

國立臺灣師範大學特殊教育學系

特殊教育研究學刊，民 93，27 期，77-92 頁

腦性麻痺者元音構音空間的限制與 說話清晰度缺損之研究

劉惠美

臺灣師範大學特殊教育系

本研究旨在整合知覺評估與語音聲學分析，去檢驗腦性麻痺者元音構音特徵與說話清晰度的表現，進而探究元音構音空間的限制與說話清晰度缺損之間的關聯性。受試者為二十名腦性麻痺的男性青年，且其構音運動普遍受到神經肌肉控制不佳的影響，呈現嚴重度不一的說話障礙。說話清晰度語料來自受試者十八個含有端點三元音 /i/、/a/、和 /u/ 的中文雙字詞（例如：地道、大道、答對）。每一名腦性麻痺者說話清晰度的指標，則為三位評分者以語音項目辨識（item identification）方式所正確聽辨語音的平均百分比。在語音聲學分析的作業中，針對腦性麻痺者產生元音所運用的構音空間大小加以測量，並以十年齡相當的男性大學生為對照組。研究結果顯示，相對於說話正常的對照組，腦性麻痺說話者的元音構音空間明顯縮小。進一步探究個別說話者元音構音空間的大小與其說話清晰度之間的相關程度，則發現二者之間有顯著正相關存在（ $r = .612, p < .01$ ）；也就是說當腦性麻痺者所使用的元音構音空間愈受限制，則其說話清晰度愈差。元音構音空間的緊縮可視為降低腦性麻痺者說話清晰度的重要因素，因而在口語溝通復健時可將此構音特徵視為目標，列入評估說話清晰度或設計治療方案的考量。

關鍵詞：腦性麻痺、元音、元音構音空間、訥吃、說話清晰度

緒論

人類的口語溝通活動，必須透過良好且精密的說話運動機能控制，將內在的語言表徵外在化，以清晰的口語表達出來，才能有效傳達說話的溝通意圖。腦性麻痺患者（cerebral palsy）的說話特性通稱為訥吃（dysarthria），屬於運

動性說話障礙（motor speech disorders）的一種。由於中樞神經系統損傷，致使說話肌肉群的運動張力控制混亂，造成各個說話產生系統之間的時間、空間動作不協調的困難，產生諸如呼吸型態錯誤、喉部發聲協調困難、共鳴問題、構音器官協調問題等（Kent, Netsell, & Abbs, 1978; McDonald, 1987; Scherzer & Tscharnuter,

1990)。腦性麻痺患者受限於此說話運動機能的缺陷，往往降低了說話運動所產生的語音聲學訊號的品質，進而對口語溝通效能產生負面作用，導致日常生活口語溝通上的困難，甚至也可能引起人格、情緒、社會適應上的問題 (Yorkston, Strand, & Kennedy, 1996)。

在溝通障礙的相關文獻中，說話清晰度 (speech intelligibility) 經常被用來作為評估整體口語溝通效能與說話障礙嚴重程度的客觀指標 (Kent, Miolo, & Bloedel, 1994; Oberger, 1992; Yorkston, Dowden, & Beukelman, 1992)。分析說話清晰度的三個主要研究取向分別是語音知覺 (speech perception)、語音學 (phonetics) 和聲學—生理 (acoustic-physiology)。其中，知覺的層面是由聽話者主觀判斷說話內容，以測知說話者產生的語音聲學信號被聽話者接收了解的程度，作為說話清晰度的整體印象 (Schiavetti, 1992; Yorkston et al., 1992)；語音學層面則分析說話者的構音缺陷情形，將溝通障礙者的說話特徵和特定的語音錯誤類型加以歸納 (Platt, Andrews & Howie, 1980; Riddell, McCauley, Mulligan & Tandan, 1995)；而聲學—生理層面的研究則強調以不具侵犯性的聲學分析法，藉由溝通障礙者口語所產生的聲學信號特徵，發現或推測造成其說話清晰度缺損的生理原因 (Weismer & Martin, 1992)。

近年來隨著語音聲學分析儀器與技術的快速發展，陸續有研究進行較客觀且精密的語音聲學分析，再經由探討聲學參數和清晰度之間的關連，以瞭解說話者有哪些特定的語音聲學信號缺陷可能會影響聽話者的知覺聽辨 (Ansel & Kent, 1992; Kent, Kent, Rosenbek, Voperian, & Weismer, 1997; Kent, Weismer, Kent, & Rosenbek, 1989; Metz, Samar, Schiavetti, Sitler, & Whitehead, 1985; Weismer & Martin, 1992)。因此，整合知覺清晰度的評估與語音聲學分析，不僅可以提供描述個別說話者說話表現的一般性整體指標，更能判斷影響說話清晰度不佳的重要

語音聲學要素，進而推估造成說話缺陷的構音運動狀態，對說話障礙的臨床診斷與訓練或輔助方案的設計扮演著極為重要的角色。本研究的目的即在於評估腦性麻痺者語音聲學信號扭曲的程度，與知覺上的說話清晰度之間的關聯性。

長久以來，探討聾吃者不同口語障礙類型或障礙程度的口語溝通效能，說話清晰度的測量提供了一個較為客觀的指標，有效標明不同說話障礙嚴重程度不一的特性 (Kent et al., 1989; Weismer, & Martin, 1992)。臨床上，如何降低說話障礙程度且提高口語清晰度是設計矯治或輔助方案時所關切的課題。在評量影響清晰度的語音特徵時，語音最小對比 (minimal phonemic contrast) 配對的語詞經常作為測量的材料 (e.g., Ansel & Kent, 1992; Kent, et. al., 1989; Liu, Tseng, & Tsao, 2000)。其範圍往往涵蓋了某一語言中大多數的母音與子音的對比，例如：高一低元音對比、前—後元音對比、鬆—緊後元音對比、字首或字尾輔音送氣—不送氣對比、塞擦音或擦音對比、塞—鼻音對比、不同鼻音部位對比、不同塞音構音部位對比，每一類對比皆有一或數個相對應的聲學參數加以測量 (Weismer & Martin, 1992)。其目的在於比較正常說話者和說話障礙者，在所選取的重要語音對比上所呈現的聲學差異。再以此聲學測量得到的差異作為分析說話障礙的指標，去推論可能造成說話運動異常的生理原因，同時也比較不同聲學向度的異常對整體說話清晰度的影響。

本研究以腦性麻痺青年為研究對象，試圖在眾多的語音聲學參數當找出一個具有代表性的聲學指標，以反映說話者普遍的構音運動狀態，作為預測整體說話清晰度的有效指標。腦性麻痺者的聲學分析研究顯示，不同語音配對的信號扭曲程度並不相同，而且對整體說話清晰度的影響力也有差異。Ansel & Kent (1992) 的研究顯示語音聲學變項的平均錯誤百分比愈

高，則說話清晰度愈低，二者呈負相關；迴歸分析更進一步指出在七項語音對比中，輔音的「擦音—塞擦音」、元音的「前元音—後元音」、「高元音—低元音」、「鬆元音—緊元音」等四個預測變項與清晰度最有關聯，可以解釋說話清晰度分數總變異量的 62.6%。Liu et al. (2000) 測量國內二十名腦性麻痺患者在七項漢語語音對比（共八十四個雙字詞）上的整體說話清晰度，並分析語音對比的聲學特徵。從聲學分析的結果來看，腦性麻痺者大致出現和常人相似的語音對比趨勢，但是配對語音之間的差異值往往不及正常人的程度，顯現出語音聲學特徵異常。舉例來說，腦性麻痺者在元音的第一共振峰（first formant，簡稱 F1）、元音第一和第二共振峰（second formant，簡稱 F2）的頻率差距範圍（F2-F1）、鼻音特徵值以及塞音沖直條頻譜最強頻率等四個參數上，和正常人的表現有明顯的差異。再以七項聲學參數的對比差值作為預測說話清晰度的變項，進行逐步迴歸分析，結果發現元音前後的第二與第一共振峰頻率的差異（F2-F1）、塞擦或擦音的沖直條出現百分比、送氣與否的噪音起始值的時間（Voice Onset Time，簡稱 VOT）三個聲學參數對清晰度總分最有迴歸解釋力，達總變異量的 74% 以上；其中以元音前—後對比的聲學參數對說話清晰度的影響力最大。這兩項結合聲學與知覺的研究方式，以檢視漢語及英語腦性麻痺說話清晰度的研究一致顯示，腦性麻痺者的說話清晰度缺陷可能普遍表現在各語音對比當中，是一種整體的構音缺損現象，亦即構音器官靜態與動態的時序、空間控制，對說話清晰度高低皆有相當大的影響（Ansel & Kent, 1992; Liu et al., 2000）。

此外，以上這兩項研究皆顯示在眾多可能影響整體說話清晰度的語音對比聲學參數當中，腦性麻痺患者的元音構音的表現與其整體說話清晰度有明顯的關連性，而且元音的聲學信號扭曲的嚴重程度對整體說話清晰度有極重

要的影響力。另一個以漢語腦性麻痺患者為對象的研究也顯示，在包含七個語音聲學參數的迴歸模式中，元音的聲學特徵是整體說話清晰度主要的預測變項之一（Jeng, 2000）。同時，其他研究測量不同神經病理類型吶吃者的說話清晰度，也發現元音構音的正確率與整體說話清晰度之間有明顯的正相關存在（Kent, et. al., 1989; Platt, Andrews, Young, & Quinn, 1980; Platt et al., 1980; Weismer & Martin, 1992; Whitehill & Ciocca, 2000）。換句話說，元音構音能力的缺損，可能在整體的說話清晰度缺損上扮演著相當重要的角色。其中，又以元音高低及元音前後等對比的清晰度，以及相對應的語音聲學特性（例如：元音第一共振峰（F1）的頻率範圍、第二共振峰（F2）的頻率範圍、F1 和 F2 頻率差距的範圍），與說話清晰度最有關連（e.g., Kent, Kent, Weismer, Martin, Sufit, Brooks, & Rosenbek, 1989）。

自從 Peterson 和 Barney (1952) 以聲學方法分析元音共振峰的頻率成份以來，許多語音聲學研究皆顯示第一共振峰頻率的數值大小正好與舌位高低成反比，也就是說，第一共振峰的頻率具有反映元音構音時舌位高低的功能。而第二共振峰頻率本身或第一與第二共振峰頻率的差值（ $\Delta F2-F1$ ）大小與舌位前後成正比，也就是說，對應於元音舌位前後位置的主要聲學參數為第二共振峰頻率的數值（e. g., Kent & Read, 2002; Stevens, 1998）。因此，藉由元音共振峰頻率的聲學測量，可以推測腦性麻痺者說話時口腔構音運動的情形，尤其是與舌頭擺位和運動有關之構音機轉的限制。以先前的聲學研究為例（Liu et al., 2000），相較於正常說話者，腦性麻痺說話者的在元音前後以及高低對比所測量到的共振峰頻率變化範圍，皆明顯的較為侷限，顯示出腦性麻痺者的構音存在有舌位高低與前後運動範圍窄化的現象。

比較不同元音的第一或第二共振峰頻率差異，只能提供構音時舌頭上下或前後運動等單

一向度的訊息。新近的語音聲學研究藉由測量構音運動中最極端的數個元音，即高—前元音 /i/、低—後元音 /a/、與高—後元音 /u/ 的第一和第二共振峰所構成的元音空間大小（vowel space area），以同時考慮關於說話清晰度的舌頭前後與高低構音運動情形（e.g., Hodge, 1999; Turner, Tjaden, & Weismer, 1995; Weismer, Jeng, Laures, Kent, & Kent, 2001; Ziegler & von Cramon, 1983, 1986）。主要的研究發現為：當運動性說話障礙者所使用的元音運動空間愈受限制，則其說話清晰度往往有愈差的傾向。這些研究的對象涵蓋了不同神經病理類型的運動性言語障礙者，包括多重硬化症患者（Turner et al., 1995; Weismer et al., 2001）、腦傷患者（Ziegler & von Cramon, 1983, 1986）、兒童吮吃者（Hodge, 1999）等進行性的疾患。其主要的生理運動缺陷是由於個體之中樞或周邊神經系統的受損，造成言語運動控制的能力失調，以致在說話器官運動的速度、強度、及協調上出現異常的現象，而且會隨著其生理疾患的惡化而加重其說話運動障礙的嚴重度。

另外，也有以正常說話者為研究對象，結果發現說話者的元音空間較大者，通常呈現較佳的說話清晰度（Bradlow, Torretta, & Pisoni, 1996）。更有趣的是新近的研究指出，不同語言背景的母親通常以擴大元音構音空間的說話方式與她們的嬰兒說話，這樣的作法被認為是母親試圖以一種較清晰的說話方式去增進聽話者（也就是嬰兒）的理解能力（Kuhl et al., 1997; Burnham, Kitamura, & Vollmer-Conna, 2002; Liu, Kuhl, & Tsao, 2003）。由這些研究結果來看，說話時所產生的元音運動空間大小屬於個別說話者的說話特性之一，可以反映出說話者一般而整體性的構音運動的能力。同時藉由這項語音聲學特性的測量，似乎也能整體性的評估構音運動受到限制所產生之說話清晰度缺損與說話障礙嚴重程度。

綜合先前的研究成果顯示，在運動性說話障礙的臨床與研究上已經建立一套客觀可行的說話清晰度測量程序，適切地提供了量化指標以描述說話者的口語溝通能力缺損以及說話障礙的嚴重度。同時，也藉由語音聲學分析的程序，找出影響說話清晰度表現的重要聲學參數，進而推論降低說話清晰度的主要構音運動缺損。然而，關於運動性說話障礙者說話清晰度語音聲學特性的文獻，主要以英語吮吃者為對象，其神經病理類型多為進行性疾患，例如：多重硬化症患者、腦傷患者、兒童吮吃者，只有少數研究以非進行性疾患的腦性麻痺者的說話清晰度為對象（Ansel & Kent, 1992; Jeng, 2000; Liu et al., 2000）。而國內研究結合聲學分析與知覺評估的方法去探討腦性麻痺者說話清晰度的研究正在起步中（曾進興、劉惠美、王文容、徐靜音、吳淑華，民 88；劉惠美，民 85；Liu et al., 2000），但尚未有研究評估元音構音空間與整體口語清晰度的關聯。

本研究探討一個可以綜合顯示元音構音運動情形的特定聲學參數，也就是元音運動空間的大小，是否能作為一廣泛性的構音運動能力的指標。嘗試瞭解說話者構音時舌頭運動與定位的特性，對腦性麻痺者說話清晰度缺損的影響，同時也對受到運動神經系統損傷所造成的運動性說話障礙者，其說話特性的生理—聲學因素有更進一步的瞭解。

基於上述，本研究的目的在於以聲學測量的方式，評估腦性麻痺者的元音運動空間的大小是否因其神經生理的限制而呈現程度不一的侷限情形。同時以知覺的評分方法評定個別腦性麻痺患者的說話清晰度分數，並以相關及迴歸分析探討元音運動空間大小與說話清晰度二者之間的關聯程度。假如元音構音空間大小可以作為預測說話障礙嚴重程度，以及整體說話清晰度的指標，本研究結果將呈現腦性麻痺者的說話清晰度高低和元音空間大小的正向關係。若元音構音空間的限制是影響腦性麻痺者

說話清晰度不佳的重要因素之一，則在腦性麻痺口語矯治策略中即能涵蓋此一要素，作為主要的直接治療或口語溝通補償措施的對象之一。

研究方法

一、語音樣本的蒐集

本研究分析之語音樣本是取自研究者先前所蒐集的腦性麻痺者語音資料的一部份，詳細的語音樣本蒐集程序，請參閱 Liu et al. (2000)。

(一)受試者

本研究以二十名腦性麻痺的男性作為蒐集語音樣本的對象，其取樣是由彰化仁愛學校兩位語言治療師以隨機方式選取口語溝通障礙程度不一的個案。除主要由腦性麻痺所引起的肢體運動障礙之外，並沒有其他如視覺、聽覺等明顯的感覺功能缺陷；其經矯治後之優眼視力測定

值在 0.3 以上，純音聽力損失在 25dB 以下（頻率 500Hz、1000Hz、2000Hz）。取樣後，個別受試的運動機能障礙類型是經由學校的職能復健人員加以評估；而肢體障礙程度，則以身心障礙手冊所鑑定之等級為準，分為輕度、中度及重度。綜合學校導師及職能復健人員所提供之資料，腦性麻痺受試的基本資料如表一所列，包括個案年齡、運動障礙類型、肢體障礙程度。其肢體運動障礙類型以痙攣型（9 名）居多，其次為徐動型（6 名），以及其他（混合型、舞蹈型、震顫型）。

另外取樣分析先前研究（Liu et al., 2000）所蒐集到正常說話者語音資料的一部分，作為腦性麻痺者語音聲學參數測量的對照組。十名正常受試者的年齡與上述腦性麻痺患者相近（自 18 歲到 25 歲之間），無視覺及聽覺障礙，有正常的口語表達能力。

表一 二十名腦性麻痺者的基本資料

個案編號	年齡	運動障礙類型	肢體障礙程度
CP1	19	徐動型	中度
CP2	19	痙攣型	中度
CP3	19	痙攣型	中度
CP4	17	舞蹈型	中度
CP5	18	震顫型	中度
CP6	19	混合型（徐動+痙攣）	中度
CP7	22	混合型（徐動+痙攣）	重度
CP8	18	痙攣型	中度
CP9	20	痙攣型	中度
CP10	18	痙攣型	輕度
CP11	17	痙攣型	輕度
CP12	18	徐動型	中度
CP13	18	徐動型	輕度
CP14	19	徐動型	中度
CP15	18	痙攣型	中度
CP16	20	痙攣型	重度
CP17	18	徐動型	重度
CP18	18	震顫型	中度
CP19	18	徐動型	重度
CP20	17	痙攣型	中度

(二) 語音材料與錄音程序

本研究的語音樣本是取自作者先前研究中所自編之八十四個國語雙字詞的一部份 (Liu et al., 2000)，共十八個雙字詞。雙字詞的第一個音節的元音包含端點元音 (corner vowels) /i/、/a/、或 /u/，組成 /i/-/a/、/u/-/a/、與 /i/-/u/ 三組配對詞組，每組配對詞各有三個最

/i/-/a/

地勢 — 大事 敵對 — 答對 地道 — 大盜

/u/-/a/

賭氣 — 打氣 土城 — 塔城 渡船 — 大船

/i/-/u/

抵住 — 賭注 避邪 — 布鞋 體積 — 土雞

錄音前，將十八個雙字詞分別製成書面詞卡，以隨機順序逐一呈現詞卡，讓受試者看詞卡並依主試者的指示以日常的說話方式，將每個語詞穩定的說出二次。錄音程序在一個安靜的房間中進行，同時以手提式收錄音機 (Nakamichi 550) 和 ECM-MS907 型固定直立式麥克風進行所有語料的錄音。

二、說話清晰度的測量

(一) 評分者

六十名聽力正常且以漢語為主要溝通語言的大學生 (年齡 = 19~22 歲)，志願參與說話清晰度的評分。三人為一組共同聆聽一名腦性麻痺者的語音樣本，逐題記錄評分。這些評分者在日常生活裡並沒有太多與腦性麻痺者接觸的機會，對腦性麻痺者的說話方式、特徵並未特別熟悉。

(二) 程序

評分過程在一個安靜的房間中進行，每一次由三名評分者同時對一名腦性麻痺說話者的語音樣本評分。過程中，在語音樣本播放的同時，評分者在事先設計好的評分表上，以項目辨識法 (item identification) 逐題逐字寫下自己所聽到的語音樣本內容。

小語音對比的詞對。語料的設計以第一音節的元音為目標音素，以利測量個別說話者的元音共振峰頻率，進而計算元音運動空間大小。每一組語音最小配對除了目標音素之外，配對語詞的其他音素、音節結構及聲調完全相同。完整的語音材料如下：

說話清晰度分數是指每一名受試者在十八個目標語音上被評分為正確的百分比，其計分方式是以每一語詞中的目標音素為主。即評分者所評定的目標音素與材料的目標音素相同者，不論其字調或其它音素是否完全相同，皆視為正確答對。接著，計算每位評分者所評定的目標音素的正確百分比，再將三名評分者所評定的清晰度分數平均之後，才得到本研究所認定之個人說話清晰度分數。

(三) 信度考驗

所有評分者除了針對所分配到的一位腦性麻痺受試者進行清晰度評分之外，仍需就研究者事先選取的十個語詞作為共同試題，以相同方式逐字記錄並計算得分百分比，以了解不同評分者間的一致程度。六十名評分者間的信度係數 (Cronbach α) 為 .94，顯示當評分者以項目辨識法測量說話清晰度時，具有相近的內在參照標準。

三、語音聲學分析

(一) 分析儀器

在 486DX2-66 的個人電腦上使用 KAY 公司出產的語音分析系統 CSL 4300B (以下簡稱為 CSL) 進行聲學分析。數位化語音分析樣本的取樣數率為 20kHz，數位低通濾波器的通過

頻率為 8kHz。使用解析度 (resolution) 為 16 位元的數位-類比信號 (AD/DA) 轉換卡，進行語音信號在錄音輸入與電腦處理所需要的轉換。

(二)測量方法

本研究主要以線性預測編碼 (Linear Prediction Coding, 簡稱 LPC) 分析頻譜去測量元音共振峰頻率。元音音段為第一共振峰和第二共振峰都出現的部分，在此音段中點即共振峰走勢較為持平 (沒有顯著共振峰轉換) 的部分，以 LPC 分析所測得此點能量最高的第一個和第二個尖峰的頻率即為第一和第二共振峰。在 CSL 的內部設定為：取樣分析長度 (frame) 為 20 毫秒，濾波器的次序 (order) 為 16，使用自我相關法 (autocorrelation) 的算則，並開啓高頻信號預先放大 (pre-emphasis) 的功能。LPC 分析結果的視窗中，游標移動一格的頻率約為 10Hz。如果 LPC 分析無法清楚的顯示元音共振峰位置，則改用快速傅立葉轉換 (Fast Fourier Transformation, 簡稱 FFT) 及聲紋圖 (spectrogram) 分析去測量元音共振峰頻率。

每個元音第一和第二共振峰頻率可以被視為笛卡兒座標平面上的相對應點 (x, y)，再以下列公式計算每一位說話者由 /i/、/a/、/u/ 三個端點元音所構成的元音構音空間大小。

元音構音空間 = $ABS \{ [F1i*(F2a - F2u) + F1a*(F2u - F2i) + F1u*(F2i - F2a)]/2 \}$ ，
“ABS” 指的是絕對值；“F1/i/代” 表元音 /i/ 的第一共振峰頻率；“F2/a/” 代表元音 /a/ 的第二共振峰頻率，…… 依此類推。

(三)聲學測量的信度考驗

除研究者以外，另有一名受過語音聲學分析訓練的人士，隨機抽取每一位說話者 1/10 的語音樣本進行聲學參數測量，以進行不同測量者間的一致性考驗。

結果與討論

一、元音清晰度的測量結果

為了解腦性麻痺者的說話清晰度，計算由三類元音對比所組成的十八個雙字詞中，三位評分者所正確聽辨的平均得分，作為每一名說話者元音清晰度的分數。

就知覺分析的結果來看，二十名腦性麻痺者的元音清晰度分數分佈範圍為 36% - 100% ($M=78.5, SD=17.6$)，顯示腦性麻痺者的元音構音的準確度的個別變異性很大，呈現出不同程度的說話障礙。此外，這二十名腦性麻痺者在十八個元音構成的雙字詞所測得的清晰度分數與其先前在以八十四個雙字詞測得的整體說話清晰度 (Liu, et al., 2000) 之間有相當高的正相關存在 ($r=0.852, p<.001$)，顯示元音構音的清晰度與整體說話清晰度之間的關聯性很高。

二、元音共振峰的測量結果

分析十名男性大學生與二十名腦性麻痺者在三類元音對比 (/i/-/a/、/a/-/u/、/u/-/a/) 所組成的十八個雙字詞所測得的元音共振峰頻率的數值，以變異數分析比較兩組受試者在此聲學參數上的差異。另一位聲學測量人員與研究者在部份語音樣本 (全部的 1/10) 所測得聲學參數之間的皮爾森相關係數為 0.89，顯示測量者間一致性頗佳。表二呈現腦性麻痺者與正常說話者，元音的第一和第二共振峰頻率與元音構音空間的平均數與標準差。聲學分析結果顯示腦性麻痺者和正常說話者所產生的元音聲學參數有明顯的差距。

就第一共振峰測量的結果來看，腦性麻痺者低元音 /a/ 的 F1 頻率 (729Hz) 明顯低於正常說話者 (803Hz)， $F(1,28)=3.98, p<.05$ ；腦性麻痺者高元音 /i/ 的 F1 頻率 (310Hz) 明顯高於正常說話者 (277Hz)， $F(1,28)=8.85, p<0.01$ 。由於 F1 頻率的高低與構音舌位高低成反比 (Kent & Read, 2002; Peterson & Barney,

表二 腦性麻痺者與正常說話者元音共振峰頻率 (Hz) 與元音構音空間 (Hz²) 的平均數與標準差 (括號內的數字)

腦性麻痺者		
元音共振峰頻率	第一共振峰 (F1)	第二共振峰 (F2)
/i/	310 (31)	2154 (195)
/a/	729 (109)	1301 (108)
/u/	352 (29)	921 (107)
元音構音空間	246010 (94146)	
正常說話者		
元音共振峰頻率	第一共振峰 (F1)	第二共振峰 (F2)
/i/	277 (24)	2352 (117)
/a/	803 (55)	1350 (60)
/u/	349 (25)	827 (46)
元音構音空間	365834 (64438)	

1952; Stevens, 1998)，這樣的結果顯示腦性麻痺者構音時舌頭上抬與下移運動明顯的受到較大的限制，其舌位高低變化的程度不及正常說話者，以致在垂直方向的舌位升降構音運動上，無法準確地達到如正常說話者般發出目標元音的位置。腦性麻痺者個別元音構音時的舌位高低位置明顯與正常說話者不同，是否也表示元音之間的舌位差異程度也比正常男性小？結果顯示正常男性在高-低音對比 (i.e., /i/-/a/) 的 F1 差值為 521.83Hz，腦性麻痺者為 410.91Hz，腦性麻痺者在此元音對比的舌位變化程度明顯較正常說話者緊縮， $F(1,28) = 5.69$ ， $p < .05$ 。同時，在另一高-低音 /u/-/a/ 對比的聲學表現上，正常說話者在此一對比的 F1 差異值為 456.43Hz，腦性麻痺者為 372.03Hz，也顯示腦性麻痺者在 /u/-/a/ 高-低音對比的舌位變化程度明顯小於正常男性， $F(1,28) = 5.97$ ， $p < .05$ 。上述結果顯示，腦性麻痺者的元音構音位置，不只和一般說話者不同，其構音時舌頭上下運動的程度也明顯較為縮小。

就第二共振峰測量的結果來看，類似的構音器官運動限制也出現在腦性麻痺者構音時舌頭前後的擺位與移動上。例如：腦性麻痺者前

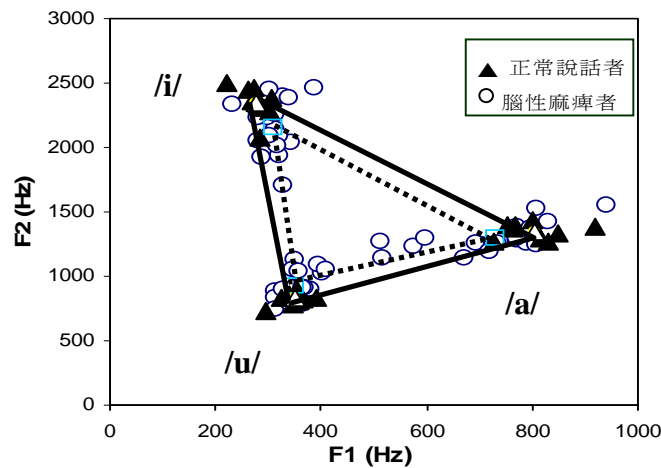
元音 /i/ 的 F2 頻率 (2154Hz) 明顯低於正常說話者 (2352Hz)， $F(1,28) = 8.58$ ， $p < .01$ ；腦性麻痺者後元音 /u/ 的 F2 頻率 (921Hz) 明顯高於正常說話者 (827Hz)， $F(1,28) = 7.08$ ， $p < .05$ 。明顯的聲學差異，也出現在正常說話者與腦性麻痺患者之間在 F2-F1 差異值上 [/i/, $F(1,28) = 11.28$ ， $p < .01$; /u/, $F(1,28) = 8.794$ ， $p < .01$]。除了個別前後元音的舌位之外，結果也顯示腦性麻痺者「元音前後」對比之間的舌位差異程度較正常說話者小。腦性麻痺者在前一後元音 (/i/-/u/) 對比中的 F2-F1 差距，比正常男性不明顯， $F(1,28) = 11.72$ ， $p < .01$ 。表示腦性麻痺者前後元音構音時舌頭前後移動的範圍不及常人。由於 F2 的數值或 F2-F1 的差異值的大小與構音的舌位前後位置成反比，這樣的結果顯示腦性麻痺者元音構音時舌頭前後移動的範圍明顯地受到限制，而呈現出舌頭前後運動範圍明顯比正常人窄化的現象。

三、元音運動空間的測量

比起正常說話者，腦性麻痺者的說話清晰度表現較差。而如果構音空間緊縮對清晰度有不利的影響，整體而言，腦性麻痺者的元音構音空間應會明顯地較正常對照組小。聲學分析

的結果，支持這樣的推論。腦性麻痺者說話時的元音構音空間的範圍較同年齡正常說話者明顯縮小， $F(1,28)=13.025$, $p<.001$ 。如圖一所示，腦性麻痺者元音構音空間的三個端點，均被包含於正常男性的元音構音空間之內。同時，構成運動空間三角形面積的三個端點元音

彼此之間的聲學距離 (i.e., /i/-/a/、/i/-/u/、/a/-/u/) 皆比正常對照組小，而且都達 0.01 的統計顯著水準。元音彼此之間的聲學距離的明顯縮小，反應說話者元音構音時舌頭水平及垂直移動的程度較正常的說話者縮小與相關的構音器官運動限制。以多元逐步迴歸分析法評估



圖一 腦性麻痺者（虛線）與的正常說話者（實線）的元音構音空間
橫軸及縱軸分別顯示三個端點元音的第一（F1）與第二（F2）共振峰頻率，圖中各點顯示個別腦性麻痺者（圓形）與正常說話者（三角形）端點元音的平均共振峰位置。

個別元音對比之間的物理聲學距離，對腦性麻痺說話者元音運動空間大小的預測力，結果發現高低元音 /a/-/u/ 的聲學距離對元音運動空間的預測力最強 ($R^2=0.819$, $p<.0001$)，其次是高低元音 /i/-/a/ ($R^2=0.145$, $p<.0001$) 與前後 /i/-/u/ 元音對比 ($R^2=0.028$, $p<.0001$) 的聲學距離，三者之間均呈顯著正相關（見表三）。換言之，腦性麻痺者舌頭上下與前後移動的範圍，在元音構音空間的大小上均扮演重要的角色。

聲學分析的結果顯示兩組受試者在元音前一後和高—低對比的顯著差異，主要反應腦性麻痺者構音時舌頭及下頷骨的配合程度較正常人差，可能是受限於舌頭的肌張力不當或是下頷骨運動控制不佳所致。Kent et al. (1978)

使用 X 光攝影術，觀察五名指癱型腦性麻痺患者發出單音節或句子時的舌頭及頷骨的運動方向及範圍。結果顯示，腦性麻痺者有不適當擴大下頷骨運動的情形。雖然下頷運動範圍變大，但是舌頭前後與上下移動的範圍不及常人，而且不容易快速、精準地形成不同輔音構音所需的口腔形狀。這樣的結果可以預期到聲學特性上的改變，即腦性麻痺者元音共振峰的分佈情形會與常人不同，呈現元音趨中化的現象，進而縮小元音構音時舌頭運動的空間範圍。

腦性麻痺者元音構音空間範圍的明顯縮小，在構音上主要反映出舌頭肌張力與下頷骨控制協調的困難，以致無法精準地達到清楚產生三個端點元音所需達到的位置及移動範圍，是造成腦性麻痺說話者元音運動空間內縮的最

表三 腦性麻痺者的說話清晰度分數與各項元音聲學變項之相關矩陣

	/i/-/a/ 聲學距離	/i/-/u/ 聲學距離	/a/-/u/ 聲學距離	元音 運動空間	元音 清晰度	整體說話 清晰度
/i/-/a/ 聲學距離	1.000					
/i/-/u/ 聲學距離	.901**	1.000				
/a/-/u/ 聲學距離	.569**	.768**	1.000			
元音空間	.828**	.859**	.905	1.000		
元音清晰度	.441*	.674**	.652**	.612**	1.000	
整體說話清晰度	.565*	.677**	.615**	.684***	.852**	1.000

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

主要原因，也可能是影響元音清晰度不佳的重要因素。此一結果，與其他可能降低腦性麻痺清晰度的聲學與構音機制缺陷的研究發現也相當一致 (Ansel, & Kent, 1992; Platt et al., 1980; Neilson, & O'Dwyer, 1981)。

此外，為了解腦性麻痺說話者的肢體運動障礙類型對其元音構音空間的影響，以徐動型、痙攣型、混合型三種運動障礙類型為自變項，以個別說話者的元音構音空間大小為依變項，進行單因子變異數分析。結果顯示不同運動障礙類型的腦性麻痺者之元音構音空間沒有顯著差異， $F(2,17) < 1$ 。雖然各類型的人數不等，可能是此項統計考驗沒有差異的原因，不過，目前的結果表示肢體運動障礙的類型，與元音構音空間大小無明顯相關。

為了解腦性麻痺者肢體障礙的不同嚴重度，是否會影響元音構音空間的表現，以輕、中、重度三種不同肢體障礙程度為自變項，以元音構音空間大小為依變項，進行單因子變異數分析。結果顯示不同肢體障礙嚴重度的腦性麻痺者之元音構音空間沒有顯著差異， $F(2,17) = 1.048$, $p > .1$ ，亦即肢體嚴重度與元音構音空間變異並無明顯的關係。可見不同腦性麻痺者肢體運動系統的損傷，並沒有對說話清晰度造成系統性的影響。此發現與 Ansel 和 Kent (1992)、Platt 等人 (1980) 分別對痙攣型、徐動型和混合型腦性麻痺者的研究發現相一致。

這樣的結果似乎反應出，肢體障礙的運動限制與語音產生困難之間，並沒有明顯而直接的關連性。可能是因為大腦中控制肢體運動的神經組織損傷，並沒有系統性地導致的說話運動機能改變，所以對於構音空間不會造成系統性的影響。換言之，中樞神經系統中與說話運動有關的機制，可能不同於控制肢體運動的機制。所以肢體運動損傷的類型和程度，和元音構音空間之緊縮或擴張並沒有相當強的連結。

四、說話清晰度與元音運動空間的關聯性

整體而言，腦性麻痺者的元音構音空間比正常對照組縮小的情形，顯示構音空間的緊縮可能與說話清晰度缺損有關聯。構音空間這個聲學參數除了顯示不同類型說話者的整體構音方式差異之外，是否也能夠標明個別腦性麻痺者清晰度受到影響的程度？假如構音空間是構成清晰度高低變化的重要成份，這項聲學指標也應該能有效地顯示個別運動障礙者說話清晰的程度。整合聲學與知覺的研究取向，本研究的結果清楚顯示聲學的構音空間與知覺的清晰度之間的緊密關係。

以積差相關法分析腦性麻痺者元音聲學變項、元音清晰度、及整體說話清晰度的結果呈現於表三。如表三所示，元音構音空間大小與元音清晰度分數高低兩者之間的關聯程度，呈顯著正相關 ($r = .612$, $p < .01$)。同時以先前同

一組說話者在 84 個字詞為材料所得到的整體說話清晰度來看，元音構音空間大小與其整體說話清晰度之間也達顯著正相關 ($r = .684$, $p < .001$)。表三也顯示端點元音兩兩彼此間的聲學距離，也與元音清晰度及整體說話清晰度有顯著的關係。換言之，腦性麻痺者雖然整體而言出現構音器官運動範圍較受限制的情形，導致某種程度的說話障礙，如果在說話時能運用較大的構音空間，則比較可能產生較容易被聽話者正確辨識的元音，並進而提高整體的說話清晰度。相反地，如果腦性麻痺說話者說話時所產生的構音空間受到較大的壓縮，以致呈現明顯縮小的情形，則其口語清晰度也會明顯地下降。尤其當元音構音空間越受到越嚴重的侷限時，其說話清晰度也越差。這樣的結果，與其他各類神經病缺陷所導致的英語運動性說話障礙說話者的聲學特性相似 (Turner et al., 1995; Weismer et al., 2001; Whitehill & Ciocca, 2000)。

就知覺的角度來看，為何元音構音空間的變化，會對語音的辨識造成相當的作用？擴大的元音空間，往往使得聽話者更容易由聲學信號當中區辨出不同的元音，甚至可能幫助嬰兒由多變的語音物理信號當中發展穩定的語音表徵，增進語音知覺發展 (Kuhl et al., 1997; Liu et al., 2003)。相反地，受壓縮的構音運動空間，造成不同元音之間的聲學差距變小，可能使得聽話者較不易區辨不同的元音，以致降低說話清晰度。

語音知覺系統處理歷程的特性，和緊縮的元音運動空間所導致的清晰度下降可能有關連。知覺的研究顯示，人類處理元音訊息時，採取範疇知覺 (categorical perception, e.g., Pisoni, 1973)，其特性為：知覺系統不容易區分聲學特性不相近，但是被指認為同一元音的不同語音信號。此外，典型元音 (prototypical vowel) 對聲學上相近的語音信號產生知覺磁吸作用 (perceptual magnet effect, Grieser & Kuhl,

1989; Kuhl, 1991)。在不同元音信號之間共振峰頻率差異較小，也就是在元音構音空間緊縮的狀態下，聽話者處理元音的知覺歷程，可能導致聽話者較不易區辨與指認不同元音。聽話者對腦性麻痺者元音辨識的困難，影響了聽話者正確理解腦性麻痺者口語的程度，以致所測得的元音及整體說話清晰度較差。

綜合腦性麻痺者元音聲學的表現，其構音器官的運動特性可能如下：腦性麻痺說話者因為受限於口腔肌張力控制的混亂情形 (過強、過弱或控制不穩)，以致構音器官彼此之間協調異常，產生扭曲的語音信號。此外，下頷的運動幅度過大，可能導致舌頭空間精確定位及運動能力受限。在構音過程當中，無法形成適當的口道形狀及合適控制構音器官活動，以致無法精準地達到清楚產生三個端點元音所需達到的位置及移動範圍，呈現出緊縮的元音運動空間，也就是元音構音的趨中性。這種因說話運動障礙所造成元音空間壓縮的聲學參數，除了可以用來描述腦性麻痺者這個群體和說話正常說話者不同的構音特徵之外，由於元音空間大小與腦性麻痺者個別說話者清晰程度之間呈正相關，因此也可以作為預測說話障礙者口能溝通效能嚴重程度的指標。

五、研究限制

由於清晰度是聲學訊號與其他影響口語溝通因素的聯合產物，並無法用單一物理聲學信號異常的觀點去完全解釋，必須基於清晰度資料蒐集的特定情況來評估與解釋。例如語句長度、對話情境對字詞產生的可預測性、手勢和視覺溝通線索、聽者和障礙說話者相處的經驗以及聽者對於對話主題的熟悉度等等，都是影響說話清晰度高低的可能因素 (e.g., Yorkston et al., 1996)。本研究要求腦性麻痺者以清楚而且缺乏對話語境的情況下產生語音，以進行語音的聲學與知覺分析。這樣的程序，和腦性麻痺者在日常環境中的口語溝通不同。一般而言，日常情境下的口語溝通，多配合溝通情境

當中的非口語線索，並且語意的容贖性較大。這些線索對於聽辨典型說話者的語音而言，經常不重要；但是對理解說話障礙者較為扭曲的語音，則應該有輔助語音辨識作用。因此說話清晰度的測量需因應不同的口語溝通目的，考慮不同的測量與口語應用情境，加以設計或適當轉換。

六、臨床應用上的意涵

腦性麻痺說話者的口腔肌張力、呼吸支持、喉部發聲協調與構音器官協調等生理機制的受損方式與嚴重度不盡相同，導致扭曲程度不一的聲學訊號輸出。一般聽話者的語音知覺系統接收到變異過大或明顯扭曲的聲學訊號，往往無法對語音內容作出精確的判斷，導致不佳的說話清晰度。以特定的聲學參數來解釋說話清晰度缺陷，在臨床上所提供的應用意涵包括：作為標定說話缺陷的診斷工具、發展有效的說話復健策略、縮小治療的範圍訂定可行的治療計畫、客觀評估說話缺陷矯治的療效。

就腦性麻痺者的說話特性而言，受限於不同層面的說話運動機能缺陷，導致語音對比有關的聲學參數產生扭曲。因而使聽話者無法精確處理這些變異的語音信號，阻礙了字詞語音的聽辨。如果將臨床治療的重點，關注在特定聲學特徵（即元音構音空間）的操弄及提升上，則應可以提高說話者的清晰度，增進腦性麻痺者整體的溝通效能。相對的，這些語音對比聲學表現的測量，也可以作為評估治療效果的指標。另一個值得考慮的治療方向是將腦性麻痺者的聲學特徵，應用於相關溝通輔具的設計，諸如電腦語音合成及辨識、擴大及替代溝通輔具等，應對提升腦性麻痺者說話清晰度與溝通效能有實質的助益。

從知覺清晰度的測量結果得知，無論是何種肢體運動障礙類型的腦性麻痺者皆有類似的構音準確度不佳的問題，可能因腦性麻痺者中樞神經系統的損傷均造成相似的說話器官生理與運動協調機能上的缺陷，以致出現類似的構

音錯誤形式，具有相當的共通性。因此針對降低腦性麻痺者的說話障礙嚴重度，提升說話清晰度而言，可以發展適合不同肢體障礙類型腦性麻痺者的一般性語言治療策略。就改善說話障礙者的說話品質而言，適切的運用生理相關矯治策略，可以提供其他輔助語音辨識的線索，補償構音空間縮小的缺陷，因而使輸出的聲學訊號具能被聽者正確的知覺聽辨。例如，讓腦性麻痺者練習在吐氣階段說話的呼吸方式，以避免因倒錯呼吸而減少聲門下壓，如此將可改善說話的音量與持久度下降的問題；或者調整說話姿勢，以增加呼吸支持度；說話前練習放鬆過強的肌張力或強化過低的肌張力，則較容易正確發聲與構音；降低說話速度以及配合語法單位做合適的停頓，讓各個構音器官之間的協調度提升，將可能增加構音的準確性。

結論

本研究以先前相關的聲學研究為基礎，探討一關於整體構音能力的語音聲學指標，拓展對語音聲學與清晰度關聯性的深入了解。整合了語音聲學分析與知覺評估兩種方法去檢驗腦性麻痺患者元音構音的特徵與說話清晰度的缺損，並評估一個同時考量舌位垂直與水平移動的語音聲學參數：元音構音空間，與說話清晰度之間的相關。

根據語音聲學測量的結果顯示，腦性麻痺者說話時所產生的元音共振峰頻率分佈範圍較正常說話者侷限，而且由端點元音所圍成的構音空間也明顯的小於正常說話者。這樣的聲學信號特徵反映出腦性麻痺患者構音時可能受限於舌頭肌張力與下頷運動範圍不當，或其他構音器官的協調不佳，以致舌頭上下與前後方向的運動範圍受到程度不一的限制（不及常人），使得整體舌頭可運動的構音空間明顯的較正常說話者小，說話時較不容易快速且準確

的形成清晰產生各類語音所需的口道形狀與位置。另一方面，從知覺清晰度的結果來看，腦性麻痺說話者所產生的元音確實存在著清晰度缺損的問題，與整體說話清晰度之間有密切的關連性，可以適當反映出程度不一的說話障礙。綜合聲學與知覺的結果，說話者元音運動空間的大小除了能夠反應元音的清晰度之外，也與個別腦性麻痺者的整體說話清晰度有關，可以作為普遍構音能力的指標。

說話者的元音構音空間大小的測量，相較於單一共振峰頻率所提供的舌位高低或前後定位的單一向度的構音運動訊息，更可以同步反映出腦性麻痺說話者構音時舌頭上下及前後定位與運動的特性。緊縮的構音空間與清晰度下降的關係顯示，腦性麻痺者所受到的說話運動生理限制愈大，則愈無法準確有效率的構音。因此，說話者的元音構音空間大小似乎也反映出構音運動神經系統損傷與說話器官運動協調的困難，所造成的整體的說話清晰度缺損現象。腦性麻痺者元音構音空間窄化以及元音產生位置趨中化，以致所產生的語音聲學訊號明顯被扭曲，往往使得聽話者無法對其語音內容作出有效的知覺判斷，導致不佳的說話清晰度。

因此，針對腦性麻痺者口語溝通問題進行評估時，可以將說話者所產生的元音構音空間範圍大小作為影響清晰度的重要指標。以此一能反應整體構音運動口道型態的聲學參數為評估指標，將能設計出更有效的臨床說話清晰度評估工具。同時，在擬定腦性麻痺者口語溝通復健或訓練策略時，應將擴大元音的構音空間視為目標之一，作為直接治療或補償措施的對象。

參考書目

一、中文部分

劉惠美 (民 85)：腦性麻痺者說話清晰度的知學與聲學分析。高雄師範大學未出版之碩士論文。

曾進興、劉惠美、王文容、徐靜音、吳淑華 (民 87)：身心障礙者說話清晰度的定性與定量分析：本土化研究近況。中華民國特殊教育學會年刊，381-400。

二、英文部分

Ansel, B. M., & Kent, R. D. (1992). Acoustic-phonetic contrasts and intelligibility in the dysarthria associated with mixed cerebral palsy. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 296-308.

Bradlow, A. R., Torretta, G. M., & Posoni, D. B. (1996). Intelligibility of normal speech I: Global and fine-grained acoustic-phonetic talker characteristics. *Speech Communication*, 20(3-4), 255-272.

Burnham, D., Kitamura, C., & Vollmer-Conna, U. (2002). What's new, pussycat? On talking babies and animals. *Science*, 296, 1435-1435.

Grieser, D. L., & Kuhl, P. K. (1989). Categorization of speech by infants: Support for speech-sound prototypes. *Developmental Psychology*, 25, 577-588.

Hodge, M. M. (1999). Relationship between F2/F1 vowel quadrilateral area and speech intelligibility in a child with progressive dysarthria. *Canadian Acoustics*, 27, 84-85.

Jeng, J. Y. (2000). The speech intelligibility and acoustic characteristics of Mandarin speakers with cerebral palsy. Unpublished doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.

Kent, R. D., & Read, C. (2002). *The acoustic analysis of speech* (2nd ed.). Albany, NY: Delmar.

Kent, R. D., Kent, J. F., Rosenbek, J. C., Voperian, H. K., & Weismer, G. (1997). A speaking task analysis of the dysarthria

- in cerebellar disease. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, **49**(2), 63-82.
- Kent, R. D., Kent, J. F., Weismer, G., Martin, R., Sufit, R. L., Brooks, B. R., & Rosenbek, J. C. (1989). Relationships between speech intelligibility and the slope of second formant transitions in dysarthric subjects. *Clinical Linguistic and Phonetics*, **3**, 347-358.
- Kent, R. D., Miolo, G., & Bloedel, S. (1994). The intelligibility of children's speech: A review of evaluation procedures. *American Journal of Speech-Language Pathology*, **3**, 81-95.
- Kent, R. D., Netsell, R., & Abbs, J. H. (1978). Articulatory abnormalities in athetoid cerebral palsy. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, **43**, 353-373.
- Kent, R. D., Weismer, G., Kent, J. F., & Rosenbek, J. C. (1989). Toward explanatory intelligibility testing in dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, **54**, 482-499.
- Kuhl, P. K. (1991). Human adults and human infants show a "perceptual magnet effect" for prototypes of speech categories, monkeys do not. *Perception and Psychophysics*, **50**, 93-107.
- Kuhl, P. K., Andruski, J. E., Chistovich, I. A., Chistovich, L. A., Kozhevnikova, E.V., Ryskina, V. L. et al. (1997). Cross-language analysis of phonetic units in language addressed to infants. *Science*, **277**, 684-686.
- Liu, H. M., Kuhl, P. K., & Tsao, F. M. (2003). Examining the association between mothers' speech clarity and infants' speech perception skill. *Developmental Science*, **6**(3), F1-F10.
- Liu, H. M., Tseng, C. H., & Tsao, F. M. (2000). Perceptual and acoustic analysis of speech intelligibility in Mandarin-speaking young adults with cerebral palsy. *Clinical Linguistics and Phonetics*, **14**, 447-464.
- McDonald, E. T. (1987). Cerebral palsy: Its nature, pathogenesis, and management. In E T. McDonald (Ed.), *Treating cerebral palsy* (pp. 1-19). Austin, TX: PRO-ED.
- Metz, D., Samar, V., Schiavetti, N., Sitler, R., & Whitehead, R. (1985). Acoustic deminsions of hearing-impaired speakers' intelligibility. *Journal of Speech and Hearing Research*, **28**, 345-355.
- Neilson, P. D., & O'Dwyer, N. J. (1981). Pathophysiology of dysarthria in cerebral palsy. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, **44**(11), 1013-1019.
- Osberger, M. J. (1992). Speech intelligibility in the hearing impaired: Research and clinical implications. In R. D. Kent (Ed.), *Intelligibility in speech disorders: theory, measurement and management* (pp. 11-34). (Amsterdam: The Netherlands: John Benjamins).
- Peterson, G., & Barney, H. (1952). Control methods used in a study of the vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **24**, 175-184.
- Pisoni, D. B. (1973). Auditory and phonetic memory codes in the discrimination of consonants and vowels. *Perception and Psychophysics*, **13**, 253-260.
- Platt, L. J., Andrews, G., & Howie, P. M. (1980). Dysarthria of adult cerebral palsy: II. phonemic analysis of articula-

- tion errors. *Journal of Speech and Hearing Research*, *23*, 41-55.
- Platt, L. J., Andrews, G., Young, M., & Quinn, P. T. (1980). Dysarthria of adult cerebral palsy: I. intelligibility and articulatory impairment. *Journal of Speech and Hearing Research*, *23*, 28-40.
- Riddel, J., McCauley, R. J., Mulligan, M., & Tandan, R. (1995). Intelligibility and phonetic contrast errors in highly intelligible speakers with amyotrophic lateral sclerosis. *Journal of Speech and Hearing Research*, *38*, 304-314.
- Scherzer, A. L., & Tscharnuter, I. (1990). *Early diagnosis and therapy in cerebral palsy: A primer on infant developmental problems* (2nd ed. rev. and exp ed.). New York: Marcel Dekker.
- Schiavetti, N. (1992). Scaling procedures for the measurement of speech intelligibility. In R. D. Kent (Ed.), *Intelligibility in speech disorders: Theory, measurement, and management* (pp. 67-118). Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins.
- Stevens, K. N. (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Turner, G. S., Tiaden, K., & Weismer, G. (1995). The influence of speaking rate of vowel space and speech intelligibility for individuals with Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Journal of Speech and Hearing Research*, *38*, 1001-1013.
- Weismer, G., & Martin, R. E. (1992). Acoustic and perceptual approaches to the study of intelligibility. In R. D. Kent (Ed.), *Intelligibility in speech disorders: Theory, measurement, and management* (pp. 67-118). (Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins).
- Weismer, G., Jeng, J.-Y., Laures, J. S., Kent, R. D., & Kent, J. F. (2001). Acoustic and intelligibility characteristics of sentence production in neurogenic speech disorders. *Folia Phonetica et Logopaedica*, *53*, 1-18.
- Whitehill, T. L., & Ciocca, V. (2000). Perceptual-phonetic predictors of single-word intelligibility: A study of Cantonese dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Research*, *43*, 1451-1465.
- Yorkston, K. M., Dowden, P. A., & Beukelman, D. R. (1992). Intelligibility measurement as a tool in the clinical management of dysarthric speakers. In R. D. Kent (Ed.), *Intelligibility in speech disorders: Theory, measurement and management* (pp.265-285). Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins.
- Yorkston, K. M., Strand, E. A., & Kennedy, M. R. T. (1996). Comprehensibility of dysarthric speech: Implications for assessment and treatment planning. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *5*(1), 55-66.
- Ziegler, W., & von Cramon, D. (1986). Spastic dysarthria after acquired brain injury: An acoustic study. *British Journal of Disorders of Communication*, *21*, 173-188.
- Ziegler, W., & von Cramon, D. (1983). Vowel distortion in traumatic dysarthria: A formant study. *Phonetica*, *40*, 63-78.

THE ASSOCIATION BETWEEN VOWEL WORKING SPACE AND SPEECH INTELLIGIBILITY IN MANDARIN- SPEAKING YOUNG ADULTS WITH CEREBRAL PALSY

Huei-Mei Liu

Department of Special Education, National Taiwan Normal University

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the association between the vowel working space and speech intelligibility using both acoustic analysis and perceptual approaches. Twenty Mandarin-speaking young adults with cerebral palsy served as the subjects. In speech recordings, subjects read 18 bisyllabic words containing the corner vowels /i/, /a/, and /u/ using their habitual speaking rate and intensity. Each speaker's word was transcribed by three normal listeners during the item identification task and the average percentage of correct vowel identifications were used to indicate the speech intelligibility for individual cerebral-palsied speakers. For the acoustic analysis, the vowel space area on first(F1) and second(F2) formant plane of the corner vowels were determined from words produced by 20 speakers with cerebral palsy and 10 age-matched normal speakers. Results revealed that vowel space area of the speakers with cerebral palsy was significantly smaller than those of their controls. Positive correlation was obtained between vowel area and the speech intelligibility ($r = .612, p < .01$). Results suggest that the restricted vowel working space may adversely affect speech intelligibility for speakers with cerebral palsy. The vowel working space area could be an effective measure of assessing speech intelligibility and also one of the speech treatment targets for cerebral-palsied speakers.

Key words: cerebral palsy, speech intelligibility, vowel, vowel space, dysarthria