

硬脊膜外麻醉下即時分析心電圖訊號觀察心律變異度之變化

宋慶龍^{1,3} 劉仲傑² 陳坤堡² 邱創乾³ 張文濤¹

中國醫藥大學附設醫院 營繕室醫學工程組¹ 麻醉部²

逢甲大學 自動控制工程研究所³

目的 硬脊膜外麻醉通常應用於下肢手術、下腹部手術或術後疼痛控制，但過程中可能帶來心律變化與低血壓之風險，這種血行動力學的變化，在病理生理學上乃歸因於交感神經的阻斷，導致血管擴張並可能發生休克。本研究的目的在探討如何幫助麻醉醫師，了解硬脊膜外麻醉前後自主神經的變化，以改善麻醉的品質，並避免併發症的產生。

方法 選擇10位ASA Class I成年患者，行泌尿道結石或骨科下肢手術，在接受硬脊膜外麻醉15分鐘後，利用麻醉中使用的心電圖監視器，結合電腦平台擷取與分析第二導程ECG訊號，檢測在硬脊膜外麻醉下心率變化的量化情形。

結果 十位病患麻醉後阻斷界於T3-T10之間。收縮壓在麻醉後下降10% ($p < 0.01$)，而其心率變異間期平均值降低10%，LF功率頻譜能量上升160%。

結論 本研究顯示T3以下LF的功率頻譜能量與麻醉前比較，顯示有增加的趨勢，可作為在硬脊膜外麻醉下交感神經活性的量化指標。因此應特別注意此交感神經活性上升對潛在性心血管疾病患者可能的不良影響，包括併發症和死亡率之增加。(中台灣醫誌 2006;11:164-8)

關鍵詞

硬脊膜外麻醉，心率變異度，交感神經阻斷

前言

局部麻醉劑用於中樞阻斷麻醉時，會產生如心律、血壓、呼吸等生理變化，有時因變化速度太快或變化程度太劇烈，可能會產生非預期性的發展，特別是重症的患者，可能導致不良後遺症[1]。國內外有許多研究試圖發展非侵入式的分析工具，希望能應用於臨床，評估藥物對生理所產生的影響，並量化身體內在的調節狀態。

心率變異(HRV)的頻譜能量分析已成為自主神經活性的評估工具之一，且可進一步了解心臟血管系統受自主神經調控的影響及變化[2]。研究顯示麻醉藥物會影響交感與副交感神經系統之作用，如Galletly等學者在麻醉誘導期注入Propofol，接著吸入Nitrous oxide與Isoflurane後，以心率變異比較各藥物麻醉前後時域、頻域

聯絡作者：陳坤堡

地 址：404台中市北區育德路2號

中國醫藥大學附設醫院 麻醉部

收文日期：2005年8月1日 修改日期：2005年9月9日

接受日期：2006年7月18日

改變，發現交感神經的活性會降低，並感壓反射的回應減少[3]。而Kato等學者亦發現Isoflurane的濃度越高，低頻及高頻頻譜能量降得越低[4]。

區域麻醉中的硬脊膜外麻醉，會對交感神經造成阻斷效果，臨床上阻斷的程度，往往只能利用外在的測試方法來判斷麻醉的高度。部份患者因交感神經阻斷使得動、靜脈擴張，出現低血壓的現象，而必須給予升壓藥物治療。本研究的目的在於整合現有心電圖監視儀器，以非侵入性的方式，利用電腦平台作為擷取與分析的工具，檢測局部麻醉劑在硬脊膜外腔對心率變化的量化情形，以提供麻醉醫師處理病患的參考。

材料與方法

本研究經中國醫藥大學附設醫院人體試驗委員會認可，篩選對象是身體條件符合美國麻醉學會分類標準ASA Class I的病患，排除了心血管疾病、糖尿病及其他重大器官損害之患者。收集了10位成年預行泌尿道結石或骨科下肢手術，而必須接受麻醉的病患；經過適當的說明與獲得同意

表一 麻醉前後病患血壓平均值與標準差的分析結果

	麻醉前	麻醉後 T3-T10 高度	<i>t</i> test*
SBP 平均值 (mmHg)	130.87 ± 14.06	117.75 ± 16.81	<i>p</i> < 0.01
SBP 標準差(mmHg)	4.56 ± 1.47	9.82 ± 1.45	<i>p</i> < 0.01
MBP 平均值 (mmHg)	90.87 ± 10.25	85.0 ± 15.35	–
MBP 標準差(mmHg)	3.10 ± 0.73	5.86 ± 1.26	<i>p</i> < 0.01
DBP 平均值 (mmHg)	73.75 ± 7.46	68.62 ± 14.47	–
DBP 標準差(mmHg)	3.48 ± 0.64	4.58 ± 1.20	<i>p</i> < 0.05

**p* < 0.05 (具有顯著差異性)。

表二 麻醉前後時/頻域分析心率變異平均值與功率頻譜能量分析結果

	麻醉前	麻醉後 T3-T10 高度	<i>t</i> test*
HRV 平均值 (ms)	784.24 ± 249.00	712.92 ± 212.88	<i>p</i> < 0.05
HRV 標準差 (ms)	32.55 ± 9.08	35.32 ± 10.30	–
LF power (ms ² /Hz)	238.78 ± 123.38	382.78 ± 246.97	<i>p</i> < 0.05
HF power (ms ² /Hz)	224.83 ± 146.18	313.05 ± 271.48	–
Total power (ms ² /Hz)	1142.54 ± 558.12	1289.51 ± 271.48	–
LF (nu)	46.64 ± 13.05	53.25 ± 13.46	–
HF (nu)	42.64 ± 14.40	35.72 ± 10.28	–
LF/HF ratio	1.39 ± 0.81	1.63 ± 0.86	–

**p* < 0.05 (具有顯著差異性)。

後，讓病患先在準備床上仰躺 10 分鐘，藉以免除其他因素所造成的干擾，接著經由心電圖儀器擷取五分鐘的心率信號，作為麻醉前的控制標準值。

接著讓病患採側臥體位，經由第三與第四腰椎間隙，在正中線以硬脊膜外針做腰椎穿刺，使用空氣阻力消失法來確認硬脊膜外腔的位置，當位置確認後，即以單次注入的方式，注射 2% lidocaine 20 毫升至硬脊膜外腔；經過 15 分鐘後，紀錄麻醉前後血壓變化，並利用針刺法測量患者的麻醉高度，之後再次擷取第二導程心電圖訊號 5 分鐘。

隨即經由一整合電腦系統(非侵入式生醫擷取系統，逢甲大學自動控制工程研究所開發)，即時地作心電圖生理信號的擷取、顯示、儲存以及分析。轉換原始的 ECG 信號為數位的序列信號後，作快速傅利葉(FFT)演算法的處理運算得到低頻頻帶(LF, 0.04 to 0.15 Hz)以及高頻頻帶(HF, 0.15 to 0.4 Hz)兩個頻帶。研究的結果以 *t* test 統計分析各時域與頻域參數比較麻醉前後是否有明顯差異。時域分析的 HRV 平均值和標準差可初步了解自主神經系統對心率的調節狀況。整個頻率的分布下之面積即全功率值(total power)，

而低頻功率值(LF power)和高頻功率值(HF power)為各自頻帶下涵蓋之面積。正規化則在計算低頻功率值和高頻功率值占全功率值之百分比，對 HRV 而言，用以評估交感/副交感神經活性之優勢程度。

結果

這 10 位患者中，男性佔了 8 位，女性 2 位，年齡分佈為 30 到 55 歲之間。其麻醉後高度分佈於 T3-T10 之間。麻醉前的實驗測試作為控制組，經麻醉後所記錄的麻醉高度作為對照組。如表一顯示，硬脊膜外麻醉前後收縮壓平均值由 130.87 ± 14.06 mmHg 下降至 117.75 ± 16.81 mmHg，*p* < 0.01。

關於自主神經的活性調控機制(表二)，時/頻域分析結果顯示只有 HRV 平均值和 LF 能量在統計上有顯著差異性。HRV 平均值為 784.24 ± 249.00 ms，麻醉後 HRV 平均值為 712.92 ± 212.88 ms，*p* < 0.05，而 LF 在硬脊膜外麻醉前為 238.78 ± 123.38 ms²/Hz，麻醉後為 382.78 ± 246.97 ms²/Hz，*p* < 0.05。經正規化後的 LF 與 HF 表示自主神經的調控，與交感副交感神經的能量分配比例；雖然無統計上意義，仍可見 LF

(nu)由46.64 上升到53.25。亦即在本實驗中，我們發現在經過硬脊膜外麻醉後，交感神經活性有上升的趨勢。

討論

一般來說行硬脊膜外麻醉時是以溫度或針刺方法，檢視病患臨床反應來判斷麻醉的高度，至於容易影響血行動力學變化的交感神經阻斷，目前仍少有可提供量化數據的臨床評估方法。然而，對於患者的處理，麻醉醫師僅能在有限的時間與資訊中，憑著臨床經驗進行判斷與處置。因此如何以簡單、非侵入式的方法，及早得知自主神經系統變化的程度，成為許多先進努力的方向，而心率變異分析的研究也就成為了解自主神經系統改變之可能利器。Malik 等[2]論及心血管系統的調控機制與感壓反射有相關，在HRV 參數的表現出交感神經與副交感神經活性的能量分佈頻帶。部分的研究是應用在脊髓區域麻醉，如Introna 等[5]以相同藥物及反應時間作麻醉前後的比較，其研究結果顯示在脊髓區域麻醉中T5-T10 的高度，LF 能量顯示上升的趨勢。硬脊膜外麻醉部分，有學者研究[6]顯示於妊娠婦女使用硬脊膜外減痛，HRV 分析顯示副交感神經活性上升，以及交感神經之調控強度下降。在健康志願者上分別施行頸椎或腰椎硬脊膜外麻醉，則顯示二組間交感/副交感神經活性之反應相當不同[7]。因此，本實驗目的在獲得一般病患臨床上以硬脊膜外麻醉方式接受手術時，其交感/副交感神經系統活性的變化，以便立即掌握病患狀況，處理可能的不良影響。

利用已建立好的非侵入式生醫擷取系統[8]取得之心率資料，一般常用的分析是對心律變異度作時域和頻域的分析。因此，時域分析的HRV 平均值和標準差可初步了解自主神經系統對心率的調節狀況。而經由數位信號處理的技術，原始的ECG 信號被轉換為數位的序列信號後，作快速傅利葉(FFT)演算法的處理運算得到頻率的分佈[9]。其中主要的兩個頻帶為低頻頻帶(LF, 0.04 to 0.15 Hz)以及高頻頻帶(HF, 0.15 to 0.4 Hz)。整個頻率的分佈下之面積即全功率值(total power)，而低頻功率值(LF power)和高頻功率值(HF power)，以及正規化數值，為各自頻帶下涵蓋之面積值和所佔面積百分比，也就是反映自律神經系統之交感神經與副交感神經活動的情形[2,5]。低頻頻帶研究顯示為交感神經的活動分佈範圍，而高頻頻帶的分佈表現出副交感神經的活動。

在本研究我們發現雖然藥物在交感神經叢形成阻斷的效果，並由測試患者對針刺的痛覺來訂出臨床麻醉高度；由研究結果顯示控制心律之交感神經活性表現增加。由本研究可部分被解釋歸因為，受麻醉影響之體節產生血管擴張而誘發感壓反射，而餘存之交感神經為了代償增加血壓，所產生的調控結果。

一般來說，行脊髓麻醉時交感神經阻斷平均會高於感覺阻斷二至六個體節，而硬脊膜外麻醉之交感神經阻斷多和感覺阻斷同高[10]。本實驗中，病人的麻醉高度定於T3-T10 之間，而未見有任一病患發生心搏過緩的現象，印證仍存有部分對心律之交感神經調控。因之，對T1-T2 以上的麻醉高度是否會讓心臟的交感神經被阻斷而有不同的心率變異度結果，將是值得再研究探討的。過去心率變異度被運用在觀察高血壓患者[11]，心肌梗塞後風險評估(心律不整、突然死亡等)[12]以及糖尿病患者神經病變產生[13]方面，有其價值。然而在臨床工作上，尤其處理變化快速之麻醉問題，心率變異度能否提供一立即之數據來幫助工作者處理病患，則資料鮮少。透過本臨床實驗可以知道一般病患在硬脊膜外麻醉下自律神經系統活性之變化趨向，同時暗示臨床醫師可能的處理方式。

最後，雖然初步已經驗證了部份麻醉高度的高低會影響到阻斷神經的效果，其中在交感神經的被致動活性能量評估，以低頻的功率頻譜顯示較具統計的參考價值。而對於代償誘發之交感神經活性所引致的LF 能量上升，我們仍然需要更多的臨床案例來評估，不同的年齡範圍、性別，以及麻醉前的心率與血壓的資料對麻醉後高度的參考，才能建立更明確的量化資料。

致謝

本研究乃由中國醫藥大學附設醫院研究經費補助(DMR-91-076)。

參考文獻

1. Rooke GA, Freund PR, Jacobson AF. Hemodynamic response and change in organ blood volume during spinal anesthesia in elderly men with cardiac disease. *Anesth Analg* 1997;85:99-105.
2. Malik M. Heart rate variability standard of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996;93:1043-65.
3. Gallety DC, Corfiatis T, Westenberg AM, et al. Heart rate periodicities during induction of propofol-nitrous oxid-isoflurane anaesthesia. *Br J Anaesth* 1992;68:360-4.

4. Kato M, Komatsu T, Kimura T, et al. Spectral analysis of heart rate variability during isoflurane anesthesia. *Anesthesiology* 1992;77:669-74.
5. Introna R, Yodlowski E, Pruett J, et al. Sympathovagal effects of spinal anesthesia assessed by heart rate variability analysis. *Anesth Analg* 1995;80:315-21.
6. Deschamps A, Kaufman I, Backman SB, et al. Autonomic nervous system response to epidural analgesia in laboring patients by wavelet transform of heart rate and blood pressure variability. *Anesthesiology* 2004;101:21-7.
7. Tanaka M, Goyagi T, Kimura T, et al. The effects of cervical and lumbar epidural anesthesia on heart rate variability and spontaneous sequence baroreflex sensitivity. *Anesth Analg* 2004;99:924-9.
8. 邱創乾。資料擷取系統實務。台北：立治有限公司，1997。
9. 陳彥宏。利用心率變異信號之高階交越輔助自律神經系統分析。逢甲大學自動控制工程研究所碩士學位論文，1999。
10. Greene NM. *Physiology of Spinal Anesthesia*, 3rd edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 1981.
11. Schroeder EB, Liao D, Chambless LE, et al. Hypertension, blood pressure, and heart rate variability: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Hypertension* 2003;42:1106-11.
12. Stein PK, Domitrovich PP, Kleiger RE, et al. Including patients with diabetes mellitus or coronary artery bypass grafting decreases the association between heart rate variability and mortality after myocardial infarction. *Am Heart J* 2004;147:309-16.
13. Vinik AI, Maser RE, Mitchell BD, et al. Diabetic autonomic neuropathy. [Review] *Diabetes Care* 2003; 26:1553-79.

Evaluation of the Autonomic Nervous System by Measuring Heart Rate Variability in Patients Receiving Lumbar Epidural Anesthesia

Ching-Lung Sun^{1,3}, Chung-Chieh Liu², Kuen-Bao Chen²,
Chuang-Chien Chiu³, Wen-Tao Chang¹

¹Department of Biomedical Engineering, ²Department of Anesthesiology, China Medical University Hospital; ³Department of Automatic Control Engineering, Feng Chia University, Taichung, Taiwan.

Purpose. Epidural anesthesia is usually administered before lower extremity surgery, lower abdominal surgery, or for postoperative pain relief. However, it can lead to hypotension and occasional bradycardia, which are attributed to the sympathetic blockade. Hence, it is important to understand the change in the autonomic nervous system during the peri-operative period in order to improve the quality of anesthesia and patient outcome.

Methods. We enrolled 10 patients, ASA class I, who were to undergo elective urologic or lower-limb orthopedic surgeries. Epidural anesthesia was administered. A noninvasive data acquisition system obtained the ECG signals. Peri-operative blood pressure was recorded and heart rate variability (HRV) was analyzed off-line.

Results. The levels of blockade were between T3 and T10. After epidural anesthesia, the systolic blood pressure decreased by 10% ($p < 0.01$). The change in HRV was statistically significant. Low frequency (LF) power spectral density increased by 160%.

Conclusion. LF power spectral density can be used as a marker of sympathetic activity of the heart below the T3 level. Physicians should be aware of the possible adverse effects due to sympathetic blockade in patients with cardiovascular disease. (*Mid Taiwan J Med* 2006;11:164-8)

Key words

epidural anesthesia, heart rate variability, sympathetic blockade