

腦性麻痺說話者的國語聲調基本頻率 (F0) 型態與特性

鄭靜宜

國立台南師範學院特殊教育學系

摘 要

音調韻律的異常是腦性麻痺說話者常見的問題，他們的言語常被形容為緩慢、吃力、無節律以及音調無起伏等，而說國語患有腦性麻痺的說話者也常出現聲調方面的異常。在本研究的目的主要在於調查說國語的腦性麻痺說話者的單音節詞之聲調基本頻率 (F0) 型態與聲調特性，藉著與正常說話者的基頻資料比較，分析說國語的腦性麻痺者基頻走勢型態的偏異處，並比較三種不同腦性麻痺類型 (痙攣型、徐動型及混合型) 基頻走勢型態的差異。

參與本研究者包括有三十位腦性麻痺說話者，其中十位具有徐動型特性，十位具有痙攣型特性，十位具有徐動加痙攣的混合型特性，此外還有十位無神經性疾病的正常說話者為研究的控制組。分析結果顯示腦麻說話者的平均基頻較正常說話者為高，音節時長較長。在基頻型態觀察方面，腦麻說話者基頻型態偏誤性較多，尤其在二、三聲的音節上，例如不管是在何種聲調，徐動型組的音尾常有一個下降調的型態，而痙攣型組的特性是基頻較無法降低，頻率變動的範圍較侷限。對腦性麻痺說話者而言，四種聲調中，第四聲問題最少，其次是一聲，而二、三聲最為困難，互相混淆的情況也最嚴重。腦麻說話者三、四聲基頻走勢的變化率較正常者為緩，走勢的變化率以痙攣組與混合型組最小。就整體而言，腦麻說話者基頻變化範圍並不小於正常者，但由於基頻走勢的變化率過小以及基頻走勢型態的偏異，造成腦麻說話者語音聲調上的異常。

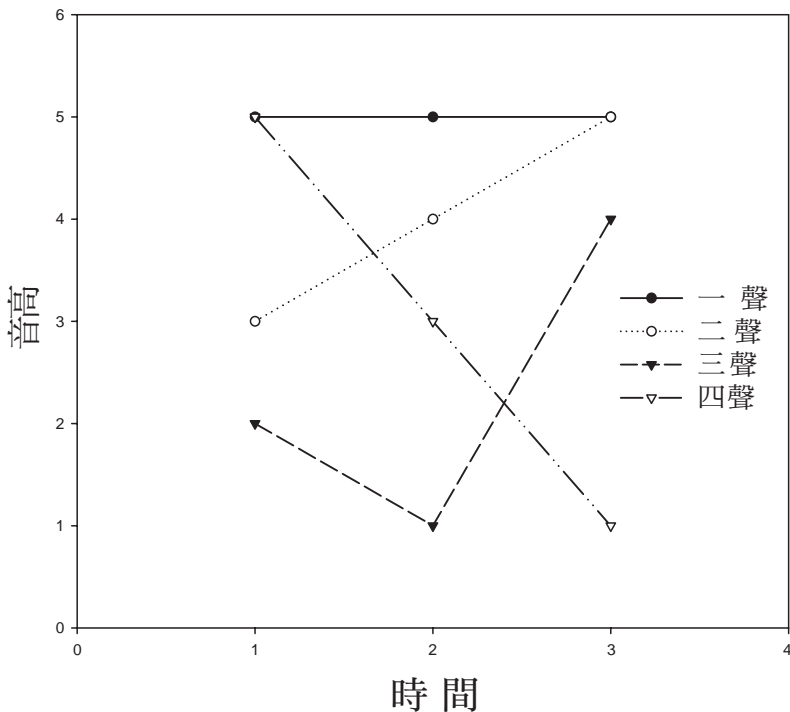
關鍵詞：腦性麻痺、聲調、基頻、基本頻率 (F0)、基頻走勢

壹、緒論

腦性麻痺是一種非進行性的運動神經肌肉控制的障礙，亦即大腦中樞神經系統在尚未發育成熟前，受到損傷而導致運動機能產生障礙。腦性麻痺通常發生在出生前、後不久，也就是還在發育中的大腦，其控制動作的某些神經元受到傷害，導致神經肌肉運動的障礙。腦性麻痺者多半出現言語障礙，與其肢體肌肉控制失調的情形一樣，患者說話時喉部聲帶與口部肌肉運動控制發生問題，而這些口部肌肉運動控制的問題可能發生於如舌尖、下顎等構音結構上，影響構音的準確度；而喉部聲帶肌的異常，則可能影響嗓音品質與言語音調節律（prosody）上的表現，以上這些問題造成腦性麻痺者說話時語音清晰度下降，使其在語言溝通上產生有口難言的隔閡。

國語聲調的特性

中文（國語）屬於聲調語言（tone language），聲調或詞調（lexical tone）與語調（intonation）乃屬於語音的超音段（suprasegmental）性質。語音的超音段特性是指附加於音段之上的語音特質，不能如同音段一樣可獨立存在的性質。語音的超音段特性包括聲調、語調、重音與語速等，又稱調律（prosody）性質。國語聲調是附屬於一音節上的屬性，每個音節本身皆具有一種基本調值。國語聲調的重要性在於音節的聲調具有辨義的功能，一個音節的意義會隨著聲調調值的不同而異。國語之中有四種基本聲調：陰平調（一聲，高平調，high level tone）、陽平調（二聲，高升調，high rising tone）、上聲（三聲，低降升調，low falling-rising tone）、去聲（四聲，



圖一 依據趙元任五度制的國語四聲音調型態簡圖

聲，高降調，high falling tone)。除此尚有輕聲 (neutral tone)，國語輕聲的出現是依據語法，常出現於片語末或句尾。輕聲本身並無調值，即本身並無固定的音調，其頻率是隨著其之前相接的音節而變化，基頻走勢較為低平、短暫 (Tseng, 1990)。

語音的基本頻率 (fundamental frequency, F0) (簡稱基頻) 是說話者聲帶振動的頻率，基頻乃是語音音波中最基本的頻率成分，而語音中具響音 (sonorant) 特質的音，皆可測得其基頻，國語的響音包括有母音、鼻音與邊音，而語音中大部分的基頻訊息是由母音所攜帶。國語四種聲調各有其獨特的基頻走勢型態 (F0 contours or trajectory)，聲調的基頻走勢就是基本頻率於時間向度上的變化曲線。趙元任 (1948) 將國語四種聲調的型態簡化，創音調五度制，將音調分成五等，其中 '1' 代表最低調，'5' 是最高調，而國語四個聲調的型態，依此五度制各為 5-5、3-5、2-1-4 與 5-1 (一聲、二聲、三聲與四聲)，如圖一。一聲為高平調，音調由開始到結束皆維持同樣的高度。二聲為高升調，音調一開始較一聲為低，後爬升至與一聲同高的位置。三聲是較為特殊的調，是低降升調，音調一開始就較低，之後又更低，至最低點時後上升，這是三聲完整的

走勢，但由於在日常對話中三聲皆簡化為「半上」的形式，說話者皆省略後半段「至最低點時後上升」聲調走勢，而是以較低音起始而後又更低的「低降調」的形式出現。四聲的走勢最極端，音調由高往下斜墜，是為高降調。以上這些獨特的基本頻率走勢或走勢型態乃是國語四種聲調於聲學上對比的特性。

聲調的不同主要在於音節基本頻率型態的不同，國語四個聲調各有其基本頻率 (F0) 的型態。曾有一些研究者使用語音聲學分析的方式作聲調的音高追蹤 (pitch tracking)，進行聲調基本頻率型態的檢驗，如 Howie (1974) 曾測量一男性念國語單音節母音的聲調，Tseng (1990) 曾測量一女性念國語單音節母音的聲調，將其所得四聲調的頻率列於表一。這兩組資料大致符合趙元任所提的聲調型態，唯在二聲起始段與四聲末尾段音高差異較大，這兩組資料在二聲起始段頻率是呈下降趨勢，趙元任所提的二聲聲調型態略為不同，而四聲末尾的上升頗不符合四聲降調的型態。三聲是則屬全上的形式，於最低調處甚至屬於低嘎音 (creaky voice)，之後於末尾段音高回升，具有上揚走勢。由於這兩組資料只是單一說話者的基頻資料，於統計上較無代表性，需要蒐集較多說話者聲調的資料來進一步分析與探討。

表一 兩研究的國語四聲基頻值 (Hz) 比較 (資料取自 Tseng, 1990)

		起始	中點一	中點二	最後
Tseng (1990)	一聲	215			215
	二聲	150	100		250
	三聲	135	90	45	180
	四聲	245		95	150
Howie (1974)	一聲	150			150
	二聲	115	35		150
	三聲	113	40	40	113
	四聲	157		52	105

除了基頻外，尚有音強與音節時長會隨著聲調的不同而有差異。在音段時長方面，通常三聲（若為全三聲時）或二聲的音節時長較長，而四聲最短；在音強方面，通常四聲最強，而三聲、二聲較弱（翁秀民、楊正宏，民86）。由於四種聲調在基頻、音長與音長上的差異，在語音知覺上，聽者可由這三方面的訊息來判斷或決定一個音節的聲調，而這三者對於聲調知覺上的影響是否有輕重之分呢？Tseng（1990）研究顯示，雖然時長、強度等變項對於辨別各聲調有一些貢獻，但是事實上，基頻所攜帶的聲調消息最多。Tseng（1990）的研究發現無論在聲調的聽覺辨別與產生，其實音節時長並非主要聲調的區分因素，而基頻的型態才是主要聲調的區分因素。尤其在日常對話模式時，音節時長會受到多種因素影響而變異較大，例如說話速度、語法、句型、強調或噪音遮蔽等因素，使得音長與音強在聲調的區辨無法扮演一個較被信賴的角色。因此，在語音聲學特徵上，中文聲調的不同主要以基本頻率（F0）的訊息於聲調知覺上貢獻較為多。

基頻變化的控制

我們日常生活言語的基頻總是會隨著語調或聲調而有高低起伏的變化，此基頻範圍即是基頻高低起伏的變化的最大與最小值的差距。Bradlow, Torretta, & Pisoni（1996）發現說話比較清楚的人基頻的範圍較廣，母音聲學面積較大，以及音段時長控制較佳。Orlikoff 與 Kahane（1996）估計說英語者日常生活對話基頻變化範圍約有75至100Hz之多，因為聲調語言對基頻變化的要求，以聲調語言為特色的國語其基頻變化範圍應更大。盛華（民85）發現說國語的正常成年人念短文的平均基頻範圍，男性為69Hz至185Hz，而女性為69Hz至227Hz，並指出說國語者的基頻變化範圍略大

於說英語者的基頻範圍，可見基頻變化範圍會隨著所說的語言種類而改變，由於國語為聲調語言，基頻的變化是形成聲調對比的要件之一。

基頻的控制是需要神經系統與肌肉的協調合作，說國語時的基頻變化涉及高層次的語言音韻運作以及低層次的言語的聲帶張力控制。在生理上，基頻的改變或變化主要來自聲門下壓（subglottal pressure）與聲帶的緊張度（vocal fold tension）的調整。聲門下壓是位於聲帶下肺部的壓力，與肺部的氣量有關。發聲時的聲門下壓為控制基頻的一個機制，基頻通常隨聲門下壓增加而升高，聲門下壓與基頻的高低兩者間成正比關係，也就是基頻愈高，聲門下壓愈大（Ladefoged, 1963），因此呼吸功能、呼吸言語協調與基頻的調控有莫大的關係。再者，發聲時聲帶的長度與緊張度大致與基頻的高低成正比，當基頻愈高，聲帶愈被拉長，而聲帶的緊張度也愈大。其實基頻的提高需要多種聲帶肌的協調與控制，其中環甲肌（cricothyroid muscle, [CT muscle]）為主要的負責者，甲杓肌（thyroarytenoid muscle, [TA muscle]）為次要的負責者，除此還涉及一些其他相關的喉肌，如後杓肌（posterior cricoarytenoid muscles, PCA）、側杓肌（lateral cricoarytenoid muscle, LCA）以及喉外肌群。由於CT的收縮縮短環狀軟骨與甲狀軟骨的距離，而使甲狀軟骨向前下傾轉，間接拉長聲帶肌，增加聲帶的緊張度，使基頻上升（Zemlin, 1988）；另外，EMG研究亦發現當基頻升高時，TA的活動亦隨之增加（Titze, 1994）。這些與基頻調控有關的肌肉各被不同的神經所支配，如負責CT的腦神經為迷走神經的上喉神經（superior laryngeal nerve）分支，而負責控制TA的腦神經則為迷走神經的返喉神經（recurrent laryngeal nerve）分支。至於有關嗓音音頻的下降機轉，除了涉及聲帶肌（TA）

本身的放鬆、縮短外，也與喉外肌群的下拉喉頭活動有密切的關係，如胸骨甲狀肌 (sternothyroid, ST) 與胸骨舌骨肌 (sternohyoid muscles, [SH]) 的活動下降喉頭位置 (Zemlin, 1988; Titze, 1994)。而其他有關基頻變化控制的因子還有語者自身的聽覺監控、運動本體感覺監控等，而涉及說話者個人嗓音音高的因素有聲帶的質量 (mass)、性別、年齡、體型等。

啞吃者的調律特性

啞吃 (dysarthria) 是在言語的運動控制上的障礙，是由於中樞神經系統或周圍神經系統受損，造成在言語表達的基本運動過程中，言語機轉的肌肉控制受到干擾，產生了含混不清、沙啞、單調或其他異常的說話特徵 (如說話速度緩慢、遲疑、斷續等等) (Darley, Aronson & Brown, 1975)。啞吃者由於產生說話動作的運動神經機轉出了問題，說話動作的執行不當，因而導致話語的清晰度下降。由於運動言語神經在控制上的失調 (太弱、太慢或無法協調) 造成呼吸、發聲、共鳴、構音以及音調韻律 (prosody) 的問題，其中音調韻律的問題最為常見，幾乎是所有的啞吃者皆有的問題，Kent 與 Rosenbek (1982) 對運動言語障礙者的聲學調律特性進行調查，包括有運動失調啞吃 (ataxic dysarthrias)、帕金森氏症 (Parkinson's disease)、言語失用症 (apraxia of speech) 以及右腦傷的個案。其中帕金森氏症患者與右腦傷者的語調基頻走勢型態呈現平板狀，音高缺乏高低起伏的對比，被稱之為凝結 (fused) 型走勢。運動失調啞吃則呈現一種規律上升下降、上升下降的語調走勢，被稱之為掃晃 (sweeping) 型。言語失用症則主要呈現音段拖長，音節之間連接較為斷續、不連貫的情形。而這些啞吃者的語調型態不是出現異常，就是有語調單調化 (monotone) 的情形，

語調單調化即是語句的基頻平板，缺乏高低起伏變化，這些語調上的問題對語音清晰度與自然度自會有其影響，因此，除了構音問題是造成啞吃者的語音清晰度下降的主因外，音調韻律的異常也是影響語音清晰度的原因。De Bodt, Hernandez-Diaz Huici, 和 Van De Heyning (2002) 使用線性回歸的模式分析啞吃者的語音清晰度，他們將語音清晰度視為一個多向度變項的線性組合，以四方面的變項來預測語音清晰度：構音、嗓音音質、鼻音性與音調節律 (prosody)，由對七十九個啞吃者的言語評量中發現構音向度與清晰度之間的相關度最高，其次是音調韻律向度，再來是嗓音音質，而鼻音性與清晰度的相關最低。由此可知，除了啞吃者的構音能力外，對調律的控制能力對語音清晰度也是有顯著的影響。

腦性麻痺者的聲調問題

對於聲調語言的國語而言，可推測音調韻律的影響應比英語更大，因為國語聲調的變化與語意有更為直接關係。在國語中，具有相同的聲母、韻母的音節，若聲調不同則意義迥異。Jeng (2002) 發現去聲調起伏的國語雙音節詞與句子的語音清晰度明顯低落，當詞語去除聲調起伏後，聽者再也無法辨識出原來的國語雙音節詞與句子，顯示聲調變化對於國語知覺辨識的重要性。Whitehill (1997) 研究說廣東話的腦麻啞吃者的語音清晰度，發現聲調為最容易混淆的語音對比之一。王文容 (民86) 調查腦性麻痺說話者在句子層次上的語音清晰度，語句的聲調清晰度也列入評估的項目，發現語句的聲調清晰度遠高於句子的清晰度，而聲調清晰度與其他清晰度指標 (句子清晰度、詞語清晰度等) 成高相關 ($r=0.86\sim 0.93$)。Jeng (2000) 發現說國語的腦麻啞吃者的單音節詞聲調清晰度 (或聲調正確率) 為73%，高於單音節詞語的清晰度，而聲調清晰度與語音

清晰度呈中高度相關 ($r=0.76$)。

多數的腦性麻痺患者有言語上的溝通障礙，腦性麻痺患者的言語障礙為發展性訥吃，具有語音清晰度不佳的情況。Liu, Tseng 和 Tsao (2000) 調查二十位說國語的腦性麻痺青少年的語音清晰度。語音清晰度評估的材料包括以六個最小語音對比為主的國語雙音節詞與片語。六個語音對比包括高 / 低母音對比、前 / 後母音對比、音節始送氣 / 不送氣塞音對比、摩擦音 / 塞擦音對比、塞音、鼻音對比及塞音構音部位對比，可惜卻沒有將聲調的對比納入。Jeng (2000) 研究說國語的腦性麻痺患者語音清晰度下降的情形及其常出現的構音錯誤型態，研究目的主要在比較不同腦性麻痺類型表現於言語特徵上的差異。研究對象包括三十位腦性麻痺訥吃者（其中痙攣型、徐動型、混合型各十位）。語音清晰度評估的語音材料包括七十八個國語單音節詞及十個句子。七十八個國語單音節詞涵蓋了十七組語音對比，語音對比中包括了四聲的聲調對比，使用了兩組具四聲最小聲調對比的單音節詞，而本研究所使用的語音樣本即為此研究的一部份。

腦性麻痺因為腦部受損的部位差異其表現出來的動作障礙特性也隨之不同，腦性麻痺類型大致可分為痙攣型 (spastic type)、徐動型 (athetoid type)、協調不良型 (ataxic type) 及混合型 (mixed type) 等。痙攣型是腦性麻痺最常見的一個類型，約佔50% (McDonald, 1987; Mecham, 1996)。受傷區域為腦運動皮質或錐體徑路，肌肉常處於高張力狀態，造成肢體的癱瘓，行動困難、緩慢或笨拙。徐動型佔12%到15%，腦傷區在基底核，病人肢體無法維持穩固姿態，出現徐緩的不自主動作。協調不良型佔1%到13%，腦損傷區為小腦，病人的姿勢不穩、平衡控制不好。混合型則是很常見的類型，很多腦性麻痺患者會同時呈現上述幾種不同的症狀，有些腦性麻痺患者同時會有痙

攣加徐動的狀況或協調不良加上痙攣的混合狀況。

幾乎所有的腦性麻痺的訥吃者皆有語音不清、子音不準、語速慢等言語問題。然而各種腦性麻痺類型由於生理方面運動神經系統的不同缺陷，可能造成對言語行為的不同影響，而導致言語上呈現不同的失常特徵。一些研究 (Seif, Netsell & Kent, 1986; Workinger 1986; Workinger & Kent, 1990) 顯示痙攣型與徐動型腦麻說話者的言語在聽知覺上具有不同的特徵，痙攣型腦麻者說話時有較多的共鳴與嗓音問題，通常鼻音較重，較多出現嗓音緊困 (strained-strangled voice)，氣息聲多，在調律方面，較無音調起伏與大小聲變化。而徐動型腦麻者由於受不自主肢體動作的影響，說話動作的協調性差，即言語次系統間的協調度差，時間掌控不佳，語速緩慢，說話重音對比較少，連續語音常有不當的停頓，語句較短，言語缺乏連續性與節律感。

腦性麻痺影響言語運動神經的控制，而嗓音基頻起伏的控制需要聲帶肌群與呼吸肌群的精密驅動與相互協調。腦性麻痺者的肌張力失常、肌力衰弱以及神經肌肉運動的不協調可能使言語的基頻起伏的控制不佳，而有言語調律上的失調。Doorn 與 Sheard (2001) 分析三個說英語的具痙攣成分的腦性麻痺說話者的基頻型態，發現他們在連續語句上基頻變化範圍較正常對照者略小 (32%~50% vs. 47%~70%)，而且腦性麻痺說話者的句子語調的基頻走勢型態也偏離正常人的型態，但由於樣本人數過小使其無法做統計的推論。在生理上，不同類型的腦性麻痺是否可能因為不同的神經肌肉的缺陷導致言語調律上呈現不同的特徵？譬如說，腦性麻痺的痙攣型因高肌張力之故，其喉部常處於高閉合 (hyperadduction) 狀態，是否會影響其言語基頻控制，使其聲調變化較為侷限或有限？而腦性麻痺的徐動型因肌張力不穩定、

呼吸協調度差以及時有無法控制的非自主性動作，嗓音基頻的調節控制可能會受到影響，造成基頻走勢的扭曲，而導致聽者的混淆使得語音清晰度下降。

本研究的目的主要在於：(1)調查說國語的腦性麻痺者國語聲調的基頻走勢型態，並與正常說話者的聲調的基頻走勢型態作比較，(2)分析並比較三種不同腦性麻痺類型（痙攣型、徐動型及混合型）的腦性麻痺患者的基頻走勢型態上的差異，(3)分析與聲調的基頻走勢有關的聲學變項，包括平均基頻值、基頻範圍、基頻走勢的變化率、音節母音長度等，並比較四組說話者間的差異。

貳、方法

參與者

共有四十位參與者，包括三十位患有腦性麻痺的年輕人及十位為無神經性疾病症狀的正常說話者（男女比例各半）參與語音錄音的工作，此十位正常成年人為控制組。腦性麻痺參與者的年齡範圍由17至25歲，而正常對照組的年齡範圍由19至25歲。腦性麻痺的參與者來自彰化仁愛實驗學校，依據其顯著的生理、肢體運動特徵被語言訓練教師與研究者共同挑選出來，其中十位有痙攣型特徵，十位有徐動型特徵，另十位有痙攣與徐動混合型特徵。另外為使各組言語障礙的嚴重程度相當，各組中盡量涵蓋由輕微到中重度嚴重程度的腦性麻痺者。以上這些參與者皆以國語為母語，且並無嚴重的視力與聽力問題。

語音取樣程序

本研究的語音取樣是屬於作者博士論文研究中的一部分 (Jeng, 2000)，該研究中所使用的刺激語詞為78個國語單音節詞，而其中與本研究有關的刺激字詞共有八個，包括兩組最

小聲調對比的詞組，它們是：「八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸 /pa4/」與「西 (/ɕi1/)、息 (/ɕi2/)、喜 (/ɕi3/)、戲 (/ɕi4/)」。提供給受試者的刺激詞提示卡上印有國字以及注音符號，而刺激字的順序以隨機方式出現，請受試者看提示卡並依造主試者的指示唸出詞音，並重複五次，以下形式說出：「第一次“_____ (如八)”；第二次“_____ (如八)”；第三次“_____ (如八)”；……」。所有的語音採樣錄音於一安靜的室內進行（以音壓計檢測，噪音水準不超過 35dB SPL），語音收錄採用 Marantz PMD201 錄音機與 SHURE BG 2.1 型麥克風。

聲調基頻的分析

語音聲學的分析主要用 32 位元 Creative 語音卡與 Cspeech 語音聲學分析處理軟體 (Milenkovic, 1996)，將語音訊號數位化，聲音取樣頻率為 22.05 kHz。語音數位化之後以 Cspeech 提供的音調追蹤 (pitch tracking) 功能進行基頻分析，計算出每個發語詞母音的基頻值，基頻值的計算輸出以每 2 毫秒為單位，每個說話者有四十組發語詞基頻值串，而值串的長短各依其音節長度而定，每個說話者的四十組基頻值串包括兩組音節、四個聲調與五次重複 ($4 \times 2 \times 5 = 40$)。此外並記錄每個音節的長度。在使用 Cspeech 程式計算每一個刺激項基頻走勢 (F0 contours) 的軌跡時，有時會有一些明顯的錯誤或雜訊 (artifacts)，即基頻值出現不合理的陡昇或陡降，此現象較容易出現於三聲基頻值較低或是嗓音品質較差的情況，因為 Cspeech 程式基頻追蹤 (F0 tracking) 時所用的為基頻週期變異性指數 jitter 的演算式，易受到不良音質的影響。因當逐一檢視每一個語詞基頻走勢圖時，若出現基頻波動不合理的現象時，即將波型放大檢視聲波的波形型態，以手動標定週期界線方式更正基頻走勢的

軌跡的異常，即以聲波呈現的週期（period by period）來計算基頻，並以內插法加以平滑化（smooth）修飾，一般正常說話者的基頻軌跡以Cspeech程式基頻追蹤大多皆可正確輸出，而有些腦麻說話者因為嗓音音質較差，程式自動基頻追蹤時有錯誤，遇有錯誤需要以波型檢視出聲波週期的方式更正基頻走勢軌跡。

由於啞吃者的說話速度通常較一般正常說話者為慢，其母音音段通常較長。由於說話的速度不同，提取出的發語詞基頻值串長短不一，無法將這些基頻走勢的原始資料直接做比較，因此再將每一個發語詞的基頻值串做時間的正規化（time normalization）。運用數學內插的方法，將每一個發語詞的基頻值串轉換為具有200點資料的數值串，經過正規化的程序後，每一個發語詞基頻值串皆為具有相等的長度（或時長）。之後再將每個說者的每個詞的五次發語詞做平均，而得到每個說者八個詞的平均基頻走勢，之後再將這些資料以性別、組別（腦麻類型、正常組）做平均，得到每個組別各性別的「八、拔、把、爸」與「西、息、喜、戲」八個詞的平均基頻值串，並將這些資料繪於以時間為橫軸，頻率為縱軸的二度座標軸上，即為其基頻走勢的圖形。由於性別不同導致基頻於頻率上分布範圍的差異頗大，因此將圖以性別分開的方式呈現（見圖二至圖九）。圖二至圖九每個圖為各組五個受試者每人各五次重複的發語詞經時間正規化後的基頻平均值串。

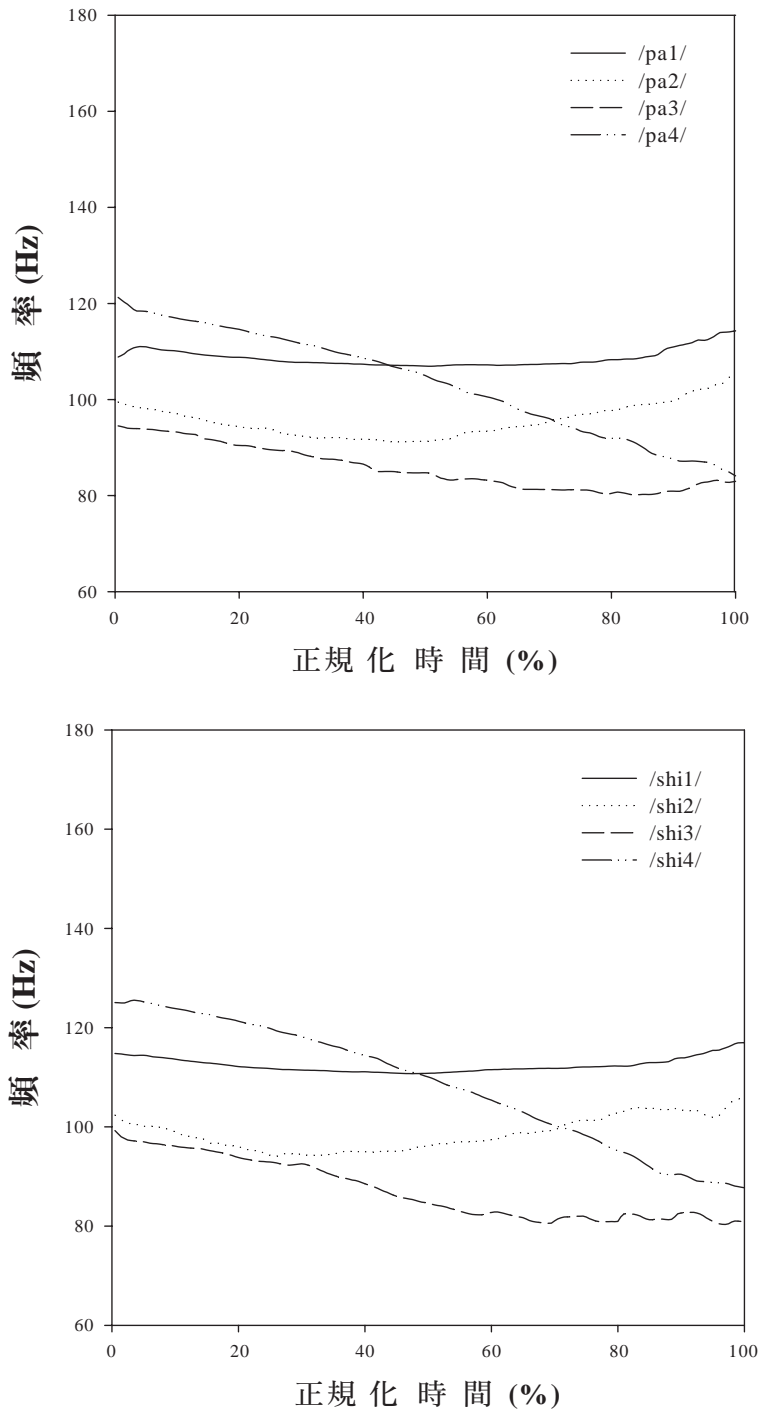
參、結果與討論

經由以上聲學分析程序抽取出的基頻資料，經過時間正規化後，將說話者發語詞的基頻資料在以下五方面做分析：聲調基頻的型態、平均基頻值、基頻範圍、音節母音時長、以及基頻變化率，比較國語四種聲調以及四組

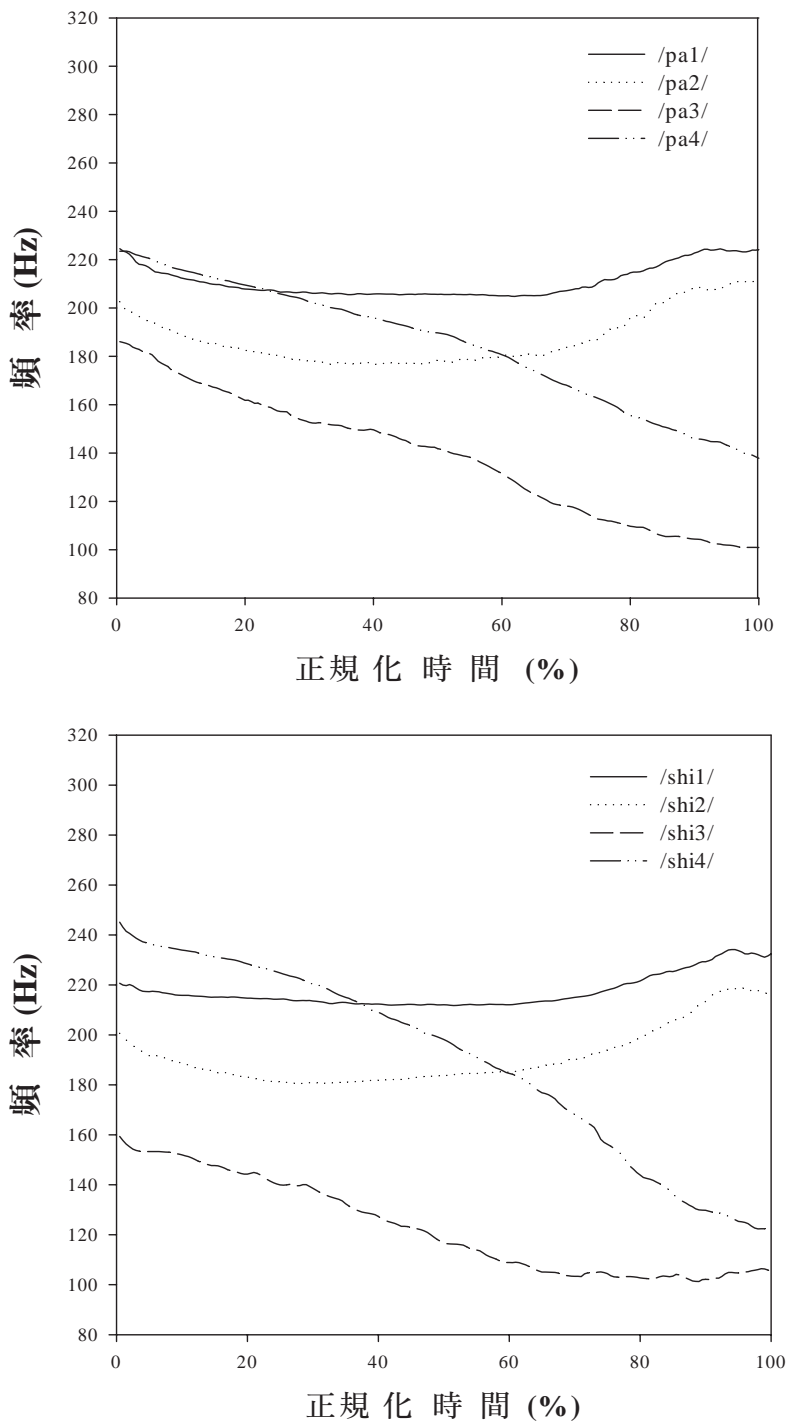
說話者的基頻資料在這五部分的差異。

聲調基頻的型態

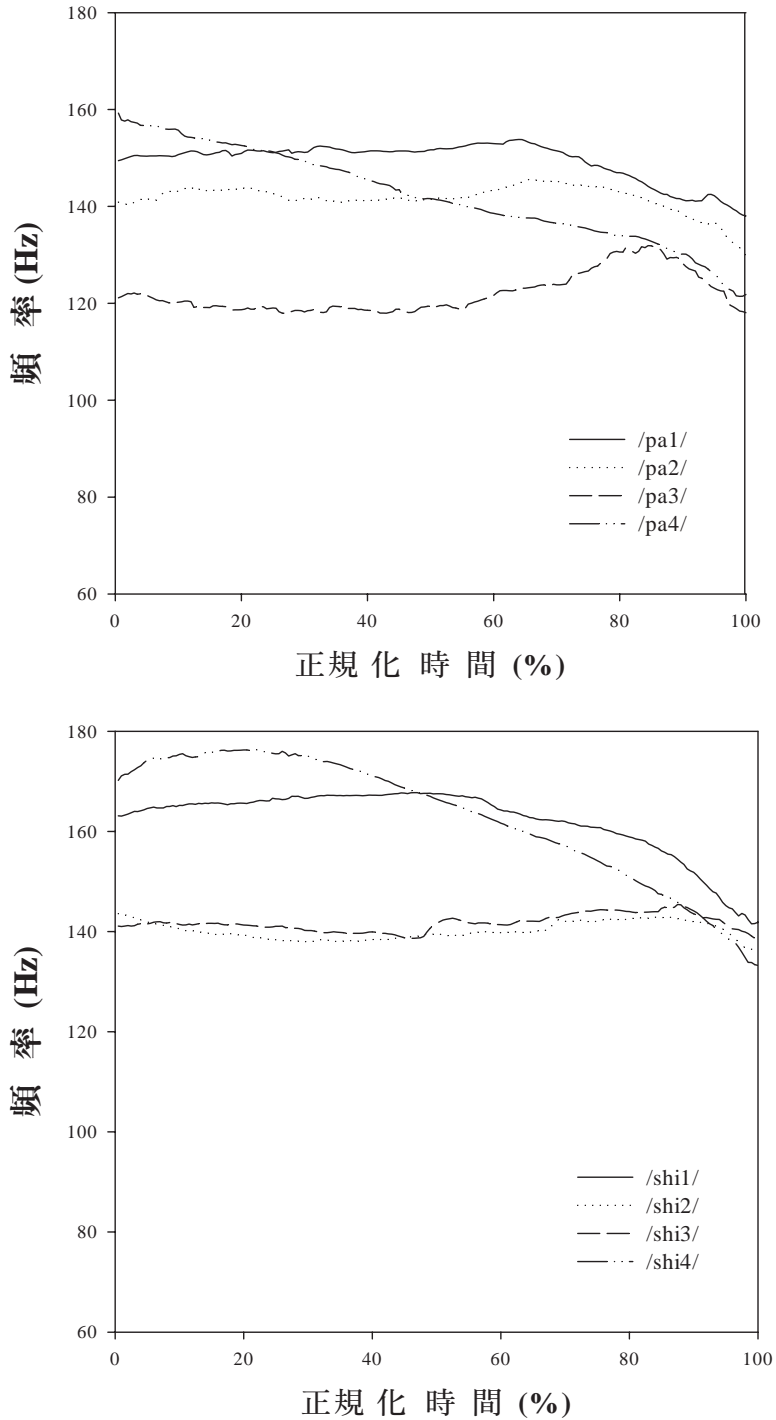
正常說話者的四種聲調的基頻型態大致如預期（見圖二，圖三），雖然男、女兩組在頻率上分布範圍有所差異（男性在 75~125Hz，女性在 90~240Hz），因為女性說話者的基頻範圍較大，於圖上呈現時，四種聲調型態上的對比也較明顯，但男、女兩組單音節詞的四種聲調基頻型態十分類似。正常說話者的一聲（高平調）基頻在時間軸上始終維持著「高持平」的走勢，在末尾處稍有上升，唯女性的基頻在末尾處稍上升較多。男性組一聲調平均基頻為111Hz；而女性平均基頻為215Hz。二聲（升調）的起始頻率較一聲為低（男性平均起始基頻為100Hz；女性平均起始基頻為187Hz），在時間軸上一開始有稍下降走勢，待約走到約時長的三分之一處才開始緩慢上升，直至末尾，但頻率到末尾並不高過一聲，在末尾處始終與第一聲維持低於 15~10Hz 的音頻。三聲為低降調，起始頻率是所有聲調中最低的（男性平均起始基頻為 96Hz；女性平均起始基頻為 169Hz），之後頻率以較慢的速度下降（斜度較四聲為緩），直到下降至頻率的最低處（男性平均最低基頻約75Hz；女性平均最低基頻約 90Hz）。觀察三聲頻率的走勢，可發現自始至終均維持緩下降的走勢，並無上升的走勢。其實，在我們日常言語中的三聲並不像趙元任所提的 2-1-4 的「全上」型態，而是以「半上」的型態出現，音頻下降後就不再上升。四聲為高降調，起始頻率是所有聲調中最高的，之後頻率以較快的速度下降，且自始至終維持急下降的走勢。正常說話者的聲調對比通常維持著這些聲調間特殊的型態差異，一般而言，除了二、三聲間稍較有混淆的情形外，各聲調間混淆的機會極小。而正常說話者的二、三聲間較有混淆的情形，可能是由於二、三聲的起始頻率較接近，且二聲起頭段的走勢是以略下降的



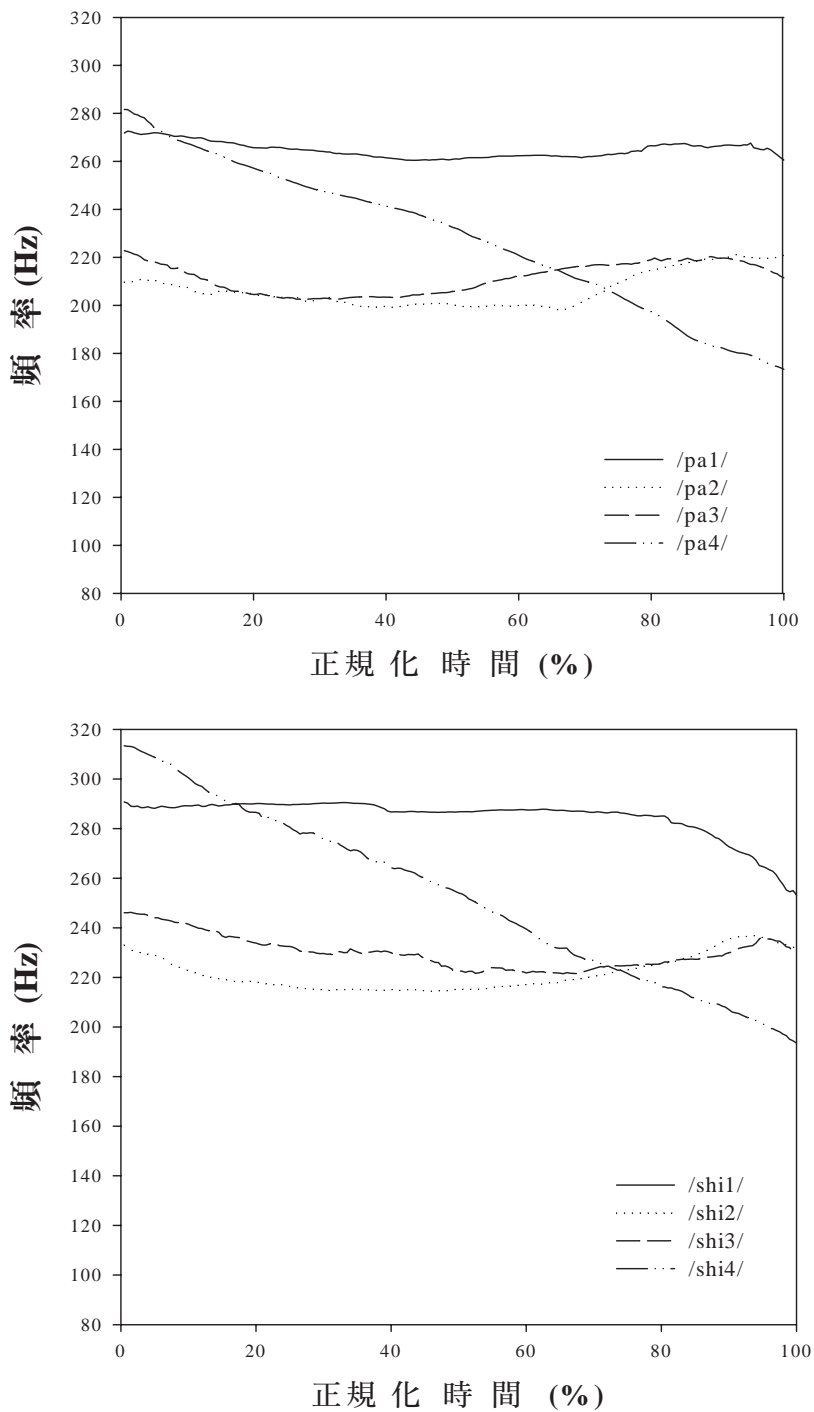
圖二 男性正常組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸/pa4/，下圖為西 (/ɕi1/)、息 (/ɕi2/)、喜 (/ɕi3/)、戲 (/ɕi4/) (因IPA符號無法於圖上顯示，於圖上以 /sh/ 代表 /ɕ/)



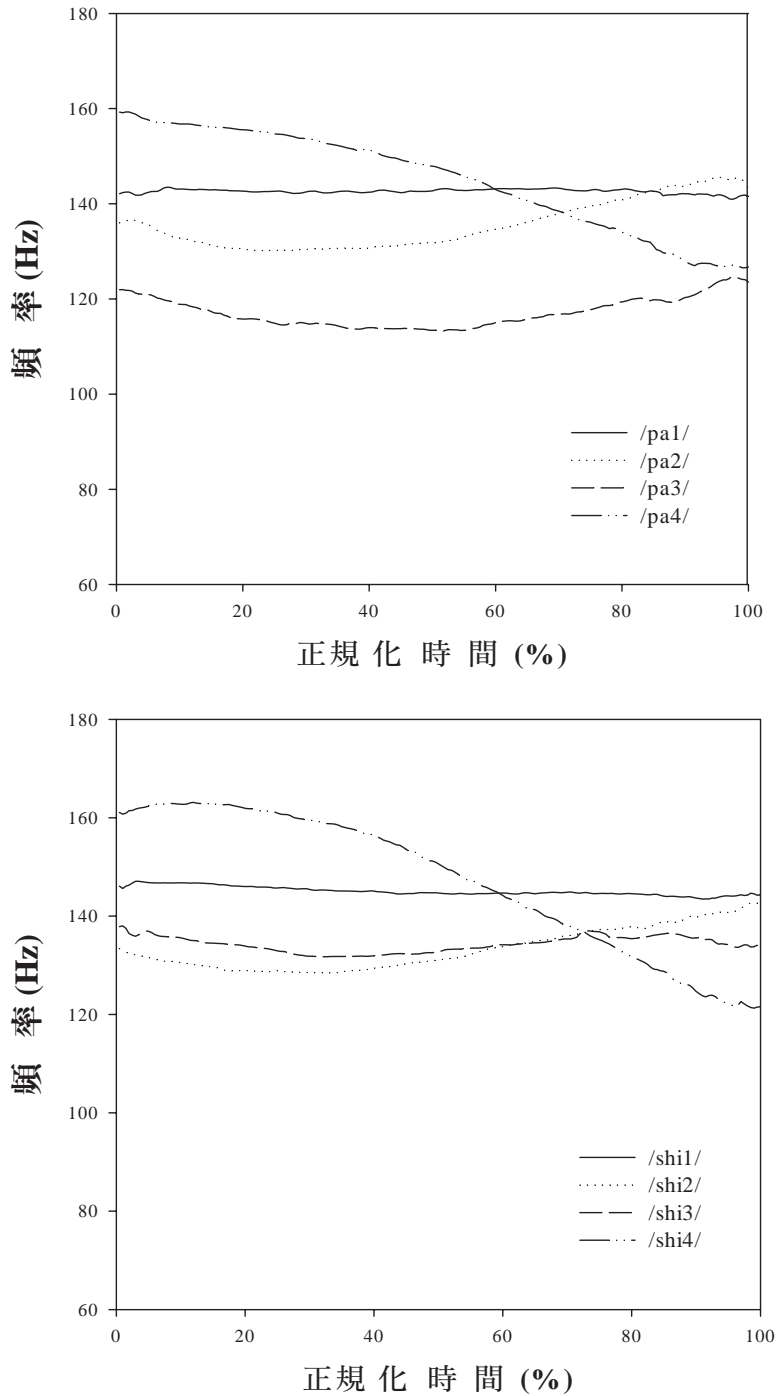
圖三 女性正常組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸/pa4/，下圖為西 (/si1/)、息 (/si2/)、喜 (/si3/)、戲 (/si4/) (於圖上以 /sh/ 代表 /s/)



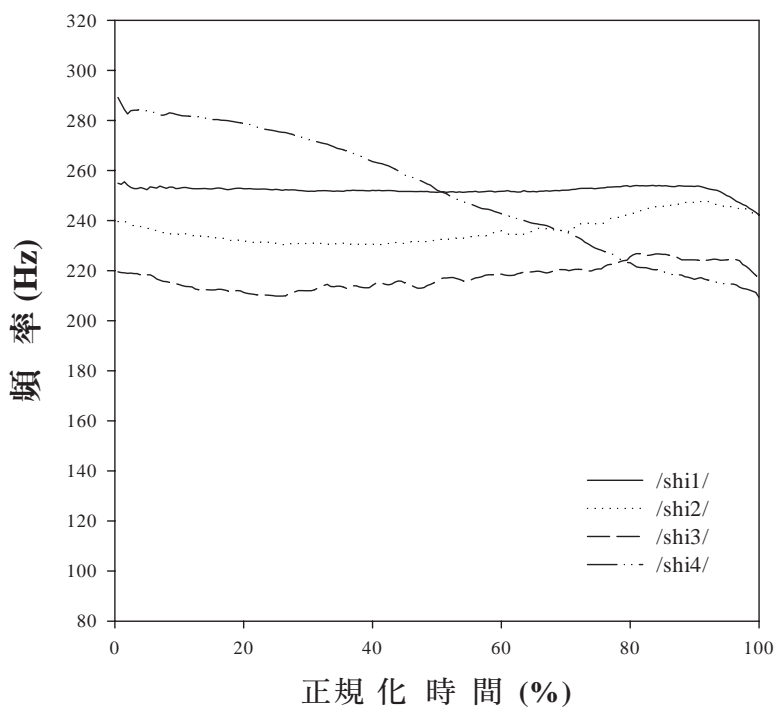
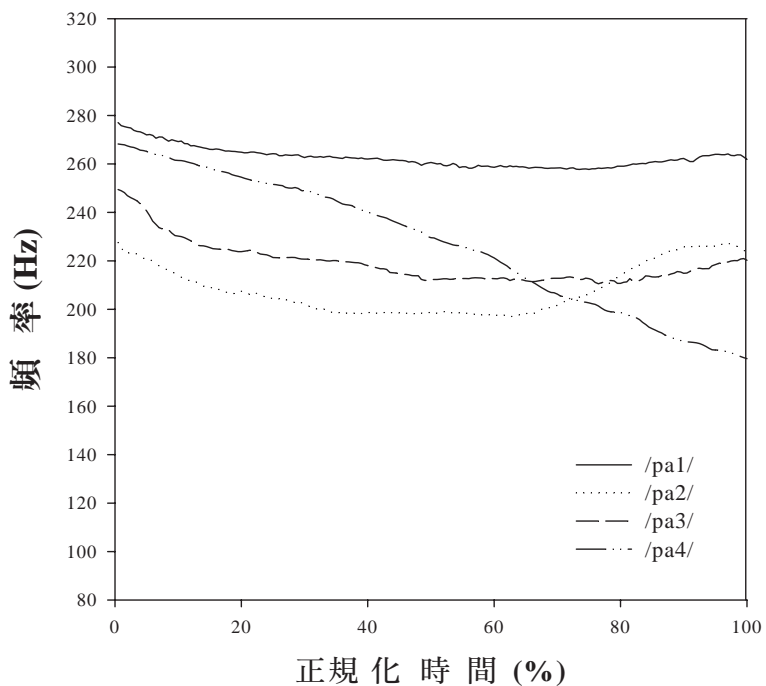
圖四 男性徐動組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸/pa4/，下圖為西 (/si1/)、息 (/si2/)、喜 (/si3/)、戲 (/si4/) (於圖上以 /sh/ 代表 /s/)



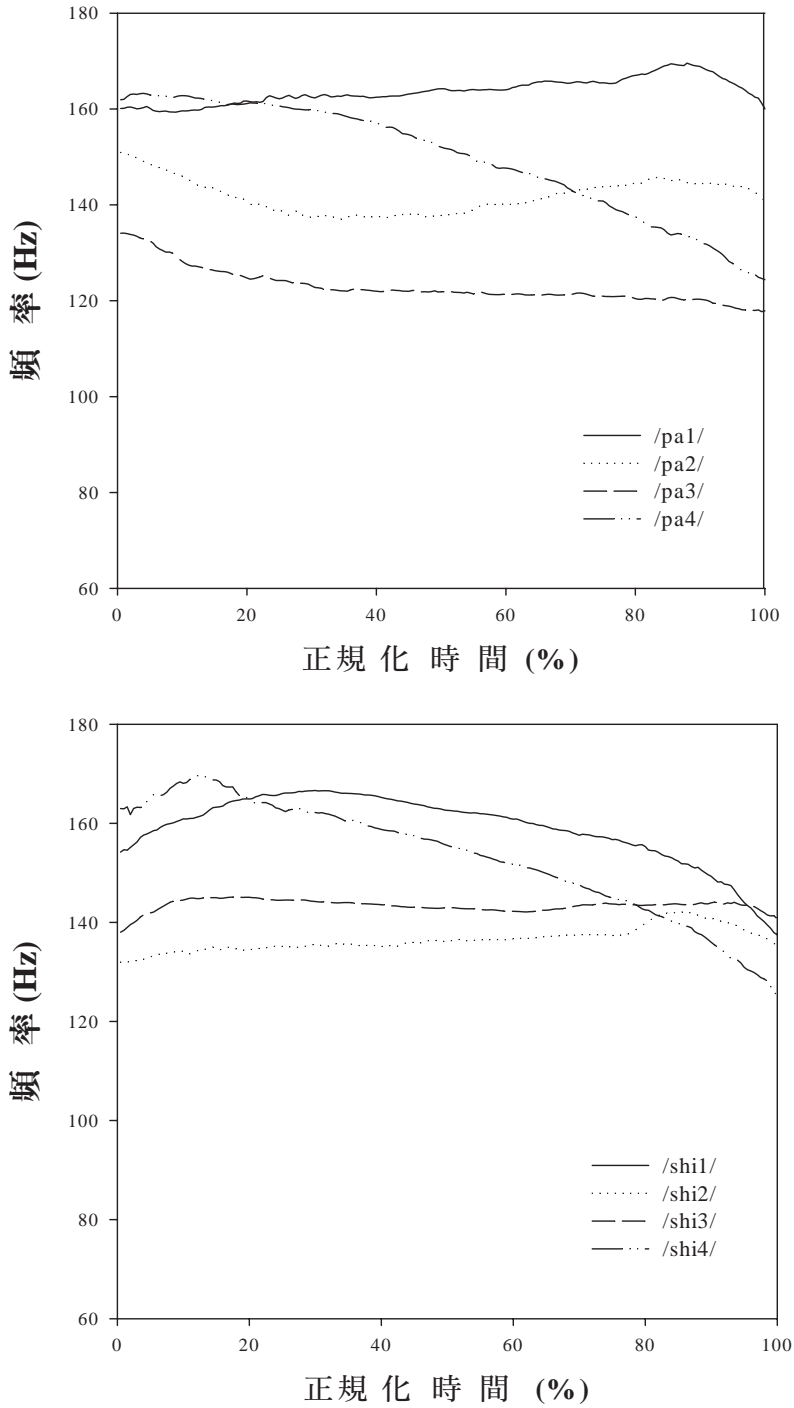
圖五 女性徐動組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸/pa4/，下圖為西 (/si1/)、息 (/si2/)、喜 (/si3/)、戲 (/si4/) (於圖上以 /sh/ 代表 /s/)



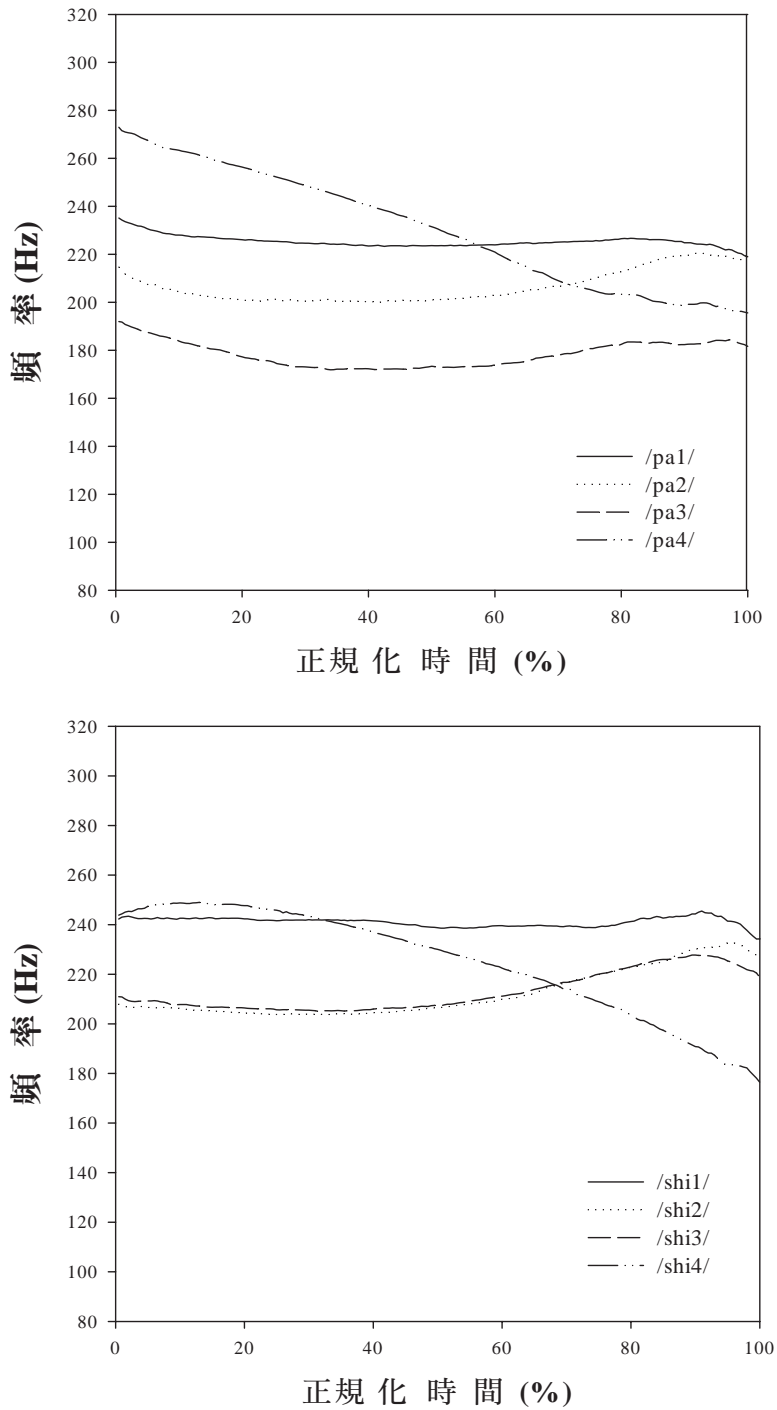
圖六 男性癱瘓組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸 /pa4/，下圖為西 (/si1/)、息 (/si2/)、喜 (/si3/)、戲 (/si4/) (於圖上以 /sh/ 代表 /s/)



圖七 女性痲痺組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸/pa4/，下圖為西 (/ɕi1/)、息 (/ɕi2/)、喜 (/ɕi3/)、戲 (/ɕi4/) (於圖上以 /sh/ 代表 /ɕ/)



圖八 男性混合組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸 (/pa4/)，下圖為西 (/si1/)、息 (/si2/)、喜 (/si3/)、戲 (/si4/) (於圖上以 /sh/ 代表 /s/)



圖九 女性混合組的平均基頻走勢圖，上圖為八 (/pa1/)、拔 (/pa2/)、把 (/pa3/)、爸/pa4/，下圖為西 (/si1/)、息 (/si2/)、喜 (/si3/)、戲 (/si4/) (於圖上以 /sh/ 代表 /s/)

走勢出現，與三聲起頭下降走勢是十分類似的，因此若是三聲後段的音頻下降不夠多，或是三聲末尾有再昇高的走勢就容易被誤聽為二聲，因此三聲中後段低調的維持是十分重要的，三聲中後段的低頻是主要與二聲相異的對比性特徵。此外，二、三聲間的易混淆也有可能是受音韻上變調規則的影響，如著名的「三三變調」，當同時具有三聲的音節相連時，前面一個音的三聲調需改變成二聲調，由於此規則的運作有可能讓國語使用者的二聲與三聲間界線的模糊化，因為許多詞語的第一音節表面上聽起來是二聲，但事實上聲調卻是三聲。

觀察腦性麻痺說話者四種聲調的基頻型態可發現其變異性大，而且在兩組四聲調單音節詞中，型態也有差異，其中/i/音節的基頻型態錯誤較/pa/音節的為多。徐動組的四種聲調基頻型態最顯著的特徵是不論是何種聲調，至音節末尾多以下降走勢結束（見圖四和圖五），尤以男性組為明顯，二聲的聲調走勢末尾本應上升才對，但在此組末尾卻是下降的，而一聲本應持平走勢其末尾，卻也是下降的。三聲是低調需要下降此組說話者卻有略下降一點就上升，至末尾又下降的走勢，而三聲頻率下降的幅度極小，導致二、三聲的基頻走勢十分類似（如/ɿ3/與/ɿ4/），無法區分，幾乎重疊在一起，而女性徐動組更出現三聲的走勢曲線位置高於二聲的走勢曲線的錯誤情況（在/ɿ/音節，見圖五）。徐動組的音節末尾下降走勢的特徵推測可能與其說話時肺活量不足有關，徐動型腦性麻痺者說話的片段破碎的情形較為嚴重，一句話常常斷為幾個片語費力說出。痙攣組的一聲、四聲的基頻型態大致完整，二聲也大致呈上升走勢，較有問題的是三聲，因三聲的基頻下降不足，導致型態上與二聲類似，甚至重疊（如痙攣組男性的/ɿ3/），部份也出現三聲基頻高於二聲的情形（如痙攣組女性的 /pa/ 音

節，見圖七）。混合型腦麻組的顯著的特徵也是二、三聲基頻走勢發生重疊的情形（見圖八與圖九）。

整體而言，與正常說話者比較，腦性麻痺說話者四種聲調的基頻走勢型態區分性過小，走勢曲線相似度高，對比性小。除了第四聲較完整外，其餘三種聲調的基頻走勢型態皆有出現相互重疊、相似或走勢異常的情形，其中尤以二、三聲的基頻型態最為類似，而重疊的情況出現率也最高。三聲的走勢曲線出現的偏離最大，頻率過高，少有低降型態。

平均基頻值

在正常組中，無論男女性，一聲的基頻平均數最高，而三聲的基頻平均數最低。以聲調為獨變項，基頻平均數為依變項的變異數考驗中顯示，聲調變項在男女性均達顯著[F(3, 186)=48.58, $p<.05$; F(3, 190)=84.44, $p<.05$]。Scheffe 事後考驗顯示，除了男性的一聲與四聲間、女性的二聲與四聲之間比較以外，男女性四聲調之間的基頻差異均達顯著 ($p<.05$)。簡而言之，無論男女性，正常者的一聲與三聲間、一聲與二聲間、二聲與三聲間、三聲與四聲間的基頻平均數均達顯著差異。就正常說話者而言，三聲的平均基頻值最低，一聲與四聲的平均基頻值最高。

表二詳列男女及各組四聲調的基頻平均數、基頻範圍與基頻走勢起始點頻率，以及其標準差，於表中可發現在腦性麻痺說話者部分，其中二、三聲基頻平均數的差異在各組顯現出各種不一致的情形，多數的問題是聲調間差異值過小，如女性痙攣組。另一值得注意的現象是三聲的頻率並非為最低，例如在女性徐動組三聲的基頻值反而高於二聲的基頻值，此違反國語聲調中三聲為最低調的原則。

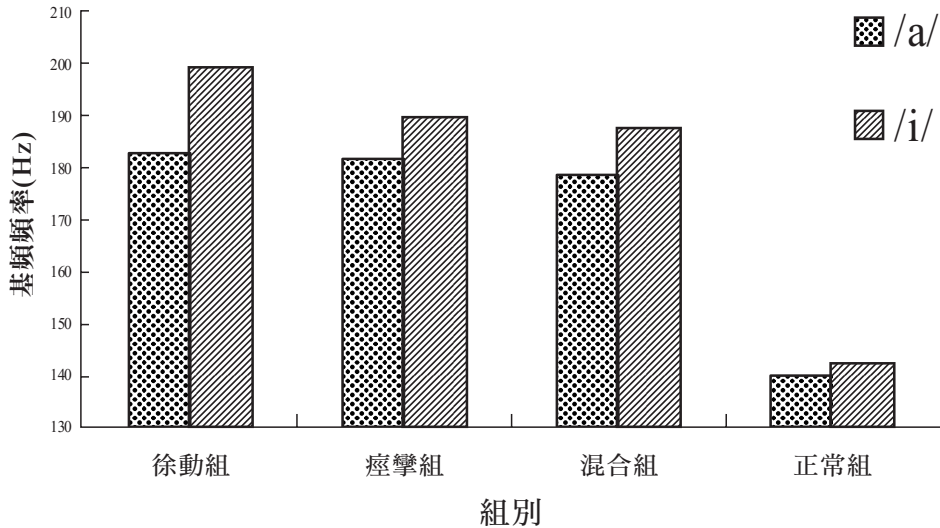
表二 男女各組四聲調的基頻平均數 (Hz)、基頻範圍 (Hz) 與基頻走勢起始點頻率，以及其標準差 (於括號中)

	徐動組			痙攣組			混合組			正常組		
	平均	範圍	起始點	平均	範圍	起始點	平均	範圍	起始點	平均	範圍	起始點
男性												
一聲	156 (44)	41 (27)	157 (44)	144 (35)	16 (5)	144 (36)	161 (39)	35 (24)	158 (36)	111 (10)	12 (7)	112 (9)
二聲	141 (21)	32 (19)	142 (22)	134 (34)	27 (14)	135 (33)	139 (37)	35 (32)	140 (38)	97 (11)	23 (14)	100 (10)
三聲	132 (23)	37 (21)	132 (21)	125 (25)	33 (17)	129 (27)	133 (23)	29 (11)	137 (19)	86 (10)	25 (13)	96 (13)
四聲	153 (33)	50 (29)	165 (39)	146 (41)	43 (20)	160 (41)	151 (39)	54 (25)	162 (40)	106 (11)	38 (18)	122 (17)
女性												
一聲	275 (45)	53 (36)	281 (51)	258 (54)	32 (14)	265 (58)	233 (30)	29 (16)	238 (32)	215 (23)	33 (13)	220 (20)
二聲	215 (59)	70 (52)	222 (68)	222 (51)	48 (29)	231 (48)	210 (25)	38 (21)	209 (26)	187 (29)	51 (15)	196 (30)
三聲	221 (46)	66 (40)	233 (41)	218 (60)	54 (46)	232 (65)	196 (34)	39 (22)	200 (32)	130 (29)	86 (36)	169 (39)
四聲	240 (61)	127 (64)	296 (60)	238 (56)	95 (46)	276 (65)	234 (24)	79 (29)	266 (34)	187 (26)	108 (49)	231 (32)

若比較四組的基頻平均數差異，在以聲調為受試者內獨變項，組別為受試者間獨變項，而以基頻平均數為依變項的變異數考驗中顯示聲調、組別變項在男女性均達顯著 [男性：聲調效果 $F(3, 724) = 49.56, p < .05$ ；組別效果 $F(3, 16) = 4.41, p < .05$ ；女性：聲調效果： $F(3, 731) = 109.874, p < .05$ ；組別效果， $F(3, 16) = 3.11, p = .056$ (位於臨界顯著)]。而Scheffe 事後考驗顯示，無論男女性，正常組平均基頻值最低。在男性組中除了徐動組與混合組之間比較未達顯著以外，四組之間的基頻差異均達顯著 ($p < .05$)，即徐動組與混合組有最高的基頻值，痙攣組則介於正常組與上述二組間。在女性組，除了徐動組與痙攣組之間比較未達顯著外，四組之間的基頻差異均達顯

著 ($p < .05$)，即徐動組與痙攣組有最高的基頻值，混合組介於正常組與上述二組之間，正常組平均基頻值最低。

若比較 /pa/、/ɪ/ 兩組音節的基頻平均數差異，在以母音類別為受試者內獨變項，性別為受試者間獨變項，而以基頻平均數為依變項的變異數考驗中顯示母音類別與性別變項均達顯著 [母音類別效果： $F(1, 1477) = 31.79, p < .05$ ；性別效果： $F(1, 38) = 63.23, p < .05$]。/ɪ/ 音節的基頻平均數顯著高於 /pa/ 音節的基頻平均數。若觀察 /pa/、/ɪ/ 兩組音節的基頻平均數在各組間的差異，可發現在腦性麻痺說話者的 /pa/、/ɪ/ 基頻值差異高於正常組，尤其在徐動組差異最大 (見圖十)；相反地，在正常組 /i/ 的基頻高於 /a/ 的趨勢卻不若



圖十 四組說話者 /pa/、/ʰi/ 兩組音節的基頻平均數的差異比較

腦性麻痺組來的強，其中 /i/ 平均基頻為102Hz (男)，181Hz (女)；而/a/為99Hz (男)，181Hz (女)，可見在正常組中無論在男女性兩母音的基頻值差異不大，而腦麻組的兩母音的基頻值差異較大。

基頻範圍

腦麻者基頻的範圍有沒有小於正常人呢？選取每個音節音段中，取音節中最大的基頻值三個與最小的基頻值三個並將之各求平均得平均基頻值，並將兩值相減得到基頻變化的範圍值，各組的基頻範圍數值列於表二中。以SPSS進行統計分析考驗的結果如下：比較四組的基頻範圍（最大值與最小值的差）差異，在以聲調為受試者內獨變項，組別為受試者間獨變項，而以基頻範圍為依變項的變異數考驗中，組別變項在男性組未達顯著[組別效果： $F(3, 16) = 2.03, p > .05$ ；聲調效果 $F(3, 724) = 56.90, p < .05$]，但在女性組卻達顯著[組別效果 $F(3, 16) = 4.05, p = .026$ ；聲調效果 $F(3, 731) = 146.76, p < .05$]，Scheffe 事後考驗

顯示，在女性，徐動組與正常組有最大的基頻範圍值，且兩組無顯著差異 ($p > .05$)，而痙攣組次之，基頻範圍最小是混合組。大體而言，基頻的範圍在男性組方面並無組間的差別，若仔細觀察表二甚至可發現正常男性組的基頻的範圍甚至小於腦麻者，而在女性方面正常組也與腦麻組無差異或差異甚小。若單是比較痙攣組與徐動組，痙攣組的基頻範圍值是顯著比徐動組的來的小 [$t = 4.92, df = 758; p < .05$]，顯示痙攣型腦性麻痺者基頻範圍變化較具侷促性，而徐動型的問題卻相反，是基頻變化範圍過大，推測徐動型腦性麻痺者有基頻起伏過度 (overshoot) 的問題，因此可見痙攣型與徐動型腦性麻痺存在著不同的基頻控制問題。

四聲調的母音時長

由於聲調是附屬於語音的響音之上，聲調的時長即為音節中響音的音段時長，本研究刺激材料所使用的兩種音節 /pa/、/ʰi/，其聲調時長即為母音時長。表三列了四組說話者的母音時長平均數與標準差，可發現腦麻說話者的時

表三 各組音節時長的平均數 (ms) 與標準差 (於括號中)

	徐動組		痙攣組		混合組		正常組	
一聲	363	(147)	343	(122)	376	(157)	224	(79)
二聲	410	(205)	374	(118)	412	(195)	238	(67)
三聲	397	(173)	376	(132)	384	(150)	155	(69)
四聲	293	(130)	310	(95)	327	(224)	154	(57)

長較正常組為長，且變異性較大。

在進行變異數分析部分，對四種聲調的時長比較與前兩項變項的分析方式類似，唯發現由於音節的長短在男女性別差異上並不顯著 [$F(1, 38) = 0.135, p > .05$]，因此將男女性資料合在一起做分析計算。以 SPSS 進行統計分析考驗的結果如下：在以聲調為受試者內獨變項，組別為受試者間獨變項，而以音節的時長為依變項的變異數考驗中顯示聲調、組別變項均達顯著 [組別效果 $F(3, 16) = 13.36, p < .05$ ；聲調效果 $F(3, 1487) = 28.17, p < .05$ ；]。而 Scheffe 事後考驗顯示，除了正常組與腦麻各組有顯著差異外，腦麻各組間並無差異；即正常組的音節的時長皆比腦麻各組的為短，腦麻說話者的說話速度明顯慢於正常組。在各聲調的比較上，Scheffe 事後考驗亦顯示所有的受試者第四聲的音節時長顯著短於其他聲調，而二聲顯著長於其他聲調，一、三聲則無差異。

三聲與四聲的基頻變化率

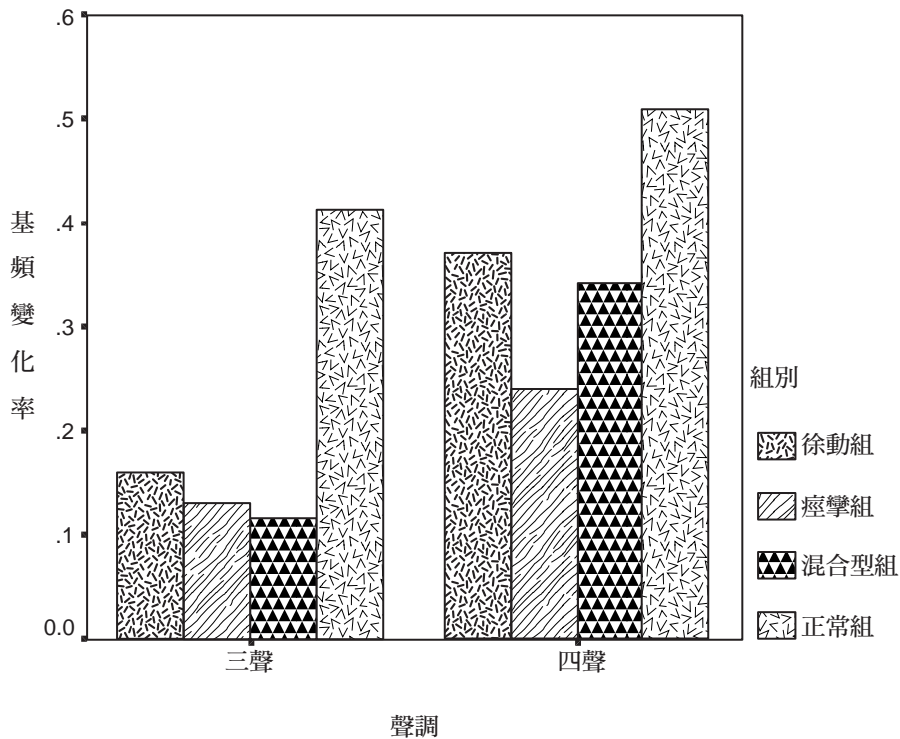
由以上的分析可知，大體而言，腦麻者基頻的範圍並沒有小於正常人，但其聲調在知覺上卻容易給人單調無起伏的印象，推測可能是與言語速度有關，由於腦麻者說話速度慢，因此相對的基頻變化較緩，基頻於固定一單位時間內變化量較小。相對於一、二聲，三、四聲的基頻變化率較大，且兩者皆應呈下降走勢，因此特將三、四聲的基頻值串資料做組間的比較，比較四組說話者的三、四聲基頻變化率。基頻變化率或斜率 (change rate or slope) 為基

頻變化範圍對音節時長的比值。基頻變化率的分析重點在於單位時間內基頻變化範圍的比較，在此不計基頻走勢的方向性，因為主要考慮的焦點在於時間的因素，說話者是否可在一段時間中達到需要的基頻變化量，或是於一段時間中說話者的基頻變化量多寡的比較。

表四中詳列各組男女性於三聲與四聲的基頻變化率的平均數 (Hz/ms) 與標準差。以 SPSS 進行統計分析考驗的結果如下：在男性方面，在以聲調為受試者內獨變項，組別為受試者間獨變項，而以基頻變化率為依變項的變異數考驗中顯示聲調、組別變項均達顯著 [組別效果 $F(3, 16) = 4.09, p < .05$ ；聲調效果 $F(1, 349) = 53.68, p < .05$]。而 Scheffe 事後考驗顯示正常組基頻變化率顯著大於其他腦麻各組 ($p < .05$)，而以痙攣與混合型組基頻變化率最小，兩組間無顯著差別 ($p > .05$)。在女性方面，在以聲調為受試者內獨變項，組別為受試者間獨變項，而以基頻變化率為依變項的變異數考驗中顯示聲調、組別變項均達顯著 [組別效果 $F(3, 16) = 4.60, p < .05$ ；聲調效果 $F(1, 358) = 77.68, p < .05$]。而 Scheffe 事後考驗的結果也與男性部份相似，正常組基頻變化率顯著大於其他腦麻各組 ($p < .05$)，而以痙攣與混合型組基頻變化率最小，且此兩組間無顯著差別 ($p > .05$)，而徐動組的基頻變化率顯著大於痙攣組 ($p < .05$)。既然男女兩組統計分析的結果類似，因此就將所有男女說話者的基頻變化率以組別、聲調呈現於圖十一。

表四 各組男女性於三聲與四聲的基頻變化率的平均數 (Hz/ms) 與標準差 (於括號中)

	徐動組	痙攣組	混合組	正常組
男 三聲	0.13 (.14)	0.11 (.08)	0.08 (.05)	0.21 (.11)
男 四聲	0.19 (.11)	0.15 (.06)	0.15 (.10)	0.31 (.16)
女 三聲	0.19 (.12)	0.16 (.14)	0.15 (.18)	0.58 (.37)
女 四聲	0.55 (.43)	0.32 (.20)	0.56 (.47)	0.69 (.41)



圖十一 四組說話者三、四聲基頻變化率 (Hz / ms) 的比較

肆、綜合討論

無論是時間上或是頻率上的語音參數，腦麻者呈現的變異性都大於正常的說話者，即得到的吶吃者的語音聲學變項數值通常具有較大的變異性。每次的發語皆不太相同或不一致 (inconsistency)，顯示基頻控制穩定度較差。同一聲調可能因為音節不同而出現不同的型

態，如女性痙攣組的二、三聲就隨著 /pa/、/ɕi/ 音節的不同而型態迥異。就比較本研究兩類音節，可以發現韻母為 /i/ 的音節比韻母為 /a/ 的音節基頻較高，並可發現腦麻說話者在以 /i/ 為韻母的音節中基頻走勢的型態較差，尤以三聲為最，在多數的腦麻組中在 /ɕi/ 音節的三聲基頻型態都過於接近二聲 (見圖四至圖九)，但在 /pa/ 音節中這種情形有但較少一點，而在正常組則無此情形。推測腦麻說話者的聲調基

頻可能是受母音內在音高的影響。

在國語單音節詞的層次中，各音段母音的基頻值的不同，除了受到這四個聲調的基頻走勢不同所致，還有可能是受到母音種類的影響。Lehiste 與 Peterson (1961) 發現各母音的各有其各自本有的基頻值，此即母音的內在音高 (intrinsic pitch)，如 /i/ 的內在音高就高於 /a/，而一般高母音的內在音高較高。在國語中母音的內在音高也有相似的趨勢，黃國佑與曾進興 (民83) 調查國語單母音的基頻與共振峰頻率也發現高母音的內在音調高於低母音的，其中 /i/ 為 127Hz (男)，242Hz (女)；/a/ 為 124Hz (男)，232Hz (女)，在本研究中也發現 /i/ 的基頻略高於 /a/ 的趨勢，但差距不大，反而是在腦麻組此趨勢轉強，甚至干擾了高母音低調的產生。Honda (1983) 認為造成母音的內在音高的差異是由於舌頭於母音構音時牽動喉頭而導致喉頭高低位置變化造成，而高母音因舌位較高且略前，構音時因舌位改變，喉頭被帶動往上移動，由於喉頭上舉將使得聲帶較緊，基頻因之上升。而本研究發現腦麻說話者在發高母音時內在音高過高，而造成對聲調的基頻型態的干擾，如三聲需要基頻升高，具三聲的高元音因為本身具有高內在音高之故，而聲調下降困難。而腦麻說話者因為上呼吸道系統與喉部系統的協調性較差，在發高母音時舌頭的高前伸動作可能干擾了說話者的喉頭聲帶的調節，尤其是在發低調高母音 (/əi3/) 時，兩系統的動作間發生衝突，當喉外肌群將喉頭上拉時，喉內肌的基頻降低運作機制卻無法達成，而使得基頻無法下降，造成了三聲聲調型態的錯誤，過於平板或甚至上升。

腦麻說話者的基頻範圍是否真的比正常人為小？Doorn 與 Sheard (2001) 研究三個說英語的腦性麻痺說話者的基頻型態，發現腦性麻痺說話者的基頻變化範圍是較正常對照者略小。而 Laures and Weismer (1998) 探究英語

句子語調對語音清晰度的影響，發現無基頻起伏單調化的句子語音清晰度下降，結論基頻變化小的語音將使清晰度下降，並指出基頻變化範圍對於「非聲調語言」是有其影響力的。由本研究對聲調基頻的分析當中可知腦麻說話者的基頻變化範圍，其實並不比正常者為小，有些說話者 (如徐動組) 甚至比正常組基頻範圍大，但這些說話者整體的語音清晰度卻很低 (Jeng, 2000)。由此可推知，基頻變化範圍對清晰度的影響並非絕對，語音清晰度是由許多音段因素與超音段因素的交互作用。腦麻說話者的聲調的異常主要在於各聲調間基頻型態的不明確以及基頻變化率過小，或在固定時間內的基頻的變化程度有限，因其受說話速度緩慢的影響。此外，腦麻說話者聲調形式的異常有很大的部份是在於三聲的基頻走勢，由於在正常情況下，三聲的基頻需維持「低降」走勢，但由於腦麻說話者的平均基頻均較正常說話者為高，可能也暗示著其聲帶似乎無法維持持續的低頻振動，因此在三聲起始段的頻率就無法比其他聲調為低，且之後也無法再下降其基頻值來形成低降的走勢型態，有些甚至出現不降反昇的錯誤型態。由於腦麻說話者聲帶在基頻的高低起伏變化上有所限制，尤其聲帶在低頻模態的變化範圍有限，造成三聲的基頻型態錯誤。由四聲完整的基頻走勢型態可以推測這些腦麻說話者對於高降調的產生大致應無困難，但在低降調部分卻有無法下降其聲調的困難，由於低降調的產生除需要較多的呼氣肺壓的調控，還需要喉外肌動態性的協調來漸進地降低喉頭與鬆弛喉內肌，來形成低頻漸降的調型，腦麻說話者由於異常的肌張力的狀態而無法達成除主要構音機制外的喉肌協調，而造成聲調產生的困難，出現語音聲調混淆的情形。本研究的後續將可探討聲調的聽覺辨識與基頻型態間的關係。

本研究為使各個說話者與各組間的聲調基

頻走勢可以加以比較，將聲調基頻值串以時間向度的正規化處理，可以使腦麻說話者的基頻型態容易被掌握，易理出一個規則性來，但另一方面需要注意的就是：若忽略了時長差異的因素，可能會對說話者基頻調節動作的了解有所偏頗。腦性麻痺說話者基頻變化率過小與說話速度的緩慢，且前後兩者間有直接的關係，因為基頻變化率是以音段時長為分母的頻率差異，在頻率差異（範圍）固定的條件下，若音段時長愈長，基頻變化率愈小，兩者呈反比的關係。然而，基頻變化率過小與說話速度慢之間是否有先後的因果關係？本研究則無法回答此問題，因為本研究中說話速度變項並沒有受到控制，再者腦性麻痺說話者的說話速度控制又是另一個言語控制的大題目。腦性麻痺說話者的是否具有改變說話速度的能力？當說話速度的改變是否會改變其他言語相關特徵？例如說話速度的變慢是否影響基頻變化率？正常說話者若降低速度至與腦麻說話者相近的速度，則兩組在聲調的基頻變化率是否還有差異呢？以上這些問題需要有更進一步的有關言語速度方面的研究才能回答。

現今的台灣是一個多語的語言環境，日常生活中常充斥著各種不同語言的語音，例如有國語、台語、英語、日語等語言，語音中的超音段因素可讓我們盡快選用一種正確的語言頻道，幫助我們做語音的解碼。在英語中，基頻負有傳遞重音和語調的消息；而在聲調語言中，基頻則同時負有傳遞聲調 (tone) 和語調兩者的消息。在缺乏上下文或語音脈絡 (context) 的情況下（如單音節詞音），聲調將負有更重要的辨義角色，因為聲調不同將導致詞義不同。本研究是調查腦麻說話者單音節詞的聲調輸出，因為單音節詞音無上下文脈絡，聲調應負有極重要的辨義角色，因為聲調

不同將導致詞義不同，而聲調的消息大部份是由基頻變化型態傳送，因此基頻變化型態對於單音節詞音意義的得取其實相當重要。本研究結果顯示腦麻說話者的基頻走勢型態出現許多偏異的問題。而單音節的輸出是多音節片語或句子的基礎，若在單音節層次上無法掌握，則在多音節片語或句子表現會更差，因為多音節片語或句子產生時需要的發聲呼吸調節控制的能力需求更高。雖然在句子語調的規範下，基頻的變化將不如在單音節中明顯，因為受到其前後鄰近音節協同構音 (coarticulation) 的影響，但是在句子的產生時肌肉神經協調性的需求更強，而對腦麻說話者句子層次的音調節律特性的了解目前也是十分有限，在連續言語時是否基頻的變化情形是否會與說單音節詞的不同？會因為協調的不良而出現單調化的語調嗎？說國語的腦麻說話者在連續語音上調律的變化亦是一個值得在未來再加以深入探究的課題。

本研究發現腦性麻痺說話者在聲調上具有許多偏異的特徵與型態，如平均基頻值過高，音節時長過長以及基頻變化率過小等，而這些腦麻說話者偏異的基頻型態將導致其整體語音清晰度下降。若發現腦性麻痺者有音調節律的困難，應及早積極尋求言語的介入或治療，以改善其基頻輸出，尤其是三聲低調的練習更是應為其介入重點所在，聲調的練習應運用有各種不同韻母的音節，尤其是高母音部分。聲調節律的訓練應隨著腦性麻痺類型的差異而有不同的介入重點，痙攣型的個案應著重於擴大基頻範圍上，而對於徐動型的個案應著力於維持穩定的基頻走勢型態，訓練呼吸肌群，使其在說話時有充足的呼吸支持來維持聲調基頻型態的完整。

參考書目

一、中文部份

黃國佑、曾進興（民83）：元音聲學特徵的性別差異及正規化：以國語及台語為例。第四屆世界華語文教學研討會論文集，p403-426。

盛華（民85）：Voice range profile of Taiwanese normal young adults: a preliminary study. 聽語會刊，十二期，p79-86。

王文容（民86）：句子層次的清晰度測量，國立高雄師範大學特殊教育系（碩士論文）。

翁秀民、楊正宏（民86）：國語四聲的能量與字音長度的探討。技術學刊，十二卷（一期），p125-129。

二、英文部份

Bradlow, A.R., Torretta, G.A. & Pisoni, D.B. (1996). Intelligibility of normal speech I: Global and fine-grained acoustic-phonetic talker characteristics. *Speech Communication*, 20, 255-272.

Chao, Y. R. (1948). *Mandarin Primer*. Cambridge: Harvard University Press.

Darley, F.L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969). Differential diagnostic pattern of dysarthria. *Journal of Speech Hearing Research*. 15, 229-245.

Darley, F.L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1975). *Motor speech disorder*. Philadelphia: W.B. Saunders.

De Bodt, M.S., Hernandez-Diaz Huici, M.E., Van De Heyning, P. H. (2002)

Intelligibility as a linear combination of dimension in dysarthric speech. *Journal of Communication Disorders*, 35, 283-292.

Doorn, J. V. & Sheard, C. (2001). Fundamental frequency patterns in cerebral palsied speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 15(7), 585-601.

Duffy, J. R. (1995). *Motor Speech Disorders: Substrates, Differential Diagnosis, and Management*. St. Louis MO: Mosby.

Hombert, J.M. (1978). Consonant types, vowel quality, and tone. In Fromkin, V.A. (Eds.) *Tone: A Linguistic survey*. New York: Academic Press (p77-111).

Honda, K. (1983). Relationship between pitch control and vowel articulation. In Bless, D.M. & Abbs, J. H. (Eds.) *Vocal fold physiology*. San Diego: College Hill Press (p286-157).

Howie, J.I. (1974). On the domain of tone in Mandarin. *Phonetica*, 30, 129-148.

Jeng, Jing-Yi (2002) The effect of flattening fundamental frequency (F0) on the speech recognition and intelligibility evaluation of Mandarin. *Proceedings of The 3rd Asia Pacific Conference on Speech Language and Hearing*, 122-130.

Jeng, Jing-Yi (2000). The speech intelligibility and acoustic characteristics of Mandarin speakers with cerebral palsy. Ph. D. Dissertation, University of Wisconsin-

- Madison.
- Ladefoged, P. (1963). Some physiological parameters in speech. *Language and Speech*, 6, 109-119.
- Lehiste, I., & Peterson, G. E. (1961). Some basic considerations in the analysis of intonation. *Journal of Acoustical Society of America*, 33, 419-425.
- Liu, H. -M., Tseng, C. -H., & Tsao, F. -M. (2000). Perceptual and acoustic analyses of speech intelligibility in Mandarin-speaking young adults with cerebral palsy. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 14(6), 447-464.
- McDonald, E. (1987). Speech production problems. In McDonald, E. (eds) *Treating cerebral palsy, for clinicians by clinicians*. Pro-Ed.
- Mecham, M. (1996). *Cerebral Palsy* (2nd edition). Pro-ed.
- Milenkovic, P. (1996). *Cspeech Version 4 [computer Program]*. Madison, WI: University of Wisconsin Madison, Department of Electrical Engineering.
- Massen, B. & Povel, D. J. (1984). The effect of correcting fundamental frequency on the intelligibility of deaf speech and its interaction with temporal aspects. *Journal of Acoustical Society of America*, 76, 1673-1681.
- Kent, R.D. Rosenbek, J. C. (1982). Prosodic disturbance and neurological lesion. *Brain and Language*, 15, 259-291.
- Orlikoff, R.F. & Kahane, J.C. (1996). Structure and function of the larynx. In Norman, J. Lass (eds) *Principles of experimental phonetics*. St. Louis: Mosby.
- Titze, I. R. (1994). *Principles of Voice Production*. NJ: Prentice Hall.
- Tseng, C-Y. (1990). *An Acoustic Phonetic Study on Tones in Mandarin Chinese*. Institute of History & Philology Academia Sinica, Special Publications No. 94. Taipei, Taiwan.
- Workinger, M. (1986). Acoustic analysis of the dysarthrias in children with athetoid and spastic cerebral palsy. University of Wisconsin-Madison dissertation.
- Workinger, M., & Kent, R. D. (1990). Perceptual Analysis of the dysarthrias in children with athetoid and spastic cerebral palsy. In: C. A. Moore, M. Kathryn, K. M. Yorkston, & R. D. Beukelman (Eds.). *Dysarthria and apraxia of speech : perspective on management*, 109-126. Baltimore: Paul Brookes.
- Whitehill, T. L. (1997). Speech intelligibility in Cantonese speakers with congenital dysarthria. University of Hong Kong dissertation.
- Zemlin (1988). *Speech and Hearing Science, Anatomy & Physiology*, 3rd Ed, NJ: Prentice Hall.

The F0 Contour Pattern and Tone Characteristics of Mandarin Speakers with Cerebral Palsy

Jing-Yi Jeng

Department of Special Education Tainan Teachers' College, Taiwan

ABSTRACT

Prosodic deviation is a common problem for CP speakers, whose speech is usually described as slow, labored, arhythmic and monotonous. The purposes of this study are to investigate the fundamental frequency (F0) contours of Mandarin dysarthric speakers with CP and F0 characteristics associated with tone production. The speakers included ten normal young adults and 30 young adults with CP of three types: athetoid, spastic and mixed. F0 patterns of the four basic tones for two sets of monosyllabic words were compared. Some acoustic variables associated with tone contours, including F0 slope, F0 range and syllable duration were compared among the four groups. The result shows that CP speakers had higher mean F0 and deviant F0 contour patterns, especially for tone 2 and tone 3. Instead of low tone pattern, the contour patterns of tone3 were very similar to those of tone 2. The salient characteristic associated with speakers in athetoid CP group is their tending to decrease F0 at the end of syllables regardless of the tone. The speakers in spastic CP group had more limited F0 range, and had greater difficulty in producing low pitch for tone 3. The acoustic analysis revealed that CP speakers had shallow F0 slope, longer syllable duration, and larger variation of F0 value across and within speakers. These findings are discussed in terms of the laryngeal control deficits associated with CP in tone production.

Key words: cerebral palsy, fundamental frequency (F0), F0 contour, tone, Mandarin