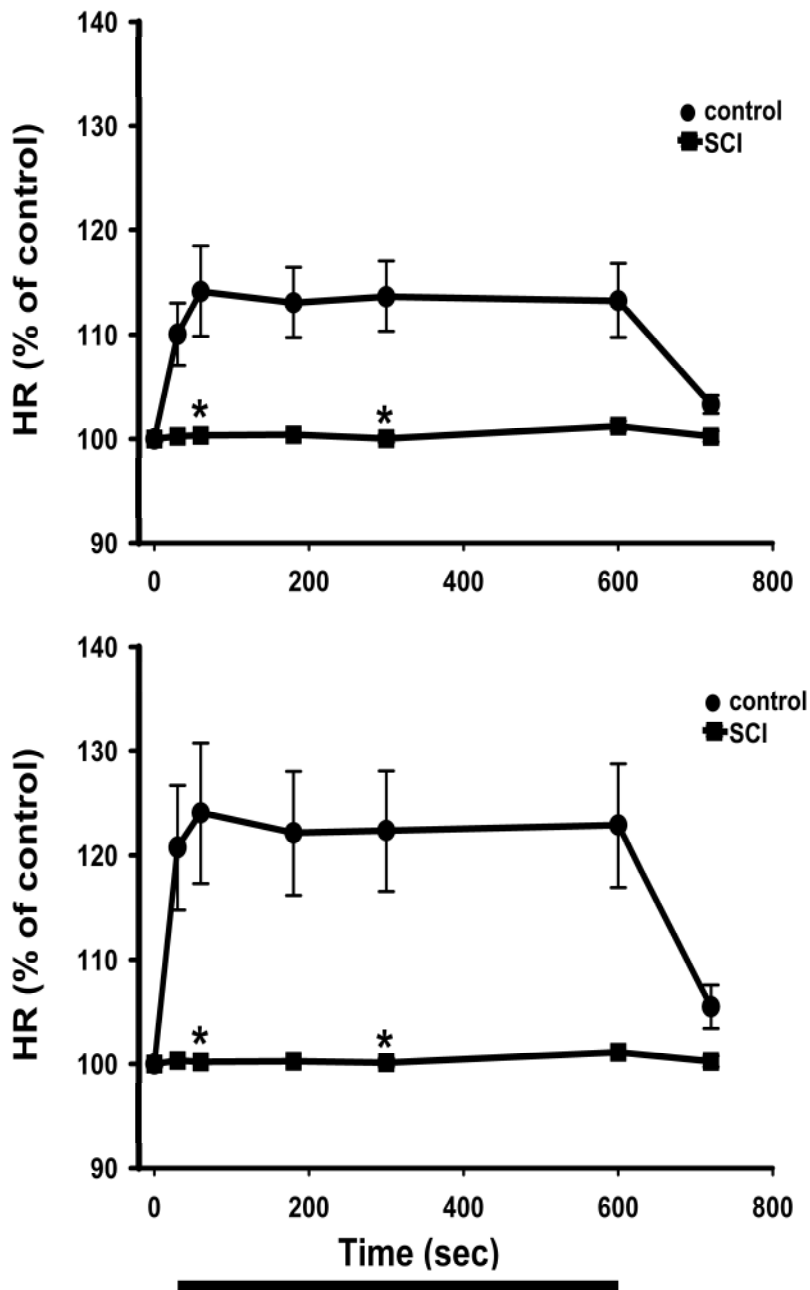


圖 8：心律對電針刺激的反應。不論低頻（上圖）或高頻（下圖）刺激皆使對照組（●）的心律加快，在刺激的一分鐘內達到最大，分別為刺激前的 $114 \pm 4.3\%$ 及 $124 \pm 6.7\%$ ，並穩定的維持在此一範圍，直至刺激結束才恢復；脊髓損傷鼠（■）的心律對低頻（上圖）或高頻（下圖）刺激皆無法產生明顯反應。