

編號：CCMP95-RD-045-1(全程計畫總報告)

中醫診斷學術之實證研究子計畫(5)- 利用現代語音科技發展中醫聞診 輔助儀器 (全程計畫總報告)

邱創乾
逢甲大學

摘要

中醫聞診是臨床辨證重要的一環，以患者聲音上的變化作為診斷的依據，但每個中醫師對聲音的感覺不盡相同，此種差異過於主觀，缺乏客觀上的判斷，因此如何使聞診的診斷能夠客觀及量化，以提供臨床應用與教學，成為一個重要的課題。

我們收集來自於中國醫藥大學附設醫院肺功能室及中醫內科氣虛患者的語音信號並將語音參數分析、量化，其步驟包含時域(平均過零點數 A1、峰谷值變化 A2)、頻域(共振峰頻率變異值 A3、高頻能量比 A4、低頻能量比 A5)及碎形維度分析。在分析比較虛證與非虛患者參數的差異後，將所分析的結果建立一資料庫，以供查詢之用。

比對肺活量與語音參數量化數值之關係，結果發現肺活量足與不足兩組的語音末段在高頻能量比的表現上具有統計上的差異($p < 0.05$)。此外母音/i/音的平均過零點數(Zero-crossing)，在非虛、中度氣虛及重度氣虛三組間彼此都有有顯著的差異。因此可使用語音分析出氣虛證程度，協助中醫臨床上氣虛證之診療。

關鍵詞：聞診，氣虛，平均過零點數，碎形維度。

CCMP95-RD-045-1(全程計畫總報告)

The Development of Objective Auscultation for Traditional Chinese Medical Diagnosis Using Modern Speech Technology (全程計畫總報告)

Chuang-Chien Chiu
Feng Chia University

ABSTRACT

Speech is not only a kind of tools for human to communicate and express emotion, but also to reflect the health condition. Speech variation is important for clinical examinations of auscultation in traditional Chinese medicine. However, this diagnosis of auscultation is lack of objective assessment. Doctors of traditional Chinese medicine don't have the same sense of voice and it influences the diagnostic accuracy in clinical practice. The main purpose of this study is to use modern speech analytical approaches to develop a platform of objective auscultation for traditional Chinese medical diagnosis.

We recorded speech signals from both normal subjects and qi-vacuity patients who are recruited from the outpatient department of Chinese internal medicine and pulmonary function examination room at China Medical University Hospital. Speech parameters will be quantified and analyzed the from speech signals. The parameters include temporal parameters, e.g. zero-crossing (A1), variations on peaks and valleys (A2), and spectral parameters, such as variations of formant frequencies (A3), high spectral energy ratio (A4), and low spectral energy ratio (A5), and fractal dimension analysis. Database for results of the speech parameters analysis is established by analyzing the difference between the vacuity patients and the non-vacuity patients.

The quantification results of speech parameters revealed that the high spectral energy ratio of two groups (FVC>80% and FVC<80%, FVC stands for forced vital capacity) exists statistically significant difference ($p<0.05$), and the zero-crossing of vowel /i/ was significantly different in three groups (non-vacuity, moderate qi-vacuity and severe qi-vacuity). This study can provide helpful information to clinicians in traditional Chinese medical diagnosis.

Keywords : Auscultation, qi-deficient, zero-crossing, fractal dimension.

壹、前言

聲音是人與人之間最普遍，也是最直接的一種交換訊息、表達情緒的方式，除此之外亦可以反映出一個人的體質及當下的生理狀況，像是剛睡醒所發出的低沉聲音、感冒時的沙啞聲或鼻音...等，都是我們在日常生活中常見的例子。傳統中醫從很早的時候就開始利用聲音來診斷疾病，《內經·陰陽應象大論》中便提到「視喘息，聽音聲，而知病所苦」；《難經·六十一難》也有「聞而知之者，聞其五音，以別其病」的紀錄。中醫在經過悠久的歷史驗證下，歷代醫家累積了豐富的診斷經驗，形成了中醫特有的臨床診斷方式，即『望、聞、問、切』四診。其中，『聞診』便是透過聲音和氣味來了解患者病證的診察方式，是中醫診斷方法中重要的一環。

依據傳統醫學理論，與發聲有關的臟腑組織器官包含有：肺、心、腎及喉、會厭、舌、齒、唇、鼻。肺主氣，司呼吸，氣動則有聲，所以肺為發聲的動力來源；喉為氣道，聲音必定經由喉發出，故喉為發聲的主要器官；會厭的開合、舌頭的調節、唇齒及鼻的輔助等，在其共同作用下產生了各式各樣不同的聲音；腎主納氣，為氣之根；肝主疏泄，調暢氣機；脾主生化，為氣血之源；心主神志，主宰言語，均與發聲有所關聯。由此可知聲音是人體生命活動的客觀徵象，能夠反映五臟功能和氣血津液的盛衰。因此，當人罹患疾病時，經常會出現聲音的異常。中醫便可藉由觀察患者聲音的變化，來了解疾病的性質、部位、及狀況，特別是出現脈症不應，望色不符時，病人聲音的異常表現，往往成為辨證的重要關鍵[1][2][3]。

此外隨著科學的發展，語音信號的分析處理技術上有長足的進步，語音分析技術應用在生理的觀察上，提供更多有用的資訊。國內外也已經有一些相關研究。[4][5][6][7][8]本研究便是藉由現代化的語音技術，透過擷取患者自然發音之語音參數作量化分析，經過演算法得到辨症結果，將分析結果與臨床相互驗證，期望開發出中醫聞診輔助儀器，用以輔助臨床辨症，與臨床醫師聞診診斷的臨床方法及程序標準做結合。

本研究乃是 1.5 年期應用研究計畫，預計要完成下列之工作項目：

一、臨床錄製語音硬體架設

工欲善其事必先利其器，本計畫為利用現代語音科技發展中醫聞診輔助儀器，需要先收集實驗組及對照組患者的語音訊號來分析辨識

彼此語音參數的異同，因此需要先架設精密的錄音、後續的訊號擷取分析以及資料儲存設備並完成各個介面之整合。

二、文獻搜集及研討

在研究的過程中須溫故而知新，先了解目前國內外已有的成果及所面臨的瓶頸，再由其中去突破，以達到本計畫的目標。

三、召開專家諮詢會議

近幾年國內已有一些專家學者在聞診相關領域進行研究，在本計畫進行中將邀請國內利用語音技術作聞診辯證的專家及中醫師來召開會議，希望由向專家諮詢的過程裡能獲得專家寶貴的意見及經驗，以利本計劃在未來的執行上能有較為顯著的成果。

四、臨床取樣

本計畫期望藉由患者語音訊號來分析、辨識虛證程度，因此在訊號參數分析之前，須先透過臨床取樣錄製虛證與非虛患者的語音相關資料，並將這些語音資料建檔保存。

五、語音參數的量化研究與分析

軟體的參數分析量化部分設計完成後，開始進行患者語音訊號的參數分析及量化，以建立資料庫。

六、儀器診斷結果相互分析與驗證

本計畫的目標是要開發輔助中醫聞診儀器，因此本儀器的辨證結果需要與臨床醫師的診斷結果相互比較分析且加以驗證。

七、建構行動平台

95 年度所完成的硬體設施是架構在 PC 電腦上，在攜帶上並不方便，在完成所有軟硬體的設計、分析、測試後，著手將系統移植到筆記型電腦上以利攜帶。

貳、材料與方法

95 年度

實施步驟：

一、臨床錄製語音硬體架設

本計畫之語音硬體架構主要是依據「中醫聞診理論」所設計的，並將聞診理論以視覺化圖形表示語音的特徵參數，建構在診斷上之客觀與定性量化的標準，並以(PC)電腦為主體，達到資料存取時的相容性與方便性，如圖 1.設計之硬體架構圖，受測者的語音經由高感度麥克風擷取，藉由 CREATIVE 公司生產的音效卡作為語音擷取介面卡、不需要擴大機，可以由麥克風直接透過音效卡將語音信號傳送至電腦。其錄音品質為 16bit 數位化，聲音的取樣頻率為(Sampling rate)10kHz，信號波形將藉由 LabVIEW 環境下所發展的分析軟體作進一步的分析處理。

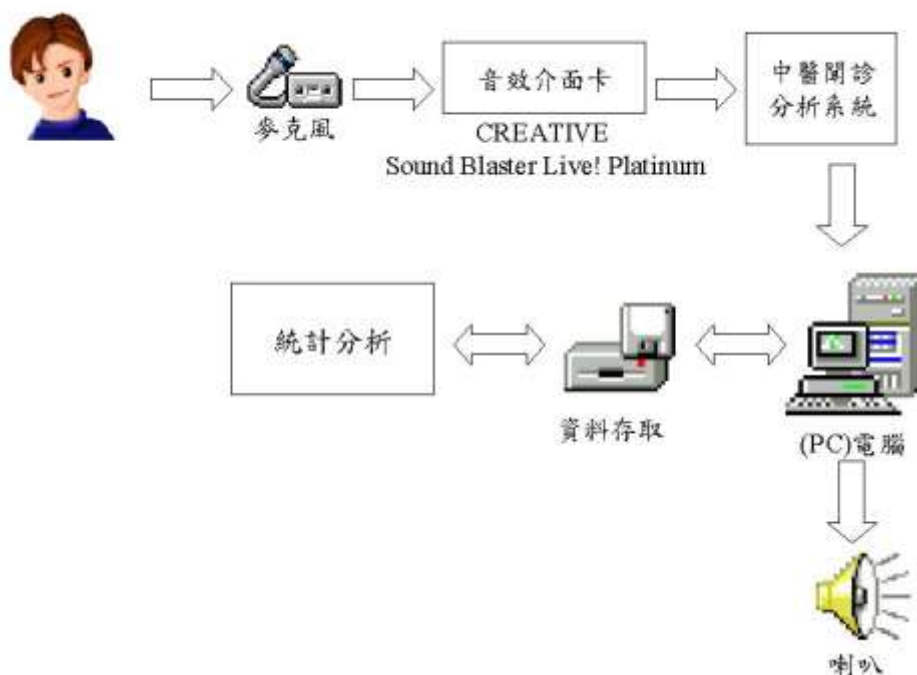


圖 1.硬體架構圖

二、文獻搜集及研討

經由全球各大科技資訊網路資料庫、會議期刊論文資料庫等，搜集已發表的相關文獻，對文獻內容加以研究討論，以了解全球有關中醫聞診藉由現代語音參數分析辨證的成果及困難處，以利於計畫進行。

96 年度

實施步驟：

一、臨床取樣

在本年度的研究分為兩個階段，在前半年的研究中在探討實際的氣(肺活量)足不足與語音的相關性。中醫認為，肺主一身之氣而司呼吸，因此，一般肺氣虛可見全身衰弱、神疲乏力、語言無力、聲音低怯、咳而氣短、舌淡脈弱等症候，有很大的觀察重點在語音表現。而在中醫診斷上肺活量與肺氣虛有相關性，因此本研究希望能找出肺活量(實際上的氣)與語音的關聯性，來探討氣虛和語音間的關係。在後半年的研究則更進一步探討氣虛程度跟語音的相關性[9~23]。

(1)患者篩選：

所有的受測者是來自中國醫藥大學附設醫院，為避免因體質改變以外所造成的一切變因對發聲產影響，因而排除發聲器官受損等病患：

(a)在前半年肺活量的研究中，以用力肺活量(FVC)80%作為分界將受測者分為觀察一組(FVC>80%)與觀察二組(FVC<80%)，同為來自於肺功能室進行肺功能檢查的病患。而用力肺活量(forced vital capacity, FVC)為一次用力吸氣後快速吐氣總共的換氣量，可用來評估真實的肺活量，長久以來被認為是呼吸功能的重要指標，大小則取決於肺的彈性，呼吸道的口徑大小及其阻抗。其與標準值的比值>80%認定是正常，<80%則為不足。

(b)在後半年氣虛程度研究中的受測者則依虛證診斷標準(大陸全國中西醫結合虛證與老年病研究專業委員會會議修訂，1986年，河南鄭州)，由中醫師篩選出嚴重虛證、中度虛證及非虛三組患者，而這些受測者來自中醫內科門診經至少三位執業多年的中醫主治醫師高度共識認定後篩選而得。

(2)語音測試語句：

(a)在前半年肺活量的研究中，為觀察在長時間發聲下的語音特性，因而選用單一元音(母音)/a/作為測試語句。每位受測者都錄製三筆語音資料，每次發音維持約6秒左右。

(b)在後半年氣虛程度研究中，則選用/a/、/i/、/u/、/e/、/o/五個在發聲難度上不同的元音作為測試語句，每次發音維持約1秒

左右。

(4) 語音信號擷取的環境及步驟：

關於語音擷取方面，錄音過程程於一般室溫下(24±2°C)之診療室進行。首先讓測試者休息五分鐘，然後開始反覆撥放標準語音，告知測試者依照該標準音的讀字方法與速度，發音時以自然說話方式，發聲時不可發出不順或其他不依照標準音的發音方式，並且讓測試者練習發聲以免錄音時發出造成發音的不順與大小不同的聲音，等到測熟悉發音的方式之後，停止撥放標準音，讓受試者休息五分鐘，再將麥克風放置距離嘴巴 10 公分處收取受試者自認為自然、持續且平穩的聲音，每筆語音錄製間隔大約 6 秒左右。

三、語音特徵參數分析

本研究在元音的分析上，共使用了六個分析參數，包含時域(平均過零點數、峰谷值變化)、頻域(共振峰頻率變異值、低頻能量比、高頻能量比)及碎形維度，分別定義為 A1~A6，其公式內容說明如下：

(1) 平均過零點數(Zero-crossing)A1：

將所擷取到的語音波形有聲部分平均切割為 8 段，假設這 8 段語音中第 2 段、第 5 分段及第 7 分段分別為語音的前、中、後三段，在這三段中各取 1000 點(每點的取樣頻率為 10KHz，所以為 10mesc)，使這三段的語音長度相同，令其前段 $S_1(i)$ ，中段 $S_2(i)$ 及後段 $S_3(i)$ ， $0 \leq i \leq 999$ ，並推導出下列參數，將樣本的過零點數予以量化。公式如下：

令前、中、後三段過點數為

$$ZC_j = \sum_{i=1}^9 |s_j[s_j(i)] - s_j[s_j(i-1)]| / 2 \quad 1 \leq j \leq 3 \quad (1)$$

其中

$$\text{sgn}[S_j(i)] = 1, \text{ if } S_j(i) \geq 0, \quad 0 \leq i \leq 999, \quad 1 \leq j \leq 3 \quad (2)$$

$$\text{sgn}[S_j(i)] = -1, \text{ if } S_j(i) < 0, \quad 0 \leq i \leq 999, \quad 1 \leq j \leq 3 \quad (3)$$

則

$$\text{平均過零點數} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 (ZC_j / \frac{n_j - 1}{2}) - 2 \quad (4)$$

(2)峰谷值飄移(Variations on peaks and valleys)A2 :

由於先前切割三段的方法無法將波峰和波谷的起伏情形表現出來。可將語音的波形平均分為六段，分別為 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 取其中間四段 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 來進行分析。並推導出下列公式：

峰谷值變異

$$= \sum_{j=2}^5 \left[\sum_{i=1}^{k_1} \left(1 - \frac{S_{P_i}}{S_{jP_{MAX}}} \right)^2 + \sum_{i=1}^{k_2} \left(1 - \frac{S}{S_{jV_{Min}}} \right)^2 \right] \bigg/ \frac{K-1}{2}$$

$$= \frac{2}{K-1} \sum_{j=2}^5 \left[\sum_{i=1}^{k_1} \left(1 - \frac{S_{P_i}}{S_{jP_{MAX}}} \right)^2 + \sum_{i=1}^{k_2} \left(1 - \frac{S}{S_{jV_{Min}}} \right)^2 \right] \quad (5)$$

(3)共振峰頻率變異值(Variations of formant frequencies)A3 :

我們取出母音之中段 600ms，其中包含了 45 個音框。藉由 LPC 法求得共振頻譜前二個主要的共振峰頻率 (formant frequency) F_1 、 F_2 ，再將所獲得的共振峰頻率與其平均值相減，所得的差將其平方求出其平均值。公式如：

$$\text{共振峰頻率飄移值} = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{45} (F_{ij} - m_j)^2} \quad (6)$$

$$m_j = \frac{1}{45} \sum_{i=1}^{45} F_{ij}, j = 1, 2 \quad (7)$$

其中 F_{ij} 為利用 LPC 頻譜所求出的第 i 個音框之第 j 共振峰頻率值， m_j 為第 j 共振峰頻率值的平均值。

共振峰頻率變異值主要是對語音做細部的觀察，進而將發音機制聯繫起來比較，找出發聲時發音器官變動的情形。

(4)高頻能量比(High spectral energy ratio)A4 :

令 T 為總能量， $W(i)$ 為第 i 個音框的功率頻譜，音框的輸入訊號為 $f(k)$ ， $N=256$ 為視窗的長度， $FFT(f(k))$ 為信號之快速傅立葉轉換，HF 為統計這 45 個音框內之頻率 3000Hz 以上之能量總和。

$$\text{令總能量 } T = \sum_{i=1}^{45} |W(i)| \quad (8)$$

$$W(i) = \frac{1}{N^2} \sum_{K=1}^N |FFT(f(k))|^2 \quad (9)$$

$$\text{高頻能量比} = \frac{1}{T} HF \quad (10)$$

(5) 低頻能量比(Low spectral energy ratio)A5 :

LF 為統計 45 個音框內之頻率 3000Hz 以下之能量總合。

$$\text{低頻能量比} = \frac{1}{T} LF \quad (11)$$

高低頻能量比的功能是求出高頻能量與低頻能量在全部總能量所占的比值，並同時顯示能量大小及分佈的一種表現。

(6) 碎形維度(Fractal Dimension)A6 :

碎形維度有許多不同的定義[24]，其算出的碎形維度值也不完全相同，雖然每種定義間的數值有差異，但是形態分佈的趨勢仍相同，在此是利用盒子計算法 (box-counting)，此為最廣泛使用的定義，定義如下：

$$D = \lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ \frac{\ln(N_n(A))}{\ln(2^n)} \right\} \quad (12)$$

其中 A 為語音序列， $N_n(A)$ 為當解析度在 $(\frac{1}{2})^n$ 時所填滿的盒子數， D 即為碎形維度參數。

參、結果

95 年度

一、硬體架設

硬體架設方面本計劃已完成錄音設備 (包含麥克風及聲霸卡) 及語音資料儲存、分析設備 (桌上型個人電腦)。

(1) 麥克風

麥克風的好壞直接影響錄音品質，而不同種類的麥克風有著各自的錄音特性及範圍針對不同需求的聲音來源。在比較過各款的麥克風後我們選用 SONY 公司出產的 ECM-MS907 (如圖 2.) 作為我們錄音用的麥克風。ECM-MS907 為單一指向性 (指向主軸角 90° 、 120°)、頻率響應特性 100~15,000Hz、正面感度 ($0\text{dB}=1\text{V}/\text{Pa}$) $-45\text{dB}\pm 4\text{Db}$ ，並採用 OFC 導線信號損失小，適合收集高音質人聲。



圖 2. SONY ECM-MS907

(2) 聲霸卡

聲霸卡的功能為麥克風與主機之間的媒介，負責將麥克風所收錄的類比音波轉換成數位訊號後交由電腦處理。在錄音的過程中收錄到了高音質的類比訊號也需要好的聲霸卡將其轉換為高品質的數位訊號，才能為電腦所使用。基於以上原因及考慮合麥克風匹配的問題，本計劃選用了 CREATIVE 公司所出產的 Audigy 2 ZS Platinum Pro（如圖 3.）聲霸卡，其具備 5 組立體聲輸入 6 組立體聲輸出、外接式 I/O 模組、錄音品質更高達 24-bit/96kHz。在測試後發現其能有效連接主機與麥克風，適用於本計劃的錄音過程。



圖 3. CREATIVE Audigy 2 ZS Platinum Pro

(3)主機

主機是本計劃語音訊號擷取後的儲存及分析設備。本計劃選用一般的桌上型電腦作為主機，以 LabVIEW 作為程式開發的平台。圖 3.1.3.1 為本計劃所架構的硬體外觀。



圖 4. 語音錄製暨分析設備硬體外觀

二、文獻搜索

在文獻的搜集上，本計劃已蒐集多篇國內醫界學者在聞診相關研究的論文，包括大陸的研究 4 篇[24-27]、國外 4 篇[28-31]，已研讀及討論。

96 年度

一、語音參數的量化研究與分析

(a) 在肺活量的研究中，共收取觀察一組肺活量正常之患者(FVC>80%)16 例與觀察二組肺活量不足之患者(FVC<80%)10 例。由表一、中我們可知道觀察一組與觀察二組在年紀上與男女比例上相當接近，但以男性患者居多。

表一、肺活量研究兩組受測者資料

組別	肺活量		男	女
觀察一組	FVC>80%	人數	7	3
		年紀 (mean±SD)	54.6±12.55	
觀察二組	FVC<80%	人數	11	5
		年紀 (mean±SD)	49.63±13.39	

在本研究中，我們錄製患者六秒中的語音，並採用其後段一秒鐘的信號做分析，結果顯示肺活量正常與不足的患者在高頻能量比的部分，其語音參數經過量化後觀察一組的平均值、標準差為 0.0912 ± 0.0313 ，觀察二組則為 0.1538 ± 0.0260 ，在統計上有顯著的差異($p < 0.05$)，而其它的時域、頻域參數及碎形維度值在統計上都沒有顯著的差異，如表二、表三所示。

表二、肺活量研究量化數據

組別	肺活量	高頻能量比 (mean±SD)	碎形維度 (mean±SD)
觀察一組	FVC>80%	0.0912 ± 0.0313	38.2 ± 32.8
觀察二組	FVC<80%	0.1538 ± 0.0260	34.4 ± 37.9

表三、語音參數 f-test 及 t-test 結果

觀察一組與觀察二組之語音參數	f-test 單尾	t-test 雙尾
高頻能量比	p=0.2939	p=0.0001
平均過零點數	p=0.4390	p=0.4841
碎形維度	P=0.670	P=0.819

(b)在氣虛程度研究中，我們共收取 103 位健檢正常者，此外由中醫師所篩選的受測者，包括非虛證 33 位、中度氣虛證 17 位及重度氣虛證 20 位，如表四所示，其男女比例相當接近。

表四、氣虛程度研究受測者資料

組別		男	女
健檢正常者	人數	44	59
	年紀 (mean±SD)	31.6±7.4	
非虛證組	人數	18	15
	年紀 (mean±SD)	38.3±15.6	
中度氣虛證組	人數	9	8
	年紀 (mean±SD)	43.7±18.8	
重度氣虛證組	人數	10	10
	年紀 (mean±SD)	48.4±16.4	

表五所表示的為各組語音參數分析結果的平均值與標準差。其中母音/a/的部分，參數 A1 在非虛證與中度氣虛證、非虛證與重度氣虛證的統計分析上有顯著的差異(P<0.05)，但其中度及重度氣虛證間無明顯差異(P>0.05)，而健檢正常者在/a/音的表現上並無顯著的差異。新增加的語音/u/、/e/、/o/同樣的在 A1 參數上，中度及重度氣虛證間無明顯差異，只在非虛與重度氣虛證間有顯著差異，而在母音/i/中，A1 在三組間都有顯著的差異。此外，在母音/o/的 A3 表現上，中度氣虛證與重度氣虛證具有統計上的差異。

表五、氣虛程度研究語音參數量化之平均值與標準差

母音	組別	A1	A2	A3	A4	A5
/a/	健檢正常	6.19±5.11	0.15±0.58	194.20±261.74	0.12±0.05	0.26±0.12
	中度虛證	5.91±3.25	0.16±0.14	143.66±237.18	0.13±0.06	0.29±0.10
	重度虛證	6.10±3.61	0.13±0.10	276.51±297.82	0.14±0.08	0.24±0.09
/a/	非虛證	8.38±3.17*※	0.12±0.09	204.74±269.11	0.13±0.08	0.29±0.12
	中度虛證	5.91±3.25	0.16±0.14	143.66±237.18	0.13±0.06	0.29±0.10
	重度虛證	6.10±3.61	0.13±0.10	276.51±297.82	0.14±0.08	0.24±0.09
/i/	非虛證	2.74±1.80☆△	0.11±0.11	119.83±181.73	0.39±0.12	0.34±0.13
	中度虛證	1.79±1.04◇	0.12±0.10	63.87±71.12	0.35±0.11	0.37±0.13
	重度虛證	0.99±1.23	0.07±0.04	68.36±69.14	0.37±0.10	0.39±0.11
/u/	非虛證	2.77±1.32◎@	0.11±0.07	222.78±284.39	0.11±0.04	0.73±0.09
	中度虛證	1.91±0.98	0.10±0.11	154.97±275.22	0.11±0.04	0.73±0.08
	重度虛證	1.87±1.37	0.13±0.14	263.17±314.31	0.10±0.03	0.73±0.07
/e/	非虛證	4.28±2.49□	0.09±0.06	44.01±37.31	0.21±0.08	0.36±0.11
	中度虛證	3.67±2.32	0.13±0.11	48.87±50.83	0.23±0.07	0.35±0.12
	重度虛證	2.79±1.92	0.09±0.05	107.67±221.11	0.24±0.07	0.35±0.08
/o/	非虛證	4.95±2.06€	0.10±0.04	163.93±311.39	0.12±0.08	0.58±0.12
	中度虛證	4.94±2.54	0.11±0.09	85.36±184.18!	0.17±0.06	0.53±0.10
	重度虛證	3.40±2.33	0.14±0.09	307.90±368.99	0.12±0.04	0.55±0.11

*p<0.05 /a/ (A1)非虛證 vs. 中度虛證

※p<0.05 /a/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證

☆p<0.05 /i/ (A1)非虛證 vs. 輕度虛證

△p<0.05 /i/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證

◇p<0.05 /i/ (A1)輕度虛證 vs. 重度虛證

◎p<0.05 /u/ (A1)非虛證 vs. 中度虛證

@p<0.05 /u/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證

□p<0.05 /e/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證

€ p<0.05 /o/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證

! p<0.05 /o/ (A3)中度虛證 vs. 重度虛證

表六、以語音參數判別虛證程度之結果

		判別結果		
		非虛證	中度虛證	重度虛證
原始診斷	非虛證	31	1	0
	中度虛證	4	12	2
	重度虛證	3	0	17

由表六、可知有 $(31+12+17) \div (32+18+20) = 85\%$ 之原始組別觀察值已正確分類。

二、行動平台

在 95 年度所建構的錄音分析系統，經過與臨床的驗證後已相當的穩定，兼具語音信號擷取與資料庫的功能，但其主機為桌機系統，因此有體積上及可攜性上的問題。為解決此一問題，本計畫發展出了以筆電為平台的系統。為了確保新舊平台的聲音品質相近，以達到資料的流通性相容性，我們以分析參數作為比對的指標，其結果顯示新舊平台在錄音與分析的差異性不大，誤差在可容許的範圍之間。系統的主機為筆記型電腦外接麥克風(SONY ECM-MS907)，如圖 5.所示。



圖 5. 行動平台外觀圖

肆、討論

(a)錄音的過程，醫生提出兩種方法避免衛生保健上的疑慮，一是每位受測者都戴上口罩，二是每次麥克風使用後更換麥克風的防風套頭，並使用酒精消毒。經實驗，戴上口罩錄音會影響錄音的品質，因此選擇使用酒精消毒，除了避免帶口罩的干擾也合乎衛生安全上的需求。

(b)肺活量與語音相關性研究：

(1)本研究以截取聲音為出發點，有諸多原因，如聲音有力無力、穩定性等可反映身體虛實的狀態，素問<通評虛實論>描述到：「帝曰：虛實何如？岐伯曰：氣虛者肺虛也」，此說明就氣虛而言，以肺為主一身之氣，而「肺」尚有「司呼吸」的功能。而肺活量往往被現代醫學用來胸腔心肺臟等手術評估、也做為術後復原的訓練依據，是評估人體呼吸系統機能狀況的一個重要指標，因此，加入肺活量作為客觀數值分級，可以反過來觀察聲音參數的變化。

中醫在辨證論治上若論及氣虛，則「少」氣懶言、身倦「乏」力、舌胖嫩有齒痕、脈虛無力等都是觀察點。這裡談到中醫所謂氣的「多寡」程度，仍是落於主觀與不確定，然而藉由肺活量計算數值，是一可分「程度」的方法，而也可成為一個「觀察點」。

(2)在以往的研究中，往往只錄製一到二秒的聲音作語音分析，但從初步研究中發現由肺活量足與不足的患者一到兩秒的語音分析所求得的語音參數在統計上無顯著的差異。因此肺活量與語音相關性研究中，我們錄製患者六秒中的語音，並採用其後段一秒鐘的信號做分析，結果顯示肺活量正常與不足的患者在高頻能量比的部分，其在統計上有顯著的差異($p < 0.05$)。由生理學聲帶的發聲機制，我們可推測因為肺活量不足的患者在發聲末端由於氣動力不足，造成聲帶強力收縮，高頻能量增加使得高頻能量比高於肺活量正常患者[32][33]。

(3)本研究為小樣本的先導性試驗，其語音參數(高頻能量比)經 t-test 檢驗後得到結果 $P = 0.0001$ 遠低於誤差範圍，並且本研究的樣本數高於由現階段的平均值及標準差回歸導出所需求的樣本數，因此其可信度相對較高。而在未來則可以再啟動確認性試驗進行大樣本的取樣以進行更進一步的驗證。

(c) 氣虛程度的研究：

年紀越大者在氣的耗損也越厲害，因此氣虛證程度與年紀有正相關的趨勢，由表四中我們可發現，氣虛程度越重的患者其平均年齡層也相對較高，其結果與理論相符合[34]。

在表五語音參數量化的結果中，我們發現到健檢正常人/a/音的特徵參數與氣虛中證、重證在統計上無明顯差異，而經由醫師篩選過後的非虛證測試者語音則與氣虛證者有顯著差異。其原因我們合理推測為，在健檢正常組中有大部分的比例為亞健康人，據世界衛生組織一項全球性調查結果表明，全世界真正健康的人僅占 5%，經醫生檢查、診斷有病的人也只占 20%，75%的人處於亞健康狀態。而亞健康人在生理上無器質性病變的一些功能性改變，雖然在健檢上並無異常但經由中醫師診斷後常常有虛證的表現，在統計上則無顯著差異。也因此於收案的過程中，特別找出一組非虛證受測者作為對照，其語音參數與氣虛證患者有顯著差異。綜合表五我們可以得知，以/a/、/u/、/e/、/o/音分辨重度氣虛證以及非虛證時是可行的，但在中度和重度虛證的分析上差異並不明顯；而/i/音的 A1 在三組間卻都有顯著的差異；/o/的 A3 在中度氣虛證與重度氣虛證間具有統計上的差異。

過零點數可印證中醫對氣虛的闡述—少氣，氣流不穩定或不足，造成過零點數較少，而峰谷值及共振峰的飄移可能是氣虛患者能量代謝率不足造成。各個母音之間參數的差異，由發聲理論推測可能為彼此間不同的發聲特性及難度所造成。

(d) 專家學者對研究結果之綜合討論與評價：

在中醫臨床上，對於氣虛的程度往往只有直接的感覺並無客觀的數據，假如有儀器能記錄下客觀的數據對於臨床的學習會有很大的幫助。而本研究的儀器對於虛證程度的辨識率已高達 85%，因此，此研究的結果對氣虛程度診斷有很大貢獻，在未來可利用聲域的量化分析對氣虛程度做出較客觀的診斷，並可提前更精確地用藥，增加療效。

伍、結論與建議

在中醫四診的科學化，脈診與舌診早已有多年的發展並有大量的人力投入研究，而聞診雖也有多位學者投入研究但只算是初步，因此

在聞診的發展上尚有許多的空間可供發揮。隨著數位語音處理技術的進步將語音特徵參數量化分析，可提供臨床醫師更客觀的分析數據以提昇整體醫療品質。而透過本研究也發現，藉由電腦化聞診分析系統的強大電腦運算功能與語音處理技術，能提供臨床醫師客觀的數據，克服人類聽覺上先天性的差異，並且輔助醫師的臨床診斷。相較於其他的聞診儀器，僅能初步分辨出虛證與非虛，無法對虛證的程度提出有效的數據，而本儀器對於氣虛程度卻能提出客觀的數據，對於臨床醫師在用藥上有重要參考價值。另外，若能對罹患各種疾病的患者做語音分析，建立資料庫，或許能發展出語音全息系統，做疾病預測工具。

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：CCMP95-RD-045-1）提供經費贊助，使本計劃得以順利完成，特此誌謝。

參考文獻

- 1.馬建中："中醫診斷學"，國立編譯館，台北，pp.9-11，1980。
- 2.彭蔚安："中國醫學入門"，立得出版社，台北，pp.50-150。1992
- 3.黃帝內經章句索引。啟業書局，台北，pp.17-459，1987。
- 4.J.L. Flanagan, "Speech Analysis, Synthesis, and Perception", 2nd ed., Springer-Verlag, New York, 1972.
- 5.蘇鴻銘，張昭明："音聲異常與治療"，合記圖書出版社，pp.19-58，1995
- 6.森和："聞診的客觀化"，日本東洋醫學會志；27(2)：30，1976
- 7.莫新民，蔡光先，張建麗，李利斌，蔣俊和："中醫聲診客觀化的臨床實驗研究"。中國中醫基礎醫學雜誌；4(5)：pp.37-43，1998。
- 8.王曉嵐，顏文明："肺結核 III 病人語聲咳聲分析"，湖南中醫學院學報；17(4)：pp. 33-36，1997。
- 9.張恆鴻，邱創乾，陳瑞照，楊家儒："中醫聞診現代化之研究〈一〉氣虛患者之語音分析"，中國醫藥學院研究所論文。
- 10.C.C. Chiu, H.H. Chang, C.S. Jwo, and C.H. Yang, "The study of computerized listening diagnosis for yin-deficient persons in Chinese medicine", Proc. of the Biomedical Engineering Society 1997 Annual Symposium, pp.134-135, December 1997.
- 11.C.C. Chiu, H.H. Chang, C.S. Yang, "The quantitative analysis of

- acoustic waveforms for Qi-Deficient patients”, Biomedical Engineering, Applications, Basis and Communications, vol. 10, No. 1, pp. 8-13, February 1998.
- 12.C.C. Chiu and C.S. Jwo, “The clustering analysis for clinical speech data in Chinese medicine”, Proc. Of 10th IPPR Conference on Computer Vision, Graphics, and Image Processing, pp.20-26, August 1997.
- 13.張恆鴻，邱創乾，楊中賢，卓家祥，羅綸謙，楊家儒，吳文祥，陳瑞照：“中醫聞診現代化之研究－氣虛與陰虛患者之語音分析”，1998 工程科技與中西醫學應用研討會，pp.15，June 1998。
- 14.C.C. Chiu, H.H. Chang, and C.H. Yang, “Objective auscultation for traditional Chinese medical diagnosis using novel acoustic parameters”, Computer Method and Programs in Biomedicine, vol. 62, NO. 2, pp99-107, June 2000.
- 15.張恆鴻，邱創乾，卓家祥：“用以輔助中醫聞診現代化之關鍵語音參數研究”，逢甲大學自動控制工程研究論文。
- 16.邱創乾，楊明達：“利用碎形維度分析方法於聲音診斷研究”逢甲大學研究所論文。
- 17.翁清松：“電腦語音分析在中醫聞診之應用”，Proc. Of the Biomedical Engineering Society 1997 Annual Symposium; pp. 120-121，中壢，中華民國醫學工程學會。
- 18.翁清松，姜禮能：“中醫語音聞診於上消化道疾病之探討”中原大學研究所論文。
- 19.C.S. Weng, L.Y. Shyu, Y.H. Chang, and L.N. Chiang, “A study of acoustical method in traditional Chinese medicine for the upper GI disorder patients”, Chinese Journal of Medical and Biological Engineering, vol. 18, No. 4, pp. 245-252, 1998.
- 20.王小川，《語音信號處理》，全華科技圖書股份有限公司，臺北市，2004
- 21.H.F. V. Boshoff, “A Fast Box Counting Algorithm For Determining the Fractal Dimension of Sampled Continuous Functions”, Communications and Signal Processing, 1992 COMSIG '92., Proceedings of the 1992 South Americal Symposium, 1992, pp. 43-48, 1992.
- 22.林宜信：“93 年度中醫藥研究計畫成果報告中英文摘要彙編”，行政院衛生署中醫藥委員會，2006.

23. 行政院衛生署中醫藥委員會中醫藥資訊網，”醫臨床教中學訓練改善計畫”，
<http://www.ccmp.gov.tw/public/public.asp?selno=1140&relno=1140&level=C>
24. 陳榕虎:”台灣地區計算機輔助技術應用於中醫研究概況”，中國中醫藥信息雜誌；9(12):pp.78,79，2002
25. 劉可文，彭文振，熊紅霞，譚愛國：“線性預測(LPC)技術及其實現方法”，涼山大學學報；3(1)：pp.5-7,13，2001。
26. 張磊，韓紀慶，王承發：“聲道的調頻—調幅模型及其在語音分佈中的應用”，計算機的發展與研究；39(6)：pp.689-695，2002
27. 趙博：“MATLAB 在語音分析中的應用”，計算機系統應用；2：pp.34-37，2005。
28. Salvatore Mangione, Dario M. Torre, “Teaching of Pulmonary Auscultation in Pediatrics”, *Pediatric Pulmonology* , pp.472–476 ,2003.
29. Helene Weindling, “Speech-Language Pathology: A Home Care Viewpoint”, *American Journal of Speech-Language Pathology*, pp. 99–106, May 2000.
30. Xuan Zhang, Louis-Gilles Durand, Lotfi Senhadji, Howard C. Lee, Jean-Louis Coatrieux, “Time-Frequency Scaling Transformation of the Phonocardiogram Based of the Matching Pursuit Method”, *IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, 4(8), pp. 972–979, 1998.
31. M. Yeginer, K. Ciftci1, U. Cini, I. Sen, G. Kilinc, Y. P. Kahya, “Using Lung Sounds in Classification of Pulmonary Diseases According to Respiratory Subphases”, *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Francisco, CA, USA*, pp. 482–485, 2004.
32. 高雄榮民總醫院網站
(<http://www.vghks.gov.tw/cm/html/lab%20exam/pft.htm>)
33. Titze I.R. et al., “Phonation threshold pressure. ”, A missing link in glottal aerodynamics. *J Acoust Soc Am.* 91, pp.2926-2935, 1992.
34. 張惠敏，胡力勝，錢會南，鄭守曾，王琦：“不同人群氣虛體質分佈狀況的調查分析”，北京中醫藥大學學報；29(3)：pp.200-202，2006。

附錄一、虛證診斷標準

虛證診斷標準				
基本資料	姓 名		年 齡	歲
	性 別	男 <input type="checkbox"/> 女 <input type="checkbox"/>	體 溫	℃
	身 高	cm	脈 搏	次/分
	體 重	kg	血 壓	mm Hg
	病 歷 號			
	電話號碼			
	檢查日期	年 月 日		
既往病史	<input type="checkbox"/> 心 臟 病	<input type="checkbox"/> 糖 尿 病	<input type="checkbox"/> 腎 臟 病	
	<input type="checkbox"/> 腫 瘤	<input type="checkbox"/> 高 血 壓	<input type="checkbox"/> 強 心 藥 物	
	<input type="checkbox"/> 腦 中 風	<input type="checkbox"/> 甲 狀 腺 疾 病	<input type="checkbox"/> 肝 臟 疾 病	
	<input type="checkbox"/> COPD	<input type="checkbox"/> 氣 喘	其 它：	
症 狀	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 神 疲 乏 力	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 少 氣 或 懶 言		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 自 汗	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 面 色 蒼 白		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 起立時眼前昏暗	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 五 心 煩 熱		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 咽 燥 口 乾	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 午 後 生 火		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 便結而尿短赤	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 盜 汗		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 全身或局部胃寒 或肢冷	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 面 足 虛 浮		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 夜 尿 頻 多	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 便 溏 而 尿 清 長		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 其 它：			
舌	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 舌 胖 或 有 齒 印	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 唇 舌 色 淡		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 舌 紅 或 少 苔、無 苔	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 舌 淡 胖 苔 潤		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 其 它：			
脈	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 脈 虛 無 力 (弱、軟、濡等)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 脈 細		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 脈 細 數	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 脈 沉 微 遲		
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 其 它：			
醫 師		診 斷		

附錄二、氣虛證診斷標準

氣虛證診斷標準

基本資料	姓名		年齡		性別	
	病歷號		職業		日期	
	身高		體重		飲食	<input type="checkbox"/> 葷 <input type="checkbox"/> 素
	主訴					
	過去病史	<input type="checkbox"/> 心臟病		<input type="checkbox"/> 糖尿病		<input type="checkbox"/> 腎臟病
	<input type="checkbox"/> 腫瘤		<input type="checkbox"/> 高血壓		<input type="checkbox"/> 腦中風	
	<input type="checkbox"/> 甲狀腺疾病		<input type="checkbox"/> 肝臟疾病		<input type="checkbox"/> 氣喘	
	<input type="checkbox"/> COPD		<input type="checkbox"/> 其他			
受試者今日發聲狀況是否與平日有明顯異常或出現痰梗感？						
	症狀評估	有/無	病程	症狀描述		
望						
1	面色萎黃					
2	面色胱白					
3	唇色少華					
4	舌淡紅嫩					
5	舌體胖大、舌邊齒痕					
6	肌膚瘦垮					
聞						
7	氣短懶言					
8	語音低怯					
問						
9	精神不振			<input type="checkbox"/> 較易累 <input type="checkbox"/> 提不起勁		
10	肢體疲乏			<input type="checkbox"/> 提重物較以往無力		
11	自汗畏風			<input type="checkbox"/> 怕吹風 <input type="checkbox"/> 動則汗出		
12	不耐寒、畏風					
13	容易感冒			<input type="checkbox"/> 鼻症狀 <input type="checkbox"/> 喉嚨痛 <input type="checkbox"/> 咳嗽 <input type="checkbox"/> 痰痛		
14	頭暈			<input type="checkbox"/> 勞動後 <input type="checkbox"/> 目黑		
15	口淡			<input type="checkbox"/> 喜重口味		
16	臟器下垂			<input type="checkbox"/> 下墜感 <input type="checkbox"/> 胃下垂 <input type="checkbox"/> 疝氣 <input type="checkbox"/> 脫肛		
切						
17	脈虛無力					
醫師診斷：_____ 評估醫師：_____						
Triflo test: 吸球數 _____ 吸管管徑 大 中 小 _____						

附錄三、已發表之研討會論文(一)

肺活量與語音參數相關性之初步探討

Preliminary Analysis of Correlation between Vital Capacity and Speech Parameters

陳清宏¹ 邱創乾¹ 楊中賢² 林彩蕙² 梁信杰²

¹逢甲大學自動控制工程所

²中國醫藥大學附設醫院

一、中文摘要

中醫診斷中的氣虛與語音有著高度相關性。本研究的主要目的在探討實際的氣(肺活量)足不足與語音的相關性,以期能使用語音分析來做肺活量的初步評估。本研究中的實驗組與對照組各10例,以用力肺活量(FVC)80%作為分界,同為來自於中國醫藥大學附設醫院肺功能室進行肺功能檢查的病患。每個人都錄製本身覺得持續而穩定的/a/音6秒。這些語音經過時頻域的分析後發現,實驗與對照兩組的語音末段在高頻能量比的表現上具有統計上的差異($p<0.05$)。由生理學聲帶的發聲機制,我們可推測因為對照組的患者在發聲末端由於氣動力不足,聲帶強力收縮使得高頻能量高於對照組。

關鍵詞: 氣虛、肺活量、高頻能量比

Abstract

The qi-vacuity in traditional Chinese medical diagnosis was notably related to speech. The goal of this work is to find the correlation of vital capacity and speech parameters. We anticipate to use speech parameters as one of the evaluation tools toward vital capacity. There are ten samples in each of the control group (FVC>80%) and the experimental group (FVC<80%), and the groups were differed from FVC80%. All of subjects were recruited from the patients of pulmonary function examination room at China Medical University Hospital, Taiwan, R.O.C. Each subject produced a sustained stable phonation of vowel /a/ lasting about six seconds. Results revealed that the high spectral energy ratio of two groups exists statistically significant difference ($p<0.05$). According to the physiology, it may be interpreted as follows. In distal voice, the

subjects of experimental group had not enough threshold pressure of phonation, made vocal cords adduction. Therefore, that might result in the high spectral energy ratio of experimental group being higher than control group.

Keywords: qi-vacuity, vital capacity, the high spectral energy ratio.

二、緣由與目的

聞診是中醫四診望聞問切之一,包括聽聲音與聞氣味等。經由聽語言、呻吟、呼吸、咳嗽、嘔吐、呃逆、腸鳴等聲音的高低、清濁,來辨別五臟六腑的虛實、整體的變化。其中,聲音的發出和肺、喉、會厭、舌、齒、唇、鼻等構造有直接關係,而肺又佔一重要地位。中醫認為,肺主一身之氣而司呼吸,因此,一般肺氣虛可見全身衰弱、神疲乏力、語言無力、聲音低怯、咳而氣短、舌淡脈弱等症候,有很大的觀察重點在語音表現;據先前研究,數種語音的參數與中醫診斷上的氣不足有高度相關[1]。另一方面,肺功能檢查則是利用呼氣、吸氣的氣流量變化等數值去判別肺活量、阻塞性或限制性換氣障礙[2]。既然中醫診斷上的氣與語音有相關性,本研究目的希望能找出肺活量(實際上的氣)與語音的相關性,藉以較方便的語音分析來初步評估患者的肺活量狀態。

三、材料與方法

本研究至中國醫藥大學附設醫院肺功能室錄取肺功能檢查患者之語音信號。錄音的環境為肺功能室之獨立房間,背景雜訊低。在錄音前,先由具多年臨床經驗之中醫師紀錄基本資料、過去病史,並依望、聞、問、切四診,配合虛證診斷標準(大陸全國中西醫結合虛證與老年病研究專業委員會會議修訂,1986年,河南鄭州),判斷虛證和非虛患者以作為參考。於錄音前

讓受試者練習發平穩的/a/音，等到熟悉發音的方式之後讓受試者休息五分鐘，再將麥克風放置距離嘴巴 10 公分處收取受試者自認為自然、持續且平穩的/a/音三次，每次發音維持約 6 秒左右。於錄音過程中，刪除於錄音過程中非實驗設計的聲音，如：咳嗽。經由上述步驟後，錄取到 10 筆對照組 (FVC>80%) 和 10 筆實驗組 (FVC<80%) 的語音。

本研究使用的錄音器材為：麥克風 SONY ECM-MS907，取樣頻率 (Sampling Rate) 為 10 KHz，位元解析率 (Bit Resolution Rate, 每個語音取樣點所用的位元數) 為 16bits。

用力肺活量 (forced vital capacity, FVC)

一次用力吸氣後快速吐氣總共的換氣量，可用來評估真實的肺活量，長久以來被認為是呼吸功能的重要指標，大小則取決於肺的彈性，呼吸道的口徑大小及其阻抗。其與標準值的比值 >80% 認定是正常，<80% 則為不足。

時域參數：平均過零點數 (Zero-crossing)

將所擷取到的語音波形有聲部取前、中、後三段，在這三段中各取 1000 點 (每點的取樣頻率為 10KHz，所以為 100msec)，使這三段的語音長度相同，令其前段 $S_1(i)$ ，中段 $S_2(i)$ 及後段 $S_3(i)$ ， $0 \leq i \leq 999$ ，並推導出下列參數，將樣本的過點數予以量化。公式如下：

令前、中、後三段過點數為

$$ZC_j = \sum_{i=1}^{999} |\text{sgn}[S_j(i)] - \text{sgn}[S_j(i-1)]| / 2 \quad 1 \leq j \leq 3 \quad (1)$$

其中

$$\text{sgn}[S_j(i)] = 1, \text{ if } S_j(i) \geq 0, \quad 0 \leq i \leq 999, \quad 1 \leq j \leq 3 \quad (2)$$

$$\text{sgn}[S_j(i)] = -1, \text{ if } S_j(i) < 0, \quad 0 \leq i \leq 999, \quad 1 \leq j \leq 3 \quad (3)$$

則

$$\text{平均過零點數} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 (ZC_j / \frac{n_j - 1}{2}) - 2 \quad (4)$$

頻域參數：高頻能量比 (High spectral energy ratio)

令 T 為總能量， $W(i)$ 為第 i 個音框的功率頻譜，音框的輸入訊號為 $f(k)$ ， $N=256$ 為視窗的長度， $FFT(f(k))$ 為信號之快速傅立葉轉換， HF 為統計這 45 個音框內之頻率 3000Hz 以上之能量總和。

$$\text{令總能量 } T = \sum_{i=1}^{45} |W(i)| \quad (7)$$

$$W(i) = \frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^N |FFT(f(k))|^2 \quad (8)$$

$$\text{高頻能量比} = \frac{1}{T} HF \quad (9)$$

高頻能量比的功能是求出高頻能量在全部總能量所佔的比值。

四、結果與討論

由表一我們可知道到實驗與對照兩組的男女比例及年紀相當接近。表二所表示的為實驗對照兩組語音參數經統計分析的結果，由表中可發現高頻能量比的 f-test 的 p 值 >0.05 代表其變異數沒有差異，t-test 雙尾檢定得到 $p < 0.05$ ，結果顯示實驗對照兩組在高頻能量比具有統計上之差異。而過零點數則沒有明顯差異。

表一、本實驗兩組受試者資料

組別	肺活量	男	女	
對照組	FVC>80%	人數	7	3
		年紀 (mean ± SD)	54.6 ± 12.55	
		高頻能量比 (mean ± SD)	0.0912 ± 0.0313	
實驗組	FVC<80%	人數	7	3
		年紀 (mean ± SD)	50.63 ± 17.22	
		高頻能量比 (mean ± SD)	0.1538 ± 0.0260	

表二、語音參數 f-test 及 t-test 結果

實驗組與對照組之語音參數	f-test 單尾	t-test 雙尾
高頻能量比	p=0.2939	p=0.0001
平均過零點數	p=0.439073	p=0.484148

由生理學及聲帶模型，我們可推論肺活量不足的人在發聲接近六秒時，由於氣動力無法支撐所需的音高及音量時，造成反射性喉內在肌與喉外在肌過度緊張，使得聲帶及假聲帶強力收縮，氣流通過時摩

擦力增加[3]，在高頻處產生噪音，使實驗組的高頻能量比高於對照組。

五、結論

本研究主要的目的在於探討肺活量與語音之間的相關性。在語音時頻域的分析中顯示，實驗組與對照組的語音在高頻能量比有顯著的差異。

六、誌謝

本研究承蒙行政院衛生署中醫藥委員會（計畫編號：CCMP95-RD-045-1）提供經費贊助，使本成果得以順利完成，特此誌謝。

七、參考文獻

- [1] Chiu C.C. et al. (2000) Objective auscultation for traditional Chinese medical diagnosis using novel acoustic parameters. *Computer Method and Programs in Biomedicine*. 62(2):99-107.
- [2] 高雄榮民總醫院網站
(<http://www.vghks.gov.tw/cm/html/lab%20exam/pft.htm>)
- [3] Titze I.R. et al. (1992) Phonation threshold pressure. A missing link in glottal aerodynamics. *J Acoust Soc Am*. 91:2926-2935

附錄四、已發表之研討會論文(二)

氣虛證程度與語音參數相關性之初步探討

Preliminary Analysis of Correlation between the Degree of Qi-vacuity and Speech Parameters

陳清宏¹ 邱創乾¹ 楊中賢² 林彩蕙² 賴佳鈺²

¹逢甲大學自動控制工程所

²中國醫藥大學附設醫院

一、中文摘要

中醫診斷中的氣虛與語音有著高度相關性。本研究的主要目的在於探討氣虛證程度與語音的相關性，以期能使用語音分析來對氣虛證程度作初步評估。本研究中的受測者來自於中國醫藥大學附設醫院內科門診病患。每個人都錄製持續且穩定的/a/、/i/、/u/、/e/、/o/等五種母音各 1 秒。時頻域的分析結果發現這些語音中，以母音/i/音的平均過零點數(Zero-crossing)，在非虛、中度氣虛及重度氣虛三組間彼此都有有顯著的差異，因此可使用語音分析出氣虛證程度，協助中醫臨床上氣虛證之診療。

關鍵詞：氣虛證、語音、平均過零點數

Abstract

The qi-vacuity in traditional Chinese medical diagnosis was highly related to speech. The purpose of this study is to find the correlation between different degree of qi-vacuity and speech parameters. We expect to use speech parameters as one of the tools to assess degree of qi-vacuity. All of subjects were recruited from the outpatients department of rheumatology at the China Medical University Hospital, Taiwan, R.O.C. and were separated into three groups, non-vacuity, moderate qi-vacuity and severe qi-vacuity. Each subject pronounced a sustained stable phonation of vowel /a/、/i/、/u/、/e/ and /o/ lasting about one second. Results revealed that the zero-crossing of vowel /i/ was significantly difference in three groups. ($p < 0.05$). It can be a useful way to diagnose qi-vacuity in traditional Chinese clinical practice.

Keywords: qi-vacuity, speech, zero-crossing.

二、緣由與目的

聲音是人與人之間最普遍，也是最直接的一種交換訊息、表達情緒的方式，除此之外亦可以反映出一個人的體質及當下的生理狀況。傳統中醫從很早的時候就開始利用聲音來診斷疾病，《內經·陰陽應象大論》中便提到「視喘息，聽音聲，而知病所苦」；《難經·六十一難》也有「聞而知之者，聞其五音，以別其病」的紀錄。中醫在經過悠久的歷史驗證下，歷代醫家累積了豐富的診斷經驗，形成了中醫特有的臨床診斷方式，即『望、聞、問、切』四診。其中，『聞診』便是透過聲音和氣味來了解患者病證的診察方式，是中醫診斷方法中重要的一環。

在中醫診斷的過程中，辨證論治是中醫學的特點和精華，而八綱是中醫辨證的綱領。其中『虛實』反映出疾病過程中人體正氣的強弱和致病邪氣的盛衰。《素問·舉痛論》中說：「百病生於氣也。」，氣虛證即臟腑組織功能活動減退的表現狀態，在臨床上具有重要意義。進一步來說，若能掌握氣虛證的輕重程度，則使臨床醫師在治療主次、處方用藥種類及劑量上會有更完備的考量。因此，如何客觀地判斷氣虛程度是重要議題。但目前辨證上，氣虛證程度的判別仍舊取決於醫師的個人的臨床經驗及主觀意見，缺乏客觀的量化數據作為依據。

本研究目的是希望能找出氣虛程度與語音的相關性，藉著將語音做科學化分析得到較客觀的判斷方式來初步評估患者的氣虛程度。

三、材料與方法

本研究所錄製之語音為中國醫藥大學附設醫院中醫內科門診患者之語音信號。錄音的環境為聞診檢查室之獨立房間，背景雜訊低。在錄音前，先由具多年臨床經驗之中醫師紀錄基本資料、過去病史，並依望、聞、問、切四診，配合虛證診斷標準(大陸全國中西醫結合虛證與老年病研究專業委員會會議修訂，1986年，河南鄭州)，判斷氣虛證和非虛患者以作為參考。於錄音前先讓受試者練習發平穩的/a/、/i/、/u/、/e/、/o/五種母音，等到熟悉發音的方式之後讓受試者休息五分鐘，再將麥克風放置距離嘴巴 10 公分處收取受試者自認為自然、持續且平穩的母音，五個母音輪流錄製，每次發音維持約 1 秒。於錄音過程中，刪除於錄音過程中非實驗設計的聲音，如：咳嗽。經由上述步驟後，錄製到 15 筆非虛、17 筆中度氣虛及 15 筆重度氣虛的語音。

本研究使用的錄音器材為：麥克風(型號: SONY ECM-MS907)，取樣頻率(Sampling Rate)為 10 KHz，位元解析率(Bit Resolution Rate, 每個語音取樣點所用的位元數)為 16bits。

語音樣本的選擇

在前期研究中[1][2][3][4]，選用/a/音作為分析的語音，因為/a/音具有不經特別訓練即可發聲且人人都能發的特性，此外語音參數的分析結果顯示氣虛證與非虛證的語音參數在統計上具有顯著差異。本研究中，為分析出氣虛證的程度，因此選用發音困難程度不同的五個母音/a/、/i/、/u/、/e/、/o/，來作為本研究的語音樣本[5][6]。

語音特徵參數分析

本研究延續先前的研究，在五個元音的分析上，共使用了五個分析參數，包含時域(平均過零點數、峰谷值變化)及頻域(共振峰頻率變異值、低頻能量比、高頻能量比)兩個部分，分別定義為 A1~A5，其內容說明如下：

(1)平均過零點數(Zero-crossing)A1：

將所擷取到的語音波形有聲部分平均切割為 8 段，假設這 8 段語音中第 2 段、第 5 分段及第 7 分段分別為語音的前、中、後三段，在這三段中各取 1000 點(每點的取樣頻率為 10KHz，所以為 10mesc)，使這三段的語音長度相同，令其前段 $S_1(i)$ ，中段 $S_2(i)$ 及後段 $S_3(i)$ ， $0 \leq i \leq 999$ ，並推導出下列參數，將樣本的過零點數予以量化。公式如下：

令前、中、後三段過點數為

$$ZC_j = \sum_{i=1}^{999} |\text{sgn}[S_j(i)] - \text{sgn}[S_j(i-1)]| / 2 \quad 1 \leq j \leq 3 \quad (1)$$

其中

$$\text{sgn}[S_j(i)] = 1, \text{ if } S_j(i) \geq 0, 0 \leq i \leq 999, 1 \leq j \leq 3 \quad (2)$$

$$\text{sgn}[S_j(i)] = -1, \text{ if } S_j(i) < 0, 0 \leq i \leq 999, 1 \leq j \leq 3 \quad (3)$$

則

$$\text{平均過零點數} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 (ZC_j / \frac{n_j - 1}{2}) - 2 \quad (4)$$

(2)峰谷值飄移(Variations on peaks and valleys)A2：

由於先前切割三段的方法無法將波峰和波谷的起伏情形表現出來。可將語音的波形平均分為六段，分別為 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 取其中間四段 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 來進行分析。並推導出下列公式：

峰谷值變異

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{j=2}^5 \left[\sum_{i=1}^{k_1} \left(1 - \frac{S_{P_i}}{S_{jP_{MAX}}} \right)^2 + \sum_{i=1}^{k_2} \left(1 - \frac{S}{S_{jV_{Min}}} \right)^2 \right] \bigg/ \frac{K-1}{2} \\
 &= \frac{2}{K-1} \sum_{j=2}^5 \left[\sum_{i=1}^{k_1} \left(1 - \frac{S_{P_i}}{S_{jP_{MAX}}} \right)^2 + \sum_{i=1}^{k_2} \left(1 - \frac{S}{S_{jV_{Min}}} \right)^2 \right] \quad (5)
 \end{aligned}$$

(3) 共振峰頻率變異值(Variations of formant frequencies) :

我們取出母音之中段 600ms，其中包含了 45 個音框。藉由 LPC 法求得共振頻譜前二個主要的共振峰頻率 (formant frequency) F_1 、 F_2 ，再將所獲得的共振峰頻率與其平均值相減，所得的差將其平方求出其平均值。公式如：

$$\text{共振峰頻率飄移值} = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{45} (F_{ij} - m_j)^2} \quad (6)$$

$$m_j = \frac{1}{45} \sum_{i=1}^{45} F_{ij}, j = 1, 2 \quad (7)$$

其中 F_{ij} 為利用 LPC 頻譜所求出的第 i 個音框之第 j 共振峰頻率值， m_j 為第 j 共振峰頻率值的平均值。

共振峰頻率變異值主要是對語音做細部的觀察，進而將發音機制聯繫起來比較，找出發聲時發音器官變動的情形。

(4) 高頻能量比(High spectral energy ratio)A4 :

令 T 為總能量， $W(i)$ 為第 i 個音框的功率頻譜，音框的輸入訊號為 $f(k)$ ， $N=256$ 為視窗的長度， $FFT(f(k))$ 為信號之快速傅立葉轉換， HF 為統計這 45 個音框內之頻率 3000Hz 以上之能量總和。

$$\text{令總能量 } T = \sum_{i=1}^{45} |W(i)| \quad (8)$$

$$W(i) = \frac{1}{N^2} \sum_{K=1}^N |FFT(f(k))|^2 \quad (9)$$

$$\text{高頻能量比} = \frac{1}{T} HF \quad (10)$$

(5) 低頻能量比(Low spectral energy ratio)A5 :

LF 為統計 45 個音框內之頻率 3000Hz 以下之能量總和。

$$\text{低頻能量比} = \frac{1}{T} LF \quad (11)$$

高低頻能量比的功能是求出高頻能量與低頻能量在全部總能量所占的比值，並同時顯示能量大小及分佈的一種表現。

四、結果與討論

由表一我們可發現到，氣虛程度越重的患者其平均年齡層也相對較高，原因為年紀越大者的氣也耗損的越厲害，因此氣虛證程度與年紀有正相關的趨勢。

表一、錄製語音的對象

組別		男	女
非虛證組	人數	12	3
	年紀 (mean ± SD)	32.3 ± 11.6	
中度氣虛證組	人數	9	8
	年紀 (mean ± SD)	45.7 ± 15.8	
重度氣虛證組	人數	4	11
	年紀 (mean ± SD)	52.1 ± 16.4	

表二所表示的為各組語音參數分析結果的平均值與標準差。其中母音/a/的部分，參數 A1 在非虛證與中度氣虛證、非虛證與重度氣虛證的統計分析上有顯著的差異 (P<0.05)，但其在中度及重度

氣虛證間無明顯差異 (P>0.05)。新增加的語音/u/、/e/、/o/也與/a/同樣的在 A1 參數上，中度及重度氣虛證間無明顯差異。而在母音/i/中，A1 在三組間都有顯著的差異。此外，在母音/o/的 A2 與 A3 的表現上，中度氣虛證與重度氣虛證具有統計上的差異。

綜合以上我們可以得知，以/a/、/u/、/e/、/o/音分辨氣虛證以及非虛證時是可行的，但在中度和重度虛證的分析上差異並不明顯；而/i/音的 A1 在三組間卻都有顯著的差異；/o/的 A2 與 A3 在中度氣虛證與重度氣虛證間具有統計上的差異。

過零點數可印證中醫對氣虛的闡述--少氣，氣流不穩定或不足，造成過零點數較少，而峰谷值及共振峰的飄移可能是氣虛患者能量代謝率不足造成。各個母音之間參數的差異，則可能為彼此間不同的發聲特性所造成。

五、結論

本研究主要的目的在於探討氣虛證程度與語音之間的相關性。在五個母音時頻域的分析中顯示，在/a/、/u/、/e/、/o/音 A1 中虛與非有顯著差異，而在/i/音中非虛、中度氣虛極重度氣虛三組間彼此都有有顯著的差異。而/o/音的 A2 與 A3 在中度與重度氣虛證上也有顯著的差異。因此對於氣虛程度的分析上除了原有的/a/音外，還可以加入/i/音或/o/音以達到分辨氣虛證程度的可行性。

表二、語音特徵參數之平均值與標準差

母音	組別	A1	A2	A3	A4	A5
/a/	非虛證	9.03±3.20*※	0.131±0.079	176.306±268.441	0.121±0.048	0.302±0.076
	中度虛證	5.69±3.20	0.127±0.079	306.841±268.441	0.126±0.048	0.268±0.076
	重度虛證	5.02±3.77	0.144±0.094	355.556±329.466	0.152±0.087	0.246±0.089
/i/	非虛證	3.21±2.12☆△	0.101±0.052	55.896±102.888	0.425±0.126	0.296±0.154
	中度虛證	1.77±2.12◇	0.081±0.052	148.202±102.888	0.364±0.126	0.352±0.154
	重度虛證	0.75±1.24	0.084±0.055	70.2409±72.3579	0.320±0.091	0.428±0.104
/u/	非虛證	3.33±1.55◎@	0.119±0.080	195.105±272.769	0.118±0.051	0.720±0.096
	中度虛證	1.88±1.55	0.105±0.080	214.592±272.769	0.113±0.051	0.729±0.096
	重度虛證	1.36±0.86	0.129±0.152	240.735±284.339	0.095±0.017	0.710±0.068
/e/	非虛證	5.14±2.99#□	0.098±0.064	36.3050±21.3438	0.210±0.063	0.333±0.124
	中度虛證	2.80±2.99	0.090±0.064	59.5809±21.3438	0.250±0.063	0.340±0.124
	重度虛證	1.81±2.15	0.088±0.046	153.225±243.886	0.246±0.075	0.369±0.102
/o/	非虛證	5.80±1.95¥€	0.124±0.04	121.515±251.278	0.132±0.058	0.585±0.106
	中度虛證	3.69±1.95	0.092±0.041	146.901±251.278	0.130±0.058	0.525±0.106
	重度虛證	2.99±2.18	0.156±0.086%	403.273±426.024 !	0.113±0.039	0.568±0.117

*p<0.05	/a/ (A1)非虛證 vs. 中度虛證
※p<0.05	/a/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證
☆p<0.05	/i/ (A1)非虛證 vs. 輕度虛證
△p<0.05	/i/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證
◇p<0.05	/i/ (A1)輕度虛證 vs. 重度虛證
◎p<0.05	/u/ (A1)非虛證 vs. 中度虛證
@p<0.05	/u/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證
#p<0.05	/e/ (A1)非虛證 vs. 中度虛證
□p<0.05	/e/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證
∕p<0.05	/o/ (A1)非虛證 vs. 中度虛證
€p<0.05	/o/ (A1)非虛證 vs. 重度虛證
%p<0.05	/o/ (A2)輕度虛證 vs. 重度虛證
!p<0.05	/o/ (A3)輕度虛證 vs. 重度虛證

六、誌謝

本研究承蒙行政院衛生署中醫藥委員會（計畫編號：CCMP95-RD-045-1）研究計劃經費補助，特此誌謝。

七、參考文獻

- [1] C.C. Chiu, H.H. Chang, C.S. Jwo, and C.H. Yang, "The study of computerized listening diagnosis for yin-deficient persons in Chinese medicine", Proc. of the Biomedical Engineering Society 1997 Annual Symposium, pp. 134-135, December 1997.
- [2] C.C. Chiu, H.H. Chang, C.S. Yang, "The quantitative analysis of acoustic waveforms for qi-deficient patients", Biomedical Engineering, Applications, Basis and Communications, vol. 10, No. 1, pp. 8-13, February 1998
- [3] 張恆鴻, 邱創乾, 楊中賢, 卓家祥, 羅綸謙, 楊家儒, 吳文祥, 陳瑞照, "中醫聞診現代化之研究 - 氣虛與陰虛患者之語音分析", 1998 工程科技與中西醫學應用研討會, p. 15, June 1998
- [4] C.C. Chiu, H.H. Chang, and C.H. Yang, "Objective auscultation for traditional Chinese medical diagnosis using novel acoustic parameters", Computer Method and Programs in Biomedicine, vol. 62, NO. 2, pp. 99-107, June 2000..
- [5] 翁清松, "電腦語音分析在中醫聞診之應用", Proc. Of the Biomedical Engineering Society 1997 Annual Symposium; pp. 120-121, December 1997.
- [6] 王小川, "語音訊號處理", 全華科技圖書股份有限公司, 台北市, 2004.

附錄五、96年度專家會議記錄

行政院衛生署開診計畫96年度專家會議

計畫編號：CCMP95-RD-045-1

時間：2007年3月8號(星期四) 下午2：00~3：30

地點：中國醫藥大學附設醫院美德醫療大樓中醫部會議室

壹、會議討論的事項：

- 1.宮、商、角、徵、羽五音的發音，到底是哪五音，各家說法不一，正確的發音方式還需要考證，但可以先做發音（國語或台語的發音）與身體各部位共鳴的研究，在回過頭與古書作映證。
- 2.肺功能檢查有時域變化的參數，因此肺功能室的錄音為了找出一段聲音穩定的持續時間是否與肺功能的參數有關，將錄音時間定為六秒。而維持發聲六秒的/a音在能量上或許會在後期衰減，共振峰容易產生飄移，要做此研究，所分析的參數還需要再討論。
- 3.什麼叫做虛，每個醫師心中的尺度都不一樣，要請醫師方面訂出一個明確的參考點，在此之前要請三位醫師共同診斷以減少錯誤率。
- 4.老師對於將氣虛部分分出輕、中、重，三種程度有興趣，醫生方面也認為可行，目前中國醫林彩蕙醫師正在做此方面的研究及整理。
- 5.未來要找一群非虛患者來錄音，以求出長時段發音下，穩定發音時間的平均值。
- 6.老師對療程前後語音的改變有興趣，也提出五聲與音樂療法，但中國醫的醫師目前沒有這方面的研究。

貳、未來預計達到的目標：

- 1.於肺功能室收集較長時段的發音，以發音持續穩定的時間長度來分析聲音與肺功能參數的相關性。
- 2.請醫師方面明確地定義出氣虛程度的輕中重，找尋案例來錄音，再由工程人員來量化分析，以期利用語音來分辨出虛證輕重程度。
- 3.治療前後語音應該會發生變化，將病患治療前後的語音作比較，看看是否有所改善，以得知療程是否有效。

附錄六、96 年度第二次專家會議記錄

行政院衛生署聞診計畫96年度第二次專家會議

計畫編號：CCMP95-RD-045-1

時間：2007年12月4號(星期二) 下午3：00~5：00

地點：中國醫藥大學附設醫院美德醫療大樓中醫部會議室

壹、會議討論的事項：

1. 在中醫臨床上，對於氣虛的程度往往只有直接的感覺並無客觀的數據，假如有儀器能記錄下客觀的數據對於臨床的學習會有很大的幫助。此外，在臨床診斷上能提出客觀的量化數據，也能比較容易對患者提出說明。
2. 本研究對於語音及氣虛程度之間的關係有收斂的結果，而且儀器的辨識率達到85%，因此，此研究的結果對氣虛程度診斷有很大貢獻，在未來可利用聲音的量化分析對氣虛程度做出較客觀的診斷，並可提前更精確地用藥，增加療效。
3. 資料庫會隨著所收集病患的語音資料越來越詳盡，聞診儀器的參數也會隨之獲得更準確的數據，使得信度越來越高。

貳、未來預計達到的目標：

1. 在未來聞診儀必須隨著資料庫的更新，定期的更新系統的內部參數，以期能達到最佳的判別結果。
2. 需與臨床醫師進行更深入的討論，如何將聞診儀帶入診斷的過程中。

