

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

建立與腦功能影像相關的學齡兒童中樞聽覺處理功能障礙 篩檢評估工具

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2614-S-038-001-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：臺北醫學大學醫學資訊研究所

計畫主持人：陳祺賢

共同主持人：曾頌惠，陳右穎

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 31 日

建立與腦功能影像相關的學齡兒童中樞聽覺處理功能障礙篩檢評估工具

1、中英文摘要

個體的中樞聽覺處理能力與其聽覺理解能力息息相關，當聲學訊號傳入中樞神經系統後就會於大腦展開一連串的辨識、整合、處理並賦予正確的意義。若中樞聽覺處理功能受損或失常，通常會影響患者的聽知覺、口語理解力及學習能力。根據國外的研究報告指出，絕大部分患有中樞聽覺處理障礙的個案之聽覺敏感度在正常範圍內，但於處理音素變化迅速的口語時會遇到極大的困難，這表示患者的聽覺系統可將以正確接收的聲音，但中樞神經系統卻無法將其做有效的處理，便可導致患童在認知、動作或語言方面的發展遲緩。

歐美等國家早有學者針對中樞聽覺處理障礙做深入研究，且已有數種標準化的行為測驗供專業人員施測，縱使如此，和其他常見的感覺、情緒、智能等障礙比較，中樞聽覺處理障礙仍屬新興的研究範疇，可發展的空間極大也極具研究價值。目前台灣的醫療體系對中樞聽覺處理障礙仍非常陌生，尚無中文版的標準化中樞聽覺處理能力行為測驗，因此患者易被誤判為其他障礙，如過動/注意力缺失症候群與學習障礙等，導致延誤接受治療與特殊教育的黃金時期。同時，大腦影像科學分析為現今醫學運用於疾病診斷時之良好依據，功能性核磁共振造影被廣泛使用在疾病的診斷與驗證上。

本研究透過功能性核磁共振造影觀察一般成人與疑似中樞聽覺處理障礙患童在接受聽覺處理篩檢評估時，腦部生理變化之異同，比較兩群個案處理聽覺訊息時大腦皮質的數據化與影像化的資料。目前已發現兩者之不同遠超出因自然神經生理發展所造成的兒童-成人差異。另外也證實不同的聽覺處理篩檢項目，在兩群個案活化腦部不同部位。然而，由於兒童受測樣本太少，仍難以推估患童與常兒之根本差異，也仍不能確定最佳中樞聽覺處理障礙評估篩選工具與篩檢程序。不過這些結果，足以支持本研究的方向正確，有助於往後了解本疾病及作為發展診斷標準之依據。

關鍵詞： 中樞聽覺處理障礙，評估工具，功能性核磁共振造影，兒童-成人差異。

Abstract

The central auditory processing disorder

(CAPD) has been defined as a deficit in the auditory mechanisms that underline sound localization and lateralization, discrimination, temporal processing, and performance under conditions of degraded and competing acoustic signals. Generally, most languages are learned by listening. In order to learn, individuals must be able to attend to, listen to, and separate important speech signals from all the other noises in the environment. When auditory skills are weak, they may experience auditory overload. This makes learning more difficult without special assistance. In spite of normal hearing sensitivity, individuals with CAPD often exhibit communicative complaints, which include poor verbal cognitive performance, receptive language delay or disorders, and difficulty in maintaining attention to information presented auditorily.

Unfortunately, the central auditory processing disorder is rare to be applied as a diagnosis in Taiwan. This study used modern non-invasive brain imaging technique, functional magnetic resonance imaging (fMRI) to reveal functional alterations occurring in cortical areas that have been associated with auditory and speech processing. Ten normal young adults and one CAPD child were recruited as our subjects. The results of fMRI demonstrated that there existed pervading differences between the two groups. The differences can not be explained by age-related brain plasticity. We also confirmed that different items in a test battery did evoke different brain structures. However, because of the limited children sample, we were unable to deduce the key difference between normal and CAPD children and to select the best screen test items.

In spite of the aforementioned limitations, this study supports the feasibility of using fMRI to validate and facilitate the development of efficient test batteries for screening and evaluating central auditory processing disorders.

Keywords: Central auditory processing disorders (CAPD), evaluation tool, fMRI, brain plasticity.

二、緣由與目的

隨著社會變遷及相關問題，對於特殊教育的需求日益增加。特殊教育不僅是為了幫助有學習障礙的兒童，更是為了提供他們一個公平的機會，讓他們能夠在學校中學習、成長，並最終融入社會。然而，目前的教育制度往往忽視了這些特殊兒童的需求，導致他們在學習和生活中面臨巨大的困難。因此，本研究旨在探討聽覺處理障礙兒童的學習障礙，並尋求有效的干預方法，以幫助他們克服困難，提高學習效率和自信心。

聽覺處理障礙（CAPD）是一種聽覺系統在處理聽覺信息時出現的障礙，它與聽覺本身無直接關係。聽覺處理障礙的兒童通常能聽到聲音，但無法正確理解聲音的意義。這可能導致他們在課堂上聽不懂老師的講解，進而影響他們的學習成績和自信心。聽覺處理障礙的成因複雜，可能與聽覺神經系統的發展異常、聽覺神經的損傷或聽覺神經的傳導障礙有關。此外，聽覺處理障礙也可能與聽覺神經的傳導障礙、聽覺神經的傳導障礙、聽覺神經的傳導障礙等有關。聽覺處理障礙的診斷通常通過聽覺處理測試（APT）來進行，該測試可以評估兒童在聽覺處理方面的能力。聽覺處理障礙的治療方法包括聽覺訓練、語言治療、聽覺輔助器等。聽覺訓練可以幫助兒童提高聽覺處理能力，語言治療可以幫助兒童提高語言理解能力，聽覺輔助器可以幫助兒童聽清聲音。聽覺處理障礙的治療需要家長和老師的密切配合，共同為兒童提供一個良好的學習環境。

聽覺處理障礙的診斷通常通過聽覺處理測試（APT）來進行，該測試可以評估兒童在聽覺處理方面的能力。聽覺處理障礙的治療方法包括聽覺訓練、語言治療、聽覺輔助器等。聽覺訓練可以幫助兒童提高聽覺處理能力，語言治療可以幫助兒童提高語言理解能力，聽覺輔助器可以幫助兒童聽清聲音。聽覺處理障礙的治療需要家長和老師的密切配合，共同為兒童提供一個良好的學習環境。

聽覺處理障礙的診斷通常通過聽覺處理測試（APT）來進行，該測試可以評估兒童在聽覺處理方面的能力。聽覺處理障礙的治療方法包括聽覺訓練、語言治療、聽覺輔助器等。聽覺訓練可以幫助兒童提高聽覺處理能力，語言治療可以幫助兒童提高語言理解能力，聽覺輔助器可以幫助兒童聽清聲音。聽覺處理障礙的治療需要家長和老師的密切配合，共同為兒童提供一個良好的學習環境。

聽覺處理障礙的診斷通常通過聽覺處理測試（APT）來進行，該測試可以評估兒童在聽覺處理方面的能力。聽覺處理障礙的治療方法包括聽覺訓練、語言治療、聽覺輔助器等。聽覺訓練可以幫助兒童提高聽覺處理能力，語言治療可以幫助兒童提高語言理解能力，聽覺輔助器可以幫助兒童聽清聲音。聽覺處理障礙的治療需要家長和老師的密切配合，共同為兒童提供一個良好的學習環境。

向做全盤性的評估，例如：個案的認知能力、語言理解及表達能力、注意力及心理狀況等，不僅可以瞭解個案在認知、語言及學業等向面的程度，也可以作為鑑定個案障礙類別的參考，也能幫助教師及治療師找出個案在處理聽覺訊號的不足處，作為擬定教學計劃或治療計劃的參考。

三、研究方法

本研究之實驗組為十名接受特殊教育資源的六至十歲兒童，將基本資料問卷發給家長或老師填寫。藉由行為檢表與篩選出五名疑似中樞聽覺處理障礙的個案，並施以各項標準化評估測驗，包括魏氏兒童智力測驗、國立台灣師範大學特殊教育系編製之語言障礙評量表、視知覺技巧測量表 (Test of Visual-Perceptual Skills Revised, Gardner)、周邊聽覺敏感度測驗，以排除周邊聽覺能力、視知覺表現、智力問題等可能影響個案行為表現的因素，並評估表達與接收的語言功能，排除學習障礙或過動型注意力缺陷症等分類中樞聽覺處理障礙行為表現。

本研究的對照組則為十名年齡為 20 歲且自願參與本研究之大學學生，男女比例為 3:2，對照組參與者之智力、聽力、視知覺、語言理解表達能力皆處於正常範圍。實驗組與對照組的參與者皆施予自行仿倣設計的中樞聽覺處理障礙篩檢工具檢測受試者的中樞聽覺處理能力。本篩檢工具以 Screening Test for Auditory Processing Disorders in Children (SCAN-C) (Keith, 1999) 為參考範本所設計，共有三大分測驗，每個大分測驗包括兩小分測驗，每個小分測驗有 25 題測驗題目。中文語料的選取是從中文語料庫中選取適合的雙字詞與短句，針對語音特質與測驗目的所需加以濾頻、增加噪音等處理，所有的語料依照篩檢項目的需求分解為雙聲道，使用專業的錄音設備錄製說明與測試項目，同時確實的控制題目間距，以配合功能性核磁共振造影所需。

功能性核磁共振造影 (fMRI) 是以腦部神經活動產生的局部血流量變化為基礎的造影技術，有助於觀察分析受測者接收處理聽覺訊號時的腦部活動情形。每位受試者造影時間平均為 40 分鐘，包含解剖性影像造影與功能性核磁共振造影，所給予的聽覺刺激隨機選自中樞聽覺處理障礙篩檢工具的中文語料，仍分為三大分測驗，每個大分測驗包括兩小分測驗，每個小分測驗給予 30 次聽覺刺激且造影時間為三分鐘。其間空白實驗與聽覺刺激實驗相互交錯以獲得其腦部功能性影像，最後以

SPM2 進行影像量化分析。

四、結果

對照組十名大學生依計畫完成 fMRI 檢測，但因 fMRI 機器故障，實驗組僅完成一名 CAPD 小朋友的測試。對照組與實驗組的結果編號與相對應的刺激方式分別列於表一及表二。

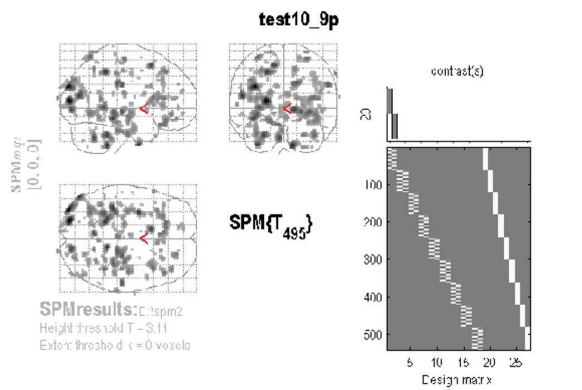
Adult	
Result	Stimulus Type
Test9p	濾頻雙字詞 (右耳)
Test9p 2	濾頻雙字詞 (左耳)
Test9p 3	噪音雙字詞 (右耳)
Test9p 4	噪音雙字詞 (左耳)
Test9p 5	雙聲道短句 (右耳)
Test9p 6	雙聲道短句 (左耳)

表一、對照組結果編號與相對應的刺激方式

Child	
Result	Stimulus Type
0929 4	濾頻雙字詞 (右耳)
0929 8	濾頻雙字詞 (左耳)
0929 12	噪音雙字詞 (右耳)
0929 16	噪音雙字詞 (左耳)
0929 20	雙聲道短句 (右耳)
0929 24	雙聲道短句 (左耳)

表二、實驗組結果編號與相對應的刺激方式

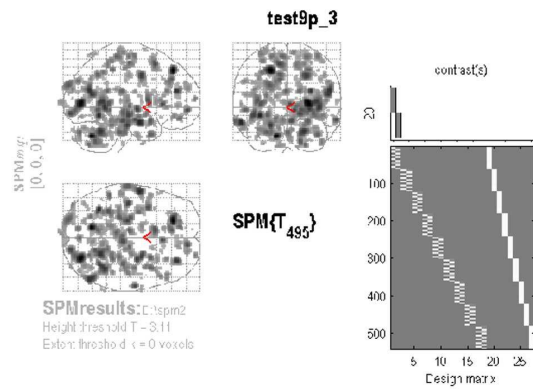
以 SPM2 分析對照組 fMRI 的結果顯示於圖一至圖六。當刺激型態是右耳輸入的濾頻雙字詞時，fMRI 並未發現腦部有意義的特別活化 (圖一)。其他五種刺激型態的 fMRI 分析皆發現腦部有意義的特別活化 (圖二至圖六)。由以上結果，我們發現愈是複雜的刺激，腦部活化範圍愈廣，而當刺激來自左耳時，腦部活化部位又有比刺激來自右耳時稍大的傾向。



Statistics: p-values adjusted for search volume

se-level		cluster-level			voxe-level			xyz (mm)
p	c	F _{convolved}	k _E	F _{uncorrected}	D _{FWE corr}	p _{DR corr}	J	
1.000	3	0.634	1.000	0.050	3.20	3.10	0.001	24 0 30
1.000	1	0.603	1.000	0.031	3.19	3.17	0.001	14 -10 34
1.000	1	0.603	1.000	0.031	3.19	3.17	0.001	-8 7 64
1.000	2	0.706	1.000	0.052	3.18	3.16	0.001	32 -66 -50
1.000	2	0.706	1.000	0.052	3.17	3.16	0.001	14 13 14
1.000	1	0.603	1.000	0.032	3.17	3.16	0.001	22 -45 -34
1.000	1	0.603	1.000	0.031	3.16	3.14	0.001	-26 -70 -8
1.000	1	0.603	1.000	0.031	3.14	3.12	0.001	36 -48 0
1.000	1	0.603	1.000	0.057	3.13	3.12	0.001	-18 -34 78
1.000	1	0.603	1.000	0.057	3.13	3.12	0.001	38 15 48
1.000	2	0.706	1.000	0.037	3.13	3.11	0.001	50 -30 20
1.000	1	0.603	1.000	0.038	3.13	3.11	0.001	16 13 78
1.000	1	0.603	1.000	0.059	3.12	3.10	0.001	-58 -22 50

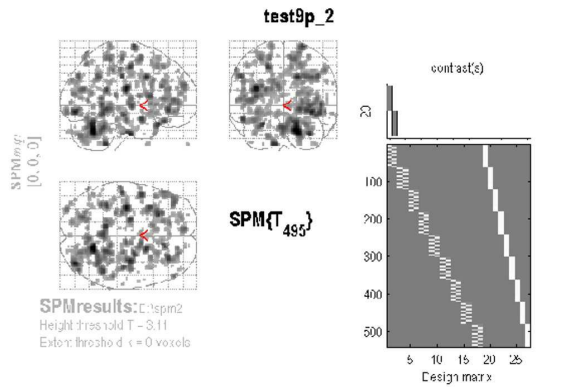
圖一、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是右耳輸入的濾頻雙字詞時，fMRI 並未發現腦部有意義的特別活化。



Statistics: p-values adjusted for search volume

se-level		cluster-level			voxe-level			xyz (mm)
p	c	F _{convolved}	k _E	F _{uncorrected}	D _{FWE corr}	p _{DR corr}	J	
1.000	9	0.310	1.000	0.000	3.54	3.51	0.000	-2 44 20
1.000	8	0.339	1.000	0.008	3.52	3.50	0.000	30 14 20
1.000	9	0.310	1.000	0.010	3.44	3.42	0.000	-26 -34 22
1.000	6	0.410	1.000	0.009	3.50	3.48	0.000	40 20 46
1.000	5	0.454	1.000	0.010	3.46	3.44	0.000	22 15 10
1.000	8	0.339	1.000	0.010	3.46	3.44	0.000	-2 -82 20
1.000	9	0.310	1.000	0.010	3.44	3.42	0.000	-26 -34 22
1.000	3	0.570	1.000	0.011	3.43	3.41	0.000	58 -66 -10
1.000	6	0.410	1.000	0.011	3.42	3.40	0.000	0 -26 -34
1.000	5	0.454	1.000	0.011	3.41	3.39	0.000	12 88 10
1.000	2	0.651	1.000	0.013	3.37	3.34	0.000	-2 -32 -2
1.000	7	0.651	1.000	0.014	3.36	3.34	0.000	30 8 -42
1.000	6	0.410	1.000	0.013	3.35	3.32	0.000	4 -56 -6
1.000	1	0.763	1.000	0.014	3.33	3.31	0.000	48 4 20
1.000	4	0.566	1.000	0.015	3.30	3.28	0.001	-2 48 -8

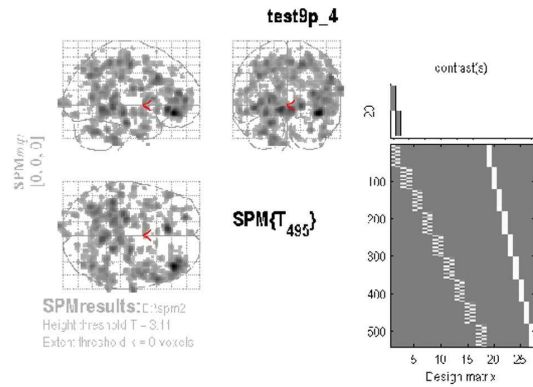
圖三、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是右耳輸入的噪音雙字詞時，fMRI 發現腦部有意義的活化部位在左側 Superior Medial Gyrus, Cuneus, Angular Gyrus, Rectal Gyrus, 右側 Insula Lobe, Caudate Nucleus, Middle Frontal Gyrus, Middle Temporal Gyrus, Hippocampus, Inferior Temporal Gyrus, Calcarine Gyrus, Inferior Temporal Gyrus, 及 Cerebellar Vermis。



Statistics: p-values adjusted for search volume

se-level		cluster-level			voxe-level			xyz (mm)
p	c	F _{convolved}	k _E	F _{uncorrected}	D _{FWE corr}	p _{DR corr}	J	
1.000	1	0.796	1.000	0.025	3.15	3.14	0.001	10 -64 -50
1.000	1	0.796	1.000	0.026	3.13	3.14	0.001	28 -56 34
1.000	1	0.796	1.000	0.026	3.14	3.14	0.001	-16 -36 48
1.000	1	0.796	1.000	0.026	3.14	3.12	0.001	18 15 16
1.000	1	0.796	1.000	0.027	3.13	3.12	0.001	14 90 38
1.000	1	0.796	1.000	0.027	3.13	3.11	0.001	34 4 12
1.000	1	0.796	1.000	0.027	3.13	3.11	0.001	56 5 -36
1.000	2	0.696	1.000	0.028	3.12	3.10	0.001	0 -50 0
1.000	3	0.622	1.000	0.028	3.12	3.10	0.001	-44 2 40
1.000	1	0.796	1.000	0.028	3.11	3.09	0.001	20 10 24

圖二、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是左耳輸入的濾頻雙字詞時，fMRI 發現腦部有意義的活化部位在右側 Cerebellum, Caudate Nucleus, Cuneu, Insula Lobe, Inferior Temporal Gyrus, 雙側 Superior Parietal Lobule, 左側 Precentral Gyrus, Temporal Pole 及 Cerebellar Vermis。

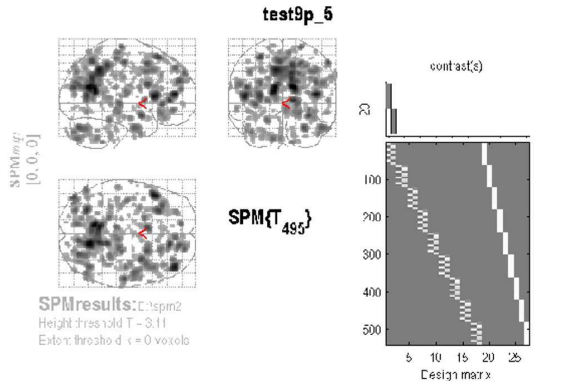


Statistics: p-values adjusted for search volume

se-level		cluster-level			voxe-level			xyz (mm)		
p	c	F _{convolved}	k _E	F _{uncorrected}	D _{FWE corr}	p _{DR corr}	J			
0.000	122	0.000	1309	0.000	0.000	0.000	11.49	Inf 0.000	40 40 -10	
					0.000	0.000	7.55	7.35 C.000	34 44 16	
					0.000	0.000	6.41	5.28 F.000	46 42 6	
					0.000	0.000	9.05	Inf 0.000	-8 32 -6	
					0.762	0.001	4.05	1.03 C.000	5 11 18	
					0.000	0.000	7.78	7.55 0.000	-40 -38 -4	
					0.000	0.000	7.55	7.34 C.000	-26 -24 -10	
					0.000	0.000	7.51	7.31 F.000	-20 -22 -22	
					0.000	0.000	7.76	7.51 0.000	56 18 34	
					0.252	0.000	4.50	1.45 C.000	12 15 36	
					0.001	240	0.000	0.000	7.69 7.47 0.000	16 -38 0
					0.000	509	0.000	0.000	0.000	10 -23 10
					0.000	968	0.000	0.000	0.000	4 -50 -6
					0.000	0.000	7.22	7.03 0.000	20 15 52	
					0.000	0.000	6.25	5.13 C.000	6 -30 54	
					0.000	0.000	6.25	5.13 C.000	8 -28 34	

圖四、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是左耳輸入的噪音雙字詞時，

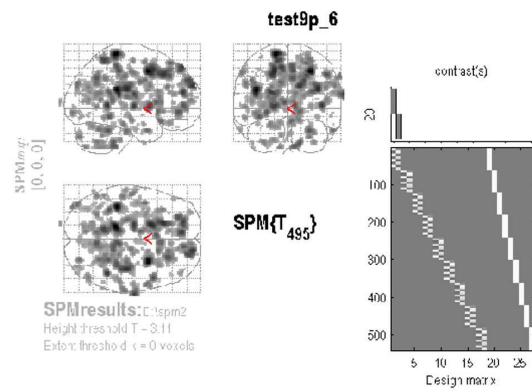
fMRI 發現腦部有意義的活化部位在右側 Inferior Frontal Gyrus, Middle Frontal Gyrus, Linual Gyrus, Posterior Cingulate Cortex, Superior Frontal Gyrus, Paracentral Lobule, Middle Cingulate Cortex, 左側 Mid Orbital Gyrus, Rectal Gyrus, Inferior Temporal Gyrus, ParaHippocampal Gyrus, Cerebelum, 雙側 Inferior Frontal Gyrus, 及 Cerebellar Vermis。



Statistics: p-values adjusted for search volume

se-level		cluster-level			voxel-level					xyz (mm)		
p	c	F _{connected}	k _E	F _{uncorrected}	D _{FWE corr}	p _{TDR corr}	T	(z)	p _{uncorrected}			
0.003	217	0.000	0.000	0.000	6.09	5.90	0.000	26	-76	-30		
0.013	156	0.001	0.000	0.000	6.04	3.93	0.000	24	10	30		
					11.1111	11.1111	3.333	3.333	1.1111	201	201	34
0.267	70	0.014	0.000	0.000	6.02	5.91	0.000	58	-13	52		
0.067	110	0.003	0.000	0.000	5.98	5.87	0.000	34	30	2		
0.000	380	0.000	0.001	0.000	5.80	3.70	0.000	42	-62	26		
					0.10	0.003	5.128	5.211	C.0000	50	-63	26
					0.178	0.003	4.79	4.73	C.0000	36	-74	32
0.001	265	0.000	0.001	0.000	5.74	5.64	0.000	50	-5	-30		
					0.054	0.003	4.80	4.83	C.0000	16	3	38
0.000	322	0.000	0.001	0.000	5.74	5.64	0.000	16	-24	0		
					11.1111	11.1111	5.117	5.111	1.1111	16	-25	-12
					0.057	0.003	4.98	4.92	C.0000	6	-28	-6
0.129	91	0.006	0.002	0.000	5.67	5.58	0.000	30	80	26		
0.531	48	0.036	0.002	0.000	5.64	3.53	0.000	24	-22	72		

圖五、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是右耳為主雙聲道短句時，fMRI 發現腦部有意義的活化部位在右側 Cerebelum, Thalamus, Middle Frontal Gyrus, Superior Frontal Gyrus, Postcentral Gyrus, Angular Gyrus, Inferior Temporal Gyrus, Precentral Gyrus, ParaHippocampal Gyrus, 左側 Inferior Frontal Gyrus, 雙側 Middle Occipital Gyrus, 及 Cerebellar Vermis。

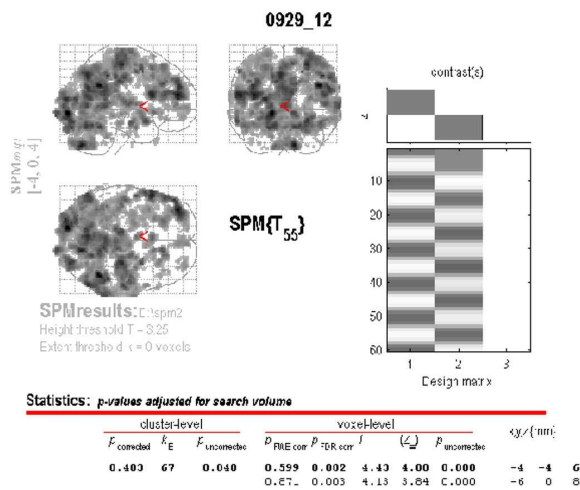


Statistics: p-values adjusted for search volume

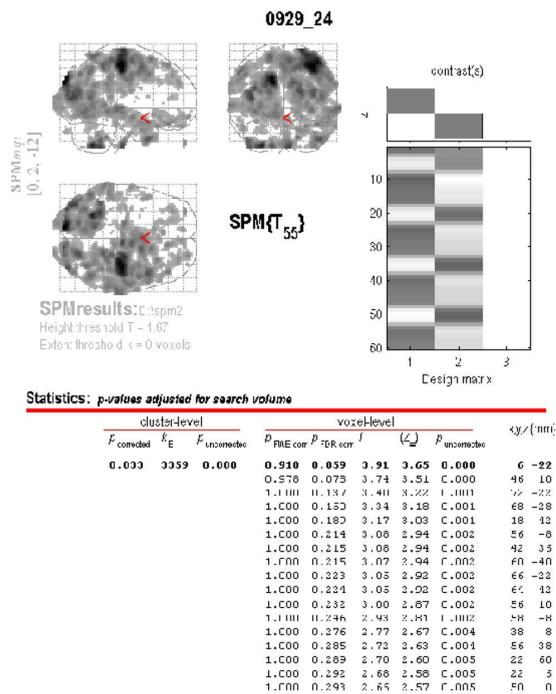
se-level		cluster-level			voxel-level					xyz (mm)		
p	c	F _{connected}	k _E	F _{uncorrected}	D _{FWE corr}	p _{TDR corr}	T	(z)	p _{uncorrected}			
0.032	131	0.001	0.000	0.000	6.82	6.67	0.000	-16	8	2		
0.000	1060	0.000	0.000	0.000	6.81	5.66	1.1111	-16	-12	4		
					0.002	0.003	5.63	3.54	C.0000	-8	-4	34
0.012	162	0.001	0.000	0.000	6.75	6.60	0.000	70	12	18		
					0.401	0.001	4.34	4.30	C.0000	58	-14	20
0.001	249	0.000	0.000	0.000	6.33	6.22	0.000	24	32	42		
					0.117	0.003	5.15	5.09	C.0000	16	32	40
0.043	122	0.002	0.000	0.000	6.29	6.17	0.000	50	12	42		
					0.058	0.003	5.05	5.08	C.0000	60	8	28
0.004	197	0.000	0.000	0.000	6.29	6.16	0.000	6	-32	48		
					11.524	11.1111	3.825	3.822	1.1111	16	-32	64
0.000	363	0.000	0.000	0.000	6.22	6.10	0.000	-4	16	8		
					0.001	0.003	5.75	5.66	C.0000	16	18	1
					0.002	0.003	5.63	5.54	C.0000	6	22	-16

圖六、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是左耳為主雙聲道短句時，fMRI 發現腦部有意義的活化部位在左側 Superior Medial Gyrus, Putamen, Thalamus, Middle Cingulate Cortex, Caudate Nucleus, 右側 Postcentral Gyrus, Superior Frontal Gyrus, Superior Frontal Gyrus, Middle Frontal Gyrus, Precentral Gyrus, Paracentral Lobule, Rectal Gyrus。

以 SPM2 分析實驗組 fMRI，僅當刺激型態是右耳輸入的噪音雙字詞時，方才發現腦部有意義的特別活化，結果顯示於圖七。其他五種刺激型態的 fMRI 分析皆未發現腦部有意義的特別活化，以刺激型態是左耳為主雙聲道短句為例顯示於圖八。由以上結果，我們發現 CAPD 兒童對聲音刺激的腦部活化部位似乎不在腦皮質，而且不隨刺激複雜度變化，也未出現當刺激來自左耳時，腦部活化部位比刺激來自右耳時稍大的傾向。



圖七、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是右耳輸入的噪音雙字詞時，fMRI 發現腦部有意義的活化部位在左側 Thalamus 及 Caudate Nucleus。



圖八、以 SPM2 分析對照組的結果顯示當刺激型態是左耳為主雙聲道短句時，fMRI 並未發現腦部有意義的特別活化。

五、計畫成果自評

本研究在分析 fMRI 時，是以所謂 False-Discovery-Rate-corrected p value (p_{FDR}) 小於 0.05 為判斷腦部有意義的特別活化的標準，因為比起其他 p 值校正法， p_{FDR} 的寬嚴介於中間，Type I 及 II errors 可以接受。本次實驗，因 fMRI 機件及機器故障，實驗進度嚴重落後，只完成

一例 CAPD 兒童，而無其他正常兒童的資料，因此在研究推論上受到極大限制。例如，CAPD 而之 fMRI pattern 究竟如何，無法由一例看出。且無常兒 fMRI 資料，較難掌握 CAPD fMRI 的 key features.

然而，據 Karunanayaka 等人 2006 年最新的研究，兒童成長過程中，有關聽覺部份的腦部主要變化在 primary auditory cortex, mid-superior temporal gyrus, superior temporal gyrus, hippocampus, angular gyrus 及 medial aspect of the parietal lobule (precuneus/posterior cingulate). 因對照組結果與實驗組差異極大，超過這些範圍，無腦皮質的活化，可以合理推測 CAPD 與常兒有可能用 fMRI 加以區分，然需收集更多 CAPD 兒與常兒之資料方能下結論。

據 karunanayaka 等人之同一研究，發展過程中的 left-lateralization 及右腦在聽覺理解中的重要性，則與我們此次的研究若符合節。總之，以腦功能影像來證實及改善臨床篩檢方法，是相當先驅性的研究，目前所得結果亦與我們原先假設符合，值得進一步研究。

六、參考文獻

- Adelman, H. S., & Taylor, L. (1985). The future of the Ld field: A survey of fundamental concerns. *Journal of Learning disabilities*, 18, 423-427.
- American Speech-Language-Hearing Association (1996). Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice. *American Journal of Audiology*, 5 (2), 41-54.
- Bellis, T. & Beck, B. (2003). *Central auditory processing in clinical practice*. Audiology Online, Inc.
- Bellis, T. & Ferre, J. (1999). Multidimensional approach to the differential diagnosis of central auditory processing disorders in children. *American Journal of Audiology*, 10, 319-328.
- Benasich, A.A., Thomas, J.J., Choudhury, N., Leppanen, P.H.T..(2002) The Importance of Rapid Auditory Processing Ability to Early Language Development: Evidence From Converging Methodologies. *Developmental psychobiology*, 40:278-292
- Bureau of Instructional Support and Community Services (2001). *Auditory processing disorders*. Florida Department of Education.
- Chermak, G. & Musiek, F. (1997). *Central auditory processing disorders: New perspectives*. San Diego: Singular Publishing Group.
- Cleveland, C. (1997). Central Auditory Processing Disorder: When is Evaluation Referral Indicated? *The ADHD Report*.
- Domitz, D.M., Schow, R.L..(2000) A New CAPD Battery—Multiple Auditory Processing Assessment: Factor Analysis and Comparisons

- with SCAN. *American Journal of Audiology*, Vol. 9, 1059-10889.
- Fowler, M. (2002). Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *NICHCY Briefing Paper*
- Friederici, A. D., (2002) Towards a neural basis of auditory sentence processing. *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol.6 No.2
- Gearheart, B. R. & Gearheart, C. J. (1989). *Learning disabilities: Educational strategies*. Columbus: Merrill.
- Gearheart, B. R., Mullen, R. C. & Gearheart, C. J. (1993). *Exceptional individuals: An introduction*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- Gomez, R. & Condon, M. (1999). Central auditory processing ability in children with ADHD with and without learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 32, 150-158.
- Haring, N. G. & McCormick, L. (1990). *Exceptional children and youth: An introduction to special education* (6th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice.
- Jancke, L., Specht, K., Shah, J.N., Hugdahl, K. (2003) Focused attention in a simple dichotic listening task: an fMRI experiment. *Cognitive Brain Research*, 16, pp257-266
- Karunanayaka, P.R., Holland, S.K., Schmithorst, V.J., Solodkin, A., Chen, E.E., Szaflarski, J.P., Plante, E. (2006) Age-related connectivity changes in fMRI data from children listening to stories. *Neuroimage*, [Epub ahead of print]
- Ladefoged, P., (2001) *Vowels and consonants: an introduction of the sounds of languages*. Blackwell Publishing Ltd.
- Leonard, L. (1999). *Specific Language Impairment in Children*. Massachusetts: MIT Press.
- Lerner, J. W. (1993). *Learning disabilities: Theories, diagnosis, and teaching strategies*. Boston: Houghton Mifflin.
- Portas, C.M., Krakow, K.K., Allen, P., Josephs, O., Armony, J.L., Frith, C.D. (2000) Auditory Processing across the Sleep-Wake Cycle: Simultaneous EEG and fMRI Monitoring in Humans. *Neuron*, Vol.28, 991-999.
- Rabiner, D. (1999) ADHD, Central Auditory Processing Disorder, and Learning Disabilities. *Attention Research Update*.
- Saygön, A., Dick, F., Wilson, S.W., Dronkers, N.F., and Bates, E.. Neural resources for processing language and environmental sounds- Evidence from aphasia. *Brain* (2003), 126, pp928-945
- Schminky, M. M., & Baran, J. A. (1999). *Central auditory processing disorders - an overview of assessment and management practices*. Teaching Research Division of Western Oregon University for DB-LINK.
- Smith, T. C., Polloway, E. A., Patton, J. R. & Dowdy, C. A. (1998). *Teaching Students with special needs in inclusive settings*. Boston: Allyn & Bacon.
- Spivak, M. P. (1986). Advocacy and legislative action for head-injured children and their families. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 1, 41-47.
- State and District-Wide Assessments and Students with Learning Disabilities: A Guide for States and School Districts. National Joint Committee on Learning Disabilities (NJCLD)(2004)
- Torgesen, J. K. & Kail, R. V. (1980). Memory processes in exceptional children. *Advances in special education, Vol. 1: Basic constructs and theoretical orientations*. Greenwich, Conn.: J. A. I. Press.
- 教育部 (民93) 。特殊教育法(修)。台北：教育部。
- 教育部 (民91) 。身心障礙及資賦優異學生鑑定原則鑑定基準。台北：教育部。
- 教育部 (民91) 。特殊教育統計年報。台北：教育部。
- 周台傑 (民89) 。新特殊教育通論。台北：五南圖書公司。