

漢語失語症病變語音中 嗓音起始時間與字調的問題

鄭 秋 豫

自聲學語音的角度來看，一個聲母的帶音與送氣與否，是構成這個聲母的內在音高的原因之一。這種內在的音高，在聲母與元音結合後，是否仍存在？與字調間是否產生互動？如果產生互動，其結果是否可預期？這些結果在正常語音與失語症病變語音中是否一致？可能有什麼意義，都是本研究探索的目標。

本研究是自嗓音起始時間 (voice-onset-time, VOT) 來檢視上述各項問題。因為 VOT 決定一個輔音的清濁 (帶音) 與送氣在不同語言中對應音位間的微小區別，雖然這些微小區別不一定在某一特定語言某一階段的聲韻系統中成為一項徵信 (feature)，但這項物理現象有何意義？是否與腦部的生理機制有關？以音節起始的輔音為例，由 VOT 所引起的輔音起始音高與後接元音的音高及字調互動後其結果如可預期，除 VOT 本身為一項時間因素外，如元音與字調均相同時，清輔音的起始調高應高於濁輔音。這種可預期的互動關係或與聲韻系統中複雜度的階級次序 (hierarchical order) 有關，或可能與某些特定生理機制有關，自病變語音偏異現象中已有求證 (Jakobson, 1941; 1971)。本研究更將 VOT 鎖定與音節起始音高的關係，檢視病變語音中這二者的關係。一則以探究二者是否可分別受損，如可，則所含意義為何？二則以突顯漢語係字調語之特性以及字調的物理特徵可能與生理機制的關係。

本研究所檢視的語言為閩南語，取其聲韻系統中包含了送氣清塞音、不送氣清塞音和濁塞音三種塞音間的對立。受試病患則為病變發生三個月後的流利型與非流利型失語症病患。語料來源則包含受試者唸單字、雙音節詞及三音節詞，看圖描述，以及重覆測驗者語音。結果發現病患所產生語音不同於正常語音，VOT 與音節起始調高並無直接的關係，亦即 VOT 與調高可各自偏異。進一步檢視各受試者的語料中 VOT 與起始調高無關的部分，亦無一定的規律。亦即 VOT 與清濁、送氣之間的清楚關係在病變語音中無法保持，與起始調值亦無直接關係，此一現象或許正是讓我們進一步探討我們原本以為相當瞭解的某一語音現象的深層意義，並質疑由語言瓦解的部分推論出語言系統中複雜度的階級次序是否合理。我們傾向找出腦部可確認的機制及功能與語音現象間的對應，並擬將這對應關係進一步釐清 (Lieberman, 1991)，進而希望推出字調的生理基礎是否與

更精確的生理機制對應的定位、功能以及其間的關係有關，而於日後提出另一種以生理機制為基礎的階級次序。我們認為，以字調和音段間的關係，佐以正常語音和病變語音的實例，或可提供瞭解漢語聲韻系統的新途徑，故目前試先以失語症病變語音為例。

一、前 言

由於腦部病變以致引起語言機能上的障礙，在醫學上早有記載。但一直到近數十年，才有語言學者自語言產生（speech production）的觀點來探討因腦部病變所可能引發的某些語言損壞（speech impairment）現象，以及這些特殊現象在語言學上所可能代表的意義。我們若引用率先從事這方面研究的 Roman Jakobson（1941, 1968, 1971）的看法，將語言視為一有機的運作系統，並假設此項系統建立及運作涉及一相當複雜的階級次序（hierachical order），那麼如果能經由腦部病變所產生的語言損壞找出受損的語音與腦部結構上的對應關係，我們對語言產生的生理基礎以及生理機制方面的瞭解，便可向前跨一大步。此外，如果我們能經由分析受損的語音測量並分離出語音損壞的聲學語音特徵，並與正常語音比較，則有可能推衍出語言產生的生理基礎與機制間的互動關係所可能涉及的因素；及這些可能因素如何互動以形成語言系統的正常運作，如此我們對語言系統中階級次序如何形成，或亦可以提供一些生理機制上的依據，並對語言系統與腦部的運作關係提供一些實驗上的證據。換言之，由語音這個層面入手研究，對瞭解語言而言，可以提供的幫助，也許就在於由語音系統中受損部份的一些特徵，可進而提供瞭解語言能力與腦部功能運作的基本關係（Blumstein, 1973; 1988）。事實上，這種試圖將語言與人類的腦部尋找對應，或將某種語言現象與腦部某一特定部位的功能找出對應關係，也與自哲學的角度來探究語言、瞭解語言有著根本上的差異，不但為語言學的研究開拓了新的領域，提供了更多瞭解語言的途徑，也增加我們對語言障礙的瞭解。在語言系統的運作及語言階級次序的建立方面，都提供了新的層面。就中國語言學而言，本世紀由於引進西方語言學的觀念及方法學以致於治學的方式有了根本的改變，在眾多的西方語言理論中，以漢語的資料提供佐證的情形大大多過於以漢語的語言特徵為主所提出的語言理論，這

種情形，在病變語言方面的研究也差不多。由於腦部病變所引起的漢語語音損壞現象方面的研究一方面可說是相當的少，另一方面我們在文獻上所能找到的與漢語語音研究相關的研究，也只限於以西方心理語言學學術傳統中的方法移轉到漢語方面，用漢語的資料來驗證某些理論，以致於漢語的角色，多半只是對某種理論或解釋提供了一個非印歐語的佐證而已（如 Packard, 1986）。換言之，僅只是就某種腦部病變所引起的某個印歐語現象，在漢語中去找有或沒有這個現象。這類的研究，一來在研究課題方面，多與西方文獻中的重要課題雷同，而未能考慮漢語中語言的特殊性；二來是吾人對漢語的瞭解並未因此增加許多，而漢語特有的某些語言或語音現象及特徵也不見得能經由這一類的研究而提供進一步的解釋；三來對於理論的本身也常未能因有漢語的資料而必須作某種程度的修正。結果便造成漢語腦部病變語音的研究，在醫學界一直連測試病患的語言障礙所使用的測驗都直接譯自英文（如 BDAE, Goodglass and Kaplan, 1972），以致於漢語的語言特性無法自測驗中完全顯示，此外漢語是字調語的這一點，也完全無法自類似上述的語言資料中顯示。

這現象一直到近二、三年來，才開始有些改變。就腦部病變語音現象而言，首先有了自失語症探討閩南語字調及連調變化的研究（呂 Lu, 1990），也就是不再專注於音段方面的研究而以字調的研究為主，以突顯漢語與印歐語的差異。初步得到的結果是：字調和其他語言機制一樣，也具有左半腦優勢。這項結果是可以預期的，因為字調在物理現象上雖屬超音段現象，但其語言功能並無異於音段，就語言機制而言，應無其他可能。不過在非流利型（non-fluent）失語症病人的語音中，字調和輔音方面的偏異（deviant）都與常人的語音有顯著的差異，足見音段與超音段都有受損的現象，但所謂的超音段的受損只泛指調型的偏異，而且不能確定二種偏異間的關係。後又有進一步的研究則檢視分析失語症病人在字調上的錯誤是否與其輔音的錯誤有關（蘇 Su, 1991），專以嗓音起始時間（voice-onset-time, 以下稱 VOT）為測量的對象。因為就聲學現象而言，聲母的輔音帶音（voiced）或送氣（aspirated）與否，均會影響字調的調值高低。結果在單音節字中發現 VOT 和字調的表達，都會受到左半腦受傷的影響，不過影響

程度因人而異，而且 VOT 和字調的偏異，也找不到直接的關係，因此在這個階段，好似可以推論出 VOT 的偏異和字調的偏異是可分離的（dissociable），亦即 VOT 偏異較嚴重的，字調上的偏異率並不高；而 VOT 偏異輕微的，反而可能有字調偏異率較高的現象。因為 VOT 本身的數值正負或是零，是一個物理現象，會構成輔音本身在音高上的差異，在現今閩南語中雖不構成音位性的差異，但這個物理現象的存在，是毋庸置疑的。至於 VOT 若有偏異，是否會引起輔音的音高的偏異，以及輔音的音高偏異是否與調值的偏異有關，文獻中還尚未有記載。因此若能在受損的語音中，以較詳細的聲學語音分析的方式來檢視，或能對 VOT 與輔音及調值音高的關係，提出一些解釋，並進一步增進我們對字調的特性及可能產生偏異原因的瞭解。這也是腦部病患者所提供的語言損壞現象可能為我們提供研究線索的最主要原因之一。由於漢語的腦部病變資料的收集，至今為時有限，目前我們暫將本研究目標定在失語症。我們瞭解，雖然僅以失語症現象為例，所能推論出的病理機制便也只能以引起失語症的腦部區域為限，但以此研究為開端，逐步檢視其他的腦部病變及其所可能引起的語言損害現象，正是我們長程研究的目標。所以本文僅就閩南語失語症為例，提出報告。至於我們所觀察到的現象，是否能推及失語症以外的腦部病變所導致的語言損壞或偏異，或閩南語以外的其他漢語方言則有待日後更進一步的調查。

二、本研究主題及假設

本研究所打算檢視的問題在表面上似乎很簡單：即 VOT 在調值高低上產生影響的物理現象，是否在以失語症為例的腦部病變語音中仍存在，以及 VOT 與字調的起始音高間的關係。

VOT 是指輔音與元音連接時發音器官交替活動，即除去阻擋自肺部出來氣流的開始與聲帶顫動開始的時間過程（吳、林，1989）。例如一個輔音加元音的結構，如果這個輔音與元音的發音部位很接近，除阻後緊接元音，那 VOT 就與除阻時間非常緊接，這輔音就是不送氣清塞音，VOT 是零值。如果兩者發音部位

較遠，除阻後元音不能立即跟上，也就是聲帶來不及顫動，而有一段靜止的時間，在頻譜圖上就顯示為在亂紋之後，共振峰之前的一段空白，這輔音就是送氣清塞音，VOT 是正值。如果這個輔音是濁塞音，則聲帶在除阻時已開始顫動，元音開始時只需把聲帶的顫動繼續下去，所以輔音與元音間沒有空白段，而輔音的帶音清晰可見，VOT 是負值。文獻中檢視 VOT 一向著重以數值表示它的時間，因 VOT 最大的特徵在於識別短暫輔音的發音方法，其中又以塞音最明顯。在送氣清塞音時由於聲譜儀上所顯示的亂紋而最易識別，由發聲所涉及的動作而言，調值相同時，送氣清塞音的起始音值應為最高，次為不送氣清塞音，而以濁塞音起始音值為最低，這些輔音本身就具有的音值高低，與元音本身因共振峰結構而會引起音量大小差異一樣，是每個音本身的內部結構（intrinsic structure），而我們便想探知，這些輔音本身起始音高在與字調結合時，是否也會影響到字調的起始的音高？也就是說，因為 VOT 決定一個輔音的清濁、送氣在不同聲韻系統中對應音位間的微小區別，如果 VOT 的正負值直接決定了一個輔音的清濁與送氣與否，也直接決定這個輔音的音高，當這個輔音是一個音節的開始，那麼這輔音的起始音高與後接的元音共組成音節的音高，應該可以預期（Ohde, 1984）。如果再加上字調，在元音與字調相同時，我們可以假設音節首為清輔音的起始調高應較音節首為濁輔音的起始調高為高；而送氣清輔音的起始調值，又較不送氣清輔音的起始調值為高。但我們是否可進一步假設，在失語症所導致的病變語音中會呈現相同狀況？我們或可質疑，這種字調起始的高低與 VOT 間的關係是否仍維持？如果維持，則表示 VOT 與字調的關係，在常人語音與病變語音中都是一致的，因此控制 VOT 的產生機制或許就是控制輔音產生的機制，或者是此二機制必須一同運作。如果失語症病變語音的字調高低沒有維持與 VOT 間的清濁送氣的關係，就有如已有研究發現 VOT 和調型的偏異是可分離的（蘇 Su, 1991），那麼也許 VOT 的產生機制與輔音的產生機制不同，或此二機制涉及分別的運作。就腦部控制語音產生的機制而言，或可提供一些線索。這便是本研究所試圖探索的問題及假設。

三、研究方法

三．一、受試者

本研究共檢視了四個受試者（見表一），所檢視的語言是閩南語，取其聲韻系統中包含了送氣清塞音、不送氣清塞音和濁塞音三種塞音，而四位受試者的母語均為閩南語，四位受試者中，一為正常人，男性，二十一歲，清華大學三年級學生，其語音作為本研究的控制。其餘三人均為失語症病患，左半腦因腦部血管病變（cerebral vascular accident）而受傷，而且受試時間起碼是病變三個月以後。至於失語症的分類資料，則由醫生提供診斷結果。而其中受試者二、三均為男性，非流利型（non-fluent）失語症病患，受試者二年五十五歲，國中畢業，腦部受傷區域在基礎神經節（basal ganglia）；受試者三年七十七歲，國小畢業，腦部受傷區域在腦前區（frontal）；受試者四為唯一的女性受試者，屬流利型失語症病患，年五十二歲，不識字，腦部受傷區域為顳頂葉（temporal, 即太陽穴）。病患來源台大醫院及馬偕紀念醫院。腦部受傷區域則是由神經科醫生根據臨床診斷及腦部斷層掃描（CT scan）的結果而決定。至於病患屬流利型或非流利型失語症則由語言測驗（如BDAE, Goodglass and Kaplan, 1972）結果決定。非流利型失語症病患的語言皆為緩慢而費力，但經測試沒有構音困難（dysarthria）。流利型病患的語言

表一：受試人基本資料

受試者	年齡	性別	教育程度	病 變 類 型	腦部受傷區域	母 語
受試者一	2 1	男	大學肄業	控制組	無	閩南語*
受試者二	5 5	男	國中畢業	非流利型(non-fluent)失語症	基礎神經節(basal ganglia)	閩南語
受試者三	7 7	男	國小畢業	非流利型(non-fluent)失語症	腦前區(frontal)	閩南語
受試者三	5 2	女	不識字	流利型(fluent)失語症	顳頂葉(temporal, 即太陽穴)	閩南語

*註：本受試者以國語接受教育。

不費力但沒有亂語症（paraphasia）。四位受試者均為右手優勢者，聽覺視覺皆為正常。

三、二、測試項目及測量方法

本研究的資料來源有三：其中一種來自受試者唸單字、雙音節詞或三音節詞，一種來自重覆測驗者的語音，此二項測驗項目相同（見附錄一），最後一種來自看圖描述，所有語音均經由 SONY TCM-500EV 錄音機及 Beyerdynamic MCE5 夾領式麥克風收錄在 Ampex 472 high bias（type II）c-60 卡式錄音帶上。所使用的頻譜圖儀為 Kay Elemetric Sonograph（5500-1），並輔佐以伊利諾大學鄭錦全教授所提供的 WAVE 程式，在個人電腦上進行語音分析。因本研究只探討 VOT 與輔音起始音高問題，除單音節字外，其他單音節以上的詞均只取第一音節的輔音。所有接受分析的語音信號都使用頻譜儀以寬頻頻譜圖和波型圖呈現，並求取調型（基頻軌跡），VOT 的部分則是以移動游標自沖直條始至週期波的開始為止，計算其間距（duration），並找出音高。

四、測驗結果

受試者一（常人）的取樣中，共有 8 個送氣清塞音，53 個清塞音，14 個濁塞音（見表二），在音節的輔音的發音部位、元音及字調相同的情況下，假定送氣

表二：測試結果

音節 取樣 受試者	字調起始 輔音類別 數目	送氣清塞音	清塞音	濁塞音	符 合 假 定 比 例
受試人一（常人）		8	53	14	80%
受試人二（病患）		12	49	13	48%
受試人三（病患）		14	46	15	47%
受試人四（病患）		5	11	8	43%

清塞音的起始音高應高於清塞音，而清塞音的起始調高又高於濁塞音，我們就判定為合於假設，試以表三為例，表三顯示出我們的資料所提供的結果，受試者一

表三：輔音為雙唇塞音，元音為/i/，調型為/一/時，測量送氣清塞音/p^h/，不送氣清塞音/p/與濁塞音/b/的音節起始音高及VOT結果。

		鼻 / p ^h i 一 /	冰(豬腳) / p i ŋ 一 /	廟 / b i o 一 /	結 果
受試者一 (正常)	起始音高	1 2 5 Hz	1 1 4 Hz	1 0 6 Hz	p ^h > p > b 合於假設
	VOT	+ 6 3 msec	0 msec	- 8 3 msec	
受試者二	起始音高	1 4 6 Hz	1 4 0 Hz	8 1 Hz	p ^h > p > b 合於假設
	VOT	+ 4 7 msec	0 msec	- 6 6 msec	
受試者三	起始音高	1 0 4 Hz	1 2 1 Hz	1 0 5 Hz	p > b > p ^h 不合於假設
	VOT	+ 7 7 msec	0 msec	- 8 1 msec	

(正常語者)所發的控制資料雙唇送氣清塞音/p^h/，雙唇不送氣清塞音/p/以及濁塞音/b/，分別出現於/p^hi 一/(鼻)，/piŋ 一/('冰豬腳'的冰)及/bio 一/(廟)這三個字調起始音高相同的情形為例(見附圖一)。圖中顯示/p^hi 一/(鼻)音節中的VOT即送氣部分約為+63毫秒，字調的起始音高約為125赫茲，/piŋ 一/(冰)音節中的VOT約為0毫秒，字調的起始音高約為114赫茲，/bio 一/(廟)音節中的VOT約為-83毫秒，字調的起始音高約為106赫茲。亦即/p^hi 一/(鼻)，/piŋ 一/(冰)和/bio 一/(廟)的字調起始音高以送氣清塞音/p^h/為最高(125赫茲)，次為不送氣清塞音/p/(117赫茲)，而濁塞音/b/為最低(106赫茲)，即/p^h/ > /p/ > /b/，其中又以/p^h/比/p/高8赫茲，/p/比/b/高11赫茲，如此我們便判定這一組同發音部位的音合於假設。結果顯示常人(控制組)受試者只有20%音的起始調高不合上述推測，即輔音的內在音高與調高互動時產生了偏異。即從資料中而顯示，語音的產生，時有例外情形發生。事實上在不同的語言層次(linguistic level)都會發生例外(exception)現象，語音現象自難例外。這些起始調高上的偏異對調值未

發生影響，亦即沒有將字調改變，因此不含聲韻上的意義。

但我們檢視了其他受試病患卻得到了下列的結果：受試者二的取樣結果顯示：在取得的 12 個送氣清塞音，49 個清塞音和 13 個濁塞音中，輔音起始調高與假設不合的佔了 52 %。這結果顯示我們的假設對受試者二已不成立。受試者三的結果是在取得的 20 個送氣清塞音，46 個清塞音和 15 個濁塞音中，輔音起始調高與假設不合的佔了 53 %。受試者四的結果與假設不合的佔了 57 %。換言之，亦即受試者二及三的語料中，一方面可以找到合於假設的例子，另一方面卻有的語料有偏異產生（見表二）。我們雖然在失語症病變語音中可以找到如常人一般的例子，但異變的比例卻大幅增高。試再以 /p^h i ㄟ/（鼻），/piŋ ㄟ/（「冰豬腳」的冰）及 /bio ㄟ/（廟）這三個字為例（見附圖二），受試者二所發的這三個音的起始調高分別依送氣清塞音、不送氣清塞音和濁塞音為 146 赫茲、140 赫茲及 81 赫茲，VOT 的長度分別為 +47 毫秒、0 毫秒及 -66 毫秒故判定為合於假設。其中以濁塞音為音節起始而調值最低的情形最為顯著，即以濁塞音 /b/ 為始的起始調值要較送氣清塞音 /p^h/ 的情形低 65 赫茲，較不送氣清塞音 /p/ 的情形低 59 赫茲。這樣的差距足以顯示 VOT 與起始調值高低的關係更加明顯。在聽覺上的效應也應是相當明顯的，凡是這類情形我們便判定為合於假設。但另一方面，每位受試者都有一半以上的語料有偏異現象。試以 /t^hŋ ㄟ/（糖）與 /tŋ ㄟ/（「長長長」的第一個長字）二字為例（見表四），受試者一的控制資料顯示（見附圖三）：以送氣清塞音為始的 /t^hŋ ㄟ/（糖）字，起始音高為 111 赫茲，VOT 為 +53 毫秒，而以不送氣清塞音為始的 /tŋ ㄟ/（「長長長」的第一個長字），起始音高為 103 赫茲，VOT 為 0 毫秒，前者較後者高 8 赫茲，我們判定為合於假設。但受試者二的語料卻是呈相反結果（見附圖四），送氣清塞音 /t^hŋ ㄟ/（糖）字的起始音高為 83 赫茲，VOT 為 +57 毫秒，而不送氣清塞音 /tŋ ㄟ/（「長長長」的第一個長字），起始音高為 167 赫茲，VOT 為 0 毫秒，後者比前者反而高出 84 赫茲，我們判定為不合於假設。受試者三的語料所呈結果與受試者二相似（見附圖五），即送氣清塞音 /t^hŋ ㄟ/（糖）字的起始音高為 89 赫茲，VOT 為 +30 毫秒，而不送氣清塞音 /tŋ ㄟ/（「長長長」的第一個長字），起始音高為 120 赫茲，VOT 為 0 毫秒，後

表四：輔音爲舌尖音，元音爲鼻音化之/ŋ/，調型爲/˩/時，測量送氣清塞音/tʰ/及不送氣清塞音/t/的音節起始音高及VOT結果。但閩南語聲韻系統中，不含濁塞音/d/之情況。

		糖 / tʰ ŋ ˩ /	長 / t ŋ ˩ /	結 果
受試者一 (正常)	起始音高	1 1 1 Hz	1 0 3 Hz	tʰ > t 合於假設
	V O T	+ 5 3 msec	0 msec	
受試者二	起始音高	8 3 Hz	1 6 7 Hz	tʰ > t 不合假設
	V O T	+ 5 7 msec	0 msec	
受試者三	起始音高	8 9 Hz	1 2 0 Hz	tʰ > t 不合假設
	V O T	+ 3 0 msec	0 msec	

者的起始調高要比前者高 31 赫茲，也被判定爲不合假設。而且在這偏異例子中也看不出與 VOT 時間長短是否有關。如果我們假設可能與發音部位有關，一方面我們無法就現有資料建立 VOT 數值與發音部位的相關資料，只知道不同的發音部位的 VOT 數值不盡相同，另一方面，受試者三同時也提供了與受試者一及二的雙唇音反例（見附圖六）。以同樣的音節調型爲例，即再以 /pʰ i ˩ /（鼻），/piŋ ˩ /（「冰豬腳」的冰）及 /bio ˩ /（廟）爲例，受試者三的發音中，它們的起始調高分別爲 104 赫茲、121 赫茲及 105 赫茲，VOT 的長度分別爲 +77 毫秒、0 毫秒及 -81 毫秒。起始調高最高的不是送氣清塞音 /pʰ/，而是不送氣清塞音 /p/，而且送氣清塞音 /pʰ/ 和濁塞音的起始調高只有 1 赫茲之差，可說是毫無差異，因而被判定爲不合假設。而 VOT 數值的長短，對每個受試者本身而言，與起始調高不完全有關係，而且我們看到的偏異現象中，不單是只有與我們的假設相反的現象，即濁塞音爲音節起始輔音的音節，字調起始反而較高；我們也更發現到更有不論清濁送氣與否，字調起始調高也有不變的（見附圖七至九）。其中受試者一的控制資料（見附圖七），檢視的音節分別爲雙唇不送氣清塞音 /piŋ ˩ /（冰）與濁塞音 /bi ˩ /（「米粉」的米），資料顯示這二個音節的起始音高分別是 116 赫茲及 112 赫茲，VOT 分別爲 0 毫秒與 -55 毫秒，起始音高的差別雖只有 4 赫茲，但仍有

差異，被判定為合於假設。而受試者二的資料顯示（見附圖八），同樣的二個字（見表五），以雙唇不送氣音 /p/ 為始的音節 /piŋ ˩/（冰）字調起始音高為 189 赫茲，VOT 為 0 毫秒；而以雙唇濁塞音 /b/ 為始的音節 /bi ˩/（「米粉」的

表五：輔音為雙唇音，元音為 /i/，調型為 /˩/ 時，測量不送氣清塞音 /p/ 及濁塞音 /b/ 的音節起始音高及 VOT 的結果。受試者未提供送氣清塞音 /pʰ/ 之語例。

		冰 / p i ŋ ˩ /	米(粉) / b i ˩ /	結 果
受試者一 (正常)	起始音高	1 1 6 Hz	1 1 2 Hz	p > b 合於假設
	V O T	0 msec	- 5 5 msec	
受試者二	起始音高	1 8 9 Hz	1 9 6 Hz	b > p 不合假設
	V O T	0 msec	- 9 1 msec	
受試者三	起始音高	1 2 8 Hz	1 2 8 Hz	b = p 不合假設
	V O T	0 msec	- 5 6 msec	

米），字調起始音高為 196 赫茲，VOT 為 -91 毫秒，亦即以濁塞音為起始輔音的字調較以不送氣清塞音為起始輔音的音節反而要高出 7 赫茲，被判定為不合假設。再檢視受試者三的資料（見附圖九），也是同樣的二個字，以雙唇不送氣音 /p/ 為始的音節 /piŋ ˩/（冰）與以雙唇濁塞音 /b/ 為始的音節 /bi ˩/（「米粉」的米），雖然在 VOT 方面前者為 0 毫秒；後者為 -56 毫秒，但字調起始音高同為 128 赫茲，仍被判定為不合假設。這又好似表示音節起始調高可以與音節始輔音的清濁送氣與否無關，也就是說，有可能 VOT 與字調的起始調高沒有互動現象。

由於我們自受試病患所收集得的語料有限，而本研究的比較條件，是在輔音發音部位相同，後接元音及調型亦皆相同時，進行 VOT 及音節起始調高的測量，即如 /pʰ i ˩/（鼻），/piŋ ˩/（「冰豬腳」的冰）及 /bio ˩/（廟）的比較。我們曾試以發音部位為區分單位，分別以同元音及同調型為參數，試圖求取起始調高的平均值，結果發現每種組合在語料中或僅出現一次，或偶有出現二次，或未出現（見附錄二），因此無法進行。不過若僅以發音部位為區分單

位，不計後接元音或調型進行 VOT 的平均值統計（見表六），結果發現除正常控制者外，受試病患（受試者二至四）的語音產生，雖均呈現 VOT 在送氣清塞音時為正值，不送氣清塞音為零值或接近零值，而濁塞音為正值的現象，但各受試病患的語音資料中，VOT 的數值差異極大，顯示出失語症病患語音的個別差異，不容忽視；與正常控制組亦有極大的差異，也突顯出失語症病變語音有異於正常語音的事實。此外與音節的起始音高沒有直接的關係，更是本研究最重要的發現。

表六：以發音部位區分，輔音為雙唇塞音，舌根塞音及舌尖塞音時，VOT測量結果之平均值。

		受試者一	受試者二	受試者三	受試者四
		V O T (msce)	V O T (msec)	V O T (msec)	V O T (msec)
雙 唇 塞 音	b	-52.57	-30.15	-86.24	-68.36
	p	0	0	0	0
	p ^h	+66.79	+31.64	+44.72	+17.97
舌 根 塞 音	g	-50.39	-71.87	-70.70	-90.61
	k	0	+0.49	+6.40	0
	k ^h	+35.15	+11.48	+66.87	0
舌 尖 塞 音	t	0	0	+1.56	0
	t ^h	+58.98	+28.12	+28.75	+36.72

五、討論

漢語的語音特徵與失語症病變語音研究的啓發

自文獻中我們得知，如果發音部位相同時，帶音與否在正常成人可由時間軸上所保持不重疊區域（non-overlapping ranges）來區分（Lisker & Abramson, 1964），至於失語症研究得到的結果，非流利型病人與常人一樣，能保持這樣的不重疊區域。但非流利型病人則有相當的壓縮，以致引起對比音位區分的不明。而蘇（Su, 1991）的研究則進一步顯示漢語失語症病患中多少都有 VOT 的偏異，但這 VOT 的偏異與字調的偏異是分離的。

本文檢試了三位病患的濁塞音 /b/、/g/，清塞音 /p/、/t/、/k/ 與送氣清塞音 /p^h/、/t^h/、/k^h/，結果發現在後接元音及調型皆相同的情況下，VOT 與音節起始調高並沒有直接的關係，亦即有異於正常的語音產生之情形，進一步檢視各受試者與假設不合的部份，也無一定的規律，亦即 VOT 與清濁、送氣之間的清楚關係在病變語音中並無脈絡可循，與輔音起始調值也找不出直接的關係。

從上文的例子中，我們發現，像 VOT 這樣為人所熟知的聲學語音現象，以及它在語音上所代表的意義，在漢語中，並不如文獻中所顯示的那樣清楚。此處涉及二個問題，一個問題是我們在正常語音中可以找到 VOT 與清濁、送氣的關係，也可以推測 VOT 與字調互動的關係，這樣的關係，即便不具有聲韻上的意義，但屬於一種有聽覺意義的心理物理（psychophysical）現象，亦即如以聽測來測試，應可測知它的不同，由此可假定控制 VOT 的生理機制與控制輔音的生理機制或可能無異，亦或可能是二種必須同時運作的機制。但另一個問題是在失語症病變語音方面，VOT 的存在與否、長短多少與輔音的清濁、送氣居然可以有時有關，又有時無關，因此可以推斷控制 VOT 的生理機制與控制輔音的機制有異，也顯示控制發音的生理機制所掌的語音成分可以更小；而且這些機制有可能分別運作。換言之，語言系統中的階級次序，及所涉及的生理機制可能更錯綜

複雜。但就目前的資料而言，我們只能說偏異的 VOT 與音節起始調高可能分別受制於不同的生理機制，如果 VOT 的偏異與否，偏異的程度涉及某些生理機制的控制，而這些偏異，與字調的偏異可以分離，則我們可以進一步的探尋所涉及的生理機制究竟為何，並且將機制與語音產生的對應關係更進一步的釐清（Lieberman, 1991: 88, 101），進而可能推出字調的生理基礎可能是某一腦部特殊機制，而不只是半腦區域的整體問題而已。而且此機制在語言的階級次序中，還有下屬的機制，這些下屬的機制在腦部病變時有可能分別受損，也有可能是相互運作的通道（pathway）受損。但我們目前並沒有病理的証據可以讓我們把控制 VOT 的機制獨立出來，只可能朝與控制微小時間長短的機制的方向去繼續探討（Lieberman, 1991: 17, 21, 22, 25），並有待於更進一步的以實驗的方法收集證據。

六、結 語

漢語的腦部病變語音的研究，使我們對這類研究得以重新定義。一個很簡單的聲學現象，在正常的語音產生時，從非字調語移到字調語來看，它的內在音高與超音段的互動原則原可預期，並在漢語的字調方面好似可以得到印證，而使我們對漢語中字調的產生多了一些瞭解。但漢語的腦部病變語音卻提供了我們另一檢視問題的角度，以及另一種考慮問題的方式。最主要的是我們發現我們對於語言產生的生理機制與功能之間的對應關係掌握極少，對於語言系統中複雜度的階級次序也還無法由我們有限的失語症病變語音的現象中去建立。我們不免質疑，假定我們自字調語的字調部份出發，以字調和音段間的關係來進一步探究語音及聲韻的結構，所可能提出的架構可能便與自非字調語出發所推擬出的架構有相當基本的差異。換言之，我們若能換一角度經由字調的特徵，發展出一套語言產生的理論；而不是把字調的特徵置於不考慮字調所發展出的理論架構下檢視，那麼漢語的語音特徵，應不僅只是當代語音理論中不能處理或不易處理的部分，也不應是某些理論的附加部分，而有可能成為語言產生理論方面的核心課題之一。雖

然目前本研究所提供的例證，只有漢語失語症病患的語音現象，但這只是一個開始，而且經由這個開始，使我們瞭解到我們對字調的產生所涉及的生理機制，仍有待更進一步的探究。但我們相信這個研究方法的方向，應該是正確的。我們打算進一步的探討其他種類的腦部病變所可能引起的語言損壞現象，不僅希望由這樣的途徑增加我們對語言損壞或語言障礙的瞭解，也可以從而與正常語音的比對，探討對語言機制及語言系統運作的瞭解，並進一步提出語音產生方面的理論意義。

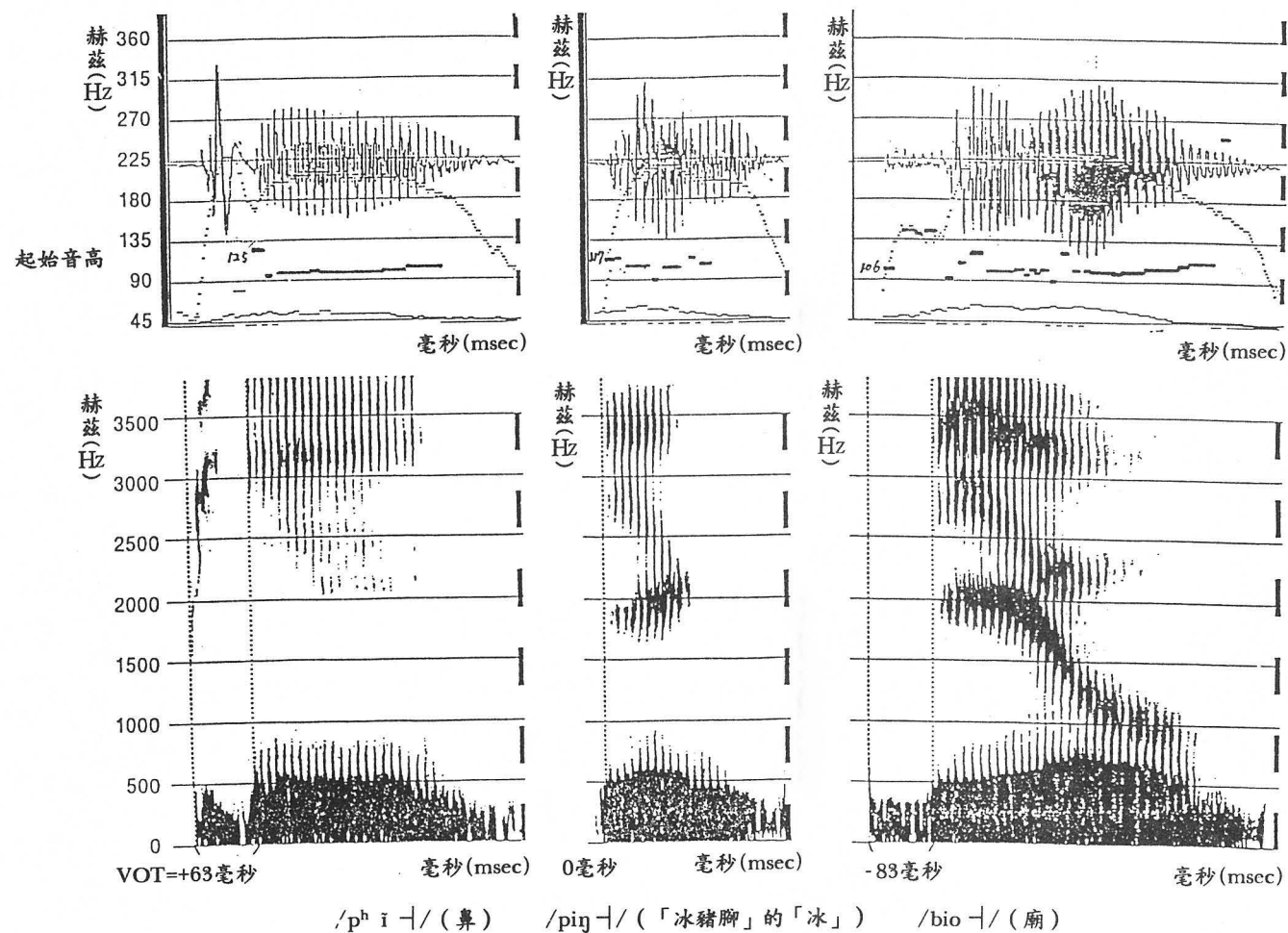
（本文於民國八十二年二月十八日通過刊登）

參考書目

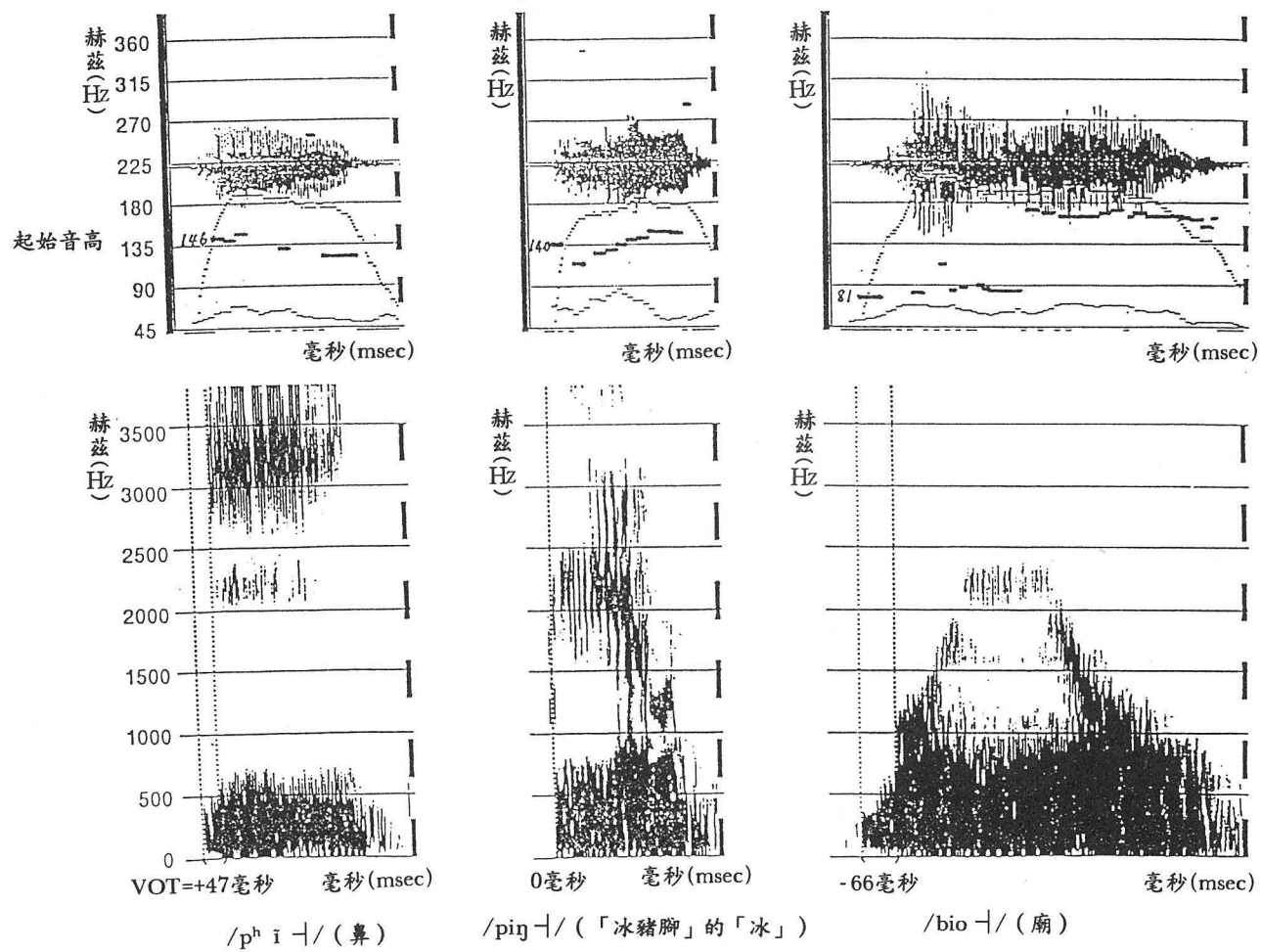
1. 吳宗濟、林茂燦主編，1989，《實驗語音學概要》，北京：高等教育出版社。
2. Blumstein, S.E. 1973. *A phonological Investigation of Aphasic Speech*. The Hague : Mouton.
3. Blumstein, S.E., Cooper, W.E., Zurif, E.B., & Caramazza, A. 1977. The perception and production of voice-onset time in aphasia. *Neuropsychologia*, 15, 371-383.
4. Blumstein, S.E., Cooper, W.E., Goodglass, H., Statlender, S., & Gottlieb, J. 1980. Production deficits in aphasia: A voice-onset time study. *Brain and Language*, 9, 153-170.
5. Blumstein, S.E., 1981. Phonological aspects of aphasia. In M.T. Sarno (Ed.) *Acquired Aphasia*. New York: Academic Press.
6. Blumstein, S.E., & Baum, S., 1987. Consonant production deficits in aphasia. In J.H. Ryalls (ed.), *Phonetic Approach to Speech Production in Aphasia and Related Disorders*. Boston: College-Hill Press.
7. Blumstein, S.E., 1988. Neurolinguistics: An overview of Language-brain relations in aphasia. In F.J. Newmeyer (ed.) *Linguistics: The Cambridge Survey. Vol.3, Language: Psychological and Biological Aspects*. Cambridge: Cambridge University Press.
8. Goodglass, H. & Kaplan, E. 1972. *The Assessment of Aphasia and Related Disorders*. Philadelphia: Lea & Febiger.
9. Jakobson, R. 1968. *Child Language, Aphasia and Phonological Universals*. Translated by A.R. Keiler from *Kinderprache, Aphasie, und allgemeine Lautgesetze* (1941). The Hague: Mouton.

10. Jakobson, R., 1971. *Studies on Child Language and Aphasia*. The Hague: Mouton.
11. Keating, P.A., 1984. Phonetic and phonological representation of stop consonant voicing. In *Language* 60: 2, 286-319.
12. Lieberman, P. 1991. *Uniquely Human: The Evolution of Speech, Thought, and Selfless Behavior*. Cambridge: Harvard University Press.
13. Lisker, L., & Abramson, A.S., 1964. A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements. *Word*, 20. 384-422.
14. Lu, C. (呂菁菁), 1990. *On the tonal production and comprehension of Taiwanese aphasics*. Unpublished M.A. Thesis. National Tsing Hua University. Hsinchu, Taiwan.
15. Ohde, R., 1984. Fundamental frequency as an acoustic correlate of stop consonant voicing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 75, No. 1, 224-230.
16. Packard, J., 1986. Tone Production deficits in nonfluent aphasic Chinese speech. *Brain and Language*, 29, 212-223.
17. Su, I. (蘇宜青), 1991. *An acoustic investigation on Chinese aphasia*. Unpublished M.A. Thesis. National Tsing Hua University. Hsinchu, Taiwan.

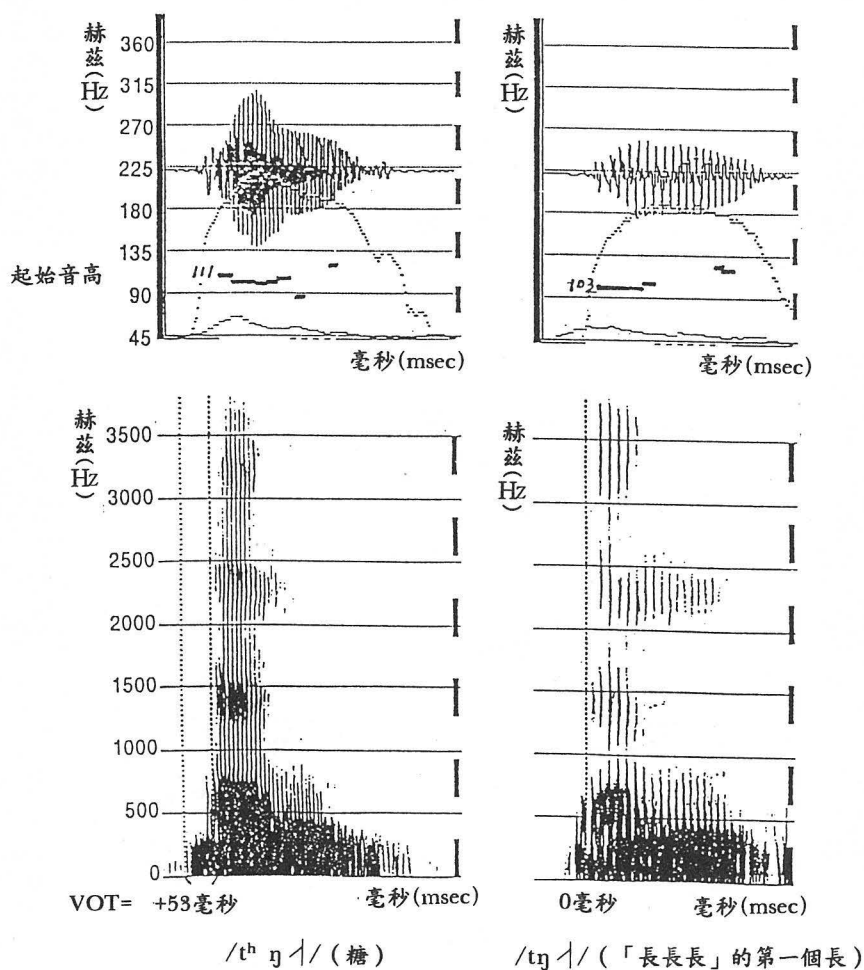
附圖一 受試者一(正常控制組)所發的雙唇送氣清塞音/p^h i ˩/ (鼻)、雙唇不送氣清塞音/piŋ ˩/ (取自「冰豬腳」的「冰」音節)，以及濁塞音/bio ˩/ (廟)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)：下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



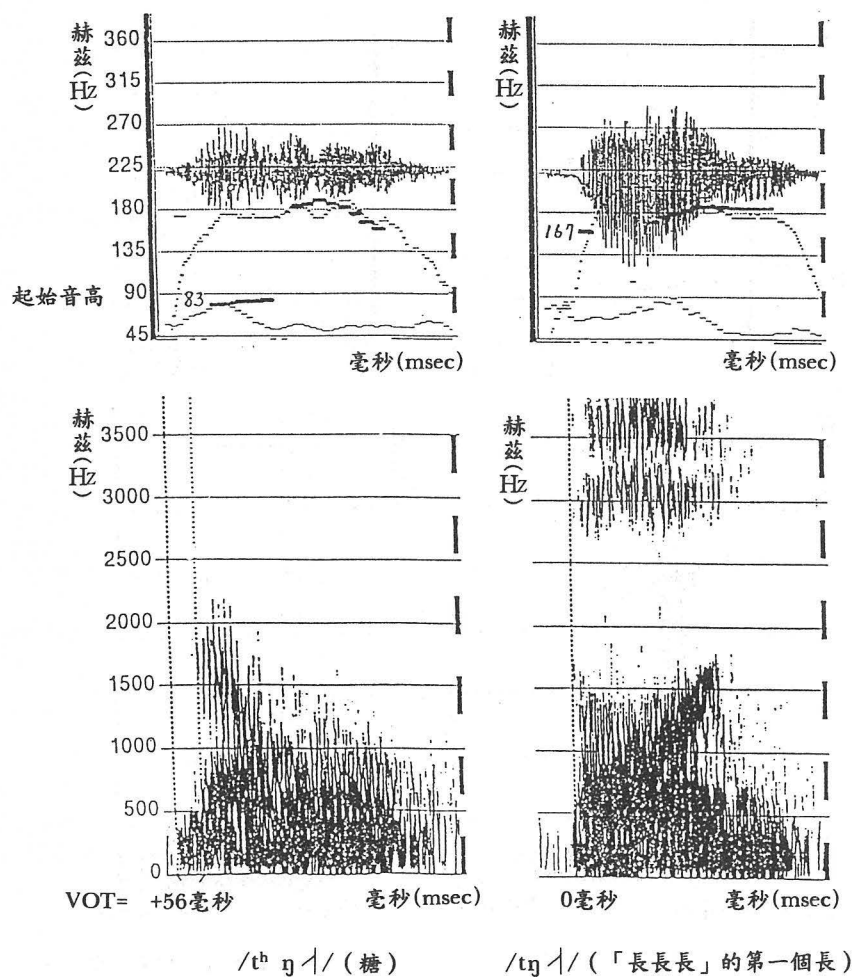
附圖二 受試者二(非流利型)所發的雙唇送氣清塞音 /p^h i ˩/ (鼻)、雙唇不送氣清塞音 /piŋ ˩/ (取自「冰豬腳」的「冰」音節)，以及濁塞音 /bio ˩/ (廟)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)；下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



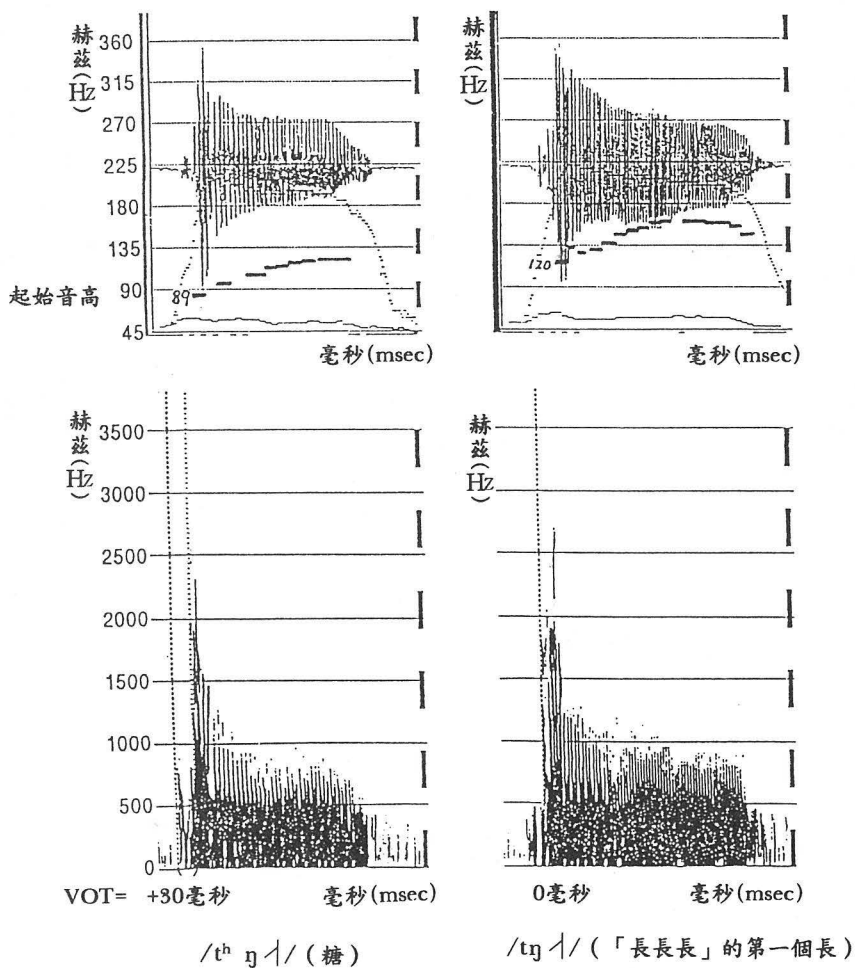
附圖三 受試者一(正常控制組)所發的送氣清塞音 /^htɿ/ (糖) 及不送氣清塞音 /tɿ/ (取自「長長長」的第一個長)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)；下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



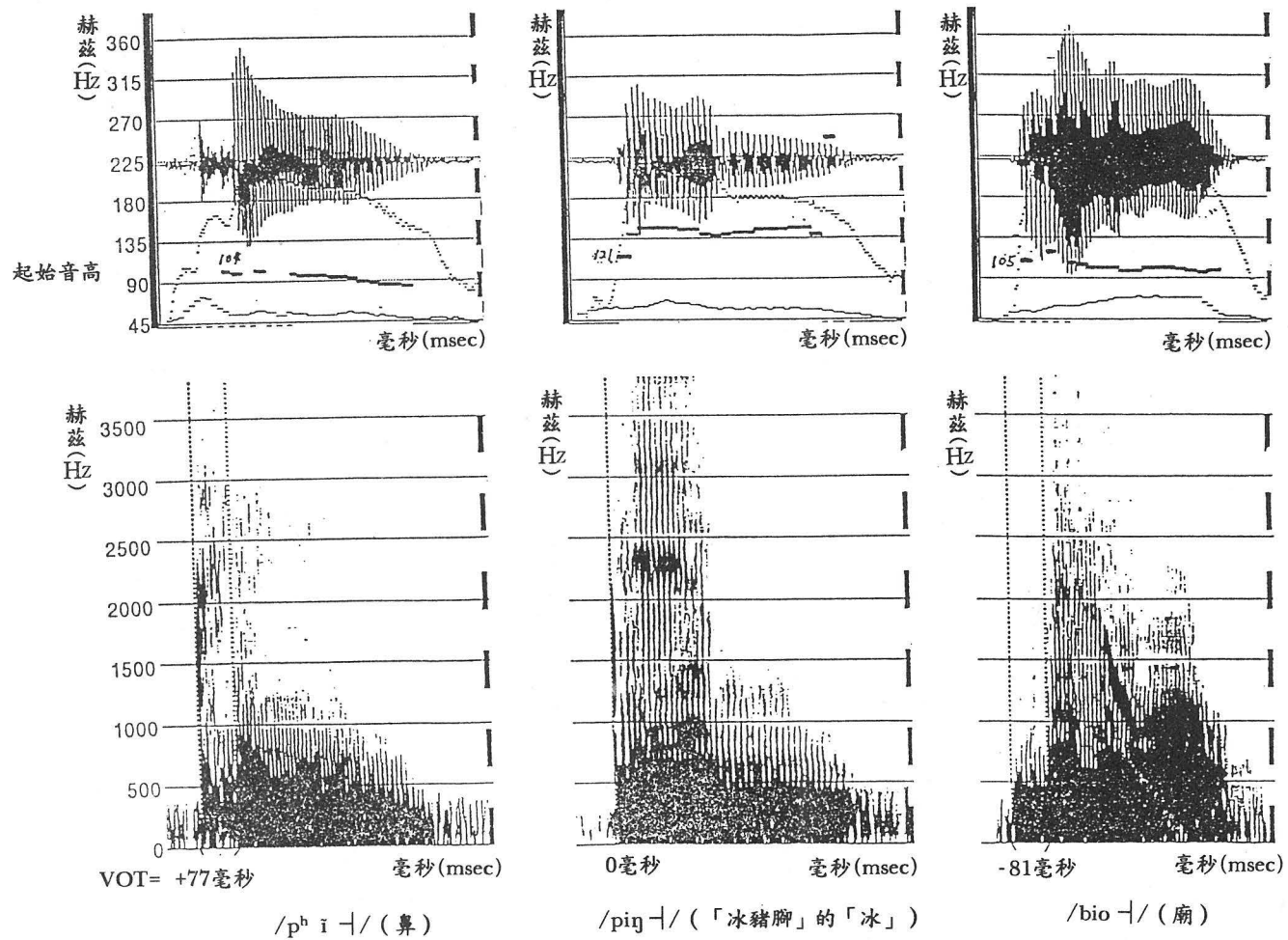
附圖四 受試者二(非流利型)所發的送氣清塞音 /tʰ ɿ/ (糖) 及不送氣清塞音 /tɿ ɿ/ (取自「長長長」的第一個長)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)；下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



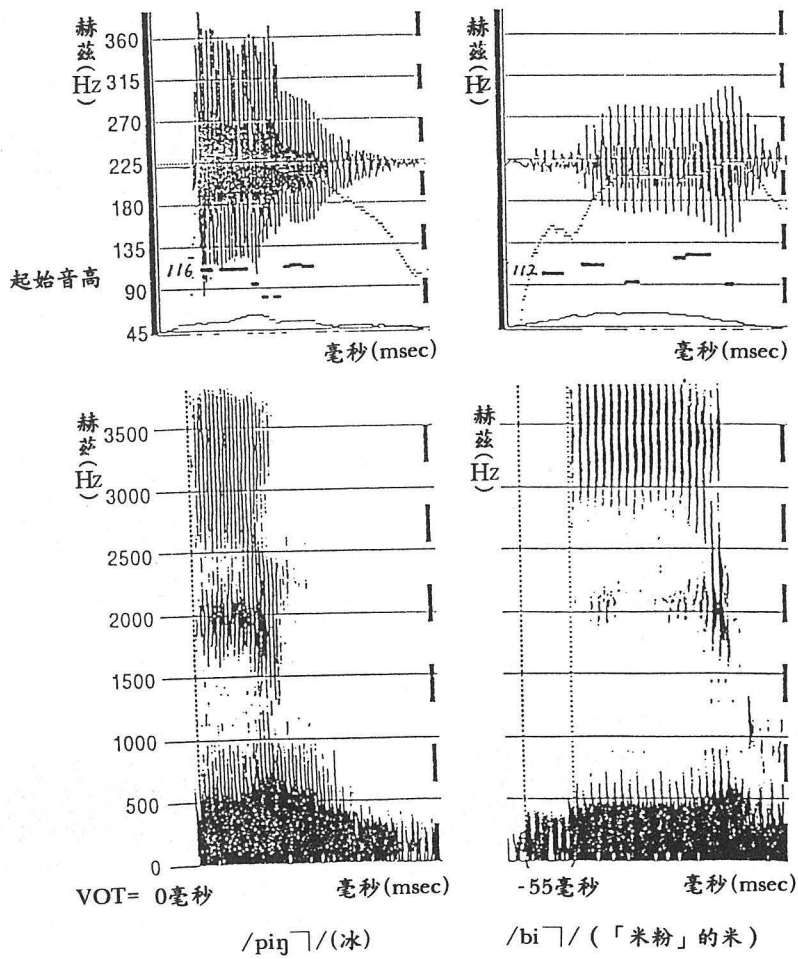
附圖五 受試者三(非流利型)所發的送氣清塞音 /t^h ŋ ɿ/ (糖) 及不送氣清塞音 /tŋ ɿ/ (取自「長長長」的第一個長)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)；下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



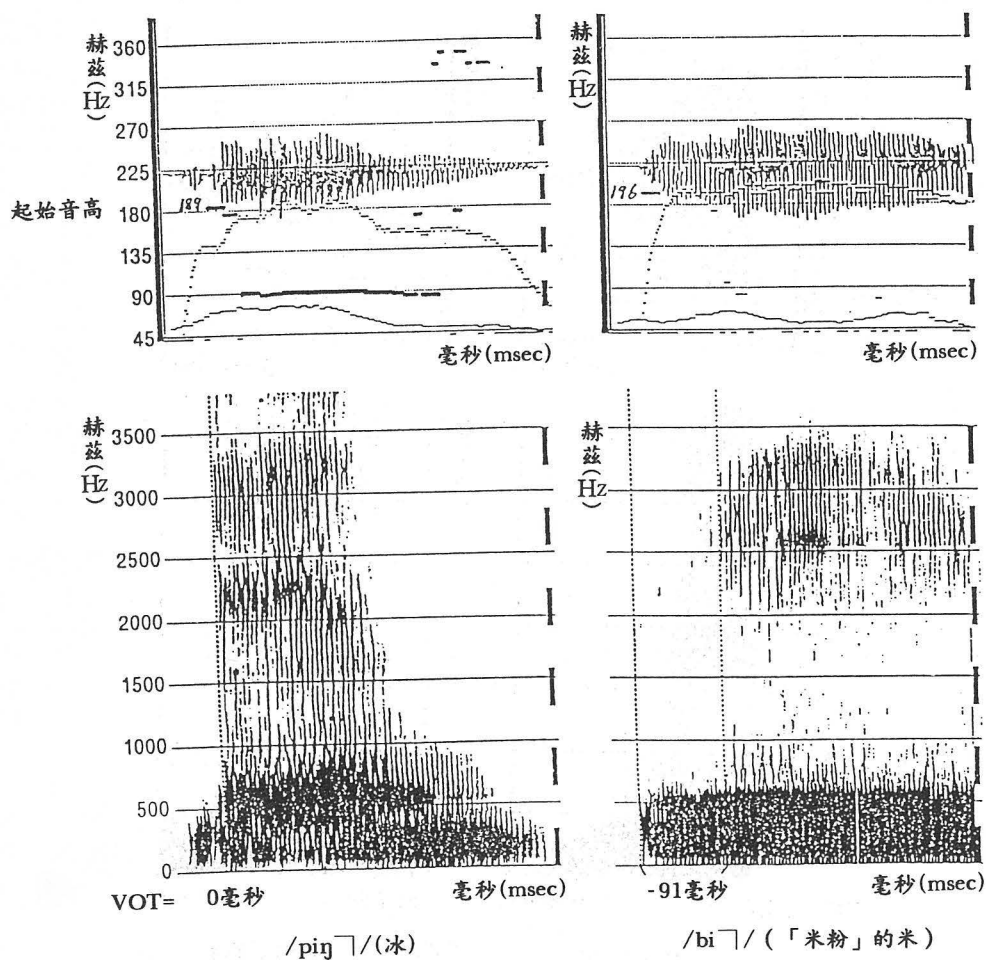
附圖六 受試者三(非流利型)所發的雙唇送氣清塞音/ $p^h i \dashv$ / (鼻)、雙唇不送氣清塞音/ $piŋ \dashv$ / (取自「冰豬腳」的「冰」音節), 以及濁塞音/ $bio \dashv$ / (廟)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern); 下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



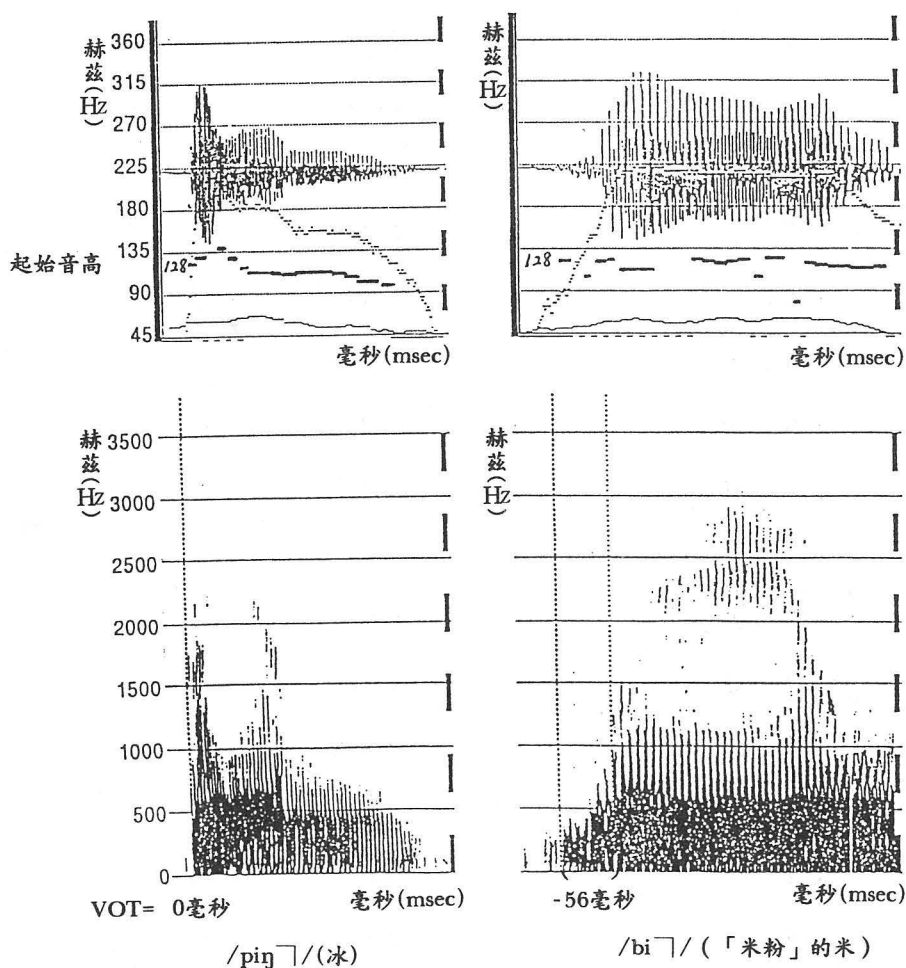
附圖七 受試者一(正常控制組)所發的雙唇不送氣清塞音 /piŋ / (冰) 及濁塞音 /bi / (取自「米粉」的「米」音節)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)；下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



附圖八 受試者二(非流利型)所發的雙唇不送氣清塞音/piq/ (冰) 及濁塞音/bi/ (取自「米粉」的「米」音節)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)；下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



附圖九 受試者三(非流利型)所發的雙唇不送氣清塞音 /piŋ / (冰) 及濁塞音 /bi / (取自「米粉」的「米」音節)。本圖上半包括聲波圖(waveform)及調型軌跡(fundamental frequency pattern)；下半為寬頻頻譜圖(wideband spectrogram)。



附錄一：測試語料

(a) Reading

(1) Monosyllabic

1. 金	k i m	ㄅ
2. 付	h u	ㄌ
3. 物	b u t	ㄌ
4. 門	m ɿ	ㄣ
5. 自	ts u	ㄣ
6. 好	h ɔ	ㄣ
7. 北	p a k	ㄣ
8. 工	k aŋ	ㄅ
9. 日	d z i t	ㄌ
10. 油	i u	ㄣ
11. 失	s i t	ㄣ
12. 主	ts u	ㄣ
13. 世	s ɛ	ㄌ
14. 豆	t au	ㄣ
15. 冰	p i ɿ	ㄅ
16. 欠	kʰ i a m	ㄌ
17. 火	h ɛ	ㄣ
18. 市	tʰ i	ㄣ
19. 合	h a p	ㄌ
20. 台	t a i	ㄣ
21. 吉	k ɛ t	ㄣ

(2) Bisyllabic

1. 冰水	p i ŋ	┐	ts u i	┘
2. 日頭	d z i t	┘	t ^h ou	┐
3. 台北	t a i	┐	p a k	┘
4. 火車	h ɛ	┐	ts ^h i a	┐
5. 付錢	h u	┘	ts i	┐
6. 北京	p a k	┐	k i ā	┐
7. 豆油	t au	┐	i u	┐
8. 工人	k aŋ	┐	l aŋ	┐
9. 合法	h a p	┘	h u a t	┘
10. 門口	m ŋ	┐	k ^h au	┘
11. 好人	h ɔ	┐	l aŋ	┐
12. 世界	s ɛ	┘	k a i	┐
13. 自由	ts u	┐	i u	┐
14. 失敗	s i t	┐	p a i	┐
15. 金錢	k i m	┐	ts i	┐
16. 物品	u t	┘	p ^h i n	┘
17. 油漆	i u	┐	ts ^h a t	┘
18. 主人	ts u	┐	l aŋ	┐
19. 欠錢	k ^h i a m	┘	ts i	┐
20. 市場	ts ^h i	┐	t i ũ	┐
21. 吉利	k ɛ t	┐	l i	┐

(3) Trisyllabic

1. 冰冰冰	p i ŋ	┐ p i ŋ	┐ p i ŋ	┐
2. 總統府	ts ɔ ŋ	┐ tʰ ɔ ŋ	┐ h u	┐
3. 滑滑滑	k u t	┐ k u t	┐ k u t	┐
4. 黃魚頭	ŋ	┐ h i	┐ tʰ au	┐
5. 散散散	s u ǎ	┐ s u ǎ	┐ s u ǎ	┐
6. 白賊術	p ɛ	┐ tsʰ a t	┐ s u t	┐
7. 長長長	t ŋ	┐ t ŋ	┐ t ŋ	┐
8. 素菜店	s ɔ	┐ tsʰ a i	┐ t i a m	┐
9. 發發發	h u a t	┐ h u a t	┐ h u a t	┐
10. 市議會	tsʰ i	┐ g i	┐ h u ɛ	┐
11. 重重重	t a ŋ	┐ t a ŋ	┐ t a ŋ	┐
12. 切骨法	tsʰ ɛ t	┐ k u t	┐ h u a t	┐
13. 滿滿滿	b u a n	┐ b u a n	┐ b u a n	┐
14. 三公斤	s a	┐ k ɔ ŋ	┐ k u n	┐
15. 花花花	h u ɛ	┐ h u ɛ	┐ h u ɛ	┐
16. 好手錶	h ɔ	┐ tsʰ i u	┐ p i o	┐
17. 白白白	p ɛ	┐ p ɛ	┐ p ɛ ?	┐
18. 財神爺	ts a i	┐ s i n	┐ i a	┐
19. 醉醉醉	ts u i	┐ ts u i	┐ ts u i	┐
20. 十六局	ts a p	┐ l a k	┐ k i o ?	┐
21. 紅紅紅	a ŋ	┐ a ŋ	┐ a ŋ	┐

漢語失語症病變語音中嗓音起始時間與字調的問題

22. 怪醉漢	k u a i	↘	ts u i	↘	h a n	┘
23. 惡惡惡	ɔ k	┘	ɔ k	┘	ɔ k	↘
24. 賣大麵	b u e	┘	t u a	┘	m i	┘
25. 厚厚厚	k a u	┘	k a u	┘	k a u	┘
26. 七角竹	tsh i t	┘	k a k	┘	t i k	↘
27. 短短短	t ɛ	┘	t ɛ	┘	t ɛ	↘
28. 冰豬腳	p i ŋ	┘	t i	┘	kʰ a	┘
29. 光光光	k ŋ	┘	k ŋ	┘	k ŋ	┘
30. 九斗米	k a u	┘	t a u	┘	p i	↘
31. 直直直	t i t	┘	t i t	↘	t i t	┘
32. 紅蛇皮	a ŋ	┘	ts u a	┘	ph ɛ	┘
33. 幼幼幼	i u	↘	i u	↘	i u	┘
34. 白玉佛	p ɛ	┘	g i o k	↘	h u t	┘
35. 肥肥肥	p u i	┘	p u i	┘	p u i	┘
36. 四寸布	s i	↘	tsh u n	↘	p ɔ	┘
37. 束束束	s ɔ k	┘	s ɔ k	┘	s ɔ k	↘
38. 內外面	l a i	┘	g u a	┘	b i n	┘
39. 低低低	k ɛ	┘	k ɛ	┘	k ɛ	┘
40. 八角塔	p u ɛ	↘	k a k	┘	t a ʔ	↘
41. 冷冷冷	l i ŋ	┘	l i ŋ	┘	l i ŋ	↘
42. 喝雞湯	l i m	┘	k u ɛ	┘	tʰ ŋ	┘

(b) Picture Naming

(1) Monosyllabic

1. 花	h u ɛ	ㄏ ㄨ ㄝ
2. 鏡	k i ǎ	ㄎ ㄧ ㄢˇ
3. 骨	k u t	ㄎ ㄨ ㄊ
4. 蚊	b aŋ	ㄅ ㄢ ㄥ
5. 象	tsh i u	ㄊㄕ ㄧ ㄨ
6. 白	p ɛ ʔ	ㄆ ㄝ ʔ
7. 木 (柴)	tsh a	ㄊㄕ ㄚ
8. 腳	k a	ㄎ ㄚ
9. 厝	tsh u	ㄊㄕ ㄨ
10. 竹	t i k	ㄊ ㄧ ㄎ
11. 鍋	t i ǎ	ㄊ ㄧ ㄢˇ
12. 鼻	p ^h i	ㄆㄕ ㄧ
13. 佛	h u t	ㄏ ㄨ ㄊ
14. 魚	h i	ㄏ ㄧ
15. 車	tsh i a	ㄊㄕ ㄧ ㄚ
16. 槍	tsh i ŋ	ㄊㄕ ㄧ ㄥ
17. 筆	p i t	ㄆ ㄧ ㄊ
18. 手	tsh i u	ㄊㄕ ㄧ ㄨ
19. 雨	h ɔ	ㄏ ㄛ
20. 鹿	l ɔ k	ㄌ ㄛ ㄎ
21. 紅	aŋ	ㄢ ㄥ

(2) Bisyllabic

1. 花瓶	h u ɛ	┐	k a n	┐		
2. 鏡臺	k i ǎ	┘	t a i	┘		
3. 骨頭	k u t	┐	tʰ a u	┘		
4. 蚊香	b a ŋ	┐	a	┐	h i u	┐
5. 象牙	tʰ i u	┐	g ɛ	┘		
6. 白色	p ɛ ʔ	┐	s i k	┘		
7. 木屐	tʰ a	┐	k i a	┐		
8. 腳印	k a	┐	i n	┐		
9. 厝頂	tʰ u	┘	t i ŋ	┘		
10. 竹筍	t i k	┐	s u n	┘		
11. 鍋蓋	t i ǎ	┐	k u a	┐		
12. 鼻孔	pʰ i	┐	kʰ a ŋ	┐		
13. 佛祖	h u t	┘	t s ɔ	┘		
14. 魚頭	h i	┐	tʰ a u	┘		
15. 車燈	tʰ i a	┐	t i ŋ	┐		
16. 槍子 (子彈)	tʰ i ŋ	┘	t s i	┘		
17. 筆套	p i t	┐	tʰ o	┐		
18. 手套	tʰ i u	┐	tʰ o	┐		
19. 雨傘	h ɔ	┐	s u ǎ	┐		
20. 鹿角	l ɔ k	┘	k a k	┘		
21. 紅色	a ŋ	┐	s i k	┘		

(c) Repetition

(1) Monosyllabic

1. 黑	ɔ	┐
2. 布	p ɔ	┘
3. 佛	h u t	┐
4. 牛	g u	┘
5. 廟	b i o	┘
6. 米	b i	┘
7. 發	h u a t	┘
8. 清	ts ^h i ŋ	┐
9. 鏡	k i ǣ	┘
10. 實	s i t	┐
11. 糖	t ^h ŋ	┘
12. 外	g u a	┘
13. 酒	ts i u	┘
14. 出	ts ^h u t	┘
15. 安	an	┐
16. 菜	ts ^h a i	┘
17. 毒	t ɔ k	┐
18. 茶	t ɛ	┘
19. 運	u n	┘
20. 水	ts u i	┘
21. 切	ts ^h ɛ t	┘

(2) Bisyllabic

1. 黑人	ɔ	┐	l aŋ	┐
2. 布袋	p ɔ	┘	t ɛ	┐
3. 佛祖	h u t	┘	ts ɔ	┘
4. 牛奶	g u	┐	n i	┐
5. 廟公	b i o	┐	k ɔ ŋ	┐
6. 米粉	b i	┐	h u n	┘
7. 發財	h u a t	┐	ts a i	┐
8. 清明	tsʰ i ŋ	┐	b i ŋ	┐
9. 鏡台	k i ā	┘	t a i	┐
10. 實在	s i t	┘	ts a i	┐
11. 糖水	tʰ ŋ	┐	ts u i	┘
12. 外面	g u a	┐	b i n	┐
13. 酒瓶	ts i u	┐	k a n	┐
14. 出門	tsʰ u t	┐	m ŋ	┐
15. 安全	a n	┐	ts u a n	┐
16. 菜刀	tsʰ a i	┘	t ɔ	┐
17. 毒品	t ɔ k	┘	pʰ i n	┘
18. 茶壺	t ɛ	┐	k ɔ	┘
19. 運動	u n	┐	t ɔ ŋ	┐
20. 水牛	ts u i	┐	g u	┐
21. 切肉	tsʰ ɛ t	┐	b a k	┘

(3) Trisyllabic

1. 香香香	p ^h aŋ	└	p ^h aŋ	└	p ^h aŋ	└
2. 膨膨膨	p ^h ɔ ŋ	└	p ^h ɔ ŋ	└	p ^h ɔ ŋ	└
3. 直直直	t i t	└	t i t	└	t i t	└
4. 涼涼涼	l i aŋ	└	l i aŋ	└	l i aŋ	└
5. 重重重	t aŋ	└	t aŋ	└	t aŋ	└
6. 美美美	s u i	└	s u i	└	s u i	└
7. 澀澀澀	s i a t	└	s i a t	└	s i a t	└
8. 酥酥酥	s ɔ	└	s ɔ	└	s ɔ	└
9. 暗暗暗	a m	└	a m	└	a m	└
10. 白白白	p ɛ	└	p ɛ	└	p ɛ ?	└
11. 綿綿綿	m i	└	m i	└	m i	└
12. 爛爛爛	n u ā	└	n u ā	└	n u ā	└
13. 苦苦苦	k ɔ	└	k ɔ	└	k ɔ	└
14. 濕濕濕	s i p	└	s i p	└	s i p	└

附錄二：

本研究資料中，各受試者所發之閩南語雙唇送氣清塞音/p^h/，雙唇不送氣清塞音/p/及雙唇濁塞音/b/與各元音及調型配合時之出現次數。

	元音	調值	字例	受試者一 出現次數	受試者二 出現次數	受試者三 出現次數	受試者四 出現次數
p ^h	i	2	p ^h i	1	1	1	0
		3	p ^h i	1	1	1	0
	aŋ	5	p ^h aŋ	0	1	1	1
	ɔ	4	p ^h ɔ ŋ	0	1	1	1
p	a	6	p a k	1	1	1	0
		7	p a k	1	1	1	0
	i	1	p i ŋ	1	1	1	0
		2	p i ŋ	1	1	1	0
		5	p i ŋ	1	1	0	0
		6	p i t	1	1	1	0
		7	p i t	1	1	1	0
	ɛ	5	pɛ	1	1	1	1
		6	pɛ?	1	1	1	0
		7	p ɛ p ɛ ?	2	2	2	0
	ɔ	3	p ɔ	1	1	1	1
		4	p ɔ	1	1	1	1
	u	5	p u i	1	1	1	0
		6	p u ɛ	1	0	0	0
b	u	1	b u an	1	1	1	0
		3	b u e	1	1	1	0
		6	b u t	1	1	1	0
		7	b u t	1	1	1	0
	i	1	b i	1	1	1	1
		2	b i o	1	1	1	1
		3	b i o	1	1	1	1
		4	b i	1	1	1	1
	aŋ	1	b aŋ	1	1	1	0
		4	b aŋ	1	1	1	0

本研究資料中，各受試者所發之閩南語舌根送氣清塞音/ k^h /，舌根不送氣清塞音/ k /及舌根濁塞音/ g /與各元音及調型配合時之出現次數。

	元音	調值	字例	受試者一 出現次數	受試者二 出現次數	受試者三 出現次數	受試者四 出現次數
k^h	i	3	k^h i a m	1	1	1	0
		4	k^h i a m	1	1	1	0
	ɔ	1	k^h ɔ	0	0	1	1
k	i	1	k i m	1	1	1	0
		2	k i m	1	1	1	0
		3	k i ā	1	1	1	1
		4	k i ā	1	1	1	1
		5	k i m	1	1	1	0
	ɣ	5	k ɣ	1	1	1	0
	aɣ	1	k aɣ	1	1	1	0
		2	k aɣ	1	1	1	0
	ɛ	1	k ɛ	1	1	1	0
		2	k ɛ	1	1	1	0
		5	k ɛ	1	1	1	0
		6	k ɛ t	1	1	1	0
		7	K ɛ t	1	1	1	0
	ɔ	1	k ɔ	1	1	1	0
		4	k ɔ	1	1	1	0
		6	k ɔ k	1	1	1	0
		7	k ɔ k	0	1	1	0
	u	4	k u ai	1	1	1	0
		5	k u t	1	1	1	0
		6	k u t	1	1	1	0
		7	k u t	1	1	1	0
	au	1	k au	1	1	1	0
		5	k au	1	1	1	0
g	u	2	g u	2	2	2	2
			g u a				
		3	g u a	1	1	1	1
		5	g u	1	1	1	1

本研究資料中，各受試者所發之閩南語舌尖送氣清塞音/tʰ/，舌尖不送氣清塞音/t/與各元音及調型配合時之出現次數。

	元音	調值	字例	受試者一 出現次數	受試者二 出現次數	受試者三 出現次數	受試者四 出現次數
t	ŋ	5	t ŋ	1	1	1	0
	aŋ	5	t aŋ	1	1	1	1
	i	5	t i t	1	1	1	1
		6	t i k	1	0	1	0
		7	t i k	1	1	1	0
	ɔ	6	t ɔ k	1	1	1	1
		7	t ɔ k	1	1	1	1
	ɛ	1	t ɛ	1	1	1	0
		2or3	t ɛ	1	1	1	1
		5	t ɛ	1	1	1	1
	au	2	t au	1	1	1	0
		3	t au	1	1	1	0
	ai	2or3	t ai	1	1	1	0
		5	t ai	1	0	1	0
	ī	1	t ī a	1	1	1	0
		4	t ī a	1	0	1	0
tʰ	ŋ	2or3	tʰ ŋ	1	1	1	1
		5	tʰ ŋ	1	1	1	1