

利用心率變異數評估中醫陰陽體質之研究

陳敬修 邱創乾* 宋慶龍 張永賢¹

逢甲大學自動控制工程學系暨研究所

¹中國醫藥學院附設醫院針灸科

收件日期2001年6月7日；接受日期 2001年11月8日

摘要

本研究開發出一套心率變異分析系統，可藉由心率變異信號的時域與頻域分析結果，來分析交感神經與副交感神經調變的情形，並進一步探討自律神經功能與中醫陰陽體質的相關性。我們以中國醫藥學院附設醫院實習醫師及慢性病患為研究對象，由具有多年中醫看診經驗之主治醫師分出正常人、陰陽俱虛、陰虛、陰盛、陽虛及陽盛等六組受測者，個別記錄其仰躺5分鐘的心電圖信號，每組收集八例。研究結果顯示，在時域分析部分，僅陰陽俱虛與正常人在心率方面有顯著不同，而在正常心跳間的標準差上，陰陽俱虛和陽盛兩者與正常人會有相當明顯的差異，至於在整體心率變異信號中正常心跳間超過50ms所佔的比例上，除陰虛外其餘各組皆與正常人有顯著差異。在頻域分析方面，正常人與陰陽俱虛及陽虛的低高頻功率比在統計上並無明顯差異，但是陰陽俱虛的體質其頻譜的功率明顯比正常人來的小，而陽虛者之總功率則較正常人來的大，另外在陰虛與陽盛的體質中，低頻功率明顯大於高頻功率，而在陽虛與陰盛的體質上，則高頻功率明顯大於低頻功率。

關鍵詞：心率變異分析、自律神經、陰陽體質

前言

傳統中國醫學的診斷精髓在於“辨證論治”[1]，其基本內容主要包括四診、八綱和證候分類等，其中八綱辨證包含陰陽、表裏、寒熱、虛實，而四診是指望、聞、問、切。望診主要針對體表各部位及排泄物進行觀察，聞診主要從病人的語言、氣味來了解內在的病因，問診則可以得知病人的生活習慣、人事環境等，而切診是利用感知病人脈象的變化來體察體內外一切變動的情況。在最近幾年的醫學研究中，傳統中國醫學已經朝向現代化的目標邁進，例如將中醫四診合參的診斷方法加以現代化、電腦化，包括電腦化舌診系統[2][3][4]及電腦化聞診系統[5][6][7]，而在切診方面也有許多的脈波研究來輔助中醫臨床脈波信號分析[8][9]。

之前所提到的八綱辨證尤其以陰陽作為辨證評估的指標[10]，中醫學運用陰陽對立及調和的觀點來解釋正常生命現象，藉此調理及治療疾病，而疾病的產生內含陰陽失調，也就是陰盛則陽病，陽盛則陰病的原則，用「證」來作為對於陰陽組織的客觀指標，更據此以調整機體的異常狀態。中醫陰陽體質的辨證方法以四診中的切診為主，藉由感覺、觀察受診者的脈象波形、振幅、頻率等，可以推知體內環境的變化情形，在現代中醫學的研究結果中顯示，以脈象來診斷陰陽體質有許多現象符合生理學所描述的狀況[11]，如：慢或低沉的脈象、體表溫度較低、皮膚乾燥等，是屬於中醫體質中的“陰”，相反的，如果是跳動快速的脈象、較為溼熱的

體表，是屬於中醫體質中的“陽”。這種結果恰與生理學中自律神經系統對人體調控的情形頗為類似。

1975年Hyndman等人首先利用功率頻譜分析應用於心率變異數的研究上，發現在功率頻譜圖下有三個峰值的存在[12]，其中低頻(0.02~0.09 Hz)來自末梢血管舒縮張力的調節，與溫度調節有關，中頻部份(0.1 Hz)來自於壓力受器的感壓反射調控，與體內的恆定有關，高頻部份(0.3 Hz)則與呼吸有關，其主峰頻率即為呼吸頻率。1981年Akselrod等人的研究中[13]，從心率變異的功率頻譜中發現了頻譜中的低頻部分跟交感、副交感神經的調控、血管的收縮以及腎素-血管收縮素(renin-angiotensin)的活性有關，中頻部份與感壓反射、血壓的調節，高頻部份則與呼吸頻帶(副交感神經帶)有關。

依據現代中醫學的研究結果顯示[11]，我們可以提出假設，即「陽」的表現類似在交感神經作用情形，是屬於低頻帶0.04~0.15Hz，而「陰」的表現則類似於副交感神經作用情形，為高頻帶0.15~0.4Hz，這兩個頻帶同時反映著自律神經系統之交感神經與副交感神經活動的情形，換句話說，陽虛可能表現在交感神經作用之降低，陽盛則是交感神經作用之提升，另一方面，陰虛可能表現在副交感神經作用之降低，而陰盛則是副交感神經作用之提高。近二、三十年來，利用心率變異信號進行功率頻譜分析的方式，一直是最常用之評估自律神經功能的方法之一，尤其是評估以副交感神經功能為指標的相關研究顯示，當發生心血管功能不全時，諸如冠狀動脈疾病、心肌梗塞、糖尿病、高血壓、心臟衰竭及老化等，副交感神經活性會明顯的降低，同時心率變異分析對心臟病發病的預測、評估心臟病的癒後具有指標性的意義。因此我們在本研究中希望利用心率變異分析的方

* 通訊作者：邱創乾

電話：+886-4-24517250 ext.3930；傳真：+886-4-24519951

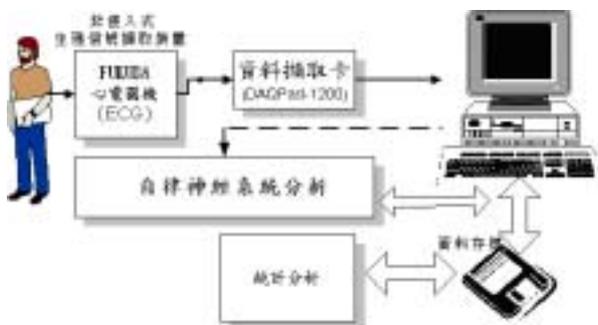
電子郵件信箱：chiuc@auto.fcu.edu.tw

法，來了解人體自律神經的活絡情形，以進一步推知其與中醫陰陽體質的相關性。

材料與方法

我們的研究對象是以中國醫藥學院附設醫院實習醫師及慢性病患為主，進行陰陽體質與自律神經活性之相關性的探討，經具有多年中醫看診經驗之主治醫師就望、聞、問、切四診合參來分出正常人、陰陽俱虛、陰虛、陰盛、陽虛及陽盛等六組受測者，年齡介於20~50歲間，每人記錄其仰躺5分鐘的心電圖信號，並且在記錄前皆先休息10~15分鐘，每組收集八例。利用我們在LabVIEW™環境中自行開發出生理信號擷取與分析系統[14]，以心電圖機(FCP-2201, FUKUDA DENSHI)及National Instruments資料擷取卡(DAQPad-1200)來擷取連續之心電圖譜至個人電腦中儲存(系統架構如圖一所示)，然後利用這連續之心電圖信號進行後續的分析研究。

常見的心率變異分析主要可以分為時域(time-domain)與頻域(frequency-domain)分析兩種，時域分析主要在計算心跳間期的平均值(mean)、心跳間期標準差(standard deviation, SD)與心率變異對數指標(heart rate variability logarithmic index, HRVI)等。頻域分析則是將心跳間期對單位時間的變動信號作傅利葉轉換，其強度為此頻率函數振幅的平方，把振幅的相對強度依單位時間量化，如圖二所示其頻譜下的面積即可代表該信號在信號頻譜下之功率頻譜密度(power spectral density, PSD)。



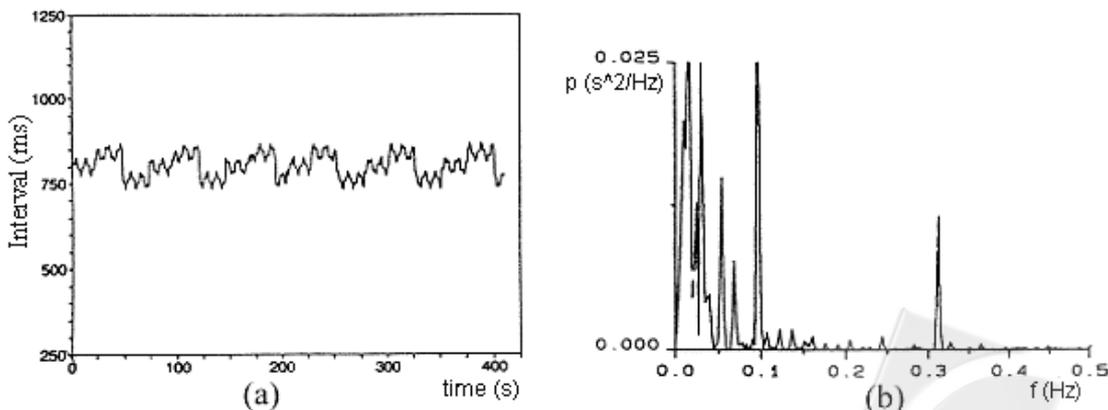
圖一、生理信號擷取與分析系統

功率頻譜曲線下的面積可視為頻率反應的功率，曲線下面積的總和即為總功率(total power, TP)，個別頻帶區域下的面積可代表該頻帶頻率的功率，所以低頻區的反應功率稱之為低頻功率(low frequency power)，高頻區的稱之為高頻功率(high frequency power)，低頻功率的大小可視為交感神經功能的指標，高頻功率的大小可視為副交感神經功能的指標，而低高頻功率比則可用以評估交感-副交感神經的調控狀況。

對於連續擷取之心電圖信號的頻譜分析，必須先找出每一個心跳週期的變異，本研究的作法就是使用Tompkins等人所提出之QRS波偵測法[16]，利用這種方式處理後所得到的QRS波之訊號雖然略有失真，但是相較於其他波形，QRS波之強度顯然增強許多。為了再進一步確認R波的位置，我們根據一個可調整的閾值(Threshold)，偵測出每個R波所對應的峰值，然後對照原始心電圖信號，於每個QRS波所對應的峰值取前後各3倍心室興奮傳播的時間進行微分，其信號的峰值位置即為正確的R波位置。

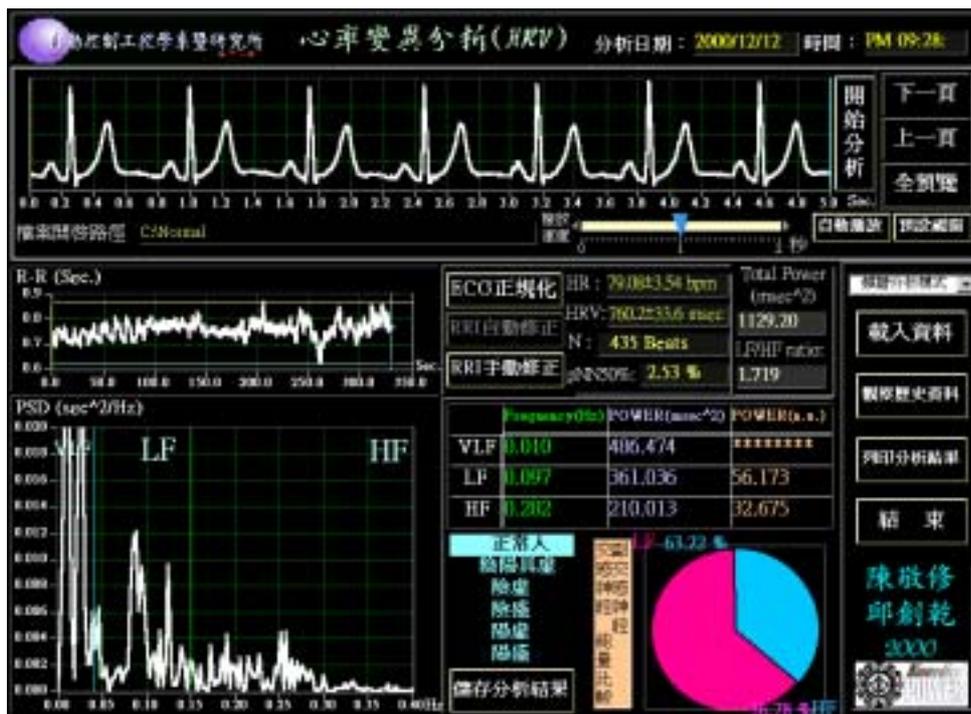
相鄰的R波代表著心跳之週期，此時間軸間距即為R-R interval，而由連續的R-R interval所構成的Interval series則代表著心率變異數(Heart Rate Variability, HRV)，我們即是以這心率變異數信號進行時域以及頻域的分析。本研究中，時域分析方面主要包括心率(Heart Rate, HR)、正常心跳間的標準差(SDNN)與在速率變異信號中正常心跳間超過50ms所佔的比例(pNN50%)作為評估的指標，而頻域分析方面則是將由心電圖R波所得到的Interval series轉換成頻譜，由功率頻譜圖上可以在0到0.4Hz的頻率範圍間找到數個波峰，其中主要的兩個頻帶為低頻頻帶(LF, 0.04~0.15Hz)以及高頻頻帶(HF, 0.15~0.4Hz)，這兩個頻帶分別反映著自律神經系統之交感神經與副交感神經活動的情形[17]。

我們所發展的心率變異分析系統(如圖三)包含心電圖信號(ECG)多種處理功能，如信號擷取、信號儲存、波形重現、ECG Viewer模式、時域分析、頻域分析、分析報表、報表儲存、歷史資料比較、與報表列印等，簡述如下：在圖四模式中，可以將心電圖信號重現在螢幕上，並且可自行設定瀏覽視窗長度、手動換頁、自動換頁、特定區間觀察等。圖五之波形，是使用Tompkins等人所提出之QRS波偵測法所繪製之波形，每一點代表心電圖中R波與R波的時間間隔，並且經平均心

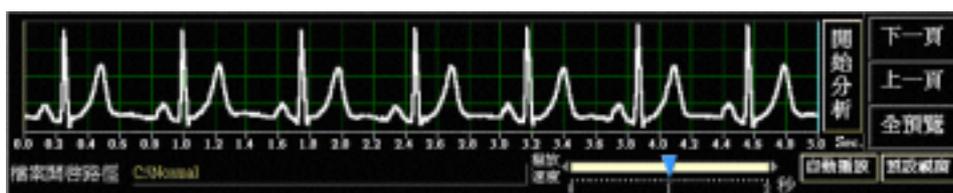


圖二、(a) 含有0.31、0.1以及0.0013 Hz之模擬心率變異信號(512 data points)。(b) 模擬心率變異信號之傅利葉轉換結果[15]。

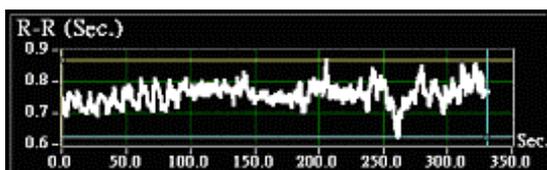




圖三、心率變異分析系統功能面板



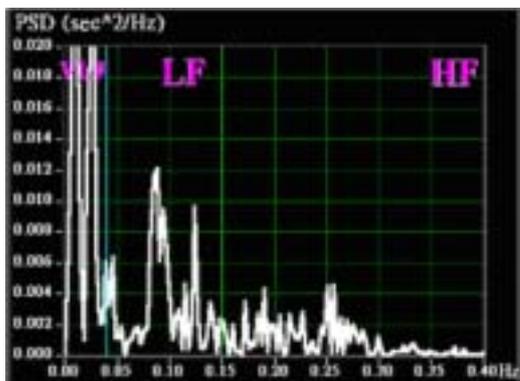
圖四、HRV分析系統波形重現、ECG Viewer模式



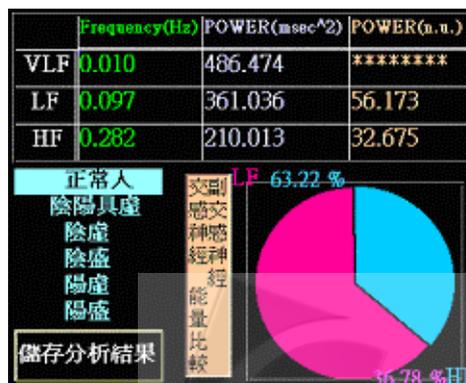
圖五、原始心電圖信號之R-R Interval



圖七、時域分析參數 (HR、HRV、pNN50%) 與頻域分析 (Total Power、LF/HF ratio)



圖六、R-R Interval 之頻譜圖



圖八、頻域分析結果與圓餅圖

率之重新取樣。將圖五的波形作頻譜的結果為圖六之頻譜圖，LF區間代表低頻帶，主要為交感神經作用區；HF區間代表高頻帶，為副交感神經作用區。圖八中的表格為圖六頻譜圖的重要參數，包含各區間頻譜能量與單位頻譜能量。觀察歷史資料功能，可以將前數筆分析過的資料一次叫出，同時比較其差異性，每一筆資料中存有心電圖分析的所有時域、頻域分析參數以及分析紀錄的時間。而列印分析結果，可以將分析後的結果，以報表型式加以存檔或輸出裝訂成冊，圖十即為報表輸出的樣本，真正的輸出大小為一張A4紙張；其中表內之正常值，為經由醫師篩選之30筆正常人所做的統計結果，但僅提供作為參考，未來仍可加入大量正常人統計分析的結果，使得此正常值範圍更為客觀。

結果與討論

在本研究中，我們主要想探討自律神經的穩態與中醫體質陰陽平衡的關係，以及具有陰陽失調體質者其自律神經穩態與正常者差異之處。研究中我們利用統計檢定 (t-test) 方法，分析在不同體質下 (陰陽俱虛、陰虛、陰盛、陽虛及陽盛) 與正常人比較HR、SDNN、pNN50%等時域參數，以及LF/HF ratio (低高頻功率比)、Total Power (總功率)、LF Power (低頻功率)、HF Power (高頻功率)等頻域指標之差異，以p值小於0.05視為統計上有顯著差異的標準，其分析結果如表一及二所示。

由表一及表二中，我們可以觀察出幾個結果，在時域分析部分，HR僅陰陽俱虛與正常人較有顯著不同，SDNN對於陰陽俱虛、陽盛與正常人相比有相當明顯的差異，其p值分別為0.0026與0.000001，而在pNN50%參數除陰虛與正常人無明顯差異外，其餘測試組皆與正常人有顯著差異。在頻域分析方面，正常人與陰陽俱虛及陽虛的LF/HF ratio就統計結果並無明顯差異，但是陰陽俱虛的體質其頻譜的總功率 (圖十二) 會比正常人 (圖十一) 來的小，而陽虛者之總功率則較正常人來的大。低頻功率 (LF Power) 及高頻功率 (HF Power) 分別反映出交感神經與副交感神經的活絡情形，在陰虛 (圖十三) 與陽盛 (圖十六) 的體質中，LF Power明顯大於HF

Power，而陽虛 (圖十五) 與陰盛 (圖十四) 的體質，LF Power則會明顯小於HF Power。圖十七為六種不同中醫體質之LF/HF ratio圓餅圖。



圖九、基本資料處理功能按鈕

表一、不同體質之平均值與標準差分析結果 (時域參數)

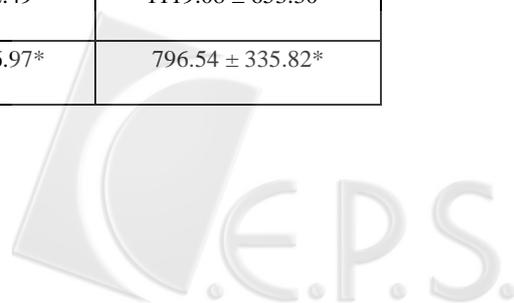
	Heart rate (bpm)	SDNN (msec)	pNN50%
正常人	68.06 ± 8.42	40.45 ± 4.30	8.55 ± 6.89
陰陽俱虛	89.78 ± 14.02*	21.64 ± 11.27*	0.72 ± 1.67*
陰虛	67.56 ± 6.01	36.60 ± 12.22	3.12 ± 2.87
陰盛	65.51 ± 13.75	44.76 ± 5.08	28.99 ± 17.91*
陽虛	70.42 ± 9.84	47.90 ± 14.70	34.13 ± 21.63*
陽盛	72.07 ± 1.94	59.35 ± 4.10*	23.03 ± 9.02*

其中，有*符號表示其與正常人組之t-test檢定結果p值小於0.05。

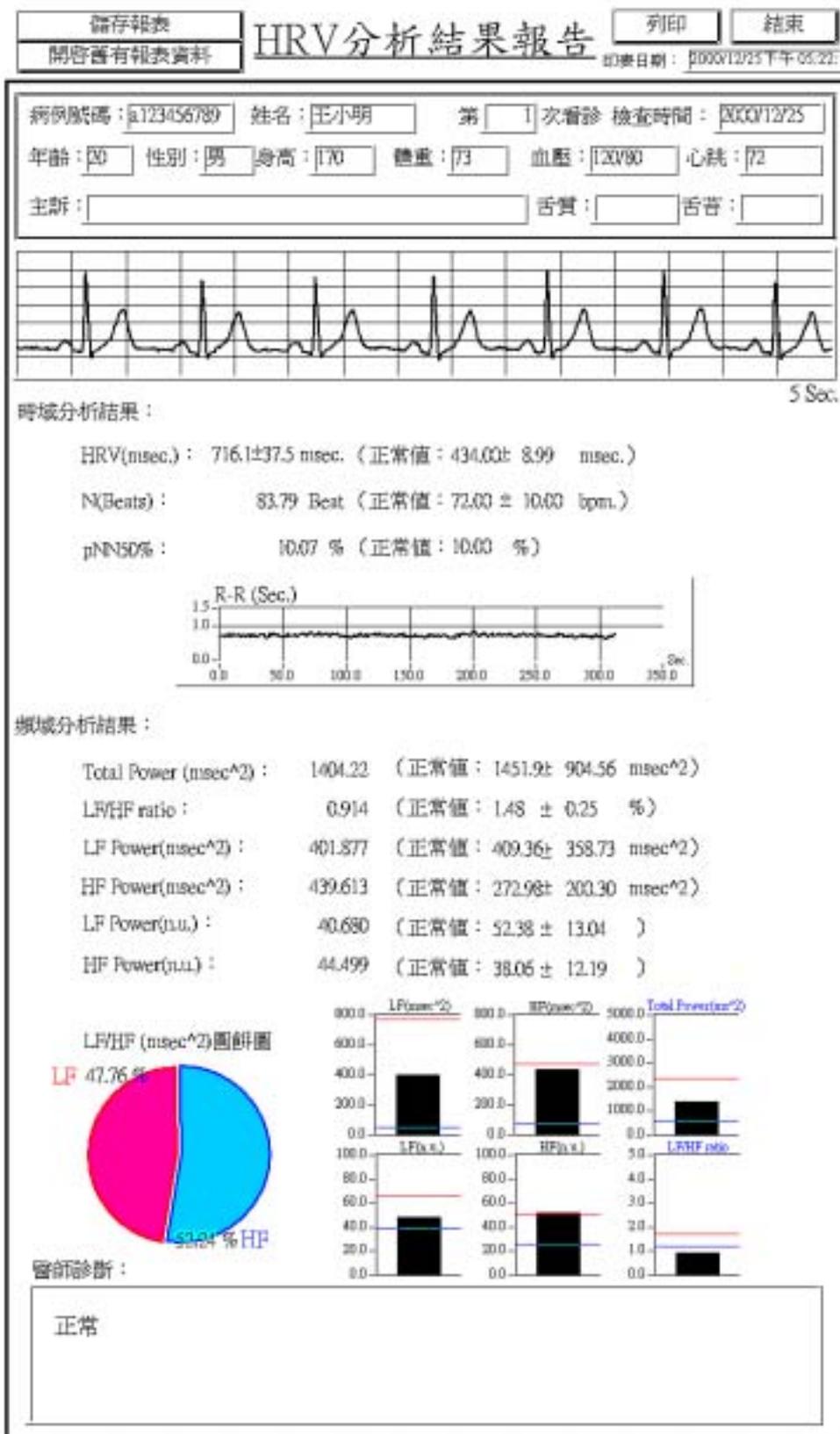
表二、不同體質之平均值與標準差分析結果 (頻域參數)

	LF/HF ratio	Total Power (msec ²)	LF Power (msec ²)	HF Power (msec ²)
正常人	1.32 ± 0.62	1655.23 ± 336.90	440.79 ± 197.44	355.15 ± 134.66
陰陽俱虛	2.13 ± 1.32	594.06 ± 635.66*	142.02 ± 164.68*	77.94 ± 69.31*
陰虛	2.64 ± 0.98*	1488.73 ± 1049.84	423.27 ± 208.59	179.08 ± 91.30*
陰盛	0.56 ± 0.29*	2029.48 ± 457.03	387.20 ± 117.06	846.47 ± 359.49*
陽虛	0.45 ± 0.45*	2511.29 ± 1217.65	250.89 ± 152.49	1119.08 ± 653.30*
陽盛	1.99 ± 1.58	3541.35 ± 479.64*	1138.35 ± 606.97*	796.54 ± 335.82*

其中，有*符號表示其與正常人組之t-test檢定結果p值小於0.05。



裝
訂
線



圖、HRV分析系統報表輸出結果



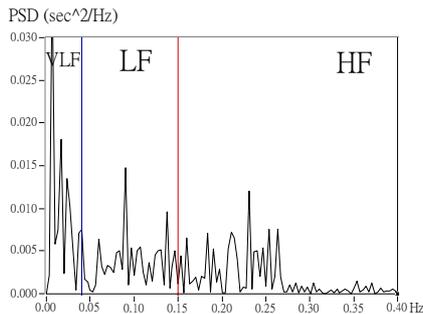


圖 一、正常人體質之頻譜分析結果

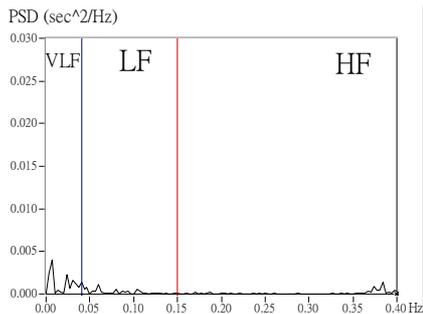


圖 二、陰陽俱虛體質之頻譜分析結果

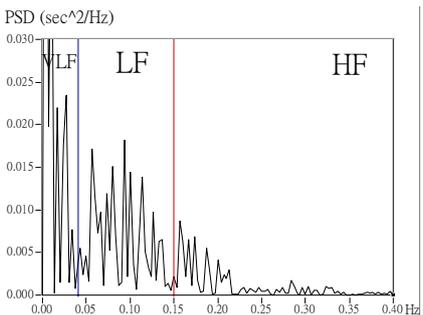


圖 三、陰虛體質之頻譜分析結果

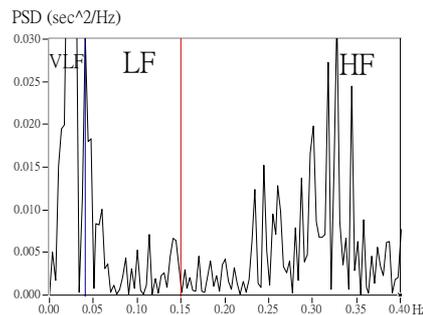


圖 四、陰盛體質之頻譜分析結果

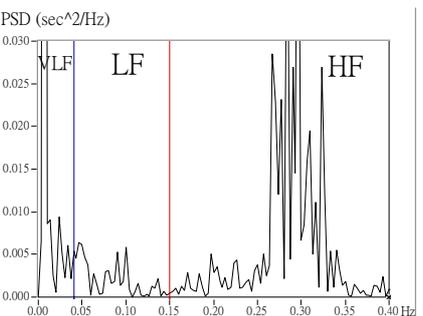


圖 五、陽虛體質之頻譜分析結果

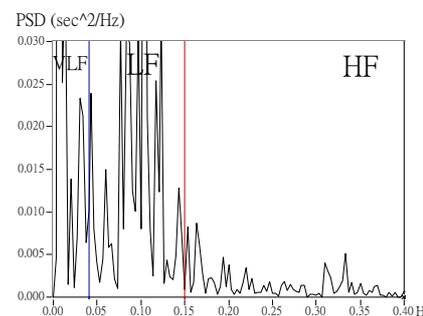


圖 六、陽盛體質之頻譜分析結果

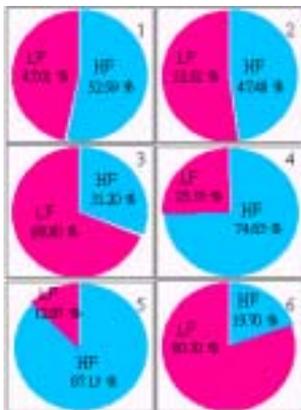


圖 七、各種體質之LF/HF ratio圖餅圖 (依次序為¹正常人、²陰陽俱虛、³陰虛、⁴陰盛、⁵陽虛及⁶陽盛)



從我們的結果可以發現，「陽」主要可能表現在交感神經的作用情形，是屬於低頻帶0.04~0.15Hz，「陰」的表現則可能主要則在副交感神經作用情形，為高頻帶0.15~0.4Hz。交感神經活絡時，在實驗數據上可以發現正常人「陽」的部分有明顯的增加；副交感神經作用時，正常人「陰」的部分有明顯的變化，就醫學上而言合乎常態。而體質為陰陽俱虛的病患交感神經與副交感神經活絡情形皆不明顯，同時在實驗數據中陰、陽的表現亦不明顯，另外在體質為陰虛與陽盛的病患，其實驗結果分別可以看出頻譜圖中低頻帶能量較大，而陰虛與陽虛的病患其高頻帶能量較大。初步來說，陰、陽體質與自律神經系統相呼應的關係相當明顯，但仍然要經過大量的統計分析，才能找出更為客觀的事實。

結 論

在本研究中我們已經發展出一套心率變異分析系統，利用心率變異數所求得的時域、頻域參數，作為評估中醫陰陽體質的效果已經有了初步且不錯的成效。在以往未發展出本系統前，醫師憑其主觀之感覺推測出受測者的體質狀況，而本研究的具體成效不僅能使醫師有一份客觀的分析數據作為參考，而且在未來的研究中，我們希望繼續收集更多的臨床樣本及體質，做大量的統計研究，進一步開發出中醫體質自動辯證系統，使中醫體質的判斷能夠自動化而且更正確、更客觀。

誌 謝

本研究承蒙衛生署中醫藥委員會計畫CCMP87-RD-049部分經費補助，並榮獲89年中華民國生物醫學工程研討會壁報論文比賽第一名之殊榮，特此誌謝。

參考文獻

- [1] 馬建中, 中醫診斷學, 國立編譯館 主編, 民國 85 年 5 月
- [2] C.C. Chiu, "A novel approach based on computerized image analysis for traditional Chinese medical diagnosis of the tongue", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 61: 77-89, 2000.
- [3] C.H. Horng, "The principles and methods of tongue diagnosis, in: Tongue Diagnosis", *Lead Press*, Taipei, Taiwan, 2-12, 1992.
- [4] D.W. Beaven and E.E. Brooks, "Examination of the mouth and Tongue, in: A Colour Atlas of the Tongue in Clinical Diagnosis", *Wolfe Medical Publications*, Ipswich, UK, 1988.
- [5] C.C. Chiu, H.H. Chang, and C.H. Yang, "Objective auscultation for traditional Chinese medical diagnosis using novel acoustic parameters", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 62: 99-107, 2000.
- [6] L.R. Rabiner and B.H. Juang, "The speech signal : production, perception, and acoustic-phonetic characterization, Fundamentals of Speech Recognition", *Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ*, 1993, ch.2.
- [7] T.T. Deng, "Basic theory of traditional Chinese medicine, Diagnostics of Chinese Medicine", *Chih-Yin Publishing Company*, Taipei, Taiwan, 5-11, 1993.
- [8] Y.Y. Lin Wang, C.C. Chang, J.C. Chen, H. Hsiu, and W.K. Wang, "Pressure Wave Propagation in Arteries", *IEEE Engineering in medicine and biology*, 1997.
- [9] L.Y. Wei, C.T. Lee, and P. Chow, "A New Scientific Method of Pulse Diagnosis", *American Journal of Acupuncture*, 12:3, 1984.
- [10] 鄭安堃, 沈自伊, 王文健, 虛證研究, 知音出版社 1995.
- [11] 邵念方, 中醫診斷學, 中國山東科學技術出版社 1990.
- [12] B.W. Hyndman and J.R. Gregory, "Spectral analysis of sinus arrhythmia during mental loading", *Ergonomics*, 18: 255-270, 1975.
- [13] S. Akselrod, D. Gordon, F.A. Ubel, D.C. Shannon, A.C. Barger, and R.J. Cohen, "Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control", *Science*, 213:220-222, 1981.
- [14] C.C. Chiu, S.J. Yeh, and R.C. Lin, "Data acquisition and validation analysis for Finapres signals", *Chinese Journal of Medical and Biological Engineering*, 15: 47-58, 1995.
- [15] J.M. Karemaker, "Analysis of blood pressure and heart rate variability: theoretical considerations and clinical application", *Journal of Autonomic Nervous System*, 25: 315-329, 1992.
- [16] W.J. Tompkins, "Biomedical Digital Signal Processing", *prentice-Hall international Inc*, 1993.
- [17] M. Malik, "Heart rate variability", *Circulation*, 93: 1043-1065, 1996.



Assessment of Yin-Yang Constitution in Chinese Medicine Using Heart Rate Variability

Ching-Hsiu Chen Chuang-Chien Chiu* Ching-Lung Sun Yung-Hisen Chang¹

Department of Automatic Control Engineering, Feng Chia University, Taichung, Taiwan, 407, ROC

¹*Department of Acupuncture, China Medical College Hospital, Taichung, Taiwan, 407, ROC*

Received 7 June 2001; Accepted 8 November 2001

Abstract

In this paper, a heart rate variability (HRV) analysis system was developed. It was applied to assess the yin-yang constitution in Chinese medicine. Six groups of subjects including normal, yin-yang exhaustion, yin exhaustion, yin repletion, yang exhaustion and yang repletion were recruited from the internal department of Chinese medicine at China Medical College Hospital. Each group comprised of eight subjects. ECG signals were acquired from all subjects for period of approximately five minutes in the supine position. The results showed in time-domain analysis that only the heart rate of yin-yang exhaustion was significantly different from that in the normal group. Standard deviation of normal to normal interval (SDNN) was significantly different between the groups of yin-yang exhaustion and normal, yang repletion and normal. The proportion derived by dividing the number of interval differences of successive NN intervals greater than 50ms by the total number of NN intervals (pNN50%) was different from any test group with normal except for the yin exhaustion group. In frequency-domain analysis, the normal case and Yin-Yang exhaustion achieved the LF/HF ratio approximate to 1. However the total power of yin-yang exhaustion had smaller value than that in the normal case. The LF power was larger than HF power in yin exhaustion and yang repletion constitutions. Conversely, the HF power was larger than LF power in yin repletion and yang exhaustion constitutions.

Keywords: Heart rate variability, Autonomic nervous system (ANS), Yin-yang constitution

*Corresponding author: Chuang-Chien Chiu
Tel: +886-4-24517250 ext.3930; Fax: +886-4-24519951
E-mail: chiuc@auto.fcu.edu.tw

