

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

台灣注意力缺陷過動症兒童的腦電波探索和決斷分數的建立

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 105-2410-H-040-002-
執行期間：105年08月01日至106年12月31日
執行單位：中山醫學大學語言治療與聽力學系

計畫主持人：李宏鎰
共同主持人：段正仁
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：鍾杰
碩士班研究生-兼任助理：陳政君
碩士班研究生-兼任助理：呂仁捷
碩士班研究生-兼任助理：蔡佳好
大專生-兼任助理：詹子儀
大專生-兼任助理：許惠晴
大專生-兼任助理：雷晏然
大專生-兼任助理：陳恩和
大專生-兼任助理：呂政潔
大專生-兼任助理：蔡昀諺
大專生-兼任助理：陳韋甄

報告附件：出席國際學術會議心得報告

中華民國 107 年 03 月 28 日

中文摘要：摘要

過去ADHD的診斷主要是藉由現象觀察，症狀蒐集及神經心理測驗來確立診斷，沒有所謂客觀的生物指標(biomarker)，以致於有不少專業及社會人士提出質疑，擔心ADHD有過度診斷之嫌，進而衍生藥物濫用問題。最新的研究指出透過腦電波(Electroencephalography)檢查可改善ADHD診斷的不確定性。因為過去研究已經確定ADHD患者(不管是成人或兒童)的Theta-beta ratio(TBR)會較一般人來得高。2013年美國食品藥物管理局(FDA)也將TBR視為是ADHD的生物指標。然而，台灣的醫療機構鮮少利用TBR來協助ADHD的診斷。亞洲ADHD兒童與歐美ADHD兒童基因體有所不同，雖然外顯症狀行為相似，但愈往生理的層次，可能會有所差異。因此，本研究探討台灣ADHD兒童的腦電波，尤其是TBR，了解它是否適用在台灣應用協助診斷ADHD兒童。本研究同時蒐集ADHD與一般兒童的腦電波資料，結果發現兩組的TBR並沒有達顯著差異，低頻的腦電波，包括Delta、Theta、Alpha、Low Beta等都沒有組間差異，反之，相對高頻的腦電波，包括Beta及Gamma有組間差異，但不大。因此，也不建議以此診斷ADHD兒童，本研究結果與最近其他的實證研究結果相一致。

中文關鍵詞：生物指標，持續性注意力，診斷，腦電波

英文摘要：In the past, ADHD is diagnosed by gathering information about the children's symptoms of ADHD and their performances on neuropsychological tests. There is no so-called objective biological indicator (biomarker), so many professionals questioned and worried about the problem of over-diagnosis of ADHD which resulted in drug abuse problem. Recent research indicates that Neuropsychiatric EEG-Based Assessment can improve ADHD diagnosis. Because Past studies have shown that the theta-beta ratio (TBR) is higher in children and adolescents with ADHD than in persons without it. The TBR was approved to be used as a part of a complete medical and psychological exam by FDA in 2013. However, Taiwan's medical institutions rarely use TBR to help ADHD diagnosis now, because there is no norm of TBR for Taiwanese. In addition, Children with ADHD in Asian and ADHD children in Europe have different genes, although both conduct similar symptoms, but there may be different at the physiological level. Thus, the present research collect the TBR data of Taiwanese children. The results showed that there was no significant difference in TBR index between ADHD and normal children. There was no intergroup difference in low-frequency brain waves, including Delta, Theta, Alpha, and Low Beta. On the contrary, brain waves at relatively high frequencies, including beta and Gamma has differences between groups, but the difference is not significant. Therefore, it is not recommended to use EEG to diagnose ADHD children. The results of this study are

consistent with the results of other recent empirical studies.

英文關鍵詞： biomarker, diagnosis, sustained attention, theta/beta ratio

台灣注意力缺陷過動症兒童的腦電波探索

摘要

過去 ADHD 的診斷主要是藉由現象觀察，症狀蒐集及神經心理測驗來確立診斷，沒有所謂客觀的生物指標(biomarker)，以致於有不少專業及社會人士提出質疑，擔心 ADHD 有過度診斷之嫌，進而衍生藥物濫用問題。最新的研究指出透過腦電波(Electroencephalography)檢查可改善 ADHD 診斷的不確定性。因為過去研究已經確定 ADHD 患者(不管是成人或兒童)的 Theta-beta ratio(TBR)會較一般人來得高。2013 年美國食品藥物管理局(FDA)也將 TBR 視為是 ADHD 的生物指標。然而，台灣的醫療機構鮮少利用 TBR 來協助 ADHD 的診斷。亞洲 ADHD 兒童與歐美 ADHD 兒童基因體有所不同，雖然外顯症狀行為相似，但愈往生理的層次，可能會有所差異。因此，本研究探討台灣 ADHD 兒童的腦電波，尤其是 TBR，了解它是否適用在台灣應用協助診斷 ADHD 兒童。本研究同時蒐集 ADHD 與一般兒童的腦電波資料，結果發現兩組的 TBR 並沒有達顯著差異，低頻的腦電波，包括 Delta、Theta、Alpha、Low Beta 等都沒有組間差異，反之，相對高頻的腦電波，包括 Beta 及 Gamma 有組間差異，但不大。因此，也不建議以此診斷 ADHD 兒童，本研究結果與最近其他的實證研究結果相一致。

關鍵詞：生物指標，決斷分數，持續性注意力，診斷，腦電波

To explore electroencephalography of Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Taiwan

Abstract

In the past, ADHD is diagnosed by gathering information about the children's symptoms of ADHD and their performances on neuropsychological tests. There is no so-called objective biological indicator (biomarker), so many professionals questioned and worried about the problem of over-diagnosis of ADHD which resulted in drug abuse problem. Recent research indicates that Neuropsychiatric EEG-Based Assessment can improve ADHD diagnosis. Because Past studies have shown that the theta-beta ratio (TBR) is higher in children and adolescents with ADHD than in persons without it. The TBR was approved to be used as a part of a complete medical and psychological exam by FDA in 2013. However, Taiwan's medical institutions rarely use TBR to help ADHD diagnosis now, because there is no norm of TBR for Taiwanese. In addition, Children with ADHD in Asian and ADHD children in Europe have different genes, although both conduct similar symptoms, but there may be different at the physiological level. Thus, the present research collect the TBR date of Taiwanese children. The results showed that there was no significant difference in TBR index between ADHD and normal children. There was no intergroup difference in low-frequency brain waves, including Delta, Theta, Alpha, and Low Beta. On the contrary, brain waves at relatively high frequencies, including beta and Gamma has differences between groups, but the difference is not significant. Therefore, it is not recommended to use EEG to diagnose ADHD children. The results of this study are consistent with the results of other recent empirical studies.

Key words: biomarker, cut-off score, diagnosis, sustained attention, theta/beta ratio

前言

一直以來，注意力不足過動症(Attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)的診斷，主要是藉由現象觀察，症狀蒐集及神經心理測驗來確立診斷，沒有所謂客觀的生物指標(biomarker)，以致於有不少專業及社會人士提出質疑，擔心 ADHD 有過度診斷之嫌，進而衍生藥物濫用的問題。最新研究建議可考慮透過腦電波(Electroencephalography, EEG)檢查來改善 ADHD 診斷的不確定性(Snyder、Rugino、Hornig & Stein, 2015)，進而降低過度診斷，或可降低藥物濫用的可能性。過去的研究已經確定 ADHD 患者(不管是成人或兒童)，他們的腦電波訊號中的 theta 波和 beta 波的比例(theta/beta ratio, TBR)會較一般人來得高(Monastra et al., 1999)。目前國內的醫療機構鮮少利用 TBR 來協助 ADHD 的診斷，因此可能有過度診斷之嫌，造成藥物不當使用的情況。過去，ADHD 診斷，只是透過觀察或家長、老師填寫相關量表而得，缺乏客觀科學證據，如果國內也有這項客觀診斷方式，至少能避免 ADHD 過度診斷這件事。

注意力缺陷過動疾患(Attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)為常見於學齡期兒童的神經發展性疾患(neurodevelopmental disorder)，其主要症狀為不專心、過動及衝動(American Psychiatric Association, 2013)。ADHD 的盛行率約 3% - 7% (Kasper, Alderson, & Hudec, 2012)，Nigg (2006)彙整了相關研究所得到的結果是，ADHD 整體的盛行率為 6.8%，其中注意力缺陷型(ADHD-PI)佔 3.2%，過動衝動型(ADHD-HI)佔 0.6%，注意力缺陷合併過動衝動型(ADHD-C)佔 2.9%。Ramsay 和 Rostain (2008)的研究提到 ADHD 中，主要症狀為過動/衝動的比率少於 15%，主要症狀為注意力不足者約佔 20-30%，而混和型則大約佔 50-75%。在台灣預估 ADHD 的盛行率為 7.09%到 12.04%，其盛行率高且症狀持續到成年期(劉昱志等，2006)。

美國的疾病及控制防治中心(Centers for disease control and prevention, CDC)報告指出，ADHD 的盛行率增加得相當明顯，1997 至 2006 每年是 3%，到了 2003 至 2011 就每年固定為 5% (CDC, 2014)，ADHD 的就醫率從 2007 至 2011 年就增加了 28%(Visser et al., 2014)。ADHD 之所以會逐年增加的原因有很多，其中一個可能的原因是 ADHD 的診斷「準則 E」很難判斷(Snyder, Rugino, Hornig & Stein, 2015)，如能發展更精準的心理衡鑑工具或可協助解決此問題。

ADHD 的腦電波異常與訓練

以神經心理測驗作為 ADHD 大腦發展異常證據之整合分析顯示，ADHD 兒童較一般兒童在各執行功能(executive function)面向，如：反應抑制(response inhibition)、持續注意力(sustain attention)、工作記憶(working memory)及計畫能力皆表現較弱(Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone, & Pennington, 2005)。這些功能不足的現象被認為與 ADHD 兒童的大腦額葉活化程度較低有關(Amen, Paldi, & Thisted,

1993; Amen & Carmichael, 1997; Barkley, Grodzinsky, & DuPaul, 1992; Grodzinsky & Diamond, 1992; Kovatchev, et al, 2001)。

有關 ADHD 患者的腦電波(EEG)研究相當多，陸續發現 ADHD 患者的腦電波異於常人，例如：Chabot 和 Serfontein(1996)蒐集 407 位 ADHD 的腦電波資料與一般人相比後發現，注意力不足型的 ADHD 在額葉區呈現出較多的 theta 波。之後的學者接續且穩定地發現，ADHD 兒童在閉眼、開眼的休息狀態及從事一般認知活動時，在大腦正上方及前額位置呈現較多且持久的低頻波（如：delta、theta 波）、較少的高頻波（如：beta、alpha 波），這被視為是大腦皮質活化較低之證據之一（如：Clarke et al. 1998; Clarke et al. 2001; Mann & Lubar, 1992; Monastra, Lubar, & Linden, 2001; Monastra, et al, 1999; Monastra, et al, 2002）。Bresnahan、Anderson 及 Barry(1999)認為「過動」與腦電波活動或 beta 波下降有關，「衝動」與 Theta-beta ratio (TBR)增加有關。目前研究者大都以 TBR 做為中樞神經系統及腦皮質激發程度的指標(Amen & Carmichael, 1997; Amen et al., 1993)。ADHD 兒童的 TBR 較高，尤其是在前額葉量測時（Barry, Clarke, & Johnstone, 2003; Clarke, Barry, McCarthy, & Selikowitz, 2001; Monastra, et al, 1999; Monastra, et al, 2001）。此外，González-Castro 等(2010)發現左前額葉的 TBR 和持續性注意力測驗(continuous performance tests)中所表現出的高違規錯誤(commission error)與反應時間變異大有關。ADHD 兒童因為抑制困難，通常會在持續性注意力測驗表現出高違規錯誤(Hasson & Fine, 2012)。

此外，神經回饋訓練(Neurofeedback training)研究大多以提升 Cz 位置(大腦正上方)的快波(Beta 波)或抑制慢波(Theta 波)做為訓練指標，即降低 TBR(Kropotov et al, 2005; Lubar et al, 1995; Linden et al, 1996; Lubar, 2003; Thompson et al, 1998; Vernon, Frick, & Gruzelier, 2004)。神經回饋訓練已經被證實可改善 ADHD 兒童的腦波指標(如：Theta, Beta, TBR 等)(Linden, Habib, & Radojevic, 1996; Monastra et al, 2002)，對行為症狀的改善也有成效（Thompson et al, 1998; Yucha & Gilbert, 2004; Arns, de Ridder, Strehl, Breteler, & Coenen, 2009）。

可見，ADHD 患者的腦電波異常是相當明顯的指標。因此，除了可用來做為訓練工具之外，也可用來做為心理衡鑑工具。Monastra 等(1999)首度進行有關於特定神經計量指標—前額葉皮質運作緩慢的初步效度研究，致力於發展出有助於 ADHD 的評估方式，即以便宜、非侵入性的電生理測量評估額葉的執行功能。他們蒐集 482 個 6 至 30 歲的 ADHD 患者資料，根據標準化的 ADHD 臨床晤談、行為量表和持續表現測驗(continuous performance tests, CPT)區分 ADHD 不專注型、ADHD 混合型和控制組等三組，結果發現 Theta-beta ratio(TBR)在 6 至 11 歲組比例最高，隨著年齡漸增，TBR 逐漸減少。他們同時也發現如果以高於 TBR 平均數的 1.5 個標準差(如表 1 所示)，即被分類為 ADHD，則敏感性為 86%，特異性為 98%。整體陽性預測率為 99%，表示只有 1%的非 ADHD 會被認為是 ADHD，可見 TBR 具高敏感性及高特異性，適合用來協助診斷 ADHD。Monastra 等(2001)進一步分析 TBR 評估 ADHD 的信效度，結果發現腦電波 TBR 的再測信度是 0.96，且與 Attention Deficit Disorders Evaluation Scale (S. B. McCarney, 1995) 和 Test of Variables of Attention (L. M. Greenberg, 1994)呈現高相關，具效度。區分 ADHD 與一般人的能力也很強，敏感性為 90%，特異性 94%。

到了 2013 年，美國食品藥物管理局(Food and Drug Administration, FDA)接受將 TBR 視為是 ADHD 的生物指標(biomarker)，且可採之做為 ADHD 的診斷參考。也就是，神經精神的腦波為基的評估輔助系統(Neuropsychiatric EEG-Based Assessment Aid System)。

然而，Arns、Conners、Kraemer(2013)整合分析了過去十年九篇的 TBR 相關研究(共 736 位 ADHD)，發現 6-13 歲的 ADHD 兒童而言，有很大的效果量 0.75，如果年齡範圍擴大到 6-18 歲，則效果量為 0.62，然而個別的研究差異很大，所以他們認為這麼大的效果量有誤導及高估之嫌，且隨年齡增長，ADHD 與一般人的 TBR 差異會減小，一般人的 TBR 隨年齡增加而變大。因此，他們認為過高的 TBR 不能視為是有信度的 ADHD 診斷。因此，將 TBR 視為 ADHD 的先兆評量(prognostic measure)較為恰當，不應視為 ADHD 的診斷評量(diagnostic measure)。

腦電波評量增益 ADHD 的區辨率

最近，Snyder、Rugino、Hornig 與 Stein(2015)為了改善 ADHD 診斷的精準度，將 TBR 併入 ADHD 的常規評估中，以增加 ADHD 診斷「準則 E」的確定性。此研究檢驗多專業評估團隊的診斷、單一臨床工作者診斷和併入 TBR 診斷的單一臨床工作者等三者的診斷一致性。研究對象為 275 位 6 至 18 歲的兒童，依單一臨床工作者的診斷，分類為 ADHD 陽性、陰性及不確定性三類兒童。ADHD 陽性者，再依 TBR 的高低區分為 ADHD 確定組與不符合準則 E 組；ADHD 不確定性者，也再依 TBR 的高低區分為較可能是 ADHD 與可能不符合準則 E 組。所有參與者也會由多專業評估團隊區分為 ADHD 確定組與可能不符合準則 E 組。結果發現在單一臨床工作者認定為 ADHD 者有 209 位，其中有 93 位被多專業評估團隊認為可能不符合準則 E，代表單一臨床工作者的過度診斷的機率為 34%(93/275)。而且，在這 93 位中，有 85 位(91%)表現出較低的 TBR，可見併入 TBR 後的鑑別力與多專業評估團隊的鑑別力相當(如表 2 所示)。另外，被單一臨床工作者認定為不確定 ADHD 者(36 位)中，其中有 25 位被多專業評估團隊認為可能不符合準則 E，而此 25 位中有 24 位表現出較低的 TBR，可見併入 TBR 後的鑑別力與多專業評估團隊的鑑別力相當(如表 3 所示)。

此外，Snyder 等(2015)的研究結果也發現 TBR 在增進「準則 E」的確定性上有統計檢定力，因為 TBR 較低的參與者有可能罹患其他疾病，進而影響準則的確定性。從 ADHD 例行性評估到併入 TBR 的方法可改善診斷精確性，從 61%到 88%。因此，以 EEG 為基礎的神經心理衡鑑方式可能可藉由提昇較嚴謹的準則 E，而改善 ADHD 的診斷精確度。

中西方 ADHD 患者基因差異

多巴胺 D4 受體(dopamine receptor D4 (*DRD4*) gene)是一種 G-蛋白偶聯受體，它與精神分裂症、注意力缺乏、過動症等多種神經精神疾病有關。ADHD 身上被發現有多巴胺 D4 受體的 7R 對偶基因(7-repeat allele of the dopamine receptor D4 (*DRD4*) gene)的人數愈來愈多。然而，*DRD4* 7R 對偶基因的盛行率在不同的種族間會有所不同，尤其是在亞洲人身上特別低。Leung、Lee、Hung、Ho、Tang 及 Kwong 等人(2005)為了檢驗 *DRD4* 7R 對偶基因與 ADHD 的關聯性是否存在於

漢人的 ADHD 臨床樣本中，蒐集 32 位香港 ADHD 確診個案(6 至 15 歲)的血液樣本去檢驗他們的基因型。結果發現沒有一位有 7R 的對偶基因，反倒是與過去五個漢族配對組(舊金山、台灣、遼寧、青島和廣東)相比，所觀察到香港的 ADHD 臨床樣本在 2R 對偶基因的盛行率(33%)顯著高於種族配對組(20%)。這近 1.65 倍高的 2R 對偶基因比率相近於歐洲的 ADHD 與控制組在 7R 對偶基因的比率。也就是，在漢人 ADHD 2R 對偶基因較高的盛行率與歐洲 ADHD 7R 對偶基因較高是一致的。生化分析證實 2R 與 7R 蛋白相較於 4R 蛋白在轉換腺嘌呤核苷三磷酸(adenosine triphosphate, ATP)成為環腺甘單磷酸(cyclic adenosine monophosphate, cAMP)上較為鈍化(Asghari et al., 1995)。

但是，Leung 等(2005)認為亞洲的單倍型的 2R 對偶基因是從 7R 對偶基因衍生出，且其功能某些程度相似。所以，DRD4 的 2R 與 7R 對偶基因儘管有跨種族的盛行率，但仍有共同的臨床結果。無論如何，DRD4 基因與 ADHD 的關聯性是跨種族而存在的。漢人孩童與歐洲孩童的 ADHD 盛行率差不多，漢人 ADHD 孩童也表現出與歐洲血統孩童相似的行為症狀、認知缺陷與發展遲緩。雖然 Leung 等(2005)的研究樣本較小且有族群分層抽樣的問題。但是，它指出亞洲 ADHD 兒童與歐美 ADHD 兒童基因體不同的可能，雖然外顯症狀行為相似，但愈往生理的層次，可能會有所差異。因此，本研究認為有必要建立台灣 ADHD 兒童的腦電波資料，探討它們與西方國家目前的 ADHD 兒童腦電波資料是否不同，以利發展在台灣應用腦電波協助診斷 ADHD 兒童。

研究動機與目的

綜合上述文獻可知，過去 ADHD 的診斷，主要是藉由現象觀察，症狀蒐集及神經心理測驗來確立診斷，沒有所謂客觀的生物指標(biomarker)，以致於有不少專業及社會人士提出質疑，擔心 ADHD 有過度診斷之嫌，進而衍生藥物濫用的問題。最新研究建議可考慮透過腦電波(Electroencephalography, EEG)檢查來降低過度診斷或是改善 ADHD 診斷的不確定性(Snyder et al., 2015)，或可降低藥物濫用的可能性。因為過去的研究已經確定 ADHD 患者(不管是成人或兒童)的 TBR 會較一般人來得高(如 Monastra et al., 1999; Monastra et al., 2001)。雖然，Arns 等(2013)認為隨年齡增長，ADHD 與一般人的 TBR 差異會減小，一般人的 TBR 隨年齡增加而變大。因此，將 TBR 視為 ADHD 的先兆評量較為恰當，不應視為 ADHD 的診斷評量。但是，Snyder 等(2015)支持併入 EEG 的資料可協助解決 ADHD 診斷標準 E 的不確定性問題。2013 年美國食品藥物管理局(FDA)也接受將 TBR 視為是 ADHD 的生物指標，且可採之做為 ADHD 的客觀檢測方式。也就是，神經精神的腦波為基的評估輔助系統(Neuropsychiatric EEG-Based Assessment Aid System)，這是一種非侵入式的腦電波檢查技術，在 20 分鐘以內完成，計算 TBR，如果 TBR 高，則罹患 ADHD 的機會大。有了這項客觀的診斷工具，至少可避免過動症過度診斷。再者，亞洲 ADHD 兒童與歐美 ADHD 兒童基因體有所不同，雖然外顯症狀行為相似，但愈往生理的層次，可能會有所差異。因此，本研究認為有必要探索台灣 ADHD 兒童的腦電波資料，探討它們與西方國家目前的 ADHD 兒童腦電波資料是否不同，以利在台灣應用腦電波協助診斷 ADHD 兒童。

方法

本研究主要想探討及建立 ADHD 孩子的 TBR 資料。依序回答以下問題：

一、ADHD 的 TBR 決斷分數為何？國內 ADHD 兒童的 TBR 平均數為何？1.5 個標準差為何？Monastra 等人(1999)以高於 TBR 平均數的 1.5 個標準差為決斷分數，敏感性為 86%，特異性為 98%，整體的鑑別率為 99%。不知是否台灣的 ADHD 兒童以 1.5 個標準差為決斷分數是否仍然得到同樣高的鑑別率。此外，不同以往，本研究也將以 ROC 曲線分析方法分別求得 ADHD 幼兒及 ADHD 兒童的決斷分數，藉此評估它是否具有良好的鑑別力。因此，本研究將以腦電波儀量測 ADHD 兒童及相配對年齡的一般兒童的 TBR。

二、ADHD 的 TBR 是否具同時效度？Gonzalez-Castro 等(2010)發現 TBR 和神經心理測驗中所表現出的高違規性錯誤與反應時間變異大有關。因此，本研究評量 ADHD 孩子的 TBR 時，同時評量他們在持續性注意反應測驗(SART)(Robertson, 1997)上的違規性錯誤與反應時間。

三、台灣 ADHD 兒童的 TBR 指數是否異於美國的 ADHD 兒童。本研究蒐集的其中一群 6-11 歲參與者的 TBR 可與 Monastra 等人(1999)的研究中的同齡組相比較，加以驗證。

(一) 參與者

共 ADHD 兒童 100 位與一般兒童 100 位，納入年齡為 4-5 歲(各 50 位)及 6-11 歲(各 50 位)，即幼兒階段及國小階段。ADHD 兒童指的是由兒童科及精神科(身心科)專科醫師，依據 DSM-5 準則確認為 ADHD 疾患之個案。一般的確診方式是由醫師對主要照顧者及兒童進行結構式臨床晤談、行為觀察、或參考臨床心理師的心理衡鑑報告而確認。為了控制藥物效果，ADHD 組如有服用利他能等藥物治療者，要在藥物沒有作用時進行，即停藥後至少 12 小時後才接受評估。一般兒童則在同一社區內的國小公開徵求而得，也是在沒有使用任何藥物中被評估。為了比較及控制 ADHD 兒童與一般兒童的特質差異，所有參與者都參與魏氏兒童智力量表(第四版中文版，WISC-IV；Wechsler, 1997)，參與者的主要照顧者之一需填寫問題行為篩選量表、日常執行功能行為量表等，以蒐集參與者的注意力不足、過動、衝動症狀分數、功能受損、對立性違抗行為(Oppositional Defiant Disorder, ODD)及違規行為(conduct disorder, CD)、執行功能分數、智力、社會地位指數等，以利後續的資料統計分析。此外，為了檢視 TBR 的效標關聯效度，本研究同時蒐集所有參與者在持續性注意力測驗上表現，即施予持續性注意反應測驗(Sustained attention to response test, 簡稱 SART)(Robertson, Manly, Andrade, Baddeley, & Yiend, 1997)。

(二) 研究工具

Swanson, Nolan, and Pelham, Version IV (SNAP-IV)量表(中文版)。SNAP-IV 量表是一份由父母或是老師填寫，用來評量國小至國中生是否具 ADHD 的篩選量表，內容包括：不專心、過動和對立反抗三個分量表。父母版 SNAP-IV 的不專心、過動和對立反抗分量表的再測信度分別為 0.72、0.67 和 0.59。老師版的三個分量表之再測信度為(0.60-0.84)。中文版 SNAP-IV 量表是一個具有良好信、效度的量表，可協助臨床評估與診斷注意力不足過動症，也可作為社區或學校篩選之用(劉昱志、劉士愷、商志雍、林健禾、杜長齡、高淑芬，2006)。

持續性注意反應測驗。由於 Gonzalez-Castro 等(2010)發現 TBR 和神經心理測驗中所表現出的高違規性錯誤與反應時間變異大有關。因此，本研究採用持續性注意反應測驗(SART)(Robertson, 1997)，蒐集所有參與者的違規性錯誤與反應時間。SART 要求參與者對螢幕上隨機出現的 1 至 9 數字做按鍵反應(數字 3 例外)，這些數字稱為按鍵數字(go digits)，但是唯獨出現 3 時不可按鍵，這數字稱為不按鍵數字(no-go digit)。共有 225 個嘗試，其中有 200 個(89%)按鍵數字，25 個不按鍵數字。由於數字出現的時距為 1150 毫秒，整個作業只持續約 5 分鐘。可見，SART 除了作業時間短之外，另一特色就是它是對罕見目標物做抑制按鍵反應，而不是按鍵反應(與 CPT 相反)。因此，在不需按鍵的情況(3 出現時)下，需要動用到持續性注意力系統，以便抑制已經逐漸自動化的按鍵反應傾向。所以，此時 SART 中的違規性錯誤有了不同於以往 CPT 的新意義，它被視為是注意力失誤，反映的是持續注意力不足(Robertson, et al., 1997)。也因此，忽略性錯誤在 Robertson 等(1997)的研究中，並沒有被計算及討論。

EEG 儀器。本研究使用 Neuroscan 記錄 EEG，僅紀錄及分析 Cz 位置。由國際版 10-20 電極位置系統所定義本研究所量測的 Cz 的位置(Andreassi, 1989)。由左右眼角位置記錄水平方向的眼外肌肌電圖(hEOG)，垂直方向的眼外肌肌電圖(vEOG)則由左眼上下位置記錄，參考電極接於左右兩側乳突(mastoids)，地線電極則位在前額位置。這些電極的電阻都不超過 5 k Ω 。EEG 與 EOG 都是透過 SYNAMPS 放大器放大而得(Neuroscan, Inc.)，而且，經過眼動校正(ocular reduction)，切割(epoch；切割間隔為刺激物呈現前 1000 毫秒到呈現後 900 毫秒)，基準線校正(baseline correction；基準定於刺激物呈現前之水平)，干擾排除(artifact rejection；排除波幅在 -70~70Mv 範圍之外的腦波)，濾波(filter；頻寬定於 1 至 60Hz band pass，6dB/oct)等進行資料分析。

(三) 實施程序

就中山醫學大學附設醫院、鄰近學校徵求 ADHD 學生及一般發展正常的學生，所有參與者都再經家長與個案簽署同意書後參與本研究的所有測驗或作業。各測驗的施測順序採隨機化實施，以對抗順序效果。利用早自習及中午時間，分天分次逐步完成。

EEG 資料的蒐集程序如下：

1. 先清乾淨貼電極的相關頭皮，在電極上塗上一些導電膠，再貼上頭皮相應位置，包括雙耳貼的參考電極。電阻需控制在 5 uV 以下才開始施測。
3. Theta 波定義為 4-8 Hz 的 EEG 訊號，Beta 波定義為 13-21 Hz 的 EEG 訊號。
4. 開始依序記錄每位參與者在休息狀態下的 EEG，即眼睛定點凝視 90 秒，要求參與者注視實驗室電腦螢幕的電源指示燈，記錄 EEG 90 秒。以上情境下的 EEG 記錄完成時，都需檢視一下其中 2 秒內的 EEG 是否可用，也就是手動排除一些不佳的腦波時段(epoch)，含過高的人偽肌電圖(electromyography, EMG)，如因為身體移動、眼動、眨眼等動作而引起的異常波。最後至少要剩有 15 個可用的腦波時段。

結果與討論

首先，ADHD 兒童與一般兒童的年齡、智力、SNAP 分數比較如表 1 所示。兩組的年齡沒有差異。但是，兩組的推估智力有所差異，ADHD 組的智力低於一般組。兩組的 SNAP 分數也有所差異，ADHD 組明顯在注意力不足、過動衝動及對立反抗行為量尺上的得分都比一般組來得高。

表 1 兩組參與者之年齡及 ADHD 症狀比較

	ADHD 組 (n=32)		一般組 (n=43)		檢定值
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>
年齡	8.16	1.80	8.55	1.82	-0.92
智力	98.30	8.64	100.82	10.73	-0.96
注意力不足 #	16.78	5.50	7.32	5.11	6.17***
衝動—過動 #	14.65	5.85	5.93	4.84	5.08***
對立反抗行為 #	13.74	6.28	5.75	3.77	4.78***

#SNAP 量表；*** $p < .001$

本研究以兩組參與者在 Cz 上之各類頻寬的腦電波為依變項加以比較，結果如表 2 所示。首先，兩組的 TBR 並沒有達顯著差異，低頻的腦電波，包括 Delta、Theta、Alpha、Low Beta 等都沒有組間差異，反之，相對高頻的腦電波，包括 Beta 及 Gamma 卻有組間差異。可見，ADHD 兒童在高頻的腦電波上，並沒有明顯不同於一般兒童。相對地，在低頻的腦電波上，有機會可以觀察到 ADHD 兒童與一般兒童有所不同。更有趣的是，愈低頻的腦電波的值(微伏平方/micro-volt square)愈大，標準差也愈大。可見，愈低頻的腦電波的變異較大，誤差也較大，不適合做為參考的指標。而 TBR 指數納入了 Delta 此低頻的腦電波，所以，就技術面而言，也不適合做為參考的指標。此外，Beta 及 Gamma 雖有組間差異，然而差異量很小，顯著性也不大，因此，也不建議以此為 ADHD 兒童的診斷參考。

表 2 兩組參與者的腦電波各項指標比較

	ADHD 組 (n=32)		一般組 (n=43)		檢定值
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>
Delta (0-4 Hz)	93.09	49.09	97.37	48.87	0.15
Theta (4-8 Hz)	27.60	9.33	27.90	11.50	0.02
Alpha (8-12 Hz)	18.19	9.73	20.57	13.88	0.72
Low Beta (12-15 Hz)	5.34	2.67	4.97	2.10	0.49
Beta (13-30 Hz)	2.34	1.09	1.89	0.60	5.50*
Gamma (35-45 Hz)	0.34	0.26	0.22	0.15	5.75*

TBR(Theta/ Beta)	13.78	7.02	15.65	6.60	1.47
------------------	-------	------	-------	------	------

* $p < 0.05$

結論

本研究發現 ADHD 兒童與一般兒童的 TBR 並沒有達顯著差異，此結果與最近的研究發現相一致。仔細研讀相關文獻之後發現，當年美國 FDA 之所以同意 TBR 可作為診斷 ADHD 的輔助工具是因為 Snyder 和 Hall (2006) 發表了一項整合分析聲稱 ADHD 的 TBR 之效果量為 3.08，且隨後發表一項實證研究報導它在診斷 ADHD 上有 89% 的整體正確性，具有 87% 的敏感性和 94% 的特異性。且 TBR 相對穩定，不論是否有其它合併精神疾病、年齡（兒童，青少年）、性別或是種族(Snyder, et al. 2008)。隨後 Snyder 工作的單位 NEBA Health 就用這些數據之中的一部分向 FDA 申請且獲得許可：TBR 可作為診斷輔助，隨後於 2013 年 7 月發布(Food and Drug Administration, 2013)。然而後續卻有所爭議，這些爭議是由最近一系列的獨立小組所進行的研究所引起，它們不支持 TBR 和 ADHD 之間有所關聯(如：Sadatnezhad, Boostani, Ghanizadeh, 2011)。這些不支持的發現反映在 Arns 等人 (2013) 最近的一項整合分析中。他們得出結論：過高的 TBR 不可能被視為 ADHD 的可靠診斷評量(Ahmadlou & Adeli, 2010)。此外，還有一個非常強烈的顯著負相關 ($r = 0.97$, $P < 0.001$) 存在發表年份與 TBR 效果量之間，這反映出近年學者們對 ADHD 的 TBR 支持明顯下降(Lenartowicz & Loo, 2014)。

是什麼因素造成這樣的轉變？一個可能的因素是控制組中的 TBR 增加（可能是因為現代青少年睡眠時間縮短），這減少了 ADHD 和非 ADHD 組之間的 TBR 差異(Ahmadlou & Adeli, 2010)。差異的另一個可能來源是沒有控制發展因素。例如，Buyck 和 Wiersema (2014) 報告指出 ADHD 的 TBR 有低診斷準確性(曲線下面積 (AUC) = 0.55)；然而，對年齡分類的準確性則是高的 (AUC = 0.97)。所以，之前的研究中參與者的年齡範圍很廣，雖有配對，但年齡並未被視為共變量加以控制。最後，有可能是 ADHD 的異質性所造成，在早期的部分研究中，由於採樣程序，很可能是有一群 ADHD 參與者的 TBR 過度代表了所有的 ADHD。

可見，最近的實證研究尚不支持 EEG 的測量具診斷功能。鑑於 ADHD 的異質性很明顯，比起單一生物標誌，多元生物標誌較有可能捕獲此變異性大的族群。Hermens 及其同事認為，EEG 特徵應該最好是作為較大診斷輪廓的一部分，並用於預測治療反應，而不是診斷之用(Hermens, Rowe, Gordon, Williams, 2006; Gordon, Cooper, Rennie, Hermens, Williams, 2005)。

參考書目

- 劉昱志、劉士凱、商志雍、林建禾、杜長齡、高淑芬 (2006)。注意力缺陷過動症中文版 Swanson, Nolan, and Pelham, Version IV (SNAP-IV) 量表之常模及信效度。《台灣精神醫學》，20(4)，290-304。
- Ahmadlou, M., Adeli, H. (2010). Wavelet-Synchronization Methodology: A New Approach for EEG-Based Diagnosis of ADHD. *Clinical EEG and Neuroscience*, 41(1), 1-10.

- Andreassi, J. L. (1989). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Amen, D. G., & Carmichael, B. D. (1997). High-resolution brain SPECT imaging in ADHD. *Annals of Clinical Psychiatry, 9*(2), 81-86.
- Amen, D. G., Paldi, F., & Thisted, R. A. (1993). Brain SPECT imaging. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 32*(5), 1080-1081.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Association.
- Arns, M., de Ridder, S., Strehl, U., Breteler, M., & Coenen, A. (2009). Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clinical Electroencephalography and Neuroscience, 40*(3), 180-189.
- Arns, M., Conners, C. K., & Kraemer, H. C. (2013). A decade of EEG theta/beta ratio research in ADHD: A meta-analysis. *Journal of Attention Disorders, 17*, 374-383.
- Asghari, V., Sanyal, S., Buchwaldt, S., Paterson, A., Jovanovic, V., Van Tol, H. H. M. (1995). Modulation of intracellular cyclic AMP levels by different human dopamine D4 receptor variants. *Journal of Neurochemistry, 65*, 1157–1165.
- Barkley, R. A., Grodzinsky, G., & DuPaul, G. J. (1992). Frontal lobe functions in attention deficit disorder with and without hyperactivity: A review and research report. *Journal of Abnormal Child Psychology, 20*, 163-188.
- Barry, R. J., Clarke, A. R., & Johnstone, S. J. (2003). A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical Neurophysiology, 114*(2), 171-183.
- Benton, A. L. (1955). *Visual Retention Test*. New York: The Psychological Corporation.
- Bresnahan, S. M., Anderson, J. W., & Barry, R. J. (1999). Agerelated changes in quantitative EEG in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry, 46*, 1690-1697.
- Buyck, I., Wiersema, J. R. (2014). Resting electroencephalogram in attention deficit hyperactivity disorder: Developmental course and diagnostic value. *Psychiatry Research, 216*(3), 391–397.
- CDC. (2014). *Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) Data & Statistics*. <http://www.cdc.gov/ncbddd/adhd/data.html>, 2014.
- Chabot, R. J., & Serfontein, G. (1996). Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. *Biological Psychiatry, 40*(10), 951-963.
- Clarke, A., Barry, R., McCarthy, R. and Selikowitz, M., (1998). EEG analysis in attention-deficit/hyperactivity disorder: a comparative study of two subtypes. *Psychiatry Research, 81*, 19–29.
- Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2001). Age and sex effects in the EEG: differences in two subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Neurophysiology, 112*(5), 815-826.
- Food and Drug Administration. (2013). *De novo classification request for Neuropsychiatric EEG-Based Assessment Aid for ADHD (NEBA) System*. Retrieved from http://www.access-data.fda.gov/cdrh_docs/reviews/K112711.pdf
- Gordon, E., Cooper, N., Rennie, C., Hermens, D., Williams, L. M. (2005). Integrative neuroscience: The role of a standardized database. *Clinical Eeg and*

- Neuroscience*, 36(2), 64–75
- González-Castro, P., Álvarez, L., Núñez, J. C., González-Pienda, J. A., Álvarez, D., & Muñiz, J. (2010). Cortical activation and attentional control in ADAH subtypes. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 10, 23-39.
- Greenberg, L. M. (1994). *T.O.V.A. Continuous Performance Test manual*. Los Alamitos, CA: Universal Attention Disorders.
- Grodzinsky, G. M., & Diamond, R. (1992). Frontal lobe functioning in boys with attention-deficit hyperactivity disorder. *Developmental Neuropsychology*, 8, 427-445.
- Hasson, R., & Fine, J. G. (2012). Gender differences among children with ADHD on continuous performance tests: A meta-analytic review. *Journal of Attention Disorders*, 16, 190-198.
- Hermens, D. F., Rowe, D. L. (2006). Gordon E, Williams LM. Integrative neuroscience approach to predict ADHD stimulant response. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 6(5), 753–763.
- Kasper, L. J., Alderson, R. M., Hudec, K. L. (2012). Moderators of working memory deficits in children with attention-deficit/ hyperactivity disorder (ADHD): A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, 32, 605-617.
- Kovatchev, B., Cox, D., Hill, R., Reeve, R., Robeva, R., & Loboschewski, T. (2001). A psychophysiological marker of attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) – defining the EEG consistency index. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 26(2), 127-140.
- Kropotov, J. D., Grin-Yatsenko, V. A., Ponomarev, V. A., Chutko, L. S., Yakovenko, E. A., & Nikishena, I. S. (2005). ERPs correlates of EEG relative beta training in ADHD children. *International Journal of Psychophysiology*, 55(1), 23-34.
- Leung Patrick W. L., Lee, C. C., Hung, S. F., Ho, T. P., Tang, C.P., Kwong, S. L. et al., (2005). Dopamine receptor D4 (*DRD4*) gene in Han Chinese children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Increased prevalence of the 2-repeat allele. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*, 133B(1), 54–56.
- Linden, M., Habib, T., & Radojevic, V. (1996). A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. *Biofeedback and Self Regulation*, 21(1), 35-49.
- Lubar. (2003). *Neurofeedback for the Management of Attention Deficit Disorders*. In Schwarz (Ed.), *Biofeedback: a practitioner's guide* 3rd ed. New York: The Guilford Press.
- Lubar, J. F., Swartwood, M. O., Swartwood, J. N., & O'Donnell, P. H. (1995). Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A. scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. *Biofeedback and Self Regulation*, 20(1), 83-99.
- Mann, C. A., Lubar, J. F., Zimmerman, A. W., Miller, C. A., & Muenchen, R. A. (1992). Quantitative analysis of EEG in boys with attention-deficit-hyperactivity disorder: Controlled study with clinical implications. *Pediatric Neurology*, 8(1), 30-36.
- McCarney, S. B. (1995). *Attention Deficit Disorders Evaluation Scale*. Columbia, MO: Hawthorne Press.
- Monastra, V. J., Lubar, J. F., & Linden, M. (2001). The development of a quantitative electroencephalographic scanning process for attention deficit-hyperactivity disorder: reliability and validity studies. *Neuropsychology*, 15(1), 136-144.

- Monastra, V. J., Lubar, J. F., Linden, M., VanDeusen, P., Green, G., Wing, W., et al. (1999). Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: an initial validation study. *Neuropsychology, 13*(3), 424-433.
- Monastra, V. J., Monastra, D. M., & George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 27*(4), 231-249.
- Nigg, J. (2006). *What cause ADHD? Understanding what goes wrong and why*. New York, NY: Guilford.
- Ramsay, J. R., & Rostain, A. L. (2008). *Cognitive-Behavioral Therapy for Adult ADHD*. New York, NY: Routledge.
- Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., & Yiend, J. (1997). ‘Oops!’: Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia, 35*(6), 747–758.
- Snyder, S. M., Rugino, T. A., Hornig, M., & Stein, M. A. (2015). Integration of an EEG biomarker with a clinician’s ADHD evaluation. *Brain and Behavior, 5*(4), e00330.
- Sadatnezhad, K., Boostani, R., Ghanizadeh, A. (2011). Classification of BMD. ADHD patients using their EEG signals. Elsevier, *Expert Systems with Applications, 38*, 1956–1963.
- Thompson, L., & Thompson, M. (1998). Neurofeedback combined with training in metacognitive strategies: Effectiveness in students with ADD. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 23*(4), 243-263.
- Vernon, D., Frick, A., & Gruzelier, J. (2004). Neurofeedback as a Treatment for ADHD: A Methodological Review with Implications for Future Research. *Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation, Neurofeedback and Applied Neuroscience, 8*(2), 53 - 82.
- Visser, S. N., Danielson, M. L., Bitsko, R. H., Holbrook, J. R., Kogan, M. D., Ghandour, R. M., et al., (2014). Trends in the Parent-Report of Health Care Provider-Diagnosed and Medicated Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: United States, 2003–2011. *Journal of the American Academy of child and adolescent psychiatry, 53*(1), 34–46. e2.
- Wechsler, D. (1997). *Manual for the Wechsler intelligence scale for children, 3rd ed.* (Y.-H. Chen, Trans.). Taipei City, Taiwan, ROC: Chinese Behavioral Science Corporation. (Original work published 1991).
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biological psychiatry, 57*(11), 1336-1346.
- Yucha, C., & Gilbert, C. (2004). *Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback*. Wheat Ridge: CO: Applied Psychophysiology and Biofeedback.

科技部補助專題研究計畫出席國際學術會議心得報告

日期：107年03月28日

計畫編號	MOST 105—2410—H—040—002—		
計畫名稱	台灣注意力缺陷過動症兒童的腦電波探索和決斷分數的建立		
出國人員姓名	李宏鎰	服務機構及職稱	中山醫學大學語言治療與聽力學系教授
會議時間	106年07月11日至106年07月11日	會議地點	荷蘭阿姆斯特丹
會議名稱	(中文) 第15屆歐洲心理學年會 (英文) 15th European Congress of Psychology		
發表題目	The relationship between phonological awareness and the music perceiving abilities of children with reading disorder		

一、參加會議經過

「第15屆歐洲心理學年會」在荷蘭阿姆斯特丹舉辦，過去曾經與同事及帶領系上研究生一起參與過在其他地方舉辦的歐洲心理學年會。本次同樣帶領一位研究生前往，經過13小時的直航到達荷蘭阿姆斯特丹，這個歐洲的重要入口之一。交通非常方便，搭公車很快就到下榻飯店，隔天便開始參與年會的歡迎閱宴，大會安排了一小場的當地文化表演，算是陽春。第三天才是正式的年會。

二、與會心得

歐洲心理學年會可說是大雜繪，集結各心理學各領域的學者一起來，很多是在台灣少見的領域，如運動心理學等等，也都看得到。聽了幾場的專題後發現，大家都介紹心理學的應用居多，很基礎的心理學研究反而很少。歐洲心理學年會大會的頒獎項目上，還特別頒了個將心理學科普化的獎給我不認識的歐洲學者，讓我體會到心理學應用於生活中的重要性，台灣應當也思考過去是否太重視心理學的理論研究，而少了心理學的生活應用。

三、發表論文全文或摘要

The relationship between phonological awareness and the music perceiving abilities of children with reading disorder

Hom-Yi Lee^{1,2}, Chia-Yu Tsai¹,

¹*Department of Psychology, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan, R.O.C.*

²*Department of Speech Language Pathology and Audiology, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan, R.O.C*

Abstract: The purpose of this study is to find whether the ability to perceive the phonemes of children with reading disorder is related to the capacity of music perception. In this study, Phoneme Blending Test, Onset Deletion Test, Naming Nonword Test, Nonword Fluency Test, and Tone awareness Test were used to test participants' phonological awareness abilities. The exam of music perception abilities included Interval Comparison Task and Rhythm Imitation Task. A total of 48 children with dyslexia participated in the study, and the partial correlation between their phonological awareness and musical perceptual ability were analyzed. The results showed that the performance of children with reading disorder on Onset Deletion Test is related to the rhythm processing, and the tone perceiving performance in language is related to the pitch processing in music. It can be seen that different phonological awareness components are related to different music processing. In Mandarin Chinese the same sounds, pronounced with different tones, can refer to different things. Tone awareness is emphasized by Mandarin Chinese; it is related to the perception of pitch in this study. That's the pilot finding. Thus, it could be possible that children with reading disorder can be trained for musical perception to provide their phonological awareness abilities. In addition, this study found some positive associations between phonological awareness and music perceiving abilities, in which there was a more fundamental auditory information processing deficit existed in them, such as timing processing difficulties. Children with dyslexia who have phonological awareness deficits may have fundamental auditory processing deficiencies.

Keywords: phonological awareness, pitch, rapid naming, rhythm, reading ability, tone awareness

初探閱讀障礙兒童的聲韻覺識與音樂知覺之相關

摘要

本研究之目的在於探討閱讀障礙兒童的聲韻覺識能力是否與音樂知覺能力有關。本研究採用聲韻結合、去音首、假音辨識、假音流暢性及聲調覺識等測驗來評量參與者的語音覺識能力，評量音樂知覺能力的測驗則包括音程比較及節奏模仿。共有 48 名閱讀障礙兒童參與，其中有 40 名具聲韻覺識困難，利用淨相關分析他們的聲韻覺識能力與音樂知覺能力之間的關係，結果發現閱讀障礙兒童的去音首表現與節奏知覺有關，聲調覺識表現則與音高知覺有關。可見，不同的聲韻覺識成份涉及不同的音樂知覺能力。值得一提的是聲調覺識為漢語所強調，同音不同調在漢語中代表不同的意義，而它與音高知覺較有關，此為本研究之新發現。最後建議可針對閱讀障礙兒童予以音樂知覺訓練，或可提高他們的聲韻覺識能力。此外，就理論意涵而言，本研究發現聲韻覺識與音樂知覺能力具相關，表示這些能力可能立基在一些更基礎的聽覺處理能力之上，即具聲韻覺識困難的閱讀障礙者可能有基礎的聽覺訊息處理缺陷。

關鍵字：音高，快速唸名，節奏，閱讀障礙，聲調覺識，聲韻覺識

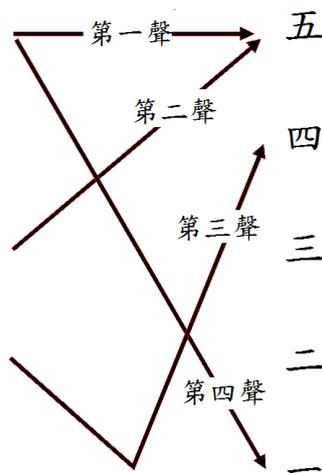
壹、前言

閱讀障礙者是指擁有正常智力，仍無法獲得與其年齡對等的閱讀能力者，且此困難並非其他障礙，如感覺障礙、智能不足、情緒困擾或環境因素（文化刺激不足、教學不當）所直接造成的。美國精神疾病診斷手冊第五版（Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-V，以下簡稱 DSM-5）（APA，2013）將閱讀障礙歸類在神經發展性疾患（neurodevelopmental disorders）的特殊學習困難（specific learning disorder）項下，再細分為閱讀障礙、書寫表達障礙及數學障礙三個領域（domain）：（1）文字閱讀正確度，（2）閱讀速度或流暢度，（3）閱讀理解。也就是，通常他們有閱讀流暢度及理解的問題、文字解碼及拼字能力差的特徵。根據 DSM-5（頁次 70），就學齡期階段而言，在閱讀、書寫和數學不同學科之間，且不同語言文化之間的特殊學習困難學生之盛行率是 5%~15%。成人階段的特定式學習疾患的盛行率則不可得知，但大約為 4%。根據台灣教育部特殊教育統計年報 104 學年度學習障礙學生人數在國小階段有 1 萬 3,814 人，佔身心障礙學生的 33.19%，然而約只佔全台灣國小學生 1,214,336 人之 1.14%。可見，台灣的學習障礙人口偏低。

已經有不少研究指出使用拼音文字的閱讀障礙者主要是聲韻受損（phonological deficit）所致（Breier et al., 2001; Bryant & Bradley, 1985; Snowling, 1987; Vellutino et al., 2004），即他們在拆解文字的組成音素（phoneme）上有困難（如：pat 拆成 /p/、/a/ 及 /t/），拆成音節（syllables）時有困難（如：toothbrush 拆成 tooth 和 brush），區辨相似語音時有困難（如：/p/ 和 /b/）。同樣地，不少台灣學者也認為聲韻處理（phonological processing）能力是影響閱讀障礙學生識字發展的主因，尤其是聲韻覺識（phonological awareness）的能力。例如：胡永崇（2003）以國小四年級閱讀困難學生及識字優秀學生為對象，結果發現閱讀困難學生的識字表現與其聲韻覺識能力之間有明顯關係，其它認知變項則否。李俊仁、柯華葳（2007）為探討影響中文的識字發展主要是聲韻處理或是視覺處理，採用去音首和注音符號拼音（含真字及假字）兩作業評量聲韻處理能力，另採用字形區辨和符號再認兩作業評量視覺處理。結果發現，除了假字的注音符號拼音出現同閱組的表現優於識字能力弱者（弱讀組），其它變項都沒有發現同閱組高於弱讀組的表現。據此，他們認為注音符號拼音所代表的聲韻處理機制可能是影響識字發展的原因，視覺處理的變項都不是影響識字發展的原因。可見，無論中西文使用者，閱讀障礙者的聲韻受損似乎是造成他們閱讀困難的重要原因之一。雖然，有其他學者認為就中文而言，聲韻覺識與閱讀能力無關（陳淑麗、曾世杰，1999；Huang & Hanley, 1995），主要是因為中文的文字字形與聲韻表徵之間無對應關係（曾世杰，2004），中文每個方塊字表徵的是一個音節，而且不少研究無法發現聲韻覺識與閱讀能力的相關性，或只是發現兩者呈現低相關（陳淑麗、曾世杰，1999；Huang & Hanley, 1995；Tan, Spinks, Eden, Perfetti, & Siok, 2005）。他們主張中文閱讀的歷程與拼音文字不同，以拼音文字為材料的研究一致認為聲韻覺識是認讀拼音文字的必要技能。然而，在中文的閱讀能力發展上，快速唸名處理則較具重要性（宣崇慧等，2012；張毓仁、曾世杰，2008；曾世杰、簡淑真、張媛婷、周蘭芳、連芸伶，2005；Liao et al., 2008）。最近，張毓仁、邱皓政、柯華葳、曾世杰、林素貞（2011）探索聲韻覺識、唸名速度、朗讀流暢性和中文閱讀理解能力的結構模

型，結果發現只有聲韻覺識與朗讀流暢性對中文閱讀理解的獨特預測能力達顯著水準，他們認為中西文的構字系統雖然不同，仍可發現聲韻覺識與流暢性兩者的重要性。聲韻覺識、唸名速度及朗讀流暢性三者不是彼此附屬關係，而是彼此獨立但又高度共生。實際上，閱讀障礙是一群異質性相當高的群體，已有台灣學者將之區分出不同亞型(王立志、楊憲明，2015)。本研究著重在有聲韻覺識困難的閱障生身上，探討其音樂知覺能力。

上述的聲韻覺識能力是指能夠感知、表徵及操弄一連串口語語音表徵的能力 (McBride-Chang, Bialystok, Chong, & Li, 2004)，如聽到「家」這個音節，知道「家」可以再分析為「ㄐ」「一」「ㄩ」三個音素。不同語言的語音表徵反映在不同的語音單位上。以英語為例，語音表徵單位由大到小包括了音節 (syllable)、音首 (onset)、韻尾 (rime) 及音素 (phoneme)。例如，英文字「house」共有兩個音節，分別為「hou」和「se」，音首為「hou」，韻尾為「se」。因此，拼音文字的聲韻覺識之常見操作型定義即為在挑異音 (odddity)、數音素 (phoneme counting)、去音素 (phoneme deletion)、音素結合 (phoneme blending) 等測驗上的表現能力 (Adams, 1990)。中文屬於單音節 (monosyllabic) 的語音系統，一個音節對應一個字。然而，每一個音節結構仍然是以首音 (21 個)、介音 (13 個) 及尾音 (3 個)，依不同的方式組合成該語音系統所存在的音節。又可區真字及假字，以注音符號為例，「ㄐㄩ (真字)」為真實存在的語音組合，而「ㄐㄩ (假字)」則否。此外，就漢語等聲調語言 (tone language) 而言，同音不同調代表不同意義，如圖一所示。圖一是依據中國語言學家趙元任以五度制標調法 (周立，2017) 描繪出漢語四聲的聲調輪廓，聲調在五個音高的變化，這些音高以一至五表示，最低為一，最高為五，如第四聲為全降五一。因而，漢語使用者的聲韻覺識能力尚包括聲調覺識。曾世杰、陳淑麗、謝燕嬌 (2006) 即認為聲韻結合、去音首與聲調覺識等都是聲韻覺識能力。因此，漢語使用者的聲韻覺識能力之組成略不同於非聲調語言的使用者。



圖一：漢語四聲的聲調輪廓。四聲在不同的音高之間做變化。

其他學者認為除了聲韻覺識之外，另一獨立存在的快速唸名，也貢獻於閱讀技巧，與之相關的認知能力受損會造成閱讀困難。唸名速度不佳源自計時機制 (timing mechanism) 出問題 (Bowers & Wolf, 1993)，反映的是識字歷程中組字規則的辨識困難 (Wolf, 1999)，不同於聲韻處理，於是雙缺陷假說 (double deficit hypothesis) 被提出 (Wolf, Bowers & Biddle,

2000), 此假說認為聲韻與唸名可以個別或是合併一起對閱讀造成影響。然而, Wolf、Bowers、Biddle(2000)主張聲韻只是快速唸名的一部分, 因為唸名所涉及的內在成分超出聲韻處理, 它包括: 注意力、記憶、聲韻、語意等等。不少研究發現, 唸名速度與組字規則的關聯性大於聲韻處理 (Bowey, McGuigan, & Ruschena, 2005; Savage & Frederickson, 2005)。曾世杰等 (2005) 也發現唸名速度對中文閱讀障礙兒童的解釋力超過聲韻處理。反之, 支持聲韻受損假說的學者卻認為聲韻處理的內容很廣, Ramus 和 Szenkovits (2008) 整理出過去三十年來, 閱障生被指出有聲韻處理受損的成份, 包括三部分: 聲韻覺識能力較弱(如去音首)、口語的短期記憶較差(如假字複頌)及詞彙提取較慢(如快速唸名)。Vukovic 和 Siegel(2006) 甚至質疑快速唸名缺陷的獨立存在, 而認為快速唸名可能只是另一個聲韻處理的變項而已。台灣學者張毓仁等人的研究發現指出快速唸名與聲韻覺識有部分構念重疊現象 (張毓仁、曾世杰, 2008; 張毓仁等, 2011)。張毓仁等 (2011) 進一步發現聲韻覺識、唸名速度、朗讀流暢性三者不是彼此附屬關係, 而是彼此獨立但又高度共生。

本研究感興趣的是, 早期部分學者 (如 Forgeard et al., 2008) 即認為閱讀障礙者的聲韻受損是源自他們對於動態的快速聽覺訊號的一般性處理有困難, 也就是快速聽覺時間處理缺損理論 (rapid auditory temporal processing deficit theory) 或稱為計時缺損假說 (timing deficit hypothesis) (Farmer & Klein, 1995; Tallal, 2004; White et al., 2006)。例如, 閱讀障礙者在區辨/ba/和/da/上有所困難, 因為兩者的差異是在前 40 毫秒的共振峰 (formant) 轉變上 (White et al., 2006)。甚至支持快速唸名假說的學者也有人認為唸名速度不佳是源自計時機制 (timing mechanism) 出問題 (Bowers & Wolf, 1993)。因此, 很有可能聲韻覺識與快速唸名共享一些聲音處理機制。早期已有證據指出閱讀障礙者對動態的快速聽覺訊號處理有困難, 無論是語音 (Tallal & Stark, 1981) 或非語音訊息皆然 (Breier et al., 2001; Tallal & Piercy, 1973)。Benasich 和 Tallal (2002) 進行行為及腦波誘發電位評量研究, 結果發現嬰兒的聽覺處理能力可以有效預測他們在三歲時的語言能力。可見, 語音處理與其它聲音的處理歷程可能不是截然劃分的, 它們可能共享一些訊息處理機制, 如計時處理。

Laasonen、Service、Lipsanen 和 Virsu (2012) 採用更廣泛的評估工具, 包含: 語言類的閱讀能力和聲韻處理; 非語言類的計時處理正確性 (temporal processing acuity) 和感覺短期記憶。他們根據先前學者所提出的變項, 對同一群閱讀障礙者樣本分別群集分析出許多過去所提出的不同亞型。可是, 在不同的群集分析中, 都可發現群集之間具有語言處理速度、感覺處理速度、感覺及語音的短期記憶上的共同困難, 他們認為此結果意謂計時處理困難及感覺短期記憶差可反映出閱讀障礙者的嚴重程度。可見, 閱讀障礙生所受損的各項語言處理能力可能立基在更基礎的聽覺處理能力之上, 本研究統稱此取向的假說為「基礎聽覺處理缺陷假說 (fundamental auditory processing deficiency hypothesis)」, 包括計時受損 (Laasonen et al., 2012; Farmer & Klein, 1995; Tallal, 2004; White et al., 2006) 及聽覺訊息短期記憶受損 (Laasonen et al., 2012)。

語言與音樂之間有許多相似之處, 例如: 語言與音樂兩者都是由人工的視覺記號 (arbitrary visual notation) 所構成, 有自身的發音且代表特定意義 (Brust, 1980); 語言與音樂能力都是人類所共有, 且這些方面的潛能都是孩子天生自然發展出來的 (Ayotte, Peretz, & Hyde, 2002)。此外, 音樂與語言處理都需要對快速且動態的聽覺訊號進行拆解, 音樂旋

律可以拆解成節奏 (rhythm) 及音高 (pitch)，語言可以拆解成音素及聲調 (如：中文的四聲)。它們也都涉及需整合成較大的意義單位，音樂可成一小節，語言可以一個詞。它們也都涉及形音連結，聲音各自對應到所代表的抽象符號，音符與文字。有一些研究已經指出閱讀與音樂學習經驗之間呈現正向顯著相關 (Butzlaff, 2000)，也因此燃起部分學者以音樂訓練強化語音處理的研究 (如：Forgeard et al., 2008)，希望透過音樂訓練可提昇閱讀技能 (Douglas & Willats, 1994; Fetzer, 1994; Forgeard et al., 2008; Kelley, 1981; Tallal & Gaab, 2006)。

以一般正常兒童為對象的研究，已經發現一些音樂處理能力與閱讀技巧有關，包括：節奏處理 (Douglas & Willats, 1994)，音樂調性記憶 (tonal memory) 與和弦分析 (chord analysis) (Barwick, Valentine, West & Wilding, 1989)。Lamb 和 Gregory (1993) 以四至五歲的一般正常發展兒童為對象，則是發現「音高」處理與閱讀技巧有關。Anvari、Trainor、Woodside 及 Levy (2002) 發現音樂知覺與聲韻覺識及閱讀技巧都有關，其中音高及節奏都與聲韻覺識有關，然而只有「音高」與閱讀技巧有關。Forgeard 等 (2008) 發現正常閱讀兒童的旋律表現 (音高處理) 可以同時預測聲韻覺識及閱讀技巧，而「節奏」表現只能預測閱讀技巧。另一方面，針對閱讀障礙兒童或以閱讀困難為主述症狀的兒童為對象的研究同樣發現不一，Overy (2003) 和 Wolff (2002) 指出他們有「節奏」知覺上的受損。Atterbury (1985) 和 Forgeard 等 (2008) 則是發現閱讀障礙兒童同時在「音高」及「節奏」處理能力上表現較差。音高及節奏區辨可以預期聲韻覺識，聲韻覺識可以預測閱讀能力。然而，音高及節奏區辨無法直接預測閱讀能力 (Forgeard et al, 2008)。

綜合上述可知，無論是以閱讀障礙兒童或一般正常發展兒童的研究中，不同的研究得到不同的結果，目前都無法確定究竟閱讀障礙學生是「音高」或是「節拍」處理表現受損。尤其，以台灣閱讀障礙兒童為對象，直接探討他們的聲韻覺識與音高及節拍處理能力的相關研究更是稀少。相對於大多數的拼音系統語言不以聲調表意，中文強調聲調，同音節不同調在漢語中代表不同的意義。所以，本研究旨在初步探討台灣閱讀障礙者的聲韻覺識及音樂知覺能力之間的關係，尤其是將聲韻覺識的組成份加以細分，預期不同的聲韻覺識成分分別與節奏、音高知覺呈現相關。若根據過去的研究發現，閱讀障礙者主要有拆解音素及區辨相似音上的困難，而拆解音素偏向需要節奏處理，而區辨相似音偏向需要音高處理。此外，現代漢語聲調區分四聲，各具不同的音高之間變化 (如圖一所示)，它應該與音高知覺較相關。藉由本研究的探索也可進一步驗證大多數的閱讀障礙生的聽覺訊號處理是否非語音層次上有所困難。因此，本研究的研究問題有四：(一) 台灣閱讀障礙兒童的哪些聲韻覺識成分與音樂知覺中的節奏或音高處理有關？(二) 識字和閱讀能力是否與音樂知覺中的節奏或音高處理有關？(三) 聲韻覺識困難的閱讀障生之聲韻覺識能力是否與音樂知覺更具緊密關係？(四) 「雙路徑缺陷假說」與「基礎聽覺處理缺陷假說」何者解釋力較佳？

貳、方法

(一) 參與者

研究對象主要來自台中市大墩、中正、大勇、忠孝、力行、信義、永隆、和平、省三、篤行等小學(小二至小六)之閱讀障生,共48位(男36名,女12名),平均年齡10.08歲,標準差為1.67,介於7歲至12歲之間。參與者的條件是已經具台中市鑑輔會鑑定為閱讀障礙類特教生身份之學生,由各個國小之輔導主任或特教組長代為徵得符合條件之學生的家長同意後,施以測驗。所有參與者的主述症狀都是閱讀障礙,其中10名同時伴有書寫表達障礙,其中2名同時伴有數學學習障礙。

(二) 研究工具

1. **瑞文氏圖形推理測驗**。由俞筱鈞(1993)編製。因受限於整體研究時間不宜不長,造成受試者不耐煩,本研究採用瑞文氏圖形推理測驗評量所有參與者的智力,低年級採用彩色圖形推理測驗(CPM),中及高年級採用標準圖形推理測驗(SPM)。在臺灣之信度檢測,CPM實施於國小一至三年級,SPM實施於國小四至六年級,重測時間相隔四週。重測信度係數介於0.531~0.922之間。折半信度係數介於0.495~0.927之間,均達顯著水準。

2. **常見字流暢性測驗**。由洪儷瑜、陳秀芬、王瓊珠、張郁雯(2012)編製。本測驗評估學生常見字的正確性與流暢性,供識字能力評估之參考。測驗內容為適合一到九年級學生不同年級之五種版本,每個版本都有60個字,時限1分鐘,利用看字讀音、造詞之施測方式,以正確讀音與完成時間計算其流暢性,以正確讀音且正確造詞的題數為其正確性。本測驗各版本在各年級均有理想的信度,係數與折半信度均在.90以上,間隔兩週的重測信度也在.80以上。效度方面,本測驗與識字量估計測驗的識字量有顯著中高度相關($r = .50 \sim .78$),與「中文年級認字量表」相關也在.57~.85,以及與閱讀理解篩選測驗相關在.56~.64(改為小數點二位),與閱讀理解能力之相關亦在.47~.78,與其他閱讀相關能力也都有顯著低度相關,此差異性的相關肯定本測驗的效度。

3. **國民小學(二至六年級)閱讀理解篩選測驗**。由柯華葳、詹益綾(2007)所編製,除了小二題本只有命題組合、句子理解、短文理解三類之外,其它各年級都有四種題型:多義字題、命題組合、句子理解、短文理解。所有題目皆為單一選擇題,每答對一題給1分,最高分依不同年級而異,介於19至32之間。各年級設有總分的切截分數為指標。本測驗的內部一致性信度介於.70~.86,與常見字流暢性測驗相關介於.48~.67;與聽覺理解測驗相關介於.51~.53。

4. **聲韻覺識測驗工具**。曾世杰等(2006)編製的聲韻覺識個別診斷測驗,內容包括:「注音符號認讀」、「聲韻結合」、「去音首」、「假音認讀」、「假音流暢」及「聲調覺識」等六項分測驗,以上順序是依測驗由易至難而列。所有測驗以紙筆作答或口語方式回答,共需15~20分鐘完成。本測驗各分測驗的重測信度在.70至.93之間。除了聲調覺識分測驗之外,其他分測驗的內部一致性均佳,介於.65至.90之間,但是三年級的內部一致性較不理想,介於.39至.79之間。本測驗各分測驗具實證效度,它們可以區分出不同注音成就的兒童(曾世杰等,2006)。

(1) 注音符號認讀分測驗:要求參與者需逐一唸出37個注音符號,目的是釐清參與者如果有聲韻困難是否和注音符號辨識有關。答對一題一分,最高37分。

(2) 聲韻結合分測驗:由參與者說出「聲母」及「韻母/結合韻」,請參與者將之結合後唸出。例如主試者說:「ㄉ」、「ㄨ」,兒童回答:「ㄉㄨ」。目的是評量參與者聲韻結合(bending)能力。答對一題一分,最高14分。

(3) 去音首分測驗:評量的是參與者聲韻拆解分割能力,共16題,分成二拼、三拼

各 8 題。由主試者唸出音節，請參與者去掉聲母，唸出韻母或結合韻來。例如，主試者說出「ㄉㄚˊ」，參與者需唸出「ㄚˊ」。答對一題一分，最高 16 分。

(4) 假音認讀分測驗：評量的是參與者對假字注音（如「ㄉㄚˊ」）的拼讀能力，即對假字注音的聲韻結合能力，由參與者手持試題，將紙上的假字注音逐一唸出。答對一題一分，共 24 題，分成二拼、三拼各 12 題。

(5) 假音認讀流暢分測驗：評量的是參與者假字注音的拼讀流暢性，共 46 題。由參與者手持假字注音試題，以「越快越好」的方式開始唸讀假字注音，時間以一分鐘為限。紀錄正確的題數及秒數（如果完成時間低於 60 秒，須記錄秒數）。

(6) 聲調覺識分測驗：評量的是參與者聲調區辨的能力。由主試者依序唸出試題的假音，請參與者在答案紙上勾選出正確的聲調。可見，參與者需要能認讀注音符號中代表四個聲調的符號，才可正確作答。答對一題一分，共 10 題。

曾世杰等（2006）認為聲韻結合、去音首與聲調覺識等三種能力各自獨立，且三項測驗不需動用到注音符號的認讀能力，較單純評量參與者對語音的聽覺處理能力。因此，本研究將此三種分測驗得分加總代表整體的聲韻覺識能力。此外，將參與者「假音認讀流暢分測驗」的得分表現視為唸名速度表現，做為篩選快速命名困難的閱讀障礙學生之參考。

5. 音程比較（Interval comparison）。採用自練耳大師（EarMaster Pro 5）軟體。練耳大師是一款知名的視聽練耳的多媒體音樂教育軟體，它以問答方式提供專業和非專業音樂人士練習音樂，尤其是訓練靈敏的音樂聽覺，包括察覺細微音符變化及節奏感。練耳大師提供的練習項目分為音程比較、音程識辨、和弦識辨、和弦轉位、和弦序進、音階識辨、節奏視奏、節奏模仿、節奏糾錯、旋律聽寫等十大類，相當具內容效度。本研究採用其中音程比較的第一單元(15 題)做為評量工具，由電腦分別呈現兩對單音，參與者必須比較兩對連續的兩個音，哪一對的音程比較大。所有題目的音程都是大二度及小二度的比較(即相差一個半音)。答對一題一分，第一題為練習題，最高 14 分。本測驗的拆半信度是 .70。

6. 節奏模仿（Rhythm imitation）。採用自練耳大師軟體的節奏模仿單元。由電腦奏出刺激材料（一小段節奏）且以 C 大調的方式書寫在電腦螢幕上。同時伴有一節拍器以一拍 1 秒的節奏進行，請參與者以此速度按空白鍵的方式模仿電腦所呈現旋律，題目由易至難呈現，每題由電腦判斷相似度，且用正確率表示。練習 5 題，正式題 10 題。本測驗的 Cronbach's Alpha 值是 .82，拆半信度為 .71。

（三）實施程序

先至台中市各個國小委請輔導主任或特教組長徵求閱讀障礙學生參與。由輔導主任或特教組長徵得符合條件之學生的家長同意後，由同一研究助理施測。所有參與者都參與本研究的所有測驗，利用早自習及中午時間，分天分次逐步完成。

（四）統計分析

本研究主要採用淨相關分析所得變項之間的 Pearson 相關係數，探討閱讀障礙生的各項聲韻覺識成分與音樂知覺各變項之間的相關程度。

參、結果與討論

所有閱讀障礙生(n = 48)的年齡及智力表現如表 1 所示。就所有的閱讀障礙學生而言，

他們在兩項常見字流暢性分測驗、六項聲韻覺識分測驗、兩項音樂知覺分測驗及閱讀理解篩選測驗上的表現，如表 2 所示。48 位擁有閱讀障礙特教生身份的學生中，有 9 位在閱讀理解篩選測驗上的得分未達切截分數。綜合各校特教老師的回饋意見，這是因為部分閱障生在資源班的教育下已有進步，部分則是仍然具有其它的學習困難特徵，如識字量低、唸名速度慢等等，因此仍可通過鑑輔會審核而具特教生身份。

表 1：所有閱讀障礙生(n = 48)的年齡及智力的平均數與標準差

	原始分數	百分等級
年齡	10.08 (1.67)	
瑞文氏圖形推理測驗	32.31(9.53)	27.73(22.98)

註：括號內為標準差

表 2：所有閱讀障礙生(n = 48)的聲韻覺識與音樂知覺能力表現

測驗名稱	原始分數	百分等級
常見字正確性	29.77 (9.93)	28.08 (21.96)
常見字唸名速度	31.35 (12.00)	27.44 (19.65)
閱讀理解	11.31 (4.12)	*
注音符號認讀	34.35 (2.45)	33.42 (26.91)
假音認讀	16.85 (4.67)	32.08 (30.36)
假字唸名速度	26.10 (12.98)	24.35 (26.50)
聲韻結合	11.46 (2.46)	29.85 (25.61)
去音首	13.88 (3.06)	43.63 (31.38)
聲調覺識	7.15 (2.04)	36.29 (31.93)
音程比較	9.23 (2.38)	*
節奏模仿	68.21 (14.65)	*

註：括號內為標準差。*該測驗沒有標準分數可參照。

(一) 哪些聲韻覺識成分與音樂知覺中的節奏或音高處理有關？

根據曾世杰等 (2006) 認為聲韻結合、去音首與聲調覺識等三種能力都是聲韻覺識能力。因此，將此三種分測驗得分加總代表整體的聲韻覺識能力。在控制年齡與智力分數之後，有關聲韻覺識與音樂知覺各變項之間的淨相關係數，如表 3 所示。首先，若不細分組成分，整體的聲韻覺識能力與節奏知覺達顯著相關 ($r = .32, p < .05$)，且為中相關；但聲韻覺識與音高知覺未達顯著相關 ($r = .28$)。此結果與 Overy (2003) 的發現相一致，節奏訓練可以提昇閱障生的聲韻覺識能力。然而，一旦細分聲韻覺識的組成分，則只有聲韻結合則與音高及節奏知覺都未達相關 ($r = .16$ 及 $r = .08$)。「去音首」與節奏知覺達顯著相關 ($r = .47, p < .001$)，「聲調覺識」則與音高知覺達顯著相關 ($r = .38, p < .001$) 且為中相關。而且，「去音首」與「聲調覺識」不具顯著相關 ($r = .16$)，可見去音首與聲調覺識的構念有所不同。去音首作業強調的是音素切割，與節奏知覺有關；聲調覺識作業強調的是音高變化，與音高知覺較有關。

其次，「音程比較」及「節奏模仿」未達顯著相關 ($r = .21$)，表示音程與節奏的構念有所不同。在音樂心理學的研究領域上，許多學者主張音高及節拍的處理歷程是獨立的，例如：腦影像的研究發現音高及節拍處理是分離的 (Bengtsson & Ullen, 2006)，音高向度強調的是空間高低頻率的變化，節拍向度強調的是時間快慢的變化。

所以，結果如本研究所預期，閱障生的聲韻覺識與節奏與音高的相關性會因聲韻覺識能力的不同成分而異。與「音高」有關的聲韻覺識成分是「聲調覺識」，與「節奏」有關的聲韻覺識成分是「去音首」。然而，整體的聲韻覺識能力只與「節奏」具相關。此結果可以說明在過去的研究中，如果所採用的聲韻覺識作業包括了音素拆解的作業就容易發現聲韻覺識與節奏知覺有關，如果只是包括聲調區辨或是挑異音等相似音的判斷就容易發現聲韻覺識與音高知覺有關。例如：在 Anvari 等 (2002) 的研究中採用的聲韻覺識測驗包括了在四個相似音中找出不同的一個，也包括了去音首 (例如：沒有 c，如何發 coat?)，所以他們可以發現聲韻覺識總分與音高與節奏知覺同時相關。

(二) 識字和閱讀能力是否與音樂知覺中的節奏或音高處理有關？

就識字能力而言，「音程比較」、「節奏模仿」及「聲韻覺識」都與「常見字正確性」未達顯著相關 ($r = .04 \sim .06$)，這理應表示音樂知覺與聲韻覺識都和識字量沒有直接關係。然而，本研究所採用的常見字流暢性測驗主要評估的是學生的唸名速度，雖然也可以評估識字量，可是施測過程中為達適用性，不少參與者是以降低年級版本的方式實施，因此，不同年級所得的識字正確量很難比較，所得「未達顯著相關」之研究結果其代表性不足。

就閱讀能力而言，「音程比較」及「節奏模仿」與「閱讀理解」也未達顯著相關 ($r = -.01 \sim .06$)；聲韻覺識則與「閱讀理解」達顯著相關 ($r = .30, p < .05$)。可見，音樂知覺無法直接影響閱讀理解，可能需要透過聲韻覺識而影響閱讀理解。此結果與 Forgeard 等 (2008) 的研究結果較相似：音樂區辨可以預期聲韻覺識，聲韻覺識可以預測閱讀能力，音樂區辨無法直接預測閱讀能力。

表 3：所有閱障生 ($n = 48$) 在各測驗分數之相關矩陣摘要表

變項名稱	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.常見字正確性	1								
2.常見字唸名速度	.34*	1							
3.閱讀理解	.14	.17	1						
4.聲韻結合	-.10	.16	.24	1					
5.去音首	.24	.22	.16	.30*	1				
6.聲調覺識	-.07	-.05	.26	.32*	.16	1			
7.聲韻覺識總分	.06	.18	.30*	.75**	.76**	.61**	1		
8.音程比較	.04	-.15	.06	.16	.12	.38**	.28	1	
9.節奏模仿	.05	.07	-.01	.08	.47**	.06	.32*	.21	1

* $p < .05$; ** $p < .001$

(三) 聲韻覺識困難的閱障生之聲韻覺識能力是否與音樂知覺更具緊密關係？

閱障生並非每一個人都有聲韻覺識上的困難。有必要將完全有聲韻覺識困難的閱讀障礙生挑選出來，單獨了解具聲韻覺識困難的閱讀障礙生，其聲韻覺識能力是否與音樂知覺更具緊密關係。因此，本研究需先篩選出具聲韻覺識困難的閱讀障礙生。曾世杰等(2006)認為學童有可能在聲韻結合、去音首與聲調覺識等三個測驗上個別獨立表現，即每位閱讀障礙學生的聲韻覺識能力在這些測驗上的表現會優劣各異，加上考量聲韻結合、去音首與聲調覺識三項測驗不需動用到注音符號的認讀能力，較單純評量參與者對語音的聽覺處理能力。因此，本研究將有聲韻覺識困難的閱讀障礙生界定為在曾世杰等(2006)所編製的聲韻覺識診斷測驗中的「聲韻結合」、「去音首」與「聲調覺識」等三項分測驗上，任一分測驗的得分在 PR25 以下者。如果閱讀障礙兒童在以上三個測驗完全沒有表現出困難者，則定義為無聲韻覺識困難的閱障生，結果篩選出 8 位無聲韻覺識困難的閱障生，40 位有聲韻覺識困難的閱障生。

就 40 位有聲韻覺識困難的閱障生而言，各變項之間的相關，如表 4 所示，所得結果沒有太大改變。聲韻覺識仍與「節奏」達相關 ($r = .37, p < .05$)，仍然是中相關。聲韻覺識與「音高」未達顯著相關 ($r = .17$)。同樣也發現「聲調覺識」與「音高」達顯著相關 ($r = .31, p < .05$)，仍然是中相關。然而，「去音首」與「節奏」達顯著相關 ($r = .50, p < .001$)，且為高相關程度。可見，表 4 與表 3 得到一致性的結果，不同的聲韻覺識成份涉及不同的音樂知覺能力，與節奏知覺較相關的聲韻覺識成份是「去音首」，與音高知覺相關的聲韻覺識成份是「聲調覺識」。唯就有聲韻覺識困難的閱障生而言，「去音首」與「節奏」之間關係增加為高相關程度，可見，音素拆解困擾著有聲韻覺識困難的閱障生，可預期他們的音樂節奏感、韻律感也較差。過去對使用拼音語言的閱障生之研究，也較多發現他們在節奏知覺上受損，因為拼音語言較強調音素的拆解與結合 (Atterbury, 1985; Forgeard et al., 2008; Overy, 2003; Wolff, 2002)。

此外，表 4 與表 3 最大的不同之處有二。首先，就有聲韻覺識困難的閱障生而言 (表 4)，他們的聲韻結合、去音首和聲調覺識三者之間的相關不再顯著 ($r = .07 \sim .23$)。可見，有聲韻覺識困難的閱障生在聲韻結合、去音首和聲調覺識等三項測驗上有個別的獨立表現，有些人在其中幾個測驗表現較好，然而在其它測驗表現較不好，有些人的表現卻恰好相反，此結果與曾世杰等(2006)的研究發現相一致。這也可解釋為何過去學者發現不同的聲韻覺識成份的區辨力並不一致。例如：陳慶順(2001)以識字能力國小二年級高、低成就組，發現兩組在「去音首」測驗上的差異達顯著差異。Lee(2015)同樣發現閱讀障礙生的「去音首」測驗表現較一般生來得差。然而，李俊仁、柯華葳(2007)卻是發現「假音認讀(假音結合韻)」的正確性，相對於「去音首」，較能區分出識字能力弱的學生。可是，曾世杰等(2006)又建議「聲調覺識」分測驗為依據來篩選閱讀障礙生，較「聲韻結合」適當。因此，不同的研究中所選取的閱讀障礙生樣本並不同，其中又參雜不等的有、無聲韻覺識困難的閱讀障礙生。他們在聲韻結合、去音首和聲調覺識等測驗上的表現個別獨立，所以發現用以區分閱讀障礙生的聲韻覺識指標會有所不同。這或可解釋為何過去學者發現不同的聲韻覺識成份的區辨力並不一致(李俊仁、柯華葳, 2007; 陳慶順, 2001; Lee, 2015)。

再者，針對有聲韻覺識困難的閱障生而言，他們的聲韻覺識與閱讀理解不再呈現相關。聲韻覺識與閱讀理解的相關與否在過去研究中不斷爭議(如曾世杰，2004; 李俊仁，2010)。本研究發現如果不分類，所有的閱障生的閱讀理解與聲韻覺識是具低相關的。然而，若僅就有聲韻覺識困難的閱障生而言，聲韻覺識與閱讀理解不再呈現相關。可見，有聲韻覺識困難的閱障生，他們的聲韻覺識受損不是他們閱讀理解困難的主因，尚有其它原因有待挖掘。在本研究中，有聲韻覺識困難的 40 位閱障生中，有 31 位在假字唸名速度上表現差(PR25 以下)，可見他們也有快速唸名上的困難。此結果與 Ramus 和 Szenkovits (2008) 的觀點相一致，他們認為閱障生的聲韻受損不只是聲韻覺識困難而已，還包括口語的短期記憶較差及詞彙提取(如快速唸名)較慢。再者，閱讀理解所需要動用的能力除聲韻覺識之外，尚包括語彙知識及語法覺知等等(李俊仁，2010)。可見，閱讀理解歷程尚需動用更高層的認知知識，不只是基本的聲韻覺識能力而已。因此，可預期聲韻覺識與閱讀理解之間的相關即便存在，也是相當低的。

表 4：有聲韻覺識困難的閱障生(n = 40) 在各測驗分數之相關矩陣摘要表

變項名稱	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.常見字正確性	1								
2.常見字唸名速度	.53**	1							
3.閱讀理解	.26	.15	1						
4.聲韻結合	-.07	.07	.09	1					
5.去音首	.22	.19	.06	.23	1				
6.聲調覺識	-.02	-.18	.06	.19	.07	1			
7.聲韻覺識總分	.10	.08	.11	.70**	.75**	.52**	1		
8.音程比較	.12	-.29	-.15	.02	.07	.31*	.17	1	
9.節奏模仿	.03	.11	-.20	.08	.50**	.06	.37*	.25	1

* $p < .05$; ** $p < .001$

(四)「雙路徑缺陷假說」與「基礎聽覺處理缺陷假說」何者解釋力較佳？

在本研究中，被界定為無聲韻覺識困難的閱障生佔了 16.7%，有聲韻覺識困難的閱障生佔了 83.3%。過去研究(Catts et al., 2005; Hung et al., 2008)也都發現有些閱讀理解障礙者並未表現出聲韻覺識受損。更甚者，如果採用嚴格的標準，閱讀障礙者中具聲韻覺識困難者更少，如 Ho、Chan、Lee、Tsang 及 Luan (2004) 的研究中，以 147 位為樣本，在聲韻測驗上表現困難的閱讀障礙生只佔了 29.3%。同樣地，在 Ho、Chan、Tsang 及 Lee (2002) 的研究中，以 30 位為樣本，在聲韻測驗上表現困難的閱讀障礙生也只佔了 15.3%。以上 Ho 及其同事的兩篇研究中，聲韻缺陷的界定是指在所有聲韻測驗上的表現，皆低於參與者所屬年齡層的平均表現 1.5 個標準差以下者。在本研究中，如果將聲韻覺識困難者界定為聲韻結合、去音首和聲調覺識等三項測驗上得分同時在 PR25 以下者，也只有 18.75% (九位) 的閱讀障礙生具聲韻覺識困難。可見，無論如何界定聲韻覺識困難，總是有一些閱讀障礙學生沒有聲韻覺識困難。

再者，在本研究中，若以在假字唸名速度上表現差 (PR25 以下) 者界定為快速唸名缺

陷者，有 72.92% 的閱障生有快速唸名缺陷。64.58% 的閱讀障礙學生同時有聲韻覺識困難及快速命名困難。這些結果似乎較支持雙路徑缺陷假說 (Wolf et al., 2000)，然而，仍有四位是無法被歸類在雙路徑缺陷當中，可見此假說有其限制。王立志、楊憲明 (2015) 以 105 位台灣中小學閱障生為樣本區分出更多亞型，包括：聲韻覺識缺陷亞型、快速唸名缺陷亞型、組字規則暨快速唸名缺陷亞型，以及未達特定缺陷亞型等四型。可見，閱讀障礙是個異質性相當高的團體，且不只有聲韻覺識及快速命名兩個面向的受損而已。本研究發現所有閱讀障礙生的聲韻覺識與音樂知覺能力具關連性，顯示語音與非語音的關聯性，無論包括有、無聲韻覺識困難的閱讀障礙生皆然，表示這些能力可能立基在一些更基礎的聽覺處理能力之上，與 Laasonen 等 (2012) 的研究觀點較一致，較支持「基礎聽覺處理缺陷假說」取向的觀點。

肆、結論與建議

本研究主要發現中文閱障生的整體聲韻覺識能力主要與節奏有關。然而，不同的聲韻覺識成份涉及不同的音樂知覺能力，「去音首」與節奏有關，「聲調覺識」則與音高有關。由於漢語強調聲調覺識，屬聲調語言，強調同音不同調的語音區辨。若錯誤表徵四聲（不同高低音頻的聲調），會直接造成語意的誤解。因而，漢語中特有的聲調覺識成份與音樂的音高知覺呈現相關。不過漢語的聲調覺識成份仍不是聲韻覺識能力的主要成份，去音首與聲韻結合才是聲韻覺識能力的主要成份，因此，中文閱障生的整體聲韻覺識能力仍與節奏有關。相對的，絕大多數的歐美各國拼音語言都屬於非聲調語言（葡萄牙語除外），即他們的語言不以聲調表意，所以他們的聲韻覺識與音高較無關，與節奏較相關。除非所用的聲韻覺識測驗內容包括了相似音的判斷。這或可解釋為何過去對使用拼音語言的閱障生為對象的研究，較多發現他們在節奏知覺上受損 (Atterbury, 1985; Forgeard et al., 2008; Overy, 2003; Wolff, 2002)。

從另一角度而言，音位學 (phonology) 分成切分音位學 (segmental phonology) 和超切分音位學 (suprasegmental phonology) 兩大類。音素屬於切分音位學的研究對象，也就是可切割的個別單位。相對地，聲調和句子重音 (stress) 則屬韻律 (prosody) 類，無法被切割，是超切分音位學的研究對象。漢語特有的聲調反映的是音頻的變化 (音程變化)，屬語言的韻律感。因此，漢語的聲調和音素知覺可類比於音樂的音高和節奏知覺。最近，Veenendaal、Groen、Verhoeven (2016) 發現除了聲韻覺識 (切分音位) 能力之外，文本朗讀韻律 (超切分音位) 能力，也會影響學生之後的閱讀理解能力。

因此，本研究建議針對台灣的閱讀障礙兒童可給予音樂知覺訓練，尤其在低年級學習注音符號及運用階段，同時安排較多的音樂旋律與節奏相關課程或有幫助，可提高他們的基礎聽覺處理能力，包括計時處理能力，進而提升聲韻覺識能力，包括拆解音素及聲調覺識的能力，甚至朗讀韻律能力。然而，若要明顯改善閱讀理解能力，不能只提升聲韻覺識，因為閱讀理解所需的語彙知識及語法覺知 (李俊仁, 2010) 也需提昇。以上這些能力都需提昇了，才會明顯改善閱讀理解能力。

最後，就理論意涵而言，本研究結果顯示大多數閱讀障礙者不只有聲韻覺識，同時併

有快速唸名困難，甚至有少數閱讀障礙者完全沒有聲韻覺識困難及快速唸名困難。可見，雙路徑缺陷假說有其限制。而且，本研究發現所有閱讀障礙生的聲韻覺識與音樂知覺能力具相關，顯示語音與非語音的關聯性，表示這些能力可能立基在一些更基礎的聽覺處理能力之上。以上結果與 Laasonen 等（2012）的論點相一致，支持閱讀障礙者有一些共同的訊息處理缺陷，例如：計時處理困難及感覺短期記憶等，較支持「基礎聽覺處理缺陷假說」取向的觀點。也因此，必須提醒讀者，本研究只探討閱讀障礙者的聽覺處理能力，然而，除了聽覺處理能力之外，各類閱障生所受損的基礎認知處理能力尚包括感覺短期記憶差（Laasonen et al., 2012）。因此，聲調覺識能力的提昇只是一個好的開始，而非閱障生唯一需要提昇的能力。

研究限制

本研究所蒐集的受試者中只有八位完全沒有任一分測驗表現出聲韻覺識困難。因此，沒有足夠的無聲韻覺識困難的人數，代表性不足，無法探討完全無聲韻覺識困難的閱障生，他們的聲韻覺識是否也與音樂知覺有關。此外，也無蒐集一般閱讀能力的學生資料可供比較。希望之後可以蒐集更多資料累積一致的證據，支持無論所有類型的閱讀障礙者有一些共同的訊息處理缺陷。

再者，本研究所採用的常見字流暢性測驗主要評估的是學生的唸名速度，雖然也可以評估識字量，可是施測過程中為達適性，不少參與者是以降低年級版本實施，因此，不同年級所得的識字正確量很難比較，所得不相關的結果代表性不足。本研究所得的音樂知覺與識字之間的關係有待更好的研究設計加以理清，未來可採用較佳的識字量表，如識字量評估測驗（國字測驗）（洪儷瑜、王瓊珠、張郁雯、陳秀芬、陳慶順，2007）等等。

參考文獻

- 王立志、楊憲明（2015）：漢語發展性閱讀障礙學生之亞型分類研究，*特殊教育研究學刊*，40（1），55-83。
- 李俊仁（2010）。聲韻覺識與閱讀發展。載於柯華葳（主編）：*中文閱讀障礙*，頁 43-58。台北：心理。
- 李俊仁、柯華葳（2007）。中文閱讀弱讀者的認知功能缺陷：視覺處理或是聲韻覺識？*特殊教育研究學刊*，32（4），1-18。
- 周立（2017）。*普通話速遞*。香港中文大學：普通話教育研究及發展中心。
- 柯華葳、詹益綾（2007）。*國民小學（二至六年級）閱讀理解篩選測驗使用手冊*。臺北市：教育部特殊教育小組。
- 俞筱鈞（1993）。*瑞文氏圖形推理測驗系列指導手冊 1993 新修訂版*（原著者：J Raven, J. C. Raven and J. H. Court。修訂者：俞筱鈞）。臺北市：中國行為科學社。
- 胡永崇（2003）。國小四年級閱讀困難學生識字相關因素及不同識字教學策略之教學成效比較研究。*屏東師院學報*，19，177-216。
- 洪儷瑜、陳秀芬、王瓊珠、張郁雯（2012）。常見字流暢性測驗編製研究。*測驗學刊*，59(2)，247-276。
- 洪儷瑜、王瓊珠、張郁雯、陳秀芬、陳慶順（2007）。*識字量評估測驗（國字注音）使用手冊*。台北：教育部特殊教育小組。

- 宣崇慧、蘇政輝、陳必卿、余孟儒、王涵、張文真、邱郁芬(2012)。學前聲韻處理、快速唸名與視覺記憶能力預測小一學童識字困難效能之檢測。*特殊教育研究學刊*, 37(1), 53-78。
- 陳慶順(2001)。識字困難學生與普通學生識字認知成分之比較研究。*特殊教育研究學刊*, 21, 215-237。
- 陳淑麗、曾世杰(1999)。閱讀障礙學童聲韻能力之研究。*特殊教育研究學刊*, 17, 205-223
- 張毓仁、曾世杰(2008)。國小三年級唸名速度緩慢學童與一般學童閱讀認知能力之比較。*教育與心理研究*, 31(1), 179-203。
- 張毓仁、邱皓正、柯華葳、曾世杰、林素貞(2011)。聲韻覺識、唸名速度和流暢性對中文閱讀理解的影響：結構方程模式與增益效度之探究。*教育與心理研究*, 34(1), 1-28。
- 曾世杰(2004)。*聲韻覺識、唸名速度與中文閱讀障礙*。台北：心理。
- 曾世杰、簡淑真、張媛婷、周蘭芳、連芸伶(2005)。以早期唸名速度及聲韻覺識預測中文閱讀與認字：一個追蹤四年的相關研究。*特殊教育研究學刊*, 28, 123-143。
- 曾世杰、陳淑麗、謝燕嬌(2006)。*聲韻覺識測驗工具*。台北：教育部特殊教育工作小組。
- Adams, M. J. (1990). *Beginning to read: Thinking and learning about print*. Cambridge, MA: MIT Press.
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical manual of mental disorder-V* (5th ed). Washington, DC: Book Promotion & Service LTD.
- Anvari, S. H., Trainor, L. J., Woodside, J., & Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83, 111-130.
- Atterbury, B. W. (1985). Musical differences in learning-disabled and normal-achieving readers, aged seven, eight and nine. *Psychology of Music*, 13, 114-123.
- Ayotte, J., Peretz, I., & Hyde, K. (2002). Congenital amusia. A group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain*, 125, 238-251.
- Barwick, J., Valentine, E., West, R., & Wilding, J. (1989). Relations between reading and musical abilities. *British Journal of Educational Psychology*, 59, 253-257.
- Benasich, A. A. & Tallal, P. (2002). Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behavioural Brain Research*, 136, 31-49.
- Bengtsson, S. L., & Ullen, F. (2006) Dissociation between melodic and rhythmic processing during piano performance from musical scores. *NeuroImage*, 30, 272-284.
- Bowers, P. G., & Wolf, M. (1993). Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms, and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing*, 5, 69-85.
- Bowey, J. A., McGuigan, M., & Ruschena, A. (2005). On the association between serial naming speed for letters and digits and word-reading skill: towards a developmental account. *Journal of Research in Reading*, 28, 400-422.
- Brust, J. (1980). Music and language, musical alexia and agraphia. *Brain*, 103, 367-392.
- Breier, J. I., Gray, L., Fletcher, J. M., Diehl, R. L., Klass, P., Foorman, B. R., & Molis, M. R. (2001). Perception of voice and tone onset time continua in children with dyslexia with and without Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 245-270.
- Bryant, P. E., & Bradley, L. (1985). *Children's reading problems*. Oxford: Basil Blackwell.

- Butzlaff, R. (2000). Can music be used to teach reading? *Journal of Aesthetic Education*, 34, 167-178.
- Catts, H. W., & Kamhi, A. G. (2005). *Language and reading disabilities* (2nd ed.). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Douglas, S., & Willats, P. (1994). The relationship between musical ability and literacy skills. *Journal of Research in Reading*, 17, 99-107.
- Farmer, M. E., & Klein, R. M. (1995). The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: a review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 460-493.
- Fetzer, L. (1994). *Facilitating print awareness and literacy development with familiar children's songs*. Unpublished doctoral dissertation, East Texas University.
- Forgeard, M., Schlaug, G., Norton, A., Rosam, C., Iyengar, U., & Winner, E. (2008). The relation between music and phonological processing in normal-reading children and children with dyslexia. *Music Perception*, 25(4), 383-390.
- Huang, H. S. & Hanley, J. R. (1995), Phonological awareness and visual skill in Learning to read Chinese and English. *Bulletin of Special Education and Rehabilitation*, 4, 163-187.
- Ho, C. S. H., Chan, D. W., Tsang, S. M., & Lee, S. H. (2002). The Cognitive Profile and Multiple-deficit Hypothesis in Chinese Development Dyslexia. *Journal of Developmental Psychology*, 38, 543-553.
- Ho, C. S. H., Chan, D. W., Lee, S. H., Tsang, S. M., & Luan, V. H. (2004). Cognitive profiling and preliminary subtyping in Chinese development dyslexia. *Cognition*, 91, 43-75.
- Hung, R. J., McKay, J. D., Gaborieau, V., Boffetta, P., Hashibe, M., Zaridze, D., et al. (2008). A susceptibility locus for lung cancer maps to nicotinic acetylcholine receptor subunit genes on 15q25. *Nature*, 452, 633-637.
- Kelley, L. L. (1981). *A combined experimental and descriptive study of the effect of music on reading and language*. Unpublished doctoral dissertation, University of Pennsylvania.
- Laasonen, M., Service, E., Lipsanen, J., & Virsu, V. (2012). Adult developmental dyslexia in a shallow orthography: Are there subgroups? *Reading and Writing*, 25(1), 71-108.
- Lamb, S. J., & Gregory, A. H. (1993). The relationship between music and reading in beginning readers. *Educational Psychology*, 13, 19-28.
- Liao, C. -H., Georgiou, C. K., & Parrila, R.(2008). Rapid naming speed and Chinese character recognition. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 21, 231-253.
- Lee, H.-Y., Sie Y.-S., Chen S.-C., Cheng M.-C. (2015). The music perception performance of children with and without dyslexia in Taiwan. *Psychological reports*, 116(1), 1-10.
- McBride-Chang, C., Bialystok, E., Chong, K. K. Y., & Li, Y. (2004). Levels of phonological awareness in three cultures. *Journal of experimental child psychology*, 89(2), 93-111.
- Overy, K. (2003). Dyslexia and music. From timing deficits to musical intervention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 497-505.
- Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(1), 129-141.
- Savage, R. S. & Frederickson, N. (2005). Evidence of a highly specific relationship between rapid automatic naming of digits and text reading speed. *Brain and Language*, 93,

- Snowling, M. (1987). *Dyslexia: A cognitive developmental perspective*. Oxford: Basil Blackwell.
- Tallal, P. (2004). Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 721-728.
- Tallal, P., & Piercy, M. (1973). Defects of non-verbal auditory perception in children with developmental aphasia. *Nature*, 241, 468-469.
- Tallal, P., & Stark, R. (1981). Speech acoustic cue discrimination abilities of normally developing and language impaired children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 69, 568-574.
- Tallal, P., & Gaab, N. (2006). Dynamic auditory processing, music experience, and language development. *Trends in Neurosciences*, 29, 382-389.
- Tan, L. H., Spinks, J. A., Eden, G. F., Perfetti, C. A., & Siok, W. T. (2005). Reading depends on writing, in Chinese. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America*, 102, 8781-8785.
- Veenendaal, N. J., Groen, M. A., & Verhoeven, L. (2016). The Contribution of Segmental and Suprasegmental Phonology to Reading Comprehension. *Reading Research Quarterly*, 51(1), 55-66.
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(1), 2-40.
- Vukovic, R. K., & Siegel, L. S. (2006). The double-deficit hypothesis: a comprehensive analysis of the evidence. *Journal of Learning Disabilities*, 39(1), 25-47.
- White, S., Milne, E., Rosen, S., Hansen, P., Swettenham, J., Frith, U., & Ramus, F. (2006). The role of sensorimotor impairments in dyslexia: a multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science*, 9(3), 237-269.
- Wolf, M. (1999). What time may tell: Towards a new conceptualization of developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 49, 3-28.
- Wolff, P. (2002). Timing precision and rhythm in developmental dyslexia. *Reading and Writing*, 15, 179-206.
- Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, 33, 387-407.

四、建議

台灣過去太重視心理學的基礎理論研究了，少了心理學的生活應用。

五、攜回資料名稱及內容

論文摘要集。

六、其他

本論文目前投稿在特殊教育與復健學報上(二審中)。

105年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：李宏鎰			計畫編號：105-2410-H-040-002-			
計畫名稱：台灣注意力缺陷過動症兒童的腦電波探索和決斷分數的建立						
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)	
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇	台北腦波研討會，大寶科技主辦
		研討會論文		1		
		專書		0	本	
		專書論文		0	章	
		技術報告		0	篇	
		其他		0	篇	
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
		其他		0		
	技術移轉	件數		0	件	
		收入		0	千元	
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇
			研討會論文		0	
			專書		0	本
專書論文			0	章		
技術報告			0	篇		
其他			0	篇		
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
其他		0				

	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	6		陳恩和、呂玫潔、許惠晴、詹子儀
		碩士生	1		陳玫君
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

本研究發現ADHD與一般兒童的TBR並沒有達顯著差異，低頻的腦電波，包括Delta、Theta、Alpha、Low Beta等都沒有組間差異，反之，相對高頻的腦電波，包括Beta及Gamma有組間差異，但不大。因此，也不建議以此診斷ADHD兒童，本研究結果與最近其他的實證研究結果相一致。然而，針對ADHD兒童的Gamma異常可進一步深入探討，因為自閉症兒童的Gamma異常也經常被報告出來，ADHD兒童與自閉症兒童的Gamma異常是否具有關聯性及其意義值得探討。整體而言，最近的實證研究都不支持EEG的測量具診斷功能。鑑於ADHD的異質性很明顯，比起單一生物標誌，多元生物標誌較有可能捕獲此變異性大的族群。Hermens及其同事認為，EEG特徵應該最好是作為較大診斷輪廓的其中一部分，並用於預測治療的個別效果，而不是做為主要診斷之用。本研究的結果也可給大眾了解，以避免過度相信坊間腦波訓練ADHD兒童的療效。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關衛生福利部，
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)

本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

說明：(以150字為限)

EEG特徵應該最好是作為較大診斷輪廓的其中一部分，並用於預測治療的個別效果，而不是做為主要診斷之用。本研究的結果也可給大眾了解，以避免過度相信坊間腦波訓練ADHD兒童的療效。