學習障礙兒童對華語捲舌音特徵的聽知覺辨識

The Auditory Identification of Mandarin Retroflex Features for Children with Learning Disabilities

doi:10.6172/BSE201107.3602002

特殊教育研究學刊, 36(2), 2011

Bulletin of Special Education, 36(2), 2011

作者/Author： 鄭靜宜(Jing-Yi Jeng)

頁數/Page： 27-50

出版日期/Publication Date：2011/07

特殊教育研究學刊
民 100，36 卷 2 期，27-50 頁

學習障礙兒童對華語捲舌音特徵的聽知覺辨識

鄭靜宜
高雄師範大學聽語所副教授

華語中有三對捲舌音對比。在聲學方面，捲舌音對比的不同主要在於噪音頻譜型態的差異，學習障礙兒童對於捲舌音對比聽覺區辨是否異於一般兒童？本研究目的在比較學習障礙兒童和一般學童對於華語捲舌音特徵的聽知覺辨識，並探討和捲舌音判斷有關的聲學頻譜參數。共計有六十位兒童參與聽覺實驗，兒童的年齡範圍分佈由九歲到十二歲，其中三十位兒童具有學習障礙，三十位無學習障礙兒童為控制組。在第一項作業中兒童需判斷所聽到的華語單音節是否為捲舌音，在第二項作業中判斷雙音節詞中的第一音節是否為捲舌音。結果顯示無論是對單音節詞或是雙音節詞語音刺激，學習障礙兒童的捲舌判斷正確率皆顯著低於一般兒童，尤其對不捲舌語音刺激的誤判率較高。根據兒童捲舌判斷的反應分析刺激項噪音之聲學頻譜動差參數，發現學障組在四個動差參數上皆有對比性減弱的趨勢，顯示學障兒童對於語音噪音段能量的頻譜型態辨識能力較弱。多元迴歸分析的結果顯示控制組的反應在頻譜重心頻率（M1）變項上具有最大的解釋量，而在學障組也是以 M1 有最大的解釋量，但解釋量的大小卻遠不及控制組。由於捲舌音對比在聲學上主要的差異是噪音位在頻譜頻帶的分布型態，推論學障兒童在聽知覺上較無法掌握語音中噪音頻譜的頻率重心特徵。

關鍵詞：捲舌音、學習障礙、聽覺辨識、頻譜、動差分析

前言

捲舌音對比是華語的特色之一，捲舌音又稱翹舌音，華語中共有四個捲舌子音：/ʂ/（ㄕ）、/tʂ/ (ㄓ)、/ tʂʰ/（ㄔ）、/ʐ/（ㄖ）。捲舌音是華語音素中較為困難的語音，通常是一般兒童音素發展進程中最慢出現的語音類別，也是較容易出現構音錯誤的語音。捲舌音構音時，需要將舌頭前部往上翹起，舌尖抬起或略捲起靠近上硬顎前部的位置，使得舌尖或舌尖背與上硬顎形成一個氣流的壓縮區，高速氣流擠壓通過時產生高頻摩擦噪音，而具有特殊的聽覺聲學特質。捲舌音的構音位置介於較齒槽音位置為後方以及硬顎音的前方，構音位置是介於在齒槽和上硬顎之間的齒槽後前硬顎位置。華語中三對摩擦音和塞擦音的捲舌/不捲舌音對比，它們各是：ㄕ/ㄙ、ㄓ/ㄗ、和ㄔ/ㄘ對比。這些對比（捲舌/不捲舌音）之間在構音方式上是一致的，不同是構音位置（place of articulation）的差異，捲舌音的構音位置會比不捲舌音的構音位置略為後方。語音在構音位置差異上的特徵往往表現在頻譜頻率的分佈上。由於捲舌音的構音位置是位於齒槽後方附近，產生整體摩擦噪音頻率會較齒槽位置的音略低，但會比上顎位置的摩擦音的噪音頻率為高。在時長方面，捲舌對比音之間噪音時長差異不大(鄭靜宜，2006)，捲舌對比音主要的差異是在頻譜的頻率分佈型態特徵，而非時間向度的差異。華語的捲舌音不僅構音動作較困難，捲舌音對比間在聲學上的頻譜特徵差異較細微，使得對比音之間較難區辨。兒童在語文學習的過程中捲舌音對比區辨的困難是常見的問題。無論在研究（胡永崇，2001；張顯達，2000）或是學校中的教學活動（吳月瑛、邱瑜萱，2004）常發現許多兒童無法覺察捲舌音的特徵和區辨捲舌音對比。事實上，不僅僅是兒童，不少成人對於捲舌音對比的區分也仍有困難，鄭靜宜（2009）研究中發現在台灣一般成人對於單音節捲舌音的對比區辨的正確率為78%，正確率其實不如華語其他語音類別，其他類別通常可以有 90% 以上的辨識正確率（Jeng, 2000）。可見，捲舌音特徵的覺察應屬於華語語音辨識中難度較高的，捲舌音特徵的覺察或可成為華語語音辨識能力的指標之一，對於此語音特徵的辨識情形有必要加以探究。

何以捲舌音對比的區分相較於其他語音區辨會較困難呢？由於華語的捲舌子音屬於摩擦音和塞擦音，在聲學上屬於高頻噪音（noise），且在音強方面，比起母音捲舌子音相對地弱了許多。在聽知覺上，帶給聽者的感受力相對地也較弱，且它們在語音中很容易和背景中的噪音混在一起，在日常實際情境下通常較難辨識。語音對比的聽知覺區辨是個體在知覺層次上能辨認察覺兩類音的不同，由於捲舌音對比的不同主要是在頻譜頻率上的差異，聽辨者需有良好的頻率解析能力才能正確地區辨兩群對比音。因此，相較於其他語音對比（如送氣／不送氣或鼻音／塞音對比），捲舌音對比的辨別相對地是較困難的。

對於語言能力尚在發展的兒童而言，捲舌音對比的區辨能力和成人相較，差距有多少呢？雖然研究（Eimas, Siqueland, Jusczyk, & Vigorito, 1971; Werker & Tees, 2002）發現嬰兒已經可區辨一些語音對比（如塞音的有聲/無聲），但語音知覺的發展其實和語音的製造一樣，也是需歷經數年的時間發展成熟。Bernthal 和 Bankson（2004）即指出兒童對於有些較難的語音對比區辨會遲至三歲或年齡更大之後才逐漸學會。張顯達（2000）評估二十位年齡三到四歲的兒童在國語輔音聽辨與發音能力，發現兒童聽辨與發音能力呈同步漸進的趨勢，兒童語音區辨的正確率和構音正確率之間有正相關。在語音的聽辨部分，他發現三到

四歲兒童最困難區辨的三組語音對比是/ts-tʂ/、/f-x/以及/s-ʂ/，區辨正確率約在 40%-75%之間，而這最困難區辨三組對比中有二組為捲舌音對比，可見捲舌音對比的聽覺區分對於三、四歲年齡較小的兒童是有困難的。然而，對於年齡較大的學齡兒童而言，捲舌音特徵的辨識情形又是如何呢？對於這種辨識比較困難的語音，學習障礙兒童和一般兒童相較是否會有所差異呢？在聽知覺方面，學習障礙者對於語音中較細微特徵（如捲舌音特徵）的覺察是否存有缺陷呢？

一、學習障礙者的語音聽知覺

「學習障礙」是指智能正常的個體在學習聽、說、讀、寫、算方面的表現顯著不如正常同齡群體。學習障礙者大多數具有閱讀障礙，過去許多研究顯示多數閱讀障礙者在聽知覺處理方面存在著缺陷，許多有關學障者語音知覺方面的研究（Goswami, Fosker, Huss, Mead, & Szűcs, 2011; Goswami, Wang, Cruz, Fosker, Nead, & Huss, 2011; Jerger, Martin, & Jerger, 1987; McNutt & Li, 1980; Ollo, 1985; Pressman, Roche, Davey, & Firestone, 1986; Tallal, 1980; Tallal, Merzenich, Miller, & Jenkins, 1998; Troia, 2003; Waber, Weiler, Wolff, Bellinger, Marcus, & Ariel, 2001; Walker, Shinn, Cranford, Givens, & Holbert, 2002）顯示學障者的聽知覺判斷表現不如年齡相近的控制組。例如 Tallal（1980）指出閱讀障礙兒童在聽覺上處理快速頻譜動態性的語音特徵方面有缺陷存在，以至造成在音韻覺知和閱讀理解方面表現較不理想（Tallal, 1980），而快速頻譜動態性的語音特徵是指介於子音和母音間的共振峰轉折（formant transition）。通常共振峰轉折段的時長較短暫，但此段音段同時攜帶著子音和母音的特徵訊息。學障兒童由於無法在瞬時之間捕捉此訊息而造成音節辨識的困難。另有一些研究者（Corriveau, Goswami, & Thomson, 2010; Goswami, Wang, Cruz, Fosker, Nead, & Huss, 2011; Richardson, Thomson, Scott, & Goswami, 2004）發現和普通閱讀者相比，閱障者對於聲音的振幅外包輪廓（amplitude envelope）之增強時長（rise time）變化較不敏感，認為增強時長的偵測是影響聽者語音辨識和音韻表徵形成的重要因素，而此線索的辨識也和語言的韻律知覺息息相關。音韻處理障礙本身可能來自於較無效率的語音知覺分析能力，或是音韻表徵的形成與轉換能力較弱，導致對於文字符號的音韻覺知困難，影響閱讀理解的流暢與效能。簡言之，這些研究皆發現學障組和正常控制在聽知覺反應上的差異，推論學障者因無法掌握某些聲學線索訊息而導致語音辨識困難，進而影響音韻表徵的形成，阻礙文字符號表徵的連結運作，並推論這些有關的聽知覺缺陷可能是造成音韻覺識和識字困難的主因。

對於語音訊息的分析可大致可分為對於時間向度和頻率向度的處理，到底學習障礙者在處理語音的聽覺心理歷程存在著何種缺陷呢？這些缺陷是屬於時間解析方面的或是頻率解析方面上的問題呢？抑或是兩者皆有呢？Walker 等人（2002）發現有閱讀障礙的大學生在純音的區辨的「時序作業」中錯誤率顯著較高，但在「純音頻率型態」的區辨上表現雖較控制組差，但並未達統計顯著差異，他們並發現閱讀能力和聽覺時序處理能力之間有顯著的相關（Walker et al., 2002），此研究清楚地顯示閱讀障礙者在聽覺處理聲音時長辨別的缺陷，即閱讀障礙者有聽覺時間處理方面的問題。然而，由於該研究的組內受試人數較少，兩組各只有九名受試者，對於結果的推論畢竟還是有限。然事實上，也有許多其他的研究（Hautus, Setchell, Waldie, & Kirk, 2003; McNutt & Li, 1980）指出閱障者在聽覺時序方面處理的問題，如 Hautus 等人（2003）發現發展性失讀

（developmental dyslexia）的個體在知覺的精確計時（timing）能力方面失調，六歲至九歲的閱障組在聽覺時間敏銳度測試的表現顯著不如同齡的控制組，但在十歲至十一歲閱障組以及成年組卻無此現象。他們認為聽知覺上的時間解析度會隨年齡增進，然而因為出現在發展早期的聽處理缺陷，會和音韻處理有所牽連，進而會影響其文字辨識和閱讀能力的發展。

之後陸續又有多個研究提出學習障礙兒童在聽知覺方面的特異性，這些研究探究學習障礙者語音處理的缺陷屬於時間面向處理的問題？亦或是語音頻率處理的缺陷？例如有 Waber 等人（2001）研究結果顯示七至十一歲學障兒童在非語音刺激的區辨作業中錯誤率較高，但對於時間較短暫的刺激，學障兒童和一般兒童的表現形態相似，兩群體並無顯著差異，因此認為學障兒童是整體上對於聽覺刺激的神經處理較無效率，而非只有對特定快速變化刺激的處理上較弱而已（Waber et al., 2001）。此外，有研究者（Montgomery, Morris, Sevcik, & Clarkson, 2005）發現閱障兒童（七至十歲）在聽覺遮蔽閾限測試中主要在後向帶通噪音（backward-bandpass noise）和後向凹切噪音情況（backward notched-noise conditions）的表現不如正常組，噪音的存在會嚴重影響閱障兒童的聽閾值，認為閱障者在聽覺處理的問題不只是在時序（temporal）方面而已，在聲音頻譜（包括頻率和時間）方面的處理也存在著缺陷。一些語音研究（Bradlow, Kraus, & Hayes, 2003）顯示學習障礙兒童在噪音情境下對於句子語音聽知覺辨識較控制組為差，顯示學習障礙兒童受噪音的影響比控制組兒童為大，尤其句子語音出現於在低信噪比（signal-to-noise ratio）的情況時，雖然兩組皆受到影響，但以學習障礙兒童受到的干擾較強。由於華語捲舌音對比的語音是屬於高頻噪音，在語音中很容易被背景噪音所遮蔽，而較不明顯，在辨識時需要良好的知覺上圖像－背景（figure-background）分離的能力。對於噪音的知覺處理一向不佳的學習障礙者而言對於捲舌音特徵的辨識是否會有困難呢？。

對於語音信號處理最明顯的現象是類別化感知（categorical perception）的性質（Liberman, Cooper, Shankweiler, & Studdert-Kennedy, 1967; Lisker & Abramson, 1964; Repp, 1984），即對於語音刺激在知覺層次會迅速自動化歸類處理。知覺所歸的類別則是依照該個體慣用的語音語言系統而異，將物理聲學信號轉換為語音音素表徵。許多研究已發現閱讀障礙者有較弱的語音類別化感知能力（Breier, Fletch, Denton, & Gray, 2004）。例如 Godfrey、Syrdal-Lasky、Millay 和 Knox（1981）發現閱讀障礙兒童的語音類別辨識曲線型態比起正常組的較為平坦，尤其在語音類別邊界處並無典型的急遽陡峭曲線型態，而且對於跨類別的語音刺激之區辨反應亦不佳，推論閱讀障礙者的語音類別知覺處理有缺陷。Joanisse、Manis、Keating 和 Seidenbeerg（2000）發現語言異常組的閱障者（同時具音韻技能和口語遲緩者）的語音類別感知反應較差，而單純音韻技能異常的閱障組和發展遲緩組的反應則在正常範圍內。Maassen、Groenen、Crul、Assman-Hulsmans 和 Gabreëls（2001）調查閱讀障礙兒童對有聲（voicing）以及構音部位的語音類別感知，比較閱讀障礙兒童和同年齡控制組以及同閱讀水準控制組，發現三組受試者在構音部位的類別辨識曲線坡度並無不同，但閱讀障礙者在有聲語音的類別辨識曲線坡度卻較緩，顯示閱障者對於有聲／無聲子音對比的辨認和覺察有其困難。此外，他們還發現閱讀障礙者在分辨作業中，無論是對於有聲或是構音部位的語音類別區辨表現皆不如其他兩組控制組，而且他們無論是對跨類別或是類別內的刺激組區辨反應皆不佳。Breier 等人（2004）使用有連續 VOT

變化的/ga/-/ka/刺激，發現閱讀困難兒童對於跨類別界線的 VOT 變化不若一般兒童敏感，對於非語音的純音刺激反應雖較語音刺激的表現稍好，但也較一般兒童的表現為差。他們認為閱讀困難兒童較不注意有關語音類別界線的聲學線索，忽略了重要的語音對比線索而導致較無效率的音韻處理。以上這些研究皆顯示學障兒童對於語音類別性的區分和辨識有其缺陷存在。華語捲舌音和不捲舌音的區辨亦屬於語音的類別感知，聽者需要區分出捲舌音類和不捲舌音類。此外，華語捲舌音對比有摩擦音、送氣塞擦音和不送氣塞擦音三種，三類語音在噪音時長方面有明顯的差異，摩擦音的噪音時長會長於送氣塞擦音，而送氣塞擦音之噪音時長會長於不送氣塞擦音（鄭靜宜，2006）。學障兒童對於這三類捲舌對比的正確率是否會有所差異？對於時長較短的不送氣塞擦音是否會更感困難？學障者對於捲舌音的對比區辨困難是屬於時間向度方面的問題，亦或是頻率向度的問題呢？

由以上的研究可知對於無論對於非語音或語音的聽覺區辨，學習障礙者的表現皆較一般兒童為弱，而且對於語音快速變化的線索或是受到噪音遮蔽的語音，學習障礙者特別會受到影響。學障兒童對於噪音訊號處理的困難是否會導致對於高頻噪音語音，如捲舌音和不捲舌音的區辨造成阻礙呢？學習障礙兒童是否可達成對於語音中噪音段的處理或捲舌音特徵的辨識呢？本研究調查國小學習障礙兒童在區辨華語捲舌音對比的困難，比較學習障礙兒童和無學障的普通兒童（控制組）對於單音節詞和雙音節詞中的捲舌音特徵覺察能力差異，並探討語音聲學頻譜特徵差異和兩組兒童反應間的關係。

二、捲舌音的聲學頻譜特徵

華語捲舌音在頻譜圖通常呈現的是一段明顯的高頻非週期波（噪音）。在聲學上，捲舌音和齒槽音（不捲舌音）之間主要的差異是在於噪音集中的頻率區域範圍的不同。捲舌音的噪音能量集中區範圍通常較不捲舌音的為低，且捲舌音擦噪音下限的頻率較不捲舌音的為低。謝國平（1998）曾調查臺灣年輕人在閱讀短文時的捲舌音對比的聲學特徵，他測量擦噪音強度集中區的下限頻率，發現就摩擦噪音下限頻率此變項而言，臺灣年輕人ㄓ與ㄗ說話時並無對比差異，但其他兩組對比之間（ㄔ與ㄘ、ㄕ與ㄙ對比）仍舊維持著聲學上的差異。在時長方面，鄭靜宜（2006）曾測量一般成人雙音節讀詞時捲舌音對比的噪音時長，雖然捲舌音噪音時長顯著稍短於不捲舌音，但平均差距只有五毫秒，整體上這些音的平均噪音時長約有 100 毫秒之多，且因為音段時長容易受語速影響，而認為捲舌音對比兩類語音在噪音時長方面其實差異不大。

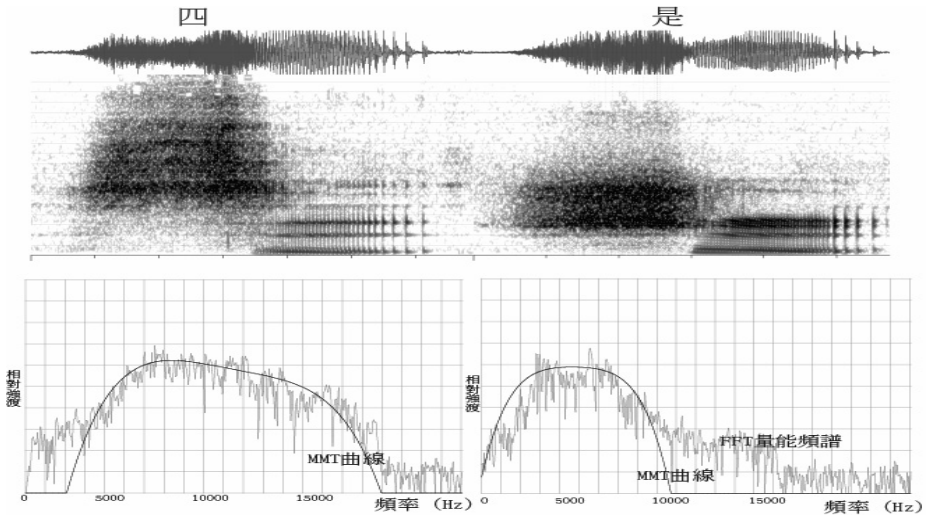
頻譜動差分析（spectral moments analysis）可呈現聲音能量在頻率向度上分佈的型態，它是將摩擦噪音做 FFT（fast Fourier transformation）分析後產生的量能頻譜（spectrum）曲線做統計分佈的動差運算，換句話說是將噪音能量的頻率能量分佈（即頻譜，以頻率為橫軸，音強為縱軸）視為一種統計機率分配曲線（例如像常態分佈曲線），經由演算可得到四個統計動差參數，分別是 M1、M2、M3 與 M4。四個頻譜動差參數中第一動差（M1）是平均數，代表頻譜能量的重心頻率；第二動差（M2）是標準差，代表頻譜能量的分散性大小；第三動差（M3）是偏態，代表頻譜的傾斜性（spectral tilt）；第四動差（M4）是峰度，代表頻譜的頂峰尖聳性（Kent & Read, 2002）。簡言之，頻譜動差分析是將噪音音段的頻譜特徵量化的方法之一，可將噪音音段的頻譜特徵簡單地量化為四個頻譜動差參數。

目前頻譜動差分析已被廣泛運用於語音的

塞音、摩擦音和塞擦音分析方面的研究（Avery & Liss, 1996; Forrest, Weismer, Hodge, Dinnsen, & Elbert, 1990; Forrest, Weismer, Milenkovic, & Dougall, 1988; Jongman, Wayland, & Wong, 2000; Shriberg, Kent, Karlsson, McSweeny, Nadler, & Brown, 2003; Tjaden & Turner, 1997）。如 Forrest 等人（1988）使用頻譜動差分析詞首無聲塞音與擦音，結果發現動差參數可區分三個不同構音部位的無聲塞音，正確率達 80% 以上。之後 Forrest 等人（1990）還使用動差參數分析音韻異常兒童的無聲塞音/t, k/，發現語音對比區分和動差參數之間的對應關係。Jongman 等人（2000）也使用頻譜動差分析區辨不同構音部位的摩擦音，得到相當高的區分正確率。Shriberg 等人（2003）測量患中耳炎言語遲緩兒童，發現他們的齒槽塞音和嘶擦噪音的第一動差（M1）較一般兒童的為低，這和他們的語音後置音化有關，導致語音清晰度降低，並指出動差分析參數可作為後置音化診斷的聲學指標。簡言之，動差分析是將語音音段的時間斷面的頻譜視為一種統計的分布圖，使用動差參數描述頻譜能量分配的情形，四個動差參數分別可描述噪音能量分配的平均頻率、散佈性、偏斜性與尖聳性。

聲學分析工具 *TF32*（Milenkovic, 2004）提供頻譜動差分析的功能，把每十毫秒區段的噪音量能頻譜視為一種統計分配曲線，進行四個動差參數的分析。圖一為 *TF32* 對「四」和「是」音節的摩擦噪音音段的 FFT 量能頻譜以及動差參數曲線，動差分析所得的動差模式曲線大致吻合地罩在 FFT 曲線上，動差分析對於摩擦噪音的量能頻譜有良好的預測功能。由圖一也可見到同為塞擦音的「四」和「是」音，捲舌的「是」音的頻譜重心較低。鄭靜宜（2006）比較台灣的華語說話者捲舌音和不捲舌音的噪音音段頻譜動差參數，發現和不捲舌音相較，捲舌音具有較小的 M1 和 M4 以及較大的 M2 和 M3，亦即捲舌音的頻譜重心頻率較低，能量分佈較散，峰態較平坦。其中 M1 是區分捲舌音和不捲舌音最為有效的聲學指標，捲舌程度愈高，則 M1 愈低。

本研究的主要目的在於探討學障兒童和一般兒童對於捲舌音特徵聽覺辨識的能力，比較



圖一　左、右兩圖各為不捲舌「四」音（左）和捲舌「是」音（右）的摩擦音段的 FFT 量能頻譜與動差參數曲線。

學習障礙兒童和一般兒童在聽知覺區辨華語單音節詞和雙音節詞中捲舌音與不捲舌音的差異。此外，並分析有關的聲學參數（四個頻譜動差參數）和這些聽者捲舌音對比區辨反應之間的關係，推論兩組兒童用以判斷區分捲舌音對比的聲學根據的差異。

方法

一、參與者

參與者共計有六十名國小兒童，其中三十位為具有學習障礙的兒童（21 位男性，9 位女性），另有三十位兒童無學習障礙（21 位男性，9 位女性），為控制組。學障組學生是來自台南市十二所普通國小的學習障礙資源班，這些學生皆經由台南市教育局特教學障鑑定小組鑑定具有學習障礙（經多種的測驗鑑定：魏氏智力量表、中文年級認字量表、國民中小學學習行為特徵檢核表、閱讀理解困難篩選測驗、基礎數學概念評量等），他們的智力皆在正常範圍內（魏氏智力測驗全量表分數在 80 分以上），並在學校內接受學習障礙資源班的抽離式輔導。另三十位控制組兒童，是根據學習障礙學生組的班級於其同班學生中以座號隨機抽取的同性別無學障情形的同學。參與者皆排除其他特殊需求的障礙學生，如智能、聽覺、視覺、自閉症、情緒等障礙學生。參與者的年齡範圍由九至十二歲，學障組平均年齡為 10.23 歲，標準差為 0.90；控制組平均年齡為 10.30 歲，標準差為 0.99。全體參與的兒童皆會說流利的華語，且他們的智力、視力與聽力皆在正常範圍內，且無已知的神經性疾患。

二、語音刺激材料

實驗作業包括兩部分，第一部份使用的語音刺激是單音節（見附錄一），第二部份使用雙音節詞刺激（見附錄二）。所使用單音節刺激來自 27 對最小音素對比音節，音節首皆含捲舌對比音素，且這些單音節在華語中皆為有意義的詞音，唯華語中同音異義音節眾多，無法確定真切的詞義。這些語音刺激材料採用自鄭靜宜（2009）研究，唯由於原實驗刺激項較多（207 個），為避免造成兒童的疲累、厭煩等反效果，將原研究刺激項數目減少，主要是刪減一些介於捲舌音和不捲舌音之間的模糊刺激項。本研究所使用的單音節刺激項共 170 個，其中有 42 個為不捲舌類的音、40 個稍捲舌類的音、25 個很捲舌類的音、25 個為檢驗雙音節詞的詞彙效果刺激、13 個為檢驗信度考驗重複刺激、25 個為練習刺激。這些語音刺激原始來自鄭靜宜（2006）研究中操弄說話者的捲舌程度所錄得的真人單音節語音（錄音取樣頻率 22.05kHz）。在錄音時要求說者製造很捲舌類刺激時構音有明顯的捲舌動作和捲舌音的聽覺感受；稍捲舌類音的捲舌程度則為介於不捲舌和很捲舌之間，稍捲舌刺激錄音時，說者盡量只具有些微的捲舌動作；說不捲舌音時則舌頭不能有上翹捲舌的動作。這些語音皆經過聲學動差分析（Milenkovic, 2003）和噪音時長的測量。表一列出單音節刺激的聲學數值，包括四個頻譜動差參數平均值和標準差以及刺激音節時長。

實驗的第二部份使用雙音節詞刺激，雙音節詞語音材料和鄭靜宜（2009）研究相同，這些刺激詞彙的第一個音節都含有捲舌音或不捲舌音，這些音節皆包含於第一部分材料中的單音節集合中。共計有 76 個雙音節詞刺激項，另有 15 個為練習刺激項。這些雙音節刺激是選自於鄭靜宜（2006）研究中的實驗一詞語朗讀錄得的捲舌對比詞語語音，這些刺激是來自於十三位台灣的女性說話者。選取的標準主要是根據第一動差參數（M1）的值，為了區分詞彙與聲學因素對聽者雙音節詞捲舌音判斷的影響，在選擇上盡量保持兩群刺激（捲舌/不捲舌）的 M1 值相當，不捲舌詞語 M1 的平均

表一　聽覺實驗使用三類捲舌程度單音節刺激的聲學數值（四個動差參數和音節時長平均）

捲舌程度		第一動差	第二動差	第三動差	第四動差	時長(ms)
不捲舌類	Mean	8.423	1.485	-0.821	1.933	456
	SD	0.96	0.50	0.69	2.98	82
稍捲舌類	Mean	6.301	1.943	0.500	-0.728	462
	SD	0.44	0.27	0.36	0.66	87
很捲舌類	Mean	5.254	2.118	1.023	0.022	442
	SD	0.59	0.39	0.55	1.35	81
全部刺激	Mean	6.889	1.804	0.104	0.492	455
	SD	1.48	0.48	0.95	2.33	83

值為 6.386 kHz，而捲舌詞語的 M1 平均值為 6.491 kHz。兩群詞語的 M1 相近，在聲學上兩類刺激是相似的，但就刺激項的詞語捲舌性而言，約有數量百分之六十的刺激項之第一個音節帶有捲舌性子音，百分之四十刺激項的第一個音節帶有不捲舌性子音。

三、程序

施測採個別的方式進行，使用筆記型電腦透過 DMDX（Forster & Forster, 2004）程式將個別語音刺激隨機依序呈現。施測場所皆選在學校中較為僻靜無人的教室中，實驗時受試者戴上隔音性佳的專業耳機（Sennheiser HD280），耳機音量調整以聽者認為清楚舒適的程度為準。

實驗分兩部分進行，第一部份為單音節詞捲舌音判斷，第二部份為雙音節詞的捲舌音判斷。為了避免疲勞因素，兩個作業之間有三至五分鐘的休息，作業之中每三十個刺激反應後皆有一些小停頓時間以供休息。進行的方式是請受試者逐一判斷所聽見的語音是否為捲舌類語音，並按鍵盤上貼有「捲舌」或「不捲舌」標示的按鍵做反應。聽者被告知當他聽清楚刺激音後，需要儘快判斷且按鍵作答，愈快愈好。聽者所聽到的刺激是由捲舌音的語音與不捲舌音的語音刺激隨機混合次序一一呈現。聽者按鍵後會有/bi/一聲回饋表示該題已經按鍵反應，之後約一秒鐘後會出現下一個語音刺激。若按鍵遲疑時間超過五秒則會自動跳到下一題，該題反應則不列入計算。對於受試者的反應正確性一律不提供回饋，除非是在練習階段。

在第二部分雙音節詞的作答方式大致和第一部份單音節的相同，判斷雙音節詞音的第一個音節是否捲舌。告訴聽者仔細聽詞語的第一個音節判斷是否為捲舌類語音。施測作答方式和單音節的相同，同樣是在鍵盤上做作捲舌與否的判斷，聽者所聽到的刺激是隨機混合順序的捲舌與不捲舌語音。

在每部分的正式作業前都有練習嘗試，施測前先向學生解釋華語捲舌音特徵以及作答方法，學生並需完成練習嘗試，第一部份作業有二十五題練習嘗試，第二部分作業有十五題練習。為了避免兒童盲目作答，若第一部份的練習題的正確率低於 50% 者，受試者需要重新做一次練習題。全體受試者中有二位兒童因練習嘗試正確率低於 50%，重做一次練習。對於一位兒童的施測程序大約需三十至四十分鐘左右完成。

結果與討論

一、聽者反應的信度考驗

在單音節的實驗刺激項中混有 13 個重複

測試刺激，檢驗受試者對於 13 個重複刺激的反應，分析前後次反應的一致性作為聽者反應的信度考驗。全體聽者前後兩次判斷為一致的比率平均 60.1%，其中控制組平均為 65.4%；學障組平均為 56.0%。這些聽者反應的前後一致性百分比有頗大的個別差異性，前後次反應的一致性的百分比範圍由百分之二十三到百分之一百，其中學障組有十位兒童在百分之五十以下，而控制組有七位在百分之五十以下；學障組有九位兒童反應一致性在百分之七十以上，而控制組則有十五位反應一致性在百分之七十以上。

二、單音節詞的捲舌判斷

計算兩組兒童對於三類不同捲舌程度刺激的判斷反應，由於三種捲舌程度刺激在數量上不太一致，比較以兩組兒童對該類刺激反應的次數百分比值為準。表二呈現兩組兒童對三類不同捲舌程度刺激（不捲舌、稍捲舌、很捲舌）的類別判斷總數量和百分比。卡方檢定顯示兩組對於三類刺激的兩種判斷反應個數皆達顯著差異，控制組：χ^2 (2, N=3210) = 203.06, p < .001；學障組：χ^2 (2, N＝3210) = 10.41, p <.01。

比較兩組反應上的差異，對於「不捲舌類」刺激的反應，兩組兒童的捲舌音反應比率差異達顯著，χ^2 (1, N=2520) = 48.46, p < .001，控制組有較多「不捲舌」反應；對於「很捲舌」類刺激的反應，兩組兒童的捲舌音反應比率差異亦達顯著，χ^2 (1, N=1500) = 21.21, p < .001，控制組有較多「捲舌」反應。對於「稍捲舌類」的刺激反應，兩組兒童的捲舌音反應比率皆約在 50%左右，兩組間差異未達顯著，χ^2 (1, N=2400) = .43, p = .51 。可見，兩組反應最大差異之處是對於「不捲舌音類」刺激，其次為「很捲音」類刺激，對於稍捲舌類的刺激則無差異。學障組兒童傾向將許多明顯是「不捲舌音類」的語音刺激認為是「有捲舌的」。

對於反應正確率的計算，因為「稍捲舌」類是介於捲舌音和不捲舌音類知覺界線的刺激，它們的「捲舌性」較為模糊，不納入「反應正確率」的計算中。將稍捲舌類刺激不計，兩組兒童對於特徵較明顯的不捲舌類和很捲舌類的刺激反應正確率是否不同呢？對於此兩類語音，控制組兒童的平均反應正確率為 66%（標準差 16%），而學障組的平均正確率為 52%（標準差 7%）；控制組的反應正確率範圍由 43%至 93%；學障組的反應正確率範圍由 40%至 72%。兩組間正確率的差異達顯著，t (58) = 4.13, p < .001，控制組兒童的判斷反應正確率顯著高於學障組，顯示學障組對於捲舌音特徵的區辨不如控制組兒童。由表二可見學障組對於「不捲舌」類的音有較多誤認為捲舌音的情形，但同時也有較多將「很捲舌」音誤認為「不捲舌」音的情形，顯示學障組對捲舌音特徵的識別不清，造成兩類音互相混淆的情形。

與成人相較，兒童的捲舌音判斷正確率是否較低？和鄭靜宜（2009）研究之實驗一中一般成人聽者反應比較（兩個實驗使用的刺激項大致相同，本實驗在刺激數量有略為減少），本研究中控制組兒童的捲舌音判斷正確率依舊是不及成人的。在該研究中成人知覺判斷的正確性在很捲舌和不捲舌兩類別的正確率為 78%，而在本研究中控制組兒童正確率卻較低，為 66%，而學障組的正確率更低，只有 52%。可見，對於捲舌音特徵的區辨，兒童還是不如成人敏銳，而學障兒童的表現和成人的之間差距又更大。

本研究控制組兒童的反應和成人組之間主要的不同的是在於對「稍捲舌音類」刺激的反應，不論是控制兒童組或是學障組兒童皆約有二分之一的「稍捲舌」刺激被判斷為不捲舌

類，另二分之一被判斷為「捲舌」；但成人方面，卻有較多「稍捲舌」刺激被判斷為「捲舌」，其中約有四分之三的比率被判斷為「捲舌」，可見成人對於「捲舌」音的特徵較為敏感。因此，和成人聽者相比，兩組兒童聽者對於「稍捲舌類」語音刺激之捲舌音特徵皆屬較不敏感，代表說話者構音時需有較為明顯的捲舌特徵才會被兒童聽者聽成具有捲舌音特徵的語音。由以上的分析可知，對於捲舌音特徵，兒童聽者的敏感度不若成人，而學障組又比控制組兒童更不敏感。

表二　兩組受試兒童對單音節刺激的捲舌性判斷（反應次數與百分比值）

聽覺反應			單音節刺激捲舌的程度			
			不捲舌類	稍捲舌類	很捲舌類	總計
控制組判斷	不捲舌	次數	827	594	249	1670
		百分比	66%	50%	33%	52%
	捲舌	次數	433	606	501	1540
		百分比	34%	50%	67%	48%
學障組判斷	不捲舌	次數	655	610	336	1601
		百分比	52%	51%	45%	50%
	捲舌	次數	605	590	414	1609
		百分比	48%	49%	55%	50%
全部		次數	1260	1200	750	3210
		百分比	100%	100%	100%	100%

兩組兒童對於三類語音類別（摩擦音、送氣塞擦音、不送氣塞擦音）的語音刺激捲舌性判斷正確率是否有差異呢？表三列出兩組受試兒童對三類語音類別（摩擦音、送氣塞擦音、不送氣塞擦音）單音節刺激的捲舌性判斷，包括反應次數和所佔的百分比。由於需要計算正確率，稍捲舌類音介於模糊地帶在此暫不列入計算，且由於兩組反應中皆各有些缺失值，造成反應總數略有差異。表中百分比值的計算是以一類語音中（如摩擦音類）的原本刺激捲舌性和判斷反應視為一整體為 100%，並據此計算正確率。卡方檢定顯示控制組對於三類語音類別刺激之捲舌與否兩類語音的兩種判斷反應個數達顯著差異，χ^2 (3, N=1996) = 197.18, p < .001；學障組則未達顯著差異，χ^2(3, N=1996) = 11.74, p >.01，顯示兩組間在三類語音對不捲舌音和很捲舌音的區辨反應有不同的情況。

若近一步比較兩組間的正確率差異在三類語音情況是否有所不同？對於摩擦音類的語音刺激，控制組的正確率為 66%，學障組為 53%；對於送氣塞擦音類的刺激，控制組的正確率為 68%，而學障組為 54%；不送氣塞擦音類的刺激，控制組的正確率為 65%，而學障組為 51%，對三類語音，學障組皆較控制組的正確率為低，且對三類語音兩組間反應的差距也相當一致，大約差距都在 13% 至 14%之間。但若仔細比較表三中各小細格可發現兩組之間差距較大的是對於不捲舌送氣塞擦音類。學障組兒童把較多「不捲舌送氣塞擦音」誤判為「捲舌」，但對於「很捲舌類送氣塞擦音」的反應比率情形則和控制組的情況相近。可見學障組在作捲舌音特徵的偵測時對於較具有動態頻譜的送氣塞擦音較易出現偽陽性的誤判，也就是傾向於把不捲舌的送氣塞擦音聽成有捲舌

的語音。推論學障組兒童或許可能在語音特徵的處理上有捲舌音特徵和送氣音特徵混淆的情形，或是在當有多重語音特徵出現時在處理上較會出現判斷的偏誤。

三、對雙音節詞捲舌音的判斷

分析兩組對雙音節詞的捲舌音判斷反應，表四列出兩組受試兒童對雙音節詞的知覺捲舌性判斷。卡方檢定顯示控制組對於兩類語音的兩種判斷反應個數有顯著差異，χ^2 (1, N=1980) = 181.36, p < .001，而學障組的反應則和機率水準間並無顯著不同，χ^2 (1, N=1980) =0 .03, p = 0.56。若單就以雙音節詞的第一音節的詞語捲舌性來定義捲舌判斷的正確性，對於捲舌和不捲舌的雙音節詞語，學障組的捲舌音判斷的正確率為 51%，低於控制組的 66%。學障組對於不捲舌詞類刺激的反應正確率較低，且有許多捲舌詞被判斷為「不捲舌」類。事實上，兩組對於雙音節詞的捲舌音判斷正確率和對單音節時的型態是很類似的。

表三　兩組受試兒童對三類語音類別單音節刺激的捲舌性判斷（反應次數與百分比值）

組別		摩擦音		送氣塞擦音		不送氣塞擦音	
		不捲舌	很捲舌	不捲舌	很捲舌	不捲舌	很捲舌
控制組判斷	不捲舌	318	55	213	60	286	131
		44 %	8 %	48 %	13 %	34%	16 %
	捲舌	188	154	84	88	160	259
		26 %	22 %	19 %	20 %	19 %	31 %
學障組判斷	不捲舌	258	87	150	56	204	169
		37 %	13 %	34 %	13 %	25 %	21 %
	捲舌	234	114	141	89	229	209
		34 %	16 %	32 %	20 %	28 %	26 %

表四　兩組受試兒童對雙音節刺激的知覺捲舌性判斷（反應次數與百分比值）

組別			語音詞語捲舌性		全部
			不捲舌詞類	捲舌詞類	
捲舌性知覺判斷	控制組	不捲舌	500	365	865
			25%	18%	44%
		捲舌	310	805	1115
			16%	41%	56%
	學障組	不捲舌	391	560	951
			20%	28%	48%
		捲舌	419	610	1029
			21%	31%	52%
	全部		810	1170	1980
			41%	59%	100%

四、雙音節的詞彙脈絡效果

為檢驗雙音節的詞彙效果，單音節刺激中有 25 個是由雙音節刺激所截切的第一音節，單、雙音節兩組刺激在第一音節部分是一模一樣的，觀察同一刺激出現在兩種狀況下（單音節詞 vs. 雙音節詞）聽者是否會改變「捲舌與否」的判斷。25 個詞語中依據詞彙的捲舌性，不捲舌和捲舌類約各佔一半。分析這 25 組捲舌反應百分比的差異絕對值，發現對於這些刺激的判斷為捲舌音的比例在控制組平均有 13.60%的改變量，在學障組改變量則顯著略小，平均改變量有 9.07%，而兩組之間對於這二十五個刺激的捲舌性改變量差異達顯著，*paired* $t(24) = 2.198$, $p = .038$。而這些判斷的差異乃是由於該單音節出現在雙音節詞中，加入了詞彙線索而受到的影響，乃來自於高層次詞彙的因素。

和鄭靜宜（2009）研究中成人聽者的反應相比較，兩組兒童受到雙音節詞彙脈絡的影響皆較成人為弱（成人平均有 15.57%的改變量），而學障組則更弱。可見在對於雙音節詞的第一音節作捲舌性判斷時會略受第二音節的影響，但是和成人的反應相較，兒童聽者受到的影響卻較小，而學障組受到的影響又更少。推論學障組可能在判斷語音的捲舌性時，對於來自高層次詞彙線索的整合能力較弱，或者也可能是由於個體本身對於詞彙捲舌的音韻概念不足，內在缺乏詞彙音韻的捲舌線索可供參照，因此受高層次詞彙線索的影響較少。

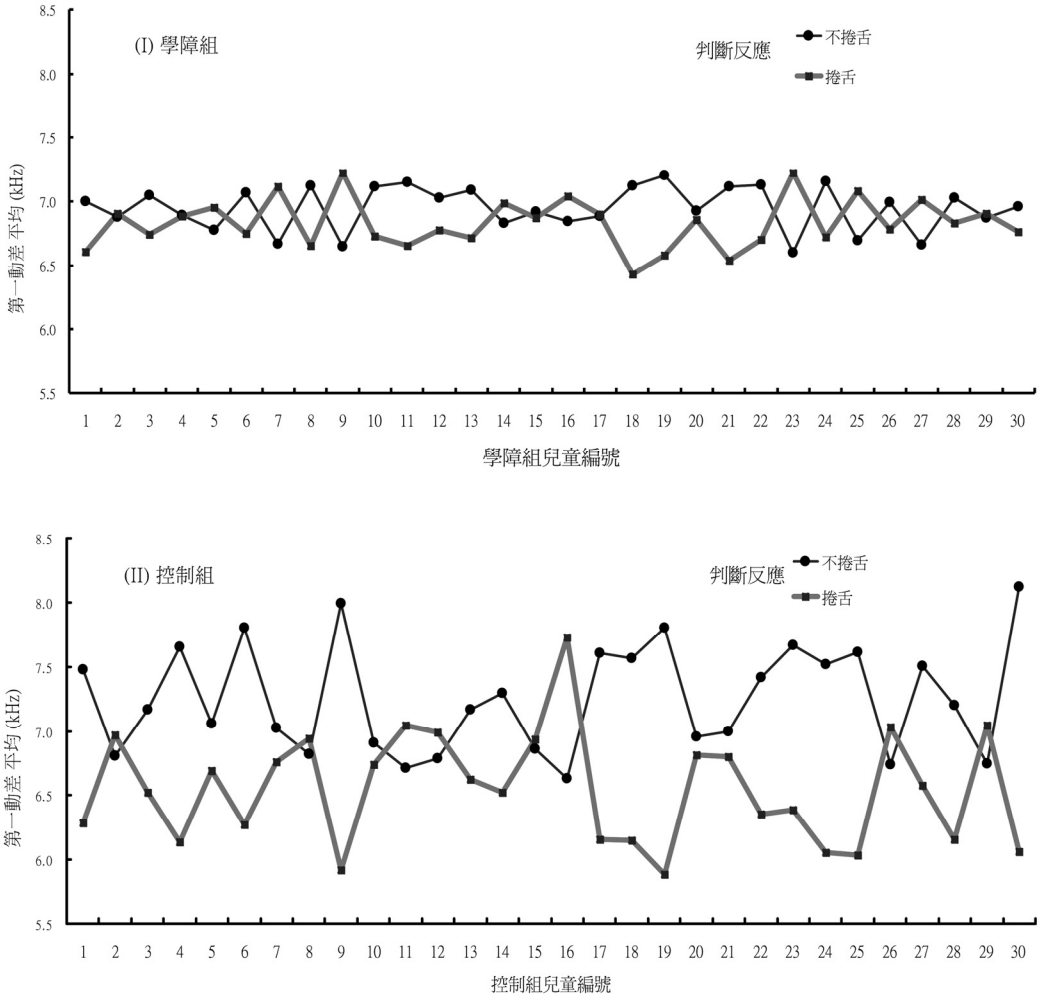
五、捲舌音判斷與噪音頻譜動差參數

若不論原始刺激的捲舌程度類別，根據兩組聽者的判斷反應將刺激作分類，再依此分類分析刺激的四個頻譜動差參數。依據兩組聽者捲舌音判斷將語音刺激分類得到兩類刺激（捲舌 vs.不捲舌）之四個動差參數平均值呈現於表五。可見到由控制組的判斷反應所得到的兩對比類別在動差參數上有明確的差異趨勢：捲舌音的 M1 較低於不捲舌音；捲舌音的 M2 較高於不捲舌音；捲舌音的 M3 較高於不捲舌音；捲舌音的 M4 較低於不捲舌音。控制組兒童的捲舌判斷反應和動差參數的相應趨勢皆符合預期，和鄭靜宜（2009）研究中的成人反應相近似。但在學障組方面，由兒童的判斷反應所算得捲舌對比兩類別在聲學動差參數上的差距不大，兩類之間在動差參數區分不明顯，在四個動差參數上顯現對比性有大幅減少的趨勢，並沒有如同控制組一般呈現出明顯的捲舌/不捲舌區別的型態。雖然就整體趨勢而言，兩組的趨勢是一致，但學障組反應的對比性減弱很多。以兩組兒童所做捲舌判斷的兩類語音刺激之動差參數差距值為依變項作兩組間的獨立樣本 t 考驗，結果顯示兩組間四個動差參數差距值（捲舌 vs.不捲舌）皆達顯著差異，M1 差距值：$t(58)=-3.55$, $p=.001$；M2 差距值：$t(58)=4.41$, $p<.001$；M3 差距值：$t(58)=3.51$, $p=.001$；M4 差距值：$t(58)=-3.94$, $p<.001$。學障組在四個參數上捲舌判斷類別間差距皆是顯著地小於控制組的差距，亦即控制組在四個參數上皆有明顯的捲舌/捲舌差距，而學障組則不明顯，推論這四個動差參數並不是學障組的捲舌判斷的依據。

圖二呈現兩組聽者的捲舌判斷的 M1 值資料，乃根據個別聽者對捲舌音分類的判斷所分兩類（捲舌和不捲舌）之刺激的平均 M1 值，其中圖二（I）為學障組資料，是學障組各個受試兒童根據其所判斷的捲舌和不捲舌兩類反應所得的平均 M1，和圖二（II）控制組相較，這兩條曲線在學障組是十分靠近的，可見

表五　根據兩組聽者捲舌判斷刺激分類之四個動差參數的平均數和標準差

組別		第一動差		第二動差		第三動差		第四動差	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
正常組	不捲舌	7.71	1.63	1.60	0.53	-0.4	1.05	1.66	2.84
	捲舌	6.70	1.72	1.86	0.54	0.18	1.06	0.71	2.28
學障組	不捲舌	7.34	1.72	1.71	0.54	-0.19	1.08	1.27	2.66
	捲舌	7.14	1.76	1.74	0.56	-0.08	1.10	1.17	2.62



圖二　根據個別聽者捲舌音分類判斷之刺激平均 M1 值，（I）為學障組，（II）為控制組

他們所判斷的兩類音之間在 M1 值方面的分化性很弱，甚至其中有十二位受試者判斷為「不捲舌音類」的刺激 M1 值甚至還低於「捲舌音類」。而在控制組這兩條曲線則較分開，而且判斷為「不捲舌音類」的刺激 M1 值普遍皆是較高於「捲舌音類」，除了七位受試者以外（如編號 2, 8, 11, 12, 16, 26, 29）。可見，雖然控制組中還是有少部分兒童在聽知覺上對 M1 的區分感受性不強，但大多數兒童的聽知覺對於 M1 是有所區分的，代表著他們有使用 M1 為線索來區辨捲舌對比。

整體而言，若單只就捲舌對比區分反應的 M1 值來比較兩組的差異，多數學障組兒童呈現無對比區分的型態，而多數控制組兒童的反應則在 M1 上有明顯的區分差異，且控制組的捲舌判斷大致符合一般華語語音聲學的頻譜重心頻率分佈的型態，捲舌音類頻譜重心較低，不捲舌音類頻譜重心較高。在學障組的反應則無此 M1 區分的特性，可見他們較不根據頻譜重心的頻率線索來作判斷，推論他們在聽知覺上對於頻譜重心的感受性較弱，且由於在圖二中顯示學障組捲舌/不捲舌類的 M1 界限頻率整體上是較低於控制組的 M1 界限頻率，似乎暗示著學障組對於高頻噪音信號區辨的缺陷，對於具有高頻噪音的語音信號在處理上有特定的困難存在。

鄭靜宜（2006）發現說者的構音捲舌程度和語音信號中的噪音頻譜動差之間有高相關，其中第一動差(M1)為整個摩擦噪音音段的重心頻率值，和捲舌動作有密切的關係，捲舌音因為舌位較後方（和齒槽音相比）使得共鳴頻率較低，M1 會較低，而鄭靜宜（2009）的研究發現在聽知覺上，成人聽者的捲舌音判斷和噪音音段的頻率動差參數存有顯著高或中相關，而四個動差參數中，以 M1 和捲舌音對比區辨的相關值最強（r = -0.80, p <.01)，而推論一般聽者對於有較低 M1 值的刺激傾向判斷為捲舌音。就本研究所使用的 107 個單音節刺激項，控制組兒童判斷捲舌反應比率和刺激項的 M1 呈顯著負相關，相關值達 -0.66 (p <.01)，而學障組的相關則較低，只達 -0.24 (p <.05)。和成人研究的資料相比（鄭靜宜，2009），成人捲舌判斷和刺激項 M1 的相關值比較高。若單就對兩個研究中共同具有的 107 個刺激項的捲舌判斷比率求兩兩相關，兒童控制組和成人組的反應相關值達 0.74 (p <.01)，但學障組和成人組的相關只有 0.24 (p <.05)，可見成人組和兒童控制組的反應較相近似，但學障組的反應則和成人組的較不同。表六列出 107 個刺激項的四個動差參數和兩組兒童以及成人研究的回答捲舌比率的兩兩相關值。

表六　刺激項的四個動差參數和兩組兒童以及成人研究的捲舌反應比率的相關值

	第一動差	第二動差	第三動差	第四動差	控制組	學障組	成人研究
第一動差	1	-.61 (**)	-.93 (**)	.47 (**)	-.66 (**)	-.24 (*)	-.80 (**)
第二動差	-.61 (**)	1	.43 (**)	-.76 (**)	.55 (**)	.14	.49 (**)
第三動差	-.93 (**)	.43 (**)	1	-.42 (**)	.58 (**)	.21 (*)	.69 (**)
第四動差	.47 (**)	-.76 (**)	-.42 (**)	1	-.40 (**)	-.06	-.40 (**)
控制組	-.66 (**)	.55 (**)	.58 (**)	-.40 (**)	1	.24 (*)	.74 (**)
學障組	-.24 (*)	.14	.21 (*)	-.06	.24 (*)	1	.25 (**)
成人研究	-.80 (**)	.49 (**)	.69 (**)	-.40(**)	.74 (**)	.25 (**)	1

** 代表相關顯著在 0.01 level (2-tailed);　* 代表相關顯著在 0.05 level (2-tailed)

各以兩組聽者對每個單音節刺激項的捲舌音判斷比率為依變項，以四個頻譜動差參數與時長為自變項進行逐步多元迴歸（stepwise multi-regression）分析，結果顯示控制組在模式一，頻譜重心頻率（M1）是第一個且是唯一進入的變項，F (1, 105) = 82.67, p < .001，多元相關係數為 0.66，決定係數（R^2）為 0.44，而單就 M1 變項就可以解釋依變項 44.10%的變異量。在學障組，M1 也是第一個且唯一進入的變項，F (1, 105) = 6.20, p = .01，多元相關係數為 0.23，決定係數（R^2）為 0.06，然而 M1 變項可解釋依變項的變異量只有 5.5%。可見在兩組的分析資料的模式一皆以 M1 變項的解釋量為最高，而且明顯地在控制組中 M1 所能解釋的變異量較大許多。若和成人組的反應資料相較，成人組的多元迴歸分析也是顯示 M1 變項是唯一進入模式一的變項，F (1, 105) = 185.71, p < .001。多元相關係數為 .80，決定係數（R^2）為 0.64，可見成人聽者的反應大多可由 M1 參數的大小來預測，推論當在做捲舌對比的判斷時，M1 所提供的重心頻率的線索十分為成人聽者所倚重，非學障的控制組兒童對此線索也有相當的倚重，而學障組兒童對此線索的倚重比例最小。

由以上相關分析和多元迴歸分析的結果可知 M1 值和捲舌對比反應之間的密切關係。兒童控制組的反應趨勢和成人組的很類似，而學障組的捲舌判斷比率和動差參數值間的相關則較弱。可推論成人和控制組兒童在判斷語音捲舌與否時，較善於運用摩擦噪音的聲學頻譜線索，尤其是頻譜重心頻率的線索，而學障組兒童則較少根據這些線索來做反應。推論可能是他們本身對於噪音高頻音段頻率無法做有效的分析，因而無法取得有效的頻譜資訊，而造成反應的錯誤。再者，由捲舌判斷反應和 M1 的相關值以及和多元迴歸的相關係數來看，成人反應和 M1 的相關值還是較兒童控制組的為高，可見正常兒童使用噪音重心頻率線索的能力還是不如成年人，距離成人還是有一段可進步的空間存在。由此可以推論對捲舌音的聽知覺辨識能力是一直到國小階段其實都還尚未完全成熟，國小兒童在捲舌音的聽覺辨識能力仍尚在發展之中，相較於其他語音類別（如送氣音對比），語音捲舌音對比區辨的知覺能力是較晚成熟的。

綜合討論

本研究以華語單音節詞和雙音節詞語音為材料，測試國小學習障礙兒童和正常兒童的捲舌音特徵辨識能力，發現學障組兒童對於捲舌音的辨識率顯著不及控制組兒童，而且根據聽者判斷的動差分析顯示學障組的兩類捲舌音判斷並沒有如同控制組具有頻譜動差參數的差異對比。可見和控制組相較，學障兒童對於語音中細微的捲舌特徵覺察有其不足之處，沒有利用有效的聲學頻譜線索做判斷，尤其是頻譜重心頻率線索（即 M1）。此發現和許多閱讀障礙研究中指出多數閱障者具有的聽知覺處理缺陷的結論相吻合（Jerger et al., 1987; McNutt & Li, 1980; Ollo, 1985; Pressman et al., 1986; Tallal, 1980; Tallal et al., 1998; Troia, 2003; Waber et al., 2001; Walker et al., 2002），這些研究皆指出閱障者在語音特徵的辨識或語音對比的區辨表現較正常控制組為差，亦即多數閱障者具有聽知覺的缺陷。具有聽知覺缺陷的兒童在語言發展階段因對於一些語音中重要的特徵較不敏感，在語音類別的區辨和辨識出現困難，較難以建立準確的語音表徵，而在後續文字符號系統的學習過程中陸續產生一些問題，如識字、篇章理解困難。因為語言文字符號對語意和語音表徵的連結難以建立，影響了對文字符號的解碼，造成閱讀上的障礙。然而此推論的邏輯順序是不能逆向而行的，聽知覺異常只是閱讀障

礙的成因之一。事實上，學習障礙者是一個異質性相當高的群體，而導致學障的成因十分複雜，還有許多其他因素可能涉入，例如注意力、學習動機、視知覺、聽覺敏感度、記憶力以及許多其他個人因素等，於一個個體中這些因素也可能同時存在著，甚至有交互的影響。

學障組對雙音節的捲舌音判斷和在單音節時的類似，具有較低的正確率，然而顯現出的困難是對於詞彙之捲舌音韻知識的缺乏，使之無法藉由上而下（top-down）的詞彙知識來幫助做捲舌與否的判斷。由於本研究在實驗材料中雙音節詞在聲學部分較不具對比性，聲學捲舌性較為模稜兩可，一般聽者多少會依靠詞語上下文脈絡線索來作判斷，但學障組卻沒有如同控制組一樣或多或少使用高層次的詞彙線索來作捲舌的判斷。推論學障組可能缺乏對於詞語捲舌性的音韻知識，或是對於多種層次線索的評估整合能力較弱所致。由本研究的在單音節和雙音節部分的結果整合來看，學障兒童的捲舌對比區分困難可能涉及至少兩層次的問題，一個層次是較為低階的噪音頻率解析或噪音型態辨識歷程的困難，另一層次為較高階的詞彙音韻知識的缺乏或整合困難。而此兩層次之間或許也可能有先後因果的關係存在，亦即由於低階處理的缺失，導致後續高層次較準確的相關音韻表徵無法形成，因為無適當的音韻表徵可做參照，而造成捲舌音對比的混淆。但這些臆測無法在目前研究結果中得到確切的答案，還有待後續研究更進一步的探討。

本研究發現控制組所做區辨反應和頻譜動差參數之間有中高相關的趨勢，而學障組的相關值則普遍低落，推論學障組較無法藉由語音能量的頻率分佈型態來區辨兩對比音的不同。頻率分佈型態的區辨需對噪音做細緻的頻率解析，學障組對捲舌噪音頻率型態無法區辨，他們的辨識反應約只在猜測水準左右。在本研究中所使用的語音刺激有三類構音方式類別：摩擦音、送氣塞擦音、不送氣塞擦音，而其中不送氣塞擦音的噪音時長通常較短（大約 50ms），摩擦音噪音較長（大約 150ms），兩者差距平均通常達 100ms 以上。由於兩組皆對於刺激中三類構音類別的正確率差異不大，語音中噪音的時長差異並不影響捲舌音判斷的正確率，可見在某一程度範圍的噪音時長差異對捲舌音區辨的影響性不大，而影響捲舌音區辨的主要是對於頻率型態的辨識。此結果支持先前一些研究（McArthur & Bishop, 2004a, 2004b) 所提出語言異常（specific language impairment, SLI）兒童對於頻率區辨存在著缺陷的想法。本研究兩組兒童間的差異主要在於對於語音中噪音頻率變化的聽知覺敏感度不同所致，推論學障組對於短暫噪音音段（相對於母音而言）無法迅速地形成知覺頻譜表徵，影響捲舌音特徵的偵測。在語音頻譜中聲波能量的頻率實具有關鍵的地位，而噪音能量的頻率解析處理其實又較週期波的頻率解析為複雜，且因為容易和背景噪音相混，需要作圖像－背景的分離，噪音頻譜特徵型態較不容易被掌握。

由於華語捲舌音對比的聽知覺區辨涉及對信號中頻率向度的精細解析，因為這些語音的本質是屬於非週期波的噪音，語音的強度較母音相對地弱，對微弱的噪音信號做頻率分析處理是較困難的，也因此這個語音特徵也較易被忽略，一般人對它的敏感度也較低。事實上，在台灣一般說話者的對話言語中捲舌音特徵也不太明顯（鄭靜宜，2006）。這些都是造成在台灣的華語使用者對於捲舌音辨識相對地較困難的可能原因。然而，正因為捲舌音特徵具有難度較高的挑戰性特徵，和其他語音特徵相較，較易顯現出具聽知覺缺陷者的差異特性。

和成人研究相較，本研究的結果也顯示非學障的控制組兒童對於捲舌音特徵的掌握還是不足的。由華語兒童語音的發展來看，捲舌音是最晚習得的語音類別，習得時間約在六、七

歲之後，捲舌音的構音是一種較精細的舌部動作，對於一般學前兒童是較感困難的語音。而就語音的聽知覺而言，捲舌音具有獨特細緻的聽知覺特性。由本研究的結果和成人研究的結果相較，可知兒童捲舌音對比的區分上尚未成熟，比起其他的語音對比，如送氣音對比、鼻音/非鼻音對比的區分，大多數這些語音對比聽知覺區分能力在發展的頭幾年均已大致具備，例如研究（Eimas et al., 1971)發現六個月大的嬰兒已具區分有聲/無聲對比區分的能力；然而，兒童對於捲舌音對比區分的成熟時間卻晚了許多，甚至連有些成人在此方面的發展也還未臻完備（鄭靜宜，2009）。可見，對於母語的各類語音的知覺並非在生命的早期即已發展完成，而是隨著語音特性或對比的難易，呈陸續漸進的發展趨勢。對於知覺上較困難的捲舌音對比，學齡期的兒童則還在發展、精進當中。此外，不可否認的，成人聽者和兒童聽者之間的差異，除了主要在語音聽知覺能力外，當然還可能有其他影響因素，例如注意力、耐心、動機等。在注意力維持方面，雖然本研究對兒童的施測題數已較成人少得多，休息次數也增加，然而成人和兒童之專注力程度實難等同。

一般認為兒童語言能力的發展是由「聽」、「說」、「讀」、「寫」的順序，若兒童在語言聽覺處理運作出現異常將可能影響後續幾項語言能力的發展，包括對文字符號的認讀、理解與運用。音韻表徵乃內在語音的抽象代表，是由眾多且複雜的語音特徵中汲取具有語意對立的語音特徵標記之集合，其中包含了許多由語音特徵的擷取和區辨比較所累積的知識。明顯的聽知覺特徵性可界定語音類別領域，有助於形成明確的音韻表徵。若無法界定明確的聽覺語音類別領域，音韻表徵無法隨之順利建立，自然會影響個體在音韻知識和文字符號以及相關認知概念的連結，並可能妨礙對文字符號的解碼、詮釋，影響閱讀理解。

對於捲舌音特徵的覺察異常可能只是學障者的聽知覺缺陷的「冰山之一角」，由他們判斷反應相關的頻譜動差分析顯示學障組無法根據頻譜重心線索（M1）做判斷反應，暗示著他們對於高頻噪音的解析和各頻譜線索統合能力的不佳，而這樣的缺陷影響的通常可能不止是捲舌音對比的區辨，也和其他語音對比的區辨有關，尤其是涉及構音部位的區辨，因為構音部位的線索通常和頻譜頻率有關。Ortiz 等人（2007）的研究即發現西班牙語學障兒童對於語音構音部位的區辨和正常控制組間的差異最大。而捲舌音對比本質上也屬於不同構音部位的對比。事實上，對於捲舌特徵的知覺辨識困難只是學障者語音知覺缺陷的其中之一，本研究如同開一小扇窗戶，可讓我們窺探學障者此部份的困難，捲舌音是華語中聽知覺辨識上難度較高的語音特徵，具有較強的鑑別區分功能，但若要推論其他的語音特徵則有其限制。由於本研究並沒有廣泛去評估學障兒童對所有華語語音的聽知覺情形，無法對其他語音的聽知覺區辨情形做確切的推論。本研究由動差分析所能推論的也僅限於捲舌判斷的噪音頻譜區辨，材料採用的是華語塞擦音和摩擦音的音節，若是欲瞭解對於其他語音的辨識，如構音位置區辨、母音共振峰等，則需針對這些方面做進一步的研究探討。

雖然語音聽知覺缺陷是本研究發現兩組間差異推論的主要可能因素，然而不可諱言的，本研究所發現的組間差異也可能來自於其他的原因，如聽覺敏感度、注意力、動機等。兩組之間可能存在著聽覺敏感度的差異，雖然兩組受試者的聽覺皆在正常範圍，皆無聽覺障礙存在，但由於沒有再做詳細的聽力檢查，兩組間在各頻率的聽覺閾值或許有所差異，實施高頻純音或噪音的檢測即可解答此問題，在未來的研究中或可納入考量。

在國小階段，對捲舌音辨識的困難多少會直接影響國語文科目的成就，在國小的國語科成就測驗中常見到許多學童注音的錯誤是源自於對捲舌對比的混淆。在國小階段，班級教師常舉行的聽寫測驗活動時，按理教師提供的語音聲學刺激應足夠讓學童辨認出捲舌音特徵，寫出正確的注音符號，然而這對於學障兒童卻是一項令人挫折的作業，由於在聽知覺上對於捲舌音特徵區辨的困難，將造成他們在捲舌音相關測驗題項的錯誤，在相關測驗分數的表現自然不及其他兒童，對其語文科的成就水準和學習動機有不利的影響。在此建議國小教師（尤其是低年級）在語文教學活動中不妨多加入一些語音聽辨訓練活動（尤其是捲舌音對比），可擴大語音對比間的特徵差異，提升學生對於語音聽覺特徵的覺察能力，此種活動或可進一步促進兒童的音韻覺知能力，加強對於文字符號和聽知覺表徵間的連結關係，促進對文字符號的辨識。使日後兒童在閱讀到相關詞語文字時，因具有較完整的詞彙音韻知識可有助於語意的提取，進而提升閱讀理解的流暢性。

參考文獻

胡永崇（2001）：國小一年級閱讀障礙學生注音符號學習的相關因素及意義化注音符號教學成效之研究。**屏東師院學報，15**，101-140。[Hu, Yeong-Chrong (2001). The related variables in Chinese phonetics symbols learning and the effectiveness of elaborated instruction of Chinese phonetics symbols on first grade elementary students with reading disabilities. *Journal of National Pingtung University of Education, 15*, 101-140.]

謝國平（1998）：台灣地區年輕人ㄓㄔㄕ與ㄗㄘㄙ真的不分嗎?。**華文世界，90**，1-7。[Tse, Kwock-Ping (1998). Does young people in Taiwan really can not differentiate ‘ㄓㄔㄕ’ vs. ‘ㄗㄘㄙ’? *The World of Chinese Language, 90,* 1-7.]

張顯達（2000）：三至四歲兒童對國語輔音的聽辨與發音。**語言暨語言學，1**（2），19-38。[Cheung, Hintat (2000). Three to four-years old children’s perception and production of mandarin consonants. *Language and Linguistics, 1*(2), 19-38.]

鄭靜宜（2006）：國語捲舌音和非捲舌音的聲學特性，**南大人文研究學報，40**（1），27-48。[Jeng, Jing-Yi (2006). The acoustic spectral characteristics of retroflexed fricatives and affricates in Taiwan mandarin. *Journal of National University Tainan: Humanities Study, 40*(1), 27-48.]

鄭靜宜（2009）：華語捲舌音對比的聽覺辨識與頻譜動差分析。**中華心理學刊，51**（2），157-173。[Jeng, Jing-Yi (2009). The auditory discrimination of mandarin retroflex contrasts and spectral moment analysis. *Chinese Journal of Psychology, 51*(2), 157-173.]

吳月瑛、邱瑜萱（2004）：**注音符號補救教學之行動研究**。2010 年 7 月 30 日，取自 http://ws2.htes.chc.edu.tw。[Wu, Yu-Ing & Chio, Yu-Shyan (2004). *The action research of recovery teaching for Chinese phonetic symbols* (zhuyinfuhao). Retrieved July 30, 2010, from http://ws2.htes.chc.edu.tw]

Avery, J. D., & Liss, J. M. (1996). Acoustic characteristics of less-masculine-sounding male speech. *Journal of the Acoustical Society of America, 99,* 3738-3748.

Bernthal, J. E., & Bankson, N. W. (2004). *Articulation and phonological disorders.* Boston,

MA: Allyn and Bacon.

Bradlow, A. R., Kraus, N., & Hayes, E. (2003). Speaking clearly for children with learning disabilities: Sentence perception in noise. *Journal of Speech, Language & Hearing Research, 46*(1), 80-96.

Breier, J. I., Fletch, J. M., Denton, C., & Gray, L. (2004). Categorical perception of speech stimuli in children at risk for reading difficulty. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*, 152-170.

Corriveau, K. H., Goswami, U., & Thomson, J. M. (2010). Auditory processing and early literacy skills in a preschool and kindergarten population. *Journal of Learning Disabilities, 43*(4), 369-382.

Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science, 171,* 303-306.

Forrest, K., Weismer, G., Milenkovic, P., & Dougall, R. (1988). Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: Preliminary data. *Journal of Acoustical Society of America, 84*(1), 115-123.

Forrest, K., Weismer, G., Hodge, M., Dinnsen, D. A., & Elbert, M. (1990). Statistical analysis of word-initial /kl and /tl produced by normal and phonologically disordered children. *Clinical Linguistics & Phonetics, 4,* 327-340.

Forster, K. I., & Forster, J. C. (2004). DMDX [computer soft-ware]. Tucson, AI: University of Arizona.

Godfrey, J., Syrdal-Lasky, A., Millay, K., & Knox, C. (1981). Performance of dyslexic children on speech perception tests. *Journal of Experimental Child Psychology, 32,* 401-424.

Goswami, U., Fosker, T., Huss, M., Mead, N., & Szűcs, D. (2011). Rise time and formant transition duration in the discrimination of speech sounds: the Ba-Wa distinction in developmental dyslexia. *Developmental Science*, *14*(1), 34-43.

Goswami, U., Wang, H. L. S., Cruz, A., Fosker, T., Mead, N., & Huss, M. (2011). Language-universal sensory deficits in developmental dyslexia: English, Spanish, and Chinese. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*(2), 325-337.

Hautus, M. J., Setchell, G. J., Waldie, K. E., & Kirk, I. J. (2003). Age-related improvements in auditory temporal resolution in reading-impaired children. *Dyslexia, 9*(1), 37-45.

Jeng, Jing-Yi (2000). *The speech intelligibility and acoustic characteristics of Mandarin speakers with Cerebral Palsy*. Unpublished doctoral dissertation, University of Wisconsin- Madison, Madison, WI.

Jerger, S., Martin, R. C., & Jerger, J. (1987). Specific auditory perceptual dysfunction in a learning disabled child. *Ear And Hearing, 8*(2), 78-86.

Joanisse, M. F., Manis, F. R., Keating, P., & Seidenberg, M. S. (2000). Language deficits in dyslexic children: Speech perception, phonology and morphology. *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 30-60.

Jongman, A., Wayland, R., Wong, S. (2000). Acoustic characteristics of English fricatives. *Journal of the Acoustical Society of America, 108,* 1252-1263.

Kent, R. D., & Read, C. (2002). *The Acoustic Analysis of Speech*. San Diego: Singular Publishing.

Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D.

P., & Studdert-Kennedy, M. (1967). Perception of speech code. *Psychological Review, 74*, 431-461.

Lisker, L., & Abramson, A. S. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements. *Word, 20,* 384-422.

McArthur, G. M., & Bishop, D. V. M. (2004a). Which people with specific language impairment have auditory processing deficits? *Cognitive Neurospychology, 21,* 79-94.

McArthur, G. M., & Bishop, D. V. M. (2004b). Frequency discrimination deficits in people with specific language impairment: Reliability, validity, and linguistic correlates. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 47,* 527-541.

Maassen, B., Groenen, P., Crul, T., Assman-Hulsmans, C., & Gabreëls, F. (2001). Identification and discrimination of voicing and place-of-articulation in developmental dyslexia. *Clinical Linguistics and Phonetics, 15,* 319-339.

McNutt, J. C., & Li, J. C. -Y. (1980). Repetition of time-altered sentences by normal and learning disabled children. *Journal of Learning Disabilities, 13*(1), 30-34.

Milenkovic, P. (2003). *Moments: Batch Speech Spectrum Moments Analysis.* Retrieved January 27, 2009, from http://www.medsch.wic.edu/~milenkvc/tools.html.

Milenkovic, P. (2004). TF32 [computer program]. Madison, WI: University of Wisconsin-Madison.

Montgomery, C. R., Morris, R. D., Sevcik, R. A., & Clarkson, M. G. (2005). Auditory backward masking deficits in children with reading disabilities. *Brain & Language, 95*(3), 450-456.

Ollo, C. L. (1985). Auditory processing deficits in learning disability. *Dissertation Abstracts International, 46*, 1343B.

Ortiz, R., Jimenez, J. E., Miranda, E. G., Rosquete, R. G., Hernandez-Valle, I., Rodrigo, M., Estevez, A., Diaz, A., & Exposito, S. H. (2007). Locus and nature of perceptual phonological deficit in Spanish children with reading disabilities. *Journal of Learning Disability, 40*(1), 80-92.

Pressman, E., Roche, D., Davey, J., & Firestone, P. (1986). Patterns of auditory perception skills in children with learning disabilities: A computer-assisted approach. *Journal of Learning Disabilities, 19*(8), 485-488.

Repp, B. R. (1984). Categorical perceptaion: Issues, methods, finding. In N. Lass (Ed.), *Speech and language: Advances in basic research and practice* (pp. 243-335). New York: Academic Press.

Richardson, U., Thomson, J. M., Scott, S. K., & Goswami, U. (2004). Auditory processing skills and phonological representation in dyslexic children. *Dyslexia, 10*(3), 215-233.

Shriberg, L. D., Kent, R. D., Karlsson, H. B., McSweeny, J. L., Nadler, C. J., & Brown, R. L. (2003). A diagnostic marker for speech delay associated with otitis media with effusion: Backing of obstruents. *Clinical Linguistics & Phonetics, 17*(7), 529-548.

Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language, 9*, 182-198.

Tallal, P., Merzenich, M. M., Miller, S., & Jenkins, W. (1998). Language learning impairments: Integrating basic science, technology, and

remediation. *Experimental Brain Research, 123*, 210-219.

Tjaden, K., & Turner, G. S. (1997). Spectral properties of fricatives in amyotrophic lateral sclerosis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 40,* 1358-1372.

Troia, G. A. (2003). Auditory perceptual impairments and learning disabilities: Theoretical and empirical considerations. *Learning Disabilities - A Contemporary Journal, 1*(1), 27-36.

Waber, D. P., Weiler, M. D., Wolff, P. H., Bellinger, D., Marcus, D. J., & Ariel, R. (2001). Processing of rapid auditory stimuli in school-age children referred for evaluation of learning disorders. *Child Development, 72*(1), 37-49.

Walker, M. M., Shinn, J. B., Cranford, J. L., Givens, G. D., & Holbert, D. (2002). Auditory temporal processing performance of young adults with reading disorders. *Journal of Speech, Language & Hearing Research, 45*(3), 598-605.

Werker, J. F., & Tees, R. C. (2002). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development, 25*(1), 121-133.

收稿日期：2010.05.17
接受日期：2011.02.17

附錄一　單音節詞材料

編號	非捲舌	捲舌
1	ㄗㄚ	ㄙㄚ
2	ㄗㄨ	ㄙㄨ
3	ㄗㄡ	ㄙㄡ
4	ㄗㄢ	ㄙㄢ
5	ㄗㄜˋ	ㄙㄜˋ
6	ㄗㄨˋ	ㄙㄨˋ
7	ㄗㄚˋ	ㄙㄚˋ
8	ㄗˇ	ㄙˇ
9	ㄗˋ	ㄙˋ
10	ㄔㄚ	ㄘㄚ
11	ㄔㄨ	ㄘㄨ
12	ㄔㄡˋ	ㄘㄡˋ
13	ㄔㄢˇ	ㄘㄢˇ
14	ㄔㄜˋ	ㄘㄜˋ
15	ㄔㄠ	ㄘㄠ
16	ㄔㄨˋ	ㄘㄨˋ
17	ㄔˋ	ㄘˋ
18	ㄔ	ㄘ
19	ㄓㄚ	ㄗㄚ
20	ㄓㄨ	ㄗㄨ
21	ㄓㄡˋ	ㄗㄡˋ
22	ㄓㄠˋ	ㄗㄠˋ
23	ㄓㄢˋ	ㄗㄢˋ
24	ㄓㄜˊ	ㄗㄜˊ
25	ㄓˋ	ㄗˋ
26	ㄓˇ	ㄗˇ
27	ㄓ	ㄗ

附錄二　雙音節詞材料

捲舌	非捲舌
吃麵	粗細
社會	色彩
炸彈	擦洗
山頂	責任
站立	贊成
沙子	操場
獅子	思念
皺紋	湊和
豬腳	租金
樹木	速度
鏟子	慘劇
知識	

註：依照第一音節捲舌性分捲舌和非捲舌兩類。

Bulletin of Special Education
2011, 36(2), 27-50

The Auditory Identification of Mandarin Retroflex Features for Children with Learning Disabilities

Jing-Yi Jeng
Associate Professor,
Graduate Institute of Audiology and Speech Pathology, National Kaohsiung Normal University

ABSTRACT

In Mandarin Chinese, there are three retroflex contrasts of fricatives and affricates. The major acoustical difference between these retroflex contrasts is the spectral pattern of frication noise, but the perceptual distinction between these contrasts is subtle in nature. It is of interest to discover if children with learning disabilities (LD) have difficulty differentiating the retroflex contrasts perceptually, as well as whether children with LD have different response patterns for the task of retroflex detection. **Purpose:** The purpose of this study was to compare differences in the auditory identification of retroflexes between children with LD and children without LD, and to investigate the acoustical spectral parameters related to the retroflex perceptual judgment of the two groups of children. **Methods:** There were a total of 60 children participating in the experiment, 30 of which had LD and 30 that did not. The children that did not have LD served as the control group. The ages of the subjects ranged from 9 to 12 years old. The perceptual task was to listen to monosyllabic words one by one and judge if the stimuli were retroflexes or not as quickly as possible. In the second task, the stimuli were bisyllabic words, and the retroflex judgment was constrained to the first syllable of each word. **Results:** The results showed that the percentage of correct retroflex identifications of monosyllabic words for children with LD was 52%, which was significantly lower than that for the control group, at 66%. For the bisyllabic word stimuli, the trend of the response patterns was similar to that for the monosyllabic words. The percentage of correct retroflex identifications for children with LD was 51%, which was significantly lower than that for the control group, at 66%. For nonretroflexed stimuli, the LD group had more 'false alarm' responses. Moreover, the LD group had more errors for words with nonretroflexed aspirated conso-

nants. This suggested that for listeners with LD, the detection of retroflex features might interfere with the aspirated features. Using the retroflexion response of the two groups, the spectral moments of the frication noise in the words were acoustically analyzed. The results showed that the level of contrast between two categories (retroflexed vs. nonretroflexed) on the four moment values for the LD group was greatly reduced, especially in the first moment, M1, which implied the spectral frequency gravity of frication noise. In fact, M1 for retroflexed consonants should be lower than for their nonretroflexed counterparts; however, the responses of children with LD showed no such trends. Stepwise multi-regression also showed M1 to be the only robust variable entering the model. This held true for both groups, but the multi-regression correlation coefficient for the control group (R = 0.66) was much higher than that for the LD group (R = 0.23). **Conclusions/Implications:** The conclusions and implications of this study were as follows. The children with LD had difficulties differentiating the retroflex contrasts perceptually. The results of the spectral moment analysis suggested that the children with LD did not differentiate retroflexion according to M1, which is an important cue for normal listeners. The perceptual processing of the frequency gravity for the frication noise in speech may be defective for children with LD. This suggested that they may have auditory frequency resolution deficits during speech noise processing.

Keywords: Retroflex, Learning disability, Auditory identification, Spectral, Moment analysis