

編號：CCMP94-RD-003

撓骨動脈脈搏波之頻譜分析

郭正典

台北榮民總醫院

摘 要

中醫脈學是長久以來應用於中醫臨床診斷的一項實踐方法，歷代文獻及理論經驗的資料都非常豐富。傳統中醫脈學多屬主觀與經驗的描述，欠缺較客觀明確的定量及定性分析，使得中醫脈診在現代醫學中難以被廣泛接受，在臨床研究上亦難以探究發展。雖然目前有多種脈搏波型的擷取儀器被研發出來，以取代傳統手指觸摸撓動脈的診脈方法，不同證型患者的脈搏波型也被客觀描繪出來，但是對於脈搏波形的研究、各項波形參數的分析與臨床意義的探討，和對於不同疾病是否具有臨床指標性的定性和定量分析，一直仍未有顯著的發展。因此，發展脈搏波的客觀化、標準化波形分析法對於提升中醫脈診的客觀性是非常重要的。

本研究擷取正常受測者及冠狀動脈疾病患者撓骨動脈的脈搏波訊號，再自行撰寫的分析軟體分析脈搏波的波形，定義並計算脈搏波波形不同的參數，以使用統計方法找出不同疾病下波形參數的差異性，以探討脈搏波波形參數在冠狀動脈疾病上的診病價值。

對照組與冠狀動脈疾病患者左手或右手撓骨動脈脈搏波頻譜圖中諧波的功率並無顯著的差異，兩手撓骨動脈脈搏波頻譜圖中諧波的功率也無顯著的差異。如果病人數足夠，可進一步依疾病嚴重度細分為數組，然後再分析，或許可以找出與冠狀動脈疾病患有關的脈搏波頻譜變化。

關鍵詞：撓骨動脈、脈搏波、頻譜分析、冠狀動脈疾病

Number: CCMP94-RD-003

Power Spectral Analysis of Radial Artery Pulse Waveform

Cheng-Deng Kuo

Taipei Veteran General Hospital

ABSTRACT

The diagnostic method of pulse palpation has been used in traditional Chinese medicine for thousands of years. There are plenty of archives concerning the description of experience in this diagnostic method and the subjective description about the objective assessment of pulse palpation. There are many manipulations and equipments now to get the waveform of artery pulse instead of the way of traditional palpation on radial artery pulsation. However, The description and calculation of pulse waveform parameters and the unstanding of their clinical meanings need more improvements. The development of standardized pulse waveform analysis is necessary for the improvement of the diagnostic power of pulse palpation in traditional Chinese medicine.

This study intends to assess the signals of radial artery pulse wave taken from coronary artery disease patients and control subjects through the plethysmographic monitor and computer programme written with Mathcab software. We will measure and analyze the parameters from the radial artery pulse wave through power-spectral analysis to find the relationship between the parameters defined and the status of the diseases. By means of biostatistics we may be able to find the difference in pulse wave parameters between coronary artery disease patients and control subjects, and the clinical diagnostic value of pulse wave analysis.

No significant difference in pulse harmonics of radial artery of either left or right hand was observed between normal controls and patients with coronary artery

disease. If the number of the patients can be increased and the patients can be stratified according to the severity of their disease, then some differences may be found between normal controls and patients.

Keywords: radial artery, pulse wave, power-spectral analysis, coronary artery disease

壹、前言

冠狀動脈疾病 (Coronary Artery Disease) 包括：心絞痛、狹心症 (Angina Pectoris)、心肌梗塞和冠狀動脈粥狀硬化等。近十年來心臟病常名列台灣十大死亡原因之一。目前中國大陸對此病在辨證分型上的研究，各家分型眾多，意見仍有相當大的差異。陳貴廷等人將冠狀動脈疾病分成氣虛型、心腎陽虛型、陰虛型、陰虛陽亢型、氣滯血瘀、痰濕等六個類型，而治療本病重點放在初病尤以氣虛為主，常兼陽虛；久病陽損及陰，多有氣陰兩虛，血瘀臨床上最為常見 (陳貴廷等，1993)。

冠狀動脈疾病血瘀證由兩類因素構成：一是反映血瘀的普遍性因素，如：舌質紫暗、口唇齒齦暗紅、女性則月經色黑有塊等；另一是反映血瘀的特徵性因素，如：心前區疼痛、脈澀、脈結代或無脈、精神異常等 (陳可冀等，1993)。富貴恩等人將此病分為四型：包括陽虛寒凝、氣滯血瘀、氣血兩虛、陰虛陽亢 (富貴恩等，1987)。王仁平等治療本病重點放在血瘀型上，其形成多與正氣虛衰，馭血無力，血行不暢而瘀阻脈絡有關，治療應通補兼施，兼顧根本 (王仁平等，1990)。于頤然等人將冠心病分成心血瘀阻型、痰濁壅塞型、陰寒凝滯型、心腎陰虛型、氣陰兩虛型、陽氣虛衰型等六種證型，並從本病在胰島素抵抗、紅血球細胞膜 ATP enzyme 的生化研究中，發現本病屬於本虛標實，在本虛基礎上形成與瘀血較單純虛證為重 (于頤然等，2000)。

中醫脈學是長久以來應用於中醫臨床診斷的一項實踐方法，歷代文獻及理論經驗的資料都非常豐富。但是多屬於純粹主觀與經驗的描述，欠缺以較客觀明確的定量、定性的參數標準，使得中醫脈診在現代醫學中，難以被廣泛使用，在臨床研究上亦難以探研發展。雖然目前有多種脈搏波型的擷取儀器被研發出來，藉以取代傳統用手指觸摸橈動脈，不同症型患者的脈搏波型也被客觀描繪出來，但是對於脈搏波型的研究、各項波型參數的研發與臨床意義的探討，對於和不同疾病是否具有臨床指標性的定性和定量分析結合，一直仍未有顯著的發展。因此，發展脈搏波客觀化、標準化的波型參數研究對於提升中醫脈診客觀診斷水準是非常重要的。

中醫脈診學的現代研究一直是蓬勃發展，汪叔游教授 (Wang et al, 1976) 首先開發脈波儀，將脈波圖與電腦相結合，使脈波圖、心電圖同步顯現，並將脈波圖給予一次導函數可看出斜率，記錄寸、關、尺與浮、中、沉建立一套脈波判讀的標準。魏凌雲教授 (Wei et al, 1985; Wei et al,

1983) 利用頻譜能量比配合脈經中寸、關、尺與臟腑間的關係作為健康參考指標，認為正常人脈波的能量都集中在 10 Hz 以下，這能量 Spectral Energy Ratios (SER) 在低頻能量 (10Hz 以下) 的頻譜與較高頻 (10Hz 以上) 能量比大於 100 以上時，即處於健康狀態。若比值小於 100 則為氣衰。以 SER (10) 作為健康的指數，或氣的量度，判定健康、氣盛或氣衰。王唯工教授 (Wang WK, 1987) 認為脈波是血液壓力波流經各臟腑與心臟共振狀況的綜合表現，其利用傅立葉轉換，分析由壓力轉換器取得脈波，認為不同頻率共振波的強度各與不同臟腑的健康狀態相關連。

頻域分析是把隨時間變動的波動 (例如心跳) 間期轉換成隨頻率變動的訊號，將心跳間期的波動分解成許多不同頻率和振幅的正弦波 (sine waves) 而得到心跳間期的頻譜。所以頻譜是一個頻率的函數，其強度為此正弦波振幅的平方。把相對強度量化，即為功率密度 (power spectral density, PSD) (Cohen 1989)。通常心跳間期頻譜的頻率在 1Hz 以下。

頻譜分析法應用於數列分析是在 1960 年代開始 (Kay & Marple, 1981)。功率頻譜密度分析 (power spectral density analysis) 是分析功率 (即變異數) 在各種不同頻率的分布情形，其常用的計算方法有快速傅立葉轉換 (fast Fourier transformation, FFT) 和自動迴歸模型估計 (autoregressive model estimation) 兩種，此兩種方法所得到的結果約略相同。傅立葉轉換是許多科學領域中重要的應用工具之一，尤其在信號處理、影像處理、量子物理等方面。傅立葉轉換是從時域到頻域互相轉化的工具。從物理意義上來說，傅立葉轉換是把隨時間變動的波形訊號分解成許多不同頻率的正弦波 (sine wave) 累加的總和。由於任何訊號均可被拆解為頻率、振幅及相位角不等的正弦波組合，而每個正弦波最大的差異在頻率。因此，每一訊號也可表示成隨頻率 (即正弦波) 改變的函數。以頻率領域描述一個訊號時，通常是以振幅的平方 (Y) 對頻率值 (X) 作圖，此圖形稱為「功率頻譜」(power spectrum)。功率頻譜曲線下面積的總和定義為總功率 (total power, TP)，在個別頻率區域內曲線下的面積則為個別頻率區域的功率，例如高頻功率 (high frequency power, HFP) 和低頻功率 (low frequency power, LFP)。

本研究擬發展將心率變異度頻域分析方法應用在撓動脈之脈搏波上，以先前對冠狀動脈疾病患者心率變異性頻譜分析的研究經驗為主，研究冠狀動脈疾病患者脈搏波的頻域分析，藉以建立脈搏波分析研究之嶄新的研究領域。本研究的目的是找出冠心病患者的各項具有診斷價值

的特異性參數。

貳、材料與方法

以台北榮民總醫院心臟科病房準備進行心導管檢查之冠狀動脈疾病患者共六十名為樣本，依美國心臟學會冠狀動脈診斷標準分實驗組與對照組共二組，對照組三十名，實驗組三十名。

本研究首先將準備一台能同時量測左右手橈動脈脈搏波的脈波儀 plethysmographic monitor (ML795 PowerLab/16sp, ADInstruments, Sydney, Australia) 對兩組受測者進行脈搏波型訊號的擷取。測量時將請受測者平躺，雙目閉上並盡量放鬆 5 分鐘後，以脈波儀同時記錄受測者左右手橈動脈的脈搏波 10 分鐘，將所得到的脈搏波訊號傳送至個人電腦。由 Mathcad 軟體撰寫的程式進行快速傅立葉轉換，獲得功率頻譜圖後分析各區間功率參數定量化數值。

其次我們定義所使用的參數如下： $nPx = Px \cdot 100 / AP$ ，其中 n 表 Normalized，意思是將 Px 諧波的功率標準化；x 是正整數，表第幾個諧波；TP 是 Total Power 的簡稱，它是頻譜圖裡所有諧波的功率的總合。 $Rx1 = Px / P1$ ，是以第一個諧波的功率當分母，使 Px 諧波的功率標準化。其餘符號依此類推。

最後我們採用生物統計軟體 Sigmastat，以 Student t-test 雙尾檢定比較實驗組與對照組間之差異，或實驗組與對照組兩手間的差異。我們以 $p < 0.05$ 為統計學上有意義的差異。

參、結果

本次實驗之受試者由台北榮民總醫院心臟科病房準備進行心導管檢查之冠狀動脈狹窄 (CAD) 的病患 30 名及正常受試者 30 名組成。為求實驗上的精確性和減少誤差，我們在 30 名病患中篩選出 15 名經診斷確定為 CAD 且無其他併發症的患者作為這次實驗的實驗組 [扣除 6 名 CAD 但併有心臟移植病患、5 名冠狀動脈通暢 (Patent coronary) 的病人、2 名 CAD 但併有心房纖維性顫動、及 2 名 CAD 但手部不自覺抖動影響資料正確性]，再根據實驗組的性別及年齡為依據，從 30 名自願受試者 (normal controls) 中取出 12 名適任者作為對照組，故本次實驗共測試六十名自願者，包括 30 名 CAD 患者及 30 名正常受試者，且所有受試者皆為年紀 50 歲以上的男性。

表一顯示本次研究的所有受試者的基本資料，除了心跳速率外，CAD 病人與對照組都沒有差別。在 CAD 病患與對照組左右手橈骨動脈脈搏波的頻譜分析比較方面，表二顯示 CAD 病人與對照組左手橈骨動脈脈搏波結果在 pulse harmonic 上並沒有顯著的相差异性。表三顯示 CAD 病人與對照組右手橈骨動脈的頻譜也沒有顯著的差異。但 nP6 的 p 值為 0.097，已接近統計上有意義的 0.05。

表四和表五比較正常人和 CAD 病人左右手脈搏波頻譜圖中的諧振波。不論是正常人或 CAD 病人，左右手脈搏波頻譜圖中的諧振波都沒有統計學上有意義的差異，但有少數諧振波在左右手已接近統計學上有意義的差異了，例如正常人的 R51 和 CAD 病人的 nP4 及 R41。

圖一顯示 pulse harmonic 在參數上並無明顯的相差异性。但在頻譜圖的圖形上有一部分的 CAD 病患的圖形自成一格，呈現不規律的 harmonic peaks，與對照組規律遞減的 harmonic peaks 看起來有差異。其中是否與 SVD (single vessel disease)、DVD (double vessel disease)、TVD (triple vessel disease) 或心肌梗塞...等病史有關聯性，還要進一步研究。

肆、討論

病人的心跳速率顯著大於正常對照組，這是可以理解的。其原因可能是病人的心臟功能比正常人差，需要借助多一點的心跳，來彌補每次心搏量的相對不足，所以病人的心跳速率會較正常人為快。

雖然病人的心跳速率較正常人為快，但脈搏波頻譜圖裡的諧波卻與正常人沒有差別，這現象一方面顯示病人脈搏波的波形可能與正常人沒有顯著的差別，有差別的只是心搏速率。另一方面也顯示動脈硬化可能只在心臟的冠狀動脈較明顯，在末梢血管可能不明顯。

脈搏波頻譜圖比不出差異也可能是因為病人數不太夠造成的。如果病人數足夠，能進一步依其疾病嚴重度細分為數組，然後再比較分析，或許可以找出與冠狀動脈疾病患有關的脈搏波頻譜變化，例如 nP6。此外，在左右手的比較方面，如果個案數增加的話，正常人的 R51 和 CAD 病人的 nP4 及 R41 可能也會有差異。至於這些參數一旦達到統計學上有意義的差異後其臨床意義為何，則有待更多研究的探討。

伍、結論與建議

本次實驗的結論為冠狀動脈疾病患者與正常對照組左右手橈骨動脈脈搏波在參數上並無顯著的差異。但因本研究納入的病人數不多，故本結論須待更多研究分析後方可確認。如果能有更多病人進行分析，或許最後能找到冠狀動脈疾病患者與正常對照組橈骨動脈脈搏波的差異性。

誌謝

本研究計畫承蒙行政院衛生署中醫藥委員會，計畫編號 CCMP94-RD-003 提供經費贊助，使本計畫得以順利完成，特此誌謝。

陸、參考文獻

1. 王仁平等：益氣活血方治療冠心病心絞痛血瘀證三十例。《中國中西醫結合雜誌》1990；10：221。
2. 于頤然等：冠心病中醫證型與胰島素抵抗、紅細胞膜 ATP enzyme 關係的臨床研究。《中醫雜誌》2000；41：111-112。
3. 陳可冀等：活血化瘀研究與臨床。北京醫科大學與中國協和醫科大學聯合出版社 1993；25-28。
4. 陳貴廷等：實用中西醫結合診斷治療學。中國醫藥科技出版社 1993；329-342。
5. 富貴恩等：內蒙古中醫藥雜誌 1987；3：19。
6. 黃世林，孫明異：中醫脈象研究。知音出版社 1998。
7. Lu WA, Wang YY, Wang WK.: Pulse analysis of patients with severe liver problems. Studying pulse spectrums to determine the effects on other organs. Wei LY, Chow P. Frequency distribution of human pulse spectra. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 1985; 32: 245-6.
8. Lee CT, Wei LY.: Spectrum analysis of human pulse. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 1983; 30: 348-52. *IEEE Engineering in Medicine & Biology Magazine* 1999; 18: 73-5.
9. Lu WA, Cheng CH, Lin Wang YY, Wang WK.: Pulse spectrum analysis of hospital patients with possible liver problems. *American Journal of Chinese Medicine* 1996; 24: 315-20.
10. Chen CY, Wang WK, Kao T, Yu BC, Chiang BC.: Spectral analysis of radial pulse in patients with acute, uncomplicated myocardial infarction. *Japanese Heart Journal* 1993; 34: 131-43.
11. Wei LY, Winchester T.: Electronic diagnoser of arterial pulse. *Journal of Medical Engineering & Technology* 1985; 9: 183-6.
12. Wei LY, Chow P.: Frequency distribution of human pulse spectra. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 1985; 32: 245-6.
13. Lee CT, Wei LY. Spectrum analysis of human pulse. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 1983; 30: 348-52.
14. Lu WA, Wang YY, Wang WK.: Pulse analysis of patients with severe liver

- problems. Studying pulse spectrums to determine the effects on other organs. *IEEE Engineering in Medicine & Biology Magazine* 1999; 18: 73-5.
15. Lu WA, Cheng CH, Lin Wang YY, Wang WK.: Pulse spectrum analysis of hospital patients with possible liver problems. *American Journal of Chinese Medicine* 1996; 24: 315-20.
 16. Chen CY, Wang WK, Kao T, Yu BC, Chiang BC.: Spectral analysis of radial pulse in patients with acute, uncomplicated myocardial infarction. *Japanese Heart Journal* 1993; 34: 131-43.
 17. Kingwell BA, Gatzka CD.: Arterial stiffness and prediction of cardiovascular risk. *Journal of Hypertension* 2002; 20: 2337-40.
 18. Oliver JJ, Webb DJ. Noninvasive assessment of Arterial stiffness and risk of Atherosclerotic events. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2003; 23: 554-66.

柒、圖表

Table 1 Demographic data of the study subjects

	Normal (n = 12)	CAD (n = 15)	<i>p</i>
Age (years)	61.9 ± 8.8	66.7 ± 13.1	0.494
Gender (M/F)	12/0	15/0	
Body height (cm)	168.3 ± 5.8	165.7 ± 6.3	0.270
Body weight (Kg)	66.1 ± 7.9	70.1 ± 10.1	0.274
Heart rate (bpm)	63.5 ± 7.5	72.8 ± 11.9	0.026*
Blood pressure (mmHg)			
Systolic pressure	130.8 ± 12.4	134.8 ± 14.7	0.453
Diastolic pressure	75.1 ± 6.8	75.6 ± 11.1	0.770
Severity			
Single vessel disease	0	3	
Double vessel disease	0	5	
Triple vessel disease	0	7	
Medication			
Aspirin	0	11	
Beta-Blocker	0	7	
Calcium channel blocker	0	5	
ACEI	0	6	

Data presented are Mean±SD. * $p < 0.05$

Table 2 Comparison of pulse harmonics of left hand between normal controls and CAD patients

	Normal (n = 12)	CAD (n = 15)	<i>p</i>
TP	0.30 ± 0.18	0.97 ± 0.99	0.124
nP1	23.20 ± 7.33	21.91 ± 8.40	0.679
nP2	21.93 ± 4.84	21.53 ± 12.65	0.367
nP3	18.26 ± 5.03	14.94 ± 7.47	0.200
nP4	6.63 ± 1.91	5.01 ± 3.46	0.213
nP5	8.44 ± 4.16	6.97 ± 5.17	0.431
nP6	7.28 ± 2.93	5.28 ± 4.56	0.124
nP7	3.08 ± 3.01	3.33 ± 3.22	0.838
nP8	1.97 ± 2.46	1.76 ± 2.03	0.479
R21	0.99 ± 0.21	1.18 ± 1.06	0.367
R31	0.88 ± 0.45	0.85 ± 0.59	0.872
R41	0.33 ± 0.18	0.25 ± 0.18	0.150
R51	0.39 ± 0.21	0.39 ± 0.32	0.976
R61	0.36 ± 0.22	0.31 ± 0.29	0.272
R71	0.17 ± 0.24	0.19 ± 0.18	0.714
R81	0.12 ± 0.19	0.10 ± 0.11	0.751

Data presented are Mean±SD.

Table 3 Comparison of pulse harmonics of right hand between normal controls and CAD patients

	Normal (n = 12)	CAD (n = 15)	<i>p</i>
TP	0.61 ± 0.54	0.51 ± 0.49	0.542
nP1	19.96 ± 5.42	22.14 ± 10.74	0.864
nP2	19.54 ± 4.06	23.39 ± 11.21	0.643
nP3	17.99 ± 5.04	15.89 ± 7.94	0.436
nP4	6.93 ± 2.57	7.33 ± 3.98	0.763
nP5	11.21 ± 5.38	8.56 ± 5.50	0.221
nP6	8.63 ± 3.20	5.70 ± 5.14	0.097
nP7	3.36 ± 2.84	3.05 ± 2.84	0.608
nP8	2.02 ± 1.67	1.63 ± 1.84	0.196
R21	1.01 ± 0.20	1.11 ± 0.48	0.788
R31	0.99 ± 0.50	0.86 ± 0.54	0.509
R41	0.39 ± 0.20	0.40 ± 0.24	0.906
R51	0.60 ± 0.33	0.48 ± 0.37	0.378
R61	0.46 ± 0.23	0.34 ± 0.36	0.314
R71	0.18 ± 0.16	0.18 ± 0.18	0.575
R81	0.11 ± 0.10	0.09 ± 0.11	0.252

Data presented are Mean±SD.

Table 4 Comparison of pulse harmonics of right hand and left hand in normal controls

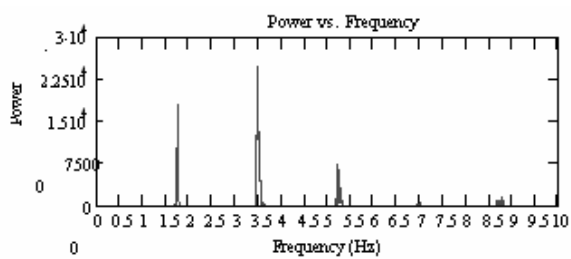
	Right hand (n = 12)	Left hand (n = 12)	<i>p</i>
TP	0.61 ± 0.54	0.30 ± 0.18	0.237
nP1	19.96 ± 5.42	23.20 ± 7.33	0.232
nP2	19.54 ± 4.06	21.93 ± 4.84	0.203
nP3	17.99 ± 5.04	18.26 ± 5.03	0.894
nP4	6.93 ± 2.57	6.63 ± 1.91	0.754
nP5	11.21 ± 5.38	8.44 ± 4.16	0.173
nP6	8.63 ± 3.20	7.28 ± 2.93	0.292
nP7	3.36 ± 2.84	3.08 ± 3.01	0.751
nP8	2.02 ± 1.67	1.97 ± 2.46	0.624
R21	1.01 ± 0.20	0.99 ± 0.21	0.827
R31	0.99 ± 0.50	0.88 ± 0.45	0.470
R41	0.39 ± 0.20	0.33 ± 0.18	0.457
R51	0.60 ± 0.33	0.39 ± 0.21	0.074
R61	0.46 ± 0.23	0.36 ± 0.22	0.157
R71	0.18 ± 0.16	0.17 ± 0.24	0.175
R81	0.11 ± 0.10	0.12 ± 0.19	0.312

Data presented are Mean ± SD.

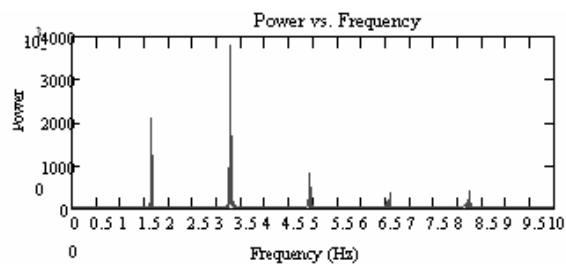
Table 5 Comparison of pulse harmonics of right hand and left hand in CAD patients

	Right hand (n = 15)	Left hand (n = 15)	<i>p</i>
TP	0.51 ± 0.49	0.97 ± 0.99	0.114
nP1	22.14 ± 10.74	21.91 ± 8.40	0.901
nP2	23.39 ± 11.21	21.53 ± 12.65	0.431
nP3	15.90 ± 7.93	14.94 ± 7.47	0.737
nP4	7.33 ± 3.98	5.01 ± 3.46	0.099
nP5	8.56 ± 5.50	6.97 ± 5.17	0.420
nP6	5.70 ± 5.14	5.28 ± 4.56	1.000
nP7	3.05 ± 2.84	3.33 ± 3.22	0.803
nP8	1.63 ± 1.84	1.76 ± 2.03	1.000
R21	1.11 ± 0.48	1.18 ± 1.06	0.229
R31	0.86 ± 0.54	0.85 ± 0.59	0.964
R41	0.40 ± 0.24	0.25 ± 0.18	0.062
R51	0.48 ± 0.37	0.39 ± 0.32	0.468
R61	0.34 ± 0.36	0.31 ± 0.29	0.967
R71	0.18 ± 0.18	0.19 ± 0.18	0.934
R81	0.09 ± 0.11	0.10 ± 0.11	0.901

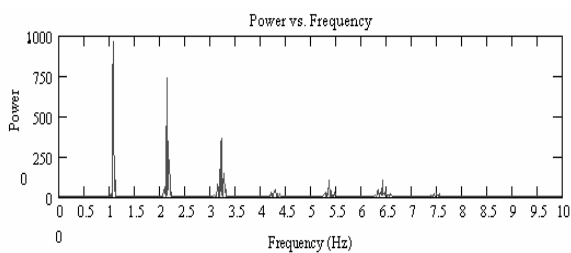
Data presented are Mean ± SD.



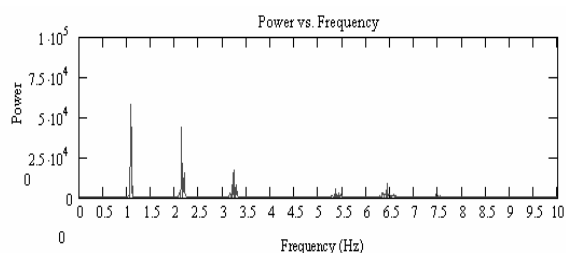
CAD 左手



CAD 右手



Control 左手



Control 右手

Fig. 1 Spectral analysis of radial artery pulse waveform in control and CAD patients