

# 結合腦波測量與工作記憶測驗之 App 對於障礙兒童之影響

陳金鈴  
朝陽科技大學資訊工程系  
教授  
[clc@cyut.edu.tw](mailto:clc@cyut.edu.tw)

古季庭  
朝陽科技大學資訊工程系  
研究生  
[p268733@gmail.com](mailto:p268733@gmail.com)

唐詠雯  
中山醫學大學物理治療學系  
助理教授  
[tangyw@csmu.edu.tw](mailto:tangyw@csmu.edu.tw)

## 中文摘要

本研究是為了使一般紙本測驗提升便利性並電腦化，因此我們開發了結合腦波之工作記憶 App 測驗(Working Memory App Test, WMAT)。我們透過 WMAT 與魏氏兒童智力量表第四版(Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition, WISC-IV)來測量 12 位 6 歲到 12 歲之障礙兒童的工作記憶表現進行結果比對，並觀察 WMAT 與 WISC-IV 的同時效度，以及在障礙兒童的工作記憶表現與腦波變化的相關性。由實驗結果顯示，WMAT 與 WISC-IV 的原始分數之同時效度於數、字序列以及順逆向記憶排序(記憶廣度)呈現顯著正關係。在工作記憶與腦波的相關性分析中，算術表現在平均 Alpha 波、平均 Beta 波、平均 Gamma 波、平均 Delta 波、平均 Theta 波呈現顯著的負相關。在 WMAT 與 WISC-IV 之工作記憶表現有中度以上的同時效度，因此我們發現到不同的測量方法並不影響障礙兒童的表現。在算術測驗表現會影響障礙兒童的全部腦波值，所以算術表現差，平均腦波值都會升高。

**關鍵詞：**腦波、工作記憶、魏氏兒童智力量表、認知訓練、行動裝置

## Abstract

In this study, in order to improve the convenience and computerized the general paper test. We developed the electroencephalograms of Working Memory App Test (WMAT) for children. We used the WMAT and Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition (WISC-IV) to measure working memory performance of 12 impaired children 6 to 12 years old via comparing and observing the concurrent validity of WMAT and WISC-IV. We also

explored the working memory of impaired children performance correlated with EEG changes. The experimental results show, WMAT and WISC-IV of original score concurrent validity in Letter-Number Sequencing and Sequence and Reverse Sorting Test (Digit Span) showed significant positive correlation. Regarding to the correlation analysis result in working memory and EEG, the Alpha waves of average, Beta wave of average, Gamma wave of average, Delta waves of average and Theta waves of average exhibited significant negative correlation. The WMAT and WISC-IV in working memory performance showed moderate concurrent validity. Therefore, we found different methods of measurement do not affect the performance of impaired children. Finally, we found that the performance of Arithmetic will affect the value of all impaired children's EEG, so poor performance of Arithmetic the EEG average values are increased.

**Keywords :** EEG, Working memory, WISC-IV, Cognition training, Mobile device

## 1. 引言

在柯慧貞學者[1]的分析報告中指出，隨著智慧型手機或平板之普及，使用智慧型手機或平板的年齡層也越來越低。其次，根據教育部統計，各年齡層智慧型手機使用率高達 85.2% 以上，開始接觸與經常使用智慧型手機的階段為國小生，其用途除了上網外，絕大多數為玩遊戲。不過近年來益智遊戲或腦力測驗遊玩人數越來越多[3]，因此我們整合紙本測驗並開發在行動裝置上，除了能增加兒童對做測驗的意願外，也有方便攜帶、容易操作、快速計算等特性。下表 1 將 WMAT 與傳統紙本測驗工具做比較。

表 1 WMAT 與傳統紙本測驗之比較

	WMAT	紙本測驗
測驗工具	智慧型手機或平板、腦波儀	指導手冊、紀錄本、答案紙、筆、碼表等
操作	簡單	複雜
即時腦波回饋	有	無
計算結果時間	快	慢
移動性	高	普通

智力是一種重要且最經常評估於心理學的結構之一[13]，在國內外市面上測量智力工具相當多，以下是包含工作記憶子測驗的傳統測驗與電腦化測驗分別有：魏氏兒童智力量表第四版(Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition, WISC-IV)、綜合性非語文智力測驗(Comprehensive Test of Nonverbal Intelligence, CTONI)、自動化工作記憶評估測驗(Automated Working Memory Assessment, AWMA)。下表 2 將上述三種工具測驗與結合腦波的工作記憶 App 測驗(Working Memory App Test, WMAT)作比較。

目前用於測量兒童智力最受歡迎的工具為魏氏兒童智力量表第四版，測試年齡為 6 到 16 歲，此量表有四個主要因素：(1)語文理解指數(2)知覺推理指數(3)工作記憶指數(4)處理速度指數[25]。其中在工作記憶包含記憶廣度與數、字序列測驗兩個子測驗和算術替代測驗，著重於測量工作記憶能力，工作記憶包含注意力、心智控制及推理、聽覺的短期記憶、排序技能和視空間想像力、其目的為提升整體學習效率和工作效能。

在常見的障礙兒童中，包括過動症(Attention Deficit Hyperactivity Disorder, ADHD)、特殊語言障礙(Specific and Language Impairment, SLI)、學習障礙、自閉症(Autism)、動作損傷兒童。在過動症方面，工作記憶呈現小的效果值，其中算術分測驗

所得之量表分數差異效果值最大。雖然 ADHD 兒童的智力功能與一般兒童無異，但在工作記憶測量上的表現，則會明顯比一般兒童的表現差[5, 7, 8, 9, 14, 19, 20, 24]。Fenollar 等人[11]指出 ADHD 孩童在魏氏智力量表的評估結果，在工作記憶指數的表現較健康控制組孩童低，在不專注型 ADHD 有正向差異；若是混合型 ADHD 則無。這可用來鑑別診斷注意力不集中型 ADHD。在特殊語言障礙方面，Montgomery 學者[17]指出許多兒童患有特殊語言障礙在言語工作記憶和語言學習或處理的領域上有缺陷。許多兒童的詞彙或形態的學習和句子理解或處理的問題與他們缺乏工作記憶能力有關。Montgomery 學者[18]指出在言語工作記憶的句子理解上，SLI 兒童的回答比同年齡之正常兒童在雙負載條件任務(包括語義的類別、單詞所指的大小)的字數較少，但同年齡之正常兒童的表現不受影響。Montgomery 學者[18]再將 SLI 兒童與相匹配的接收性詞彙兒童進行雙負載條件任務，兩組顯示出在雙負載狀態比其他條件還差。在學習障礙方面，在閱讀障礙的工作記憶所得之組合分數平均數均顯著低於對照組，且差異效果值最大是工作記憶。在工作記憶子測驗中，數、字序列和算術的差異效果值較大[12, 22]。在自閉症方面，工作記憶呈現中度效果值[25]。在動作損傷兒童方面，工作記憶子測驗中的算術之差異分數也有較大的效果值[25]。

表 2 各種工具之測驗項目比較

	WMAT	AWMA[4]	WISC-IV[25]	CTONI[15]
測驗方式	行動裝置	電腦	紙本	紙本
口頭工作記憶	無	有	有	有
語文工作記憶	有	有	無	無
排序工作記憶	有	無	有	有
視覺空間工作記憶	無	有	無	無
視聽覺工作記憶	有	無	無	無

現今已經有許多文獻證實障礙兒童的腦波異常，Barry 學者和 Clarke 學者[6]發現在 ADHD 兒童的中央、中線、前額區域皮質反應過慢。ADHD 的腦波顯示在休息狀態下，Theta 波升高，Alpha 和 Beta 波減少，或是升高 Theta 或 Alpha(放鬆) 和 Theta 或 Beta 比例可用來區別 ADHD 的次族群。Matousek 等人[16]發現 Theta 或 Alpha(放鬆)的比例在 ADHD 兒童和對照組兒童之間的群體差異是一個很好的預測。Van de Weijer-Bergsma 等人[23]指出 SLI 兒童隨著年級的進展，視覺空間工作記憶對個體差異的數學表現水平之預測值會減弱，而言語工作記憶的預測值會提高。Rebecca 等人[21]指出 SLI 兒童的視覺短期工作記憶被發現能具體預測的數學成績。Evelien 等人[10]表明在精神病理學之 SLI 兒童的工作記憶缺陷通常會連結額葉功能的障礙。

腦波與心電圖的測量類似，它並不會傷害腦細胞或危害人體。腦波在透過儀器測量後，能夠探測出在不同狀態下所產生出來的電位變化，而不同的電位會生成不同的波型，以下是常見的腦波訊號[2]：

1. Alpha 波：頻率為 7.5 到 11.75 Hz 的慢速波，此波是在意識清醒且身體在放鬆狀態時所產生，但在警覺及焦慮時會逐漸減少。
2. Beta 波：頻率為 13 到 29.75 Hz 的快速、低振幅波，此波在清醒時產生的腦波狀態，與思考、處理訊息、精神集中、焦慮有關。
3. Gamma 波：頻率為 31 到 49.75 Hz，是一個寬頻率信號，通常在大腦活躍時信號越強，影響注意力、意識、減輕壓力。
4. Delta 波：頻率為 0.5 到 2.75 Hz 的慢速、高振幅波，是屬於在無意識層面的腦波狀態，也是恢復體力所需要的波。
5. Theta 波：頻率為 3.5 到 6.75 Hz，是潛意識層面的腦波狀態，與作夢、冥想有關，影響人的態度、信念、行為等，也是靈感、創造力的來源。

因此本研究的主要目的分為兩個階段：第一階段為將傳統紙本測驗移植到行動裝置上，如此一來能提升便利、簡單和快速等

特性；第二階段，首先探討 WMAT 與 WISC-IV 個別的工作記憶子測驗(數、字序列、記憶廣度、算術)呈現的同時效度，接著觀察障礙兒童的工作記憶子測驗表現與腦波變化的相關性。

## 2. 方法

### 2.1 軟體開發

#### 2.1.1 開發工具

本研究所使用的腦波儀器是由 Neurosky 神念科技所開發的腦立方，它有別於一般傳統溼式電極且複雜的腦波儀，因為它的體積小、方便攜帶，而且是利用乾式電極感測。腦立方的感測部位在前額葉，利用一個 EEG 通道就可以測量出用於研究的高精度腦電波信號，再透過 ThinkGear 晶片感測後，顯示出一般人就能夠辨別的 eSense 指數，例如：專注度和放鬆度，甚至還可以測量出眨眼動作的信號，不過不單只有測量上述腦波值，還能探測出較詳細的腦波值，例如：High alpha、Low alpha、High beta、Low beta、Mid gamma、Low gamma、Delta 以及 Theta。

eSense 指數將專注度與放鬆度轉化成 1 到 100 的數值來表示，每秒會更新輸出一次。數值在 1 到 20 之間代表低值區；21 到 40 之間代表較低值區；數值 41 到 60 之間代表一般範圍，也就是腦波測量的基線；數值 61 到 80 之間代表較高值區；數值 81 到 100 之間代表高值區。數值越大表示專注力與放鬆到達了高水準；數值越小表示受測者處於分心、焦慮、行為異常的狀況[2]。

WMAT 是在 Android 作業系統中開發，由 Android Studio 所編寫而成，並使用 Nexus 7 平板電腦(Android 4.4.4)來運行。

#### 2.1.2 系統架構及流程

下圖 1 為 WMAT 的架構圖，首先輸入基本資料後，選擇工作記憶子測驗(數、字序列、順逆向記憶排序、算術)，接著開始作答，過程中會記錄答對題數及分數，還會呈現即時的專注度與放鬆度，並且在背景紀錄即時的腦波數值(Alpha、Beta、Delta、Theta、Gamma 波)。當作答結束後，系統會輸出測驗總分數、總共作答時間和詳細腦波平均數據。

下圖 2 是 WMAT 處理流程，其顯示了做 WMAT 的主要順序。

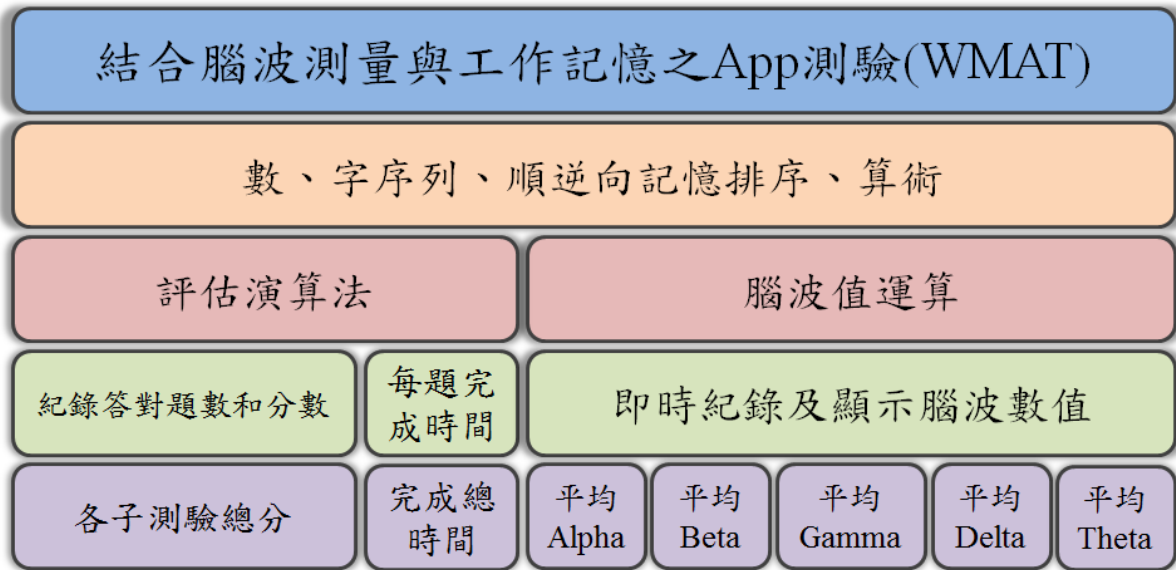


圖 1 結合腦波工作記憶 App 測驗架構圖

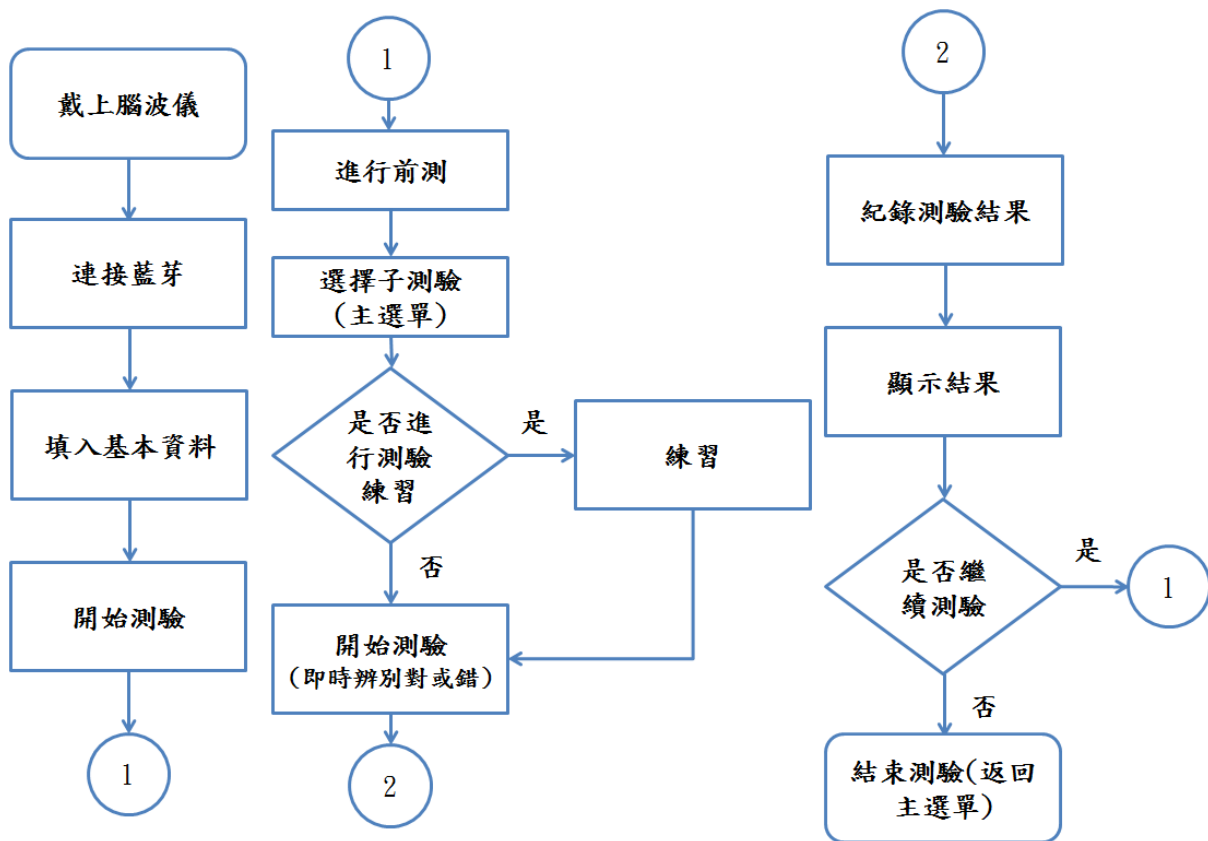


圖 2 結合腦波工作記憶 App 測驗處理流程圖

### 2.1.3 基本資料與前測

進行測驗前需要輸入基本資料，內容包括姓名、出生年月日、性別，當輸入完成後，系統會算出受測者的年齡，接著就可以開始做前測，如下圖 3 情境前測畫面，使用腦波儀來記錄受測者的腦波數據，時間維持 2 分鐘，其內容包括了四種情境：(1)閉眼放鬆：受測者坐在椅子上，雙手放在腿上，以背靠椅背的方式做休息，並且做韻律呼吸來達到放鬆。(2)平常休息：受測者以正常生活中自己習慣的一套休息方式來休息。(3)閱讀文字：要求受測者專注地看一部動畫繪本，在看完之後會詢問受測者其故事內容及後續發展。(4)算術：主試者出幾題數學題目，以基本的加減乘除為主要出題，難度由簡單問到困難。



圖 3 情境前測畫面

### 2.1.4 工作記憶子測驗

下圖 4 是數、字序列測驗畫面，此測驗為視聽覺提示，在倒數 10 秒後會開始出現題目，題目會依難度顯示不同數量之數字和字母，每次只出現單一數字或字母，顯示時間為 1 秒。當題目顯示完後立即開始作答，受測者須按照數字和字母順序觸控按鍵，數字由小到大排序、字母由 A 到 I 排序，先輸入數字或字母皆可。例如題目出現：9、E、2、C，則答案須輸入：29CE 或是 CE29。題目共 30 題，無時間限制，測驗過程中會即時顯示每秒腦波(專注度、放鬆度)，越後面的題目難度會增加，數字與字母出現越多個。



圖 4 數、字序列測驗畫面(HA: High alpha, LA: Low alpha, HB: High beta, LB: Low beta, MG: Mid gamma, LG: Low gamma, D: Delta, T: Theta)

下圖 5 是順逆向記憶排序測驗畫面，是將記憶廣度加入排序功能，此測驗為視聽覺提示，題目共 32 題，前 16 題是順序題，在倒數 10 秒後會出現題目，題目會依難度顯示不同數量之數字，每次只出現單一數字，顯示時間為 1 秒。當題目顯示完後立即開始作答，受測者須由小到大排序題目出現的數字，例如題目出現：8、3、6，則答案須輸入：368；相對的，在 17 題開始是逆序題，在 5 秒後會出現題目，受測者須由大到小排序題目出現的數字，例如題目出現：1、9、8、5，則答案須輸入：9851。此測驗無時間限制，測驗過程中會即時顯示每秒腦波(專注度、放鬆度)，越後面的題目難度會增加，也就是數字增多。



圖 5 順逆向記憶排序測驗畫面(HA: High alpha, LA: Low alpha, HB: High beta, LB: Low beta, MG: Mid gamma, LG: Low gamma, D: Delta, T: Theta)

下圖 6 是算術測驗畫面，此測驗為視聽覺提示，在倒數 10 秒後出現題目，問題敘述由近似真人發音之語音輸出題目，受測者須依照題目說明按下正確答案。題目共 32 題，每題限時 30 秒，題目可重覆唸出，計算部分須心算，不可用計算機及手算，越後面題目越難。



圖 6 算術測驗畫面(HA: High alpha, LA: Low alpha, HB: High beta, LB: Low beta, MG: Mid gamma, LG: Low gamma, D: Delta, T: Theta)

### 2.2.2 實驗工具

在實驗的硬體設備有：Mindwave Mobile 腦力方、平版電腦 Nexus 7(Android 4.4.4)、魏氏兒童智力量表第四版(WISC-IV)。軟體應用程式：結合腦波的工作記憶 App 測驗(WMAT)、SPSS ver. 20。問卷：孩童評估表(包括教養評估 APQ、ADHD 篩檢 SNAP-IV、兒童活動量表)。

### 2.2.3 實驗流程

首先讓受測者測量 WISC-IV 之工作記憶子測驗(數、字序列、記憶廣度、算術)，將測量結果用紙本記錄下來。接下來戴上腦波儀後開始測量 WMAT，在進行子測驗前會先做前測，將其數據做為之後分析比較的基礎值。前測結束後即開始工作記憶子測驗(數、字序列、順逆向記憶排序、算術)，腦波數值會在作答期間即時記錄並輸出，當作答完成後腦波儀會中斷連線，並且會立即顯示測驗結果和平均專注度、放鬆度、High alpha、Low alpha、High beta、Low beta、Mid gamma、Low gamma、Delta 以及 Theta 波，接著進行完數據的存檔後即完成測驗。

## 3. 結果

### 3.1 實驗數據

下圖 7、8、9 分別是 12 位受測者之數、字母序列、順逆向記憶排序、算術的各腦波功率譜密度，其數值是以前測之平常休息情境的平均腦波值為基準，接著再與各子測驗之平均腦波值做運算，並觀察受測者的前測平均腦波與子測驗平均腦波之間的差異。以下公式(1)為功率譜密度。

$$\text{功率譜密度(\%)} = \frac{\text{各子測驗之平均腦波值} - \text{前測之平均腦波值}}{\text{前測之平均腦波值}} \quad (1)$$

因為 Mindwave Mobile 腦力方所測量出來的 Alpha、Beta 和 Gamma 波為 High alpha、Low alpha、High beta、Low beta、Mid gamma、Low gamma，所以我們將其數據用以下公式(2)、(3)、(4)分別算出 Alpha、Beta 和 Gamma 波。

$$\text{Alpha} = \frac{\text{High alpha} + \text{Low alpha}}{2} \quad (2)$$

$$\text{Beta} = \frac{\text{High beta} + \text{Low beta}}{2} \quad (3)$$

$$\text{Gamma} = \frac{\text{Mid gamma} + \text{Low gamma}}{2} \quad (4)$$

下圖 7、8、9 中可以發現受測者 2 相較於其他受測者的平均 Theta 波偏高；受測者 11 相較於其他受測者的平均 Theta 波、平均 Alpha 波偏低。受測者 2 與受測者 11 症狀分別為發音障礙與注意力不足，因此由上述可知，發音障礙會使平均 Theta 波升高；注意力不足會使平均 Theta 波與平均 Alpha 波降低。

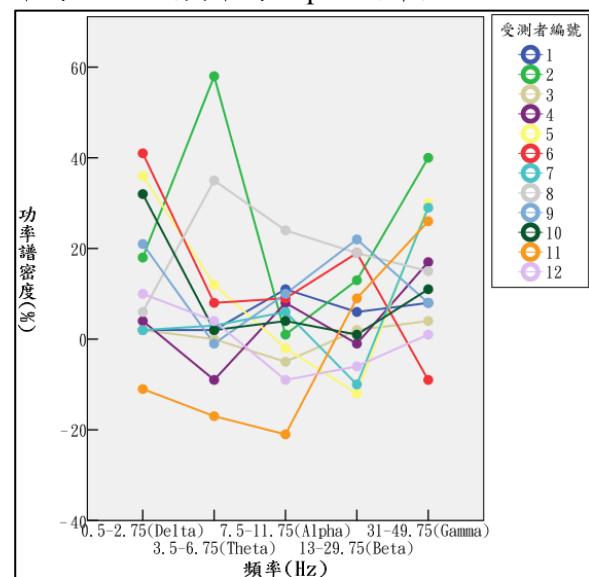


圖 7 數、字母序列之各腦波功率譜密度

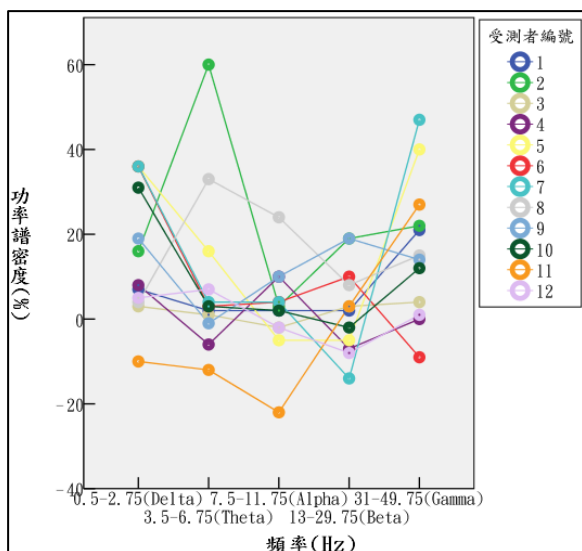


圖 8 順逆向記憶排序之各腦波功率譜密度

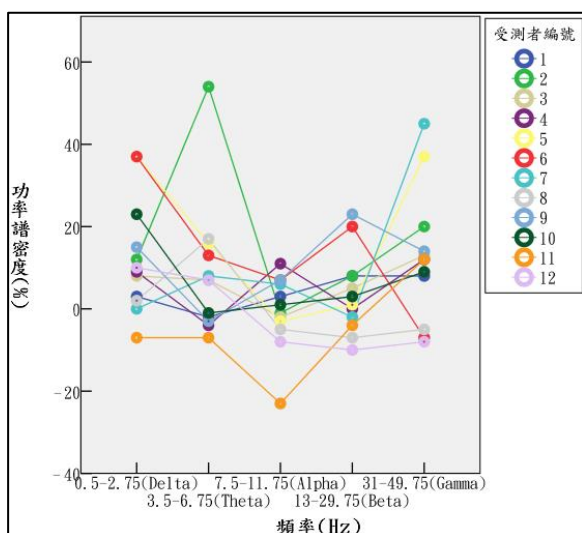


圖 9 算術之各腦波功率譜密度

### 3.2 數據分析

在 WMAT 與 WISC-IV 之原始分數相關性，數、字序列測驗表現的  $r = .639$ 、 $p = .025^*$ 、 $R^2 = 0.408$ ，順逆向記憶排序測驗表現的  $r = .695$ 、 $p = .012^*$ 、 $R^2 = 0.484$ ，算術測驗表現的  $r = .571$ 、 $p = .052$ 、 $R^2 = 0.326$  ( $*p < .05$ ,  $r = 0.5 - 0.7$  是中度相關)。R 平方係數介於 0 與 1 之間，越接近 1 表示相關性越高。由上述分析與下圖 10 之線性關係可以看出，數、字序列測驗表現、順逆向記憶排序測驗表現呈現顯著的正關係，算術測驗則無顯著相關，換句話說，在 WMAT 與 WISC-IV 的工作記憶表現，其中數、字序列測驗表現與順逆向記憶排序測驗都有中度以上的同時效度。

在 WMAT 之各子測驗的原始分數與各腦波的相關值分析中，在算術表現之平均 Alpha 波的  $r = -5.79$ 、 $p = .049^*$ 、 $R^2 = 0.335$ ，平均 Beta 波的  $r = -.588$ 、 $p = .045^*$ 、 $R^2 = 0.345$ ，平均 Gamma 波的  $r = -.583$ 、 $p = .047^*$ 、 $R^2 = 0.340$ ，平均 Delta 波的  $r = -.588$ 、 $p = .044^*$ 、 $R^2 = 0.346$ ，平均 Theta 波的  $r = -.628$ 、 $p = .029^*$ 、 $R^2 = 0.394$  ( $*p < .05$ ,  $r = 0.5 - 0.7$  是中度相關)。R 平方係數介於 0 與 1 之間，越接近 1 表示相關性越高。由上述分析與下圖 11、12、13 之線性關係可以看出，算術測驗表現之平均 Alpha 波、平均 Beta 波、平均 Gamma 波、平均 Delta 波和平均 Theta 波都呈現顯著的負相關，但數、字母序列表現和順逆向記憶排序表現與平均腦波值的相關值都無顯著關係。因此可以觀察到障礙兒童的算術測驗之表現會影響全部的腦波參數值，所以若算術表現好，全部的平均腦波值會降低；若算術表現差，全部的平均腦波值會升高。下圖 11、12、13 之平均腦波值代表共同認可的電流量值及各類型腦波頻帶，而這些值並沒有單位，因此在互相比較時，對於考慮相對量與時間波動才有意義。

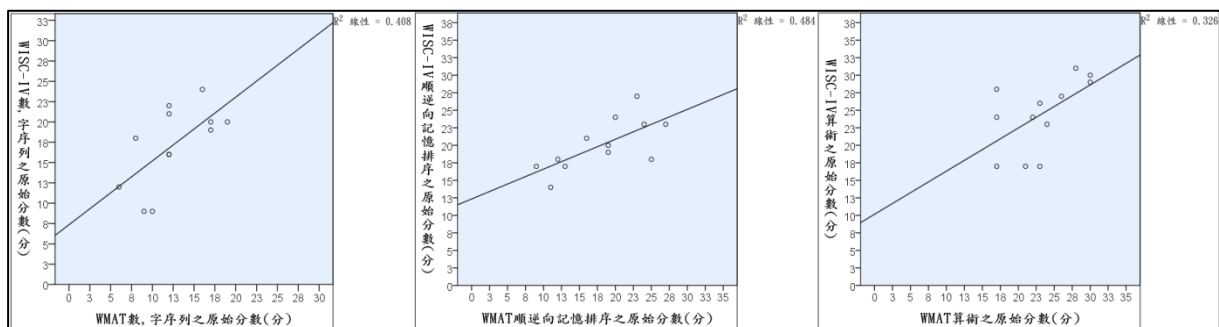


圖 10 WMAT 與 WISC-IV 工作記憶子測驗表現之線性關係

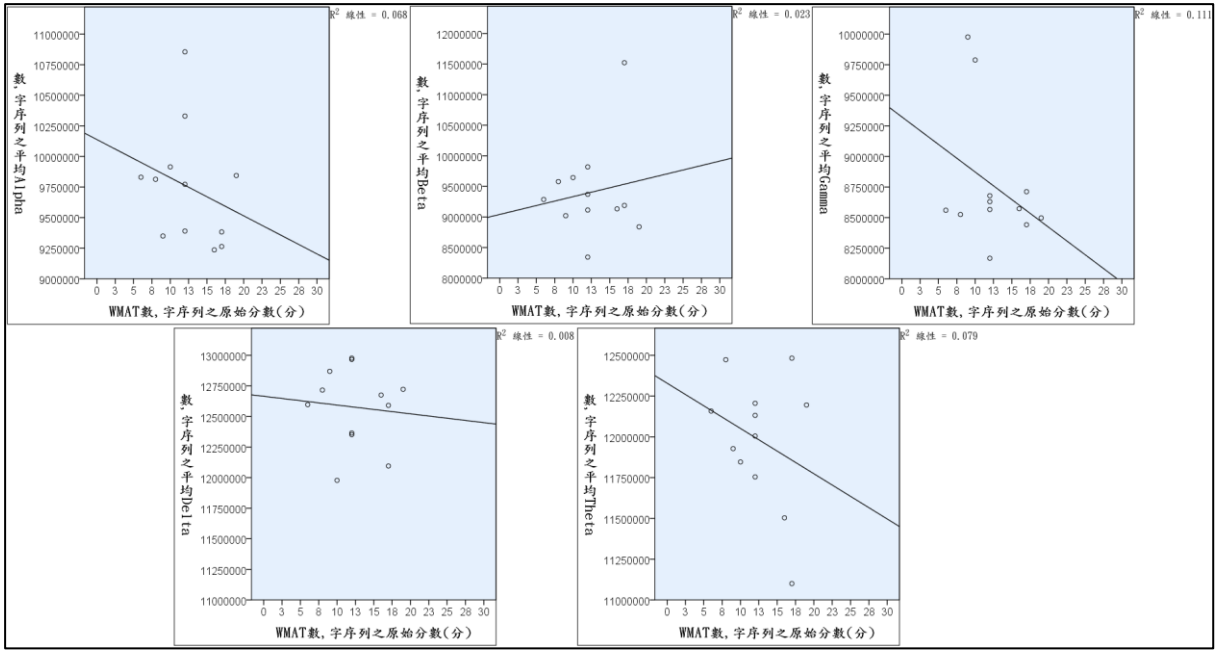


圖 11 WMAT 數、字序列測驗表現與各平均腦波之線性關係

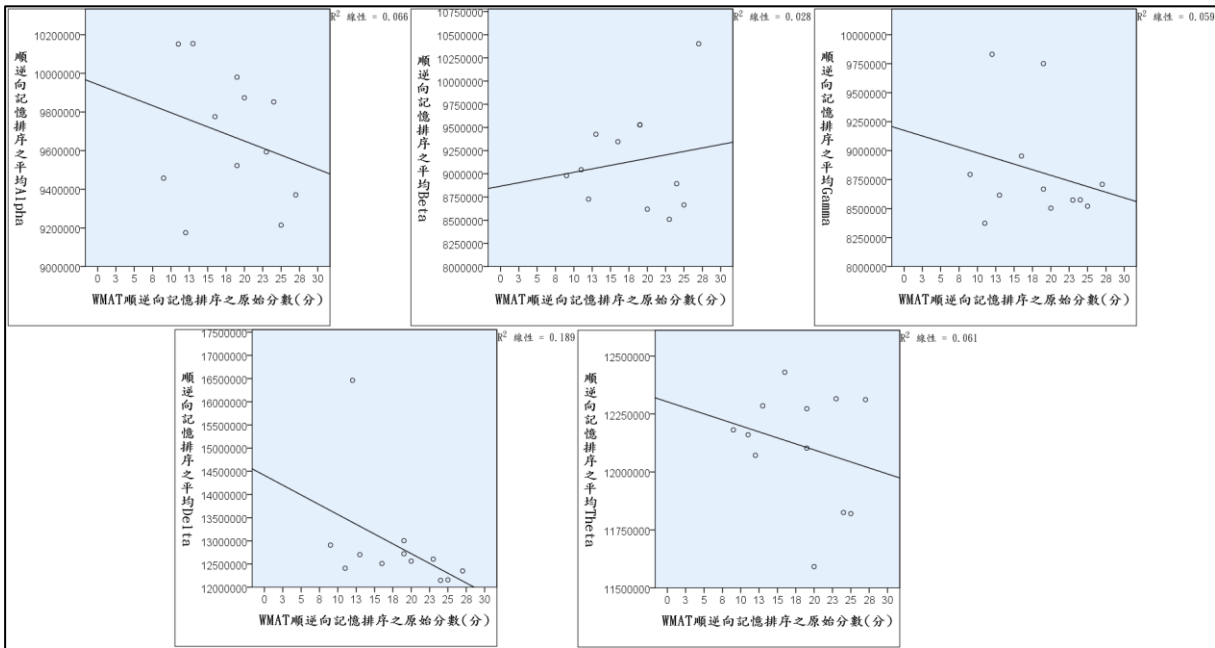


圖 12 WMAT 順逆向記憶排序測驗表現與各平均腦波之線性關係



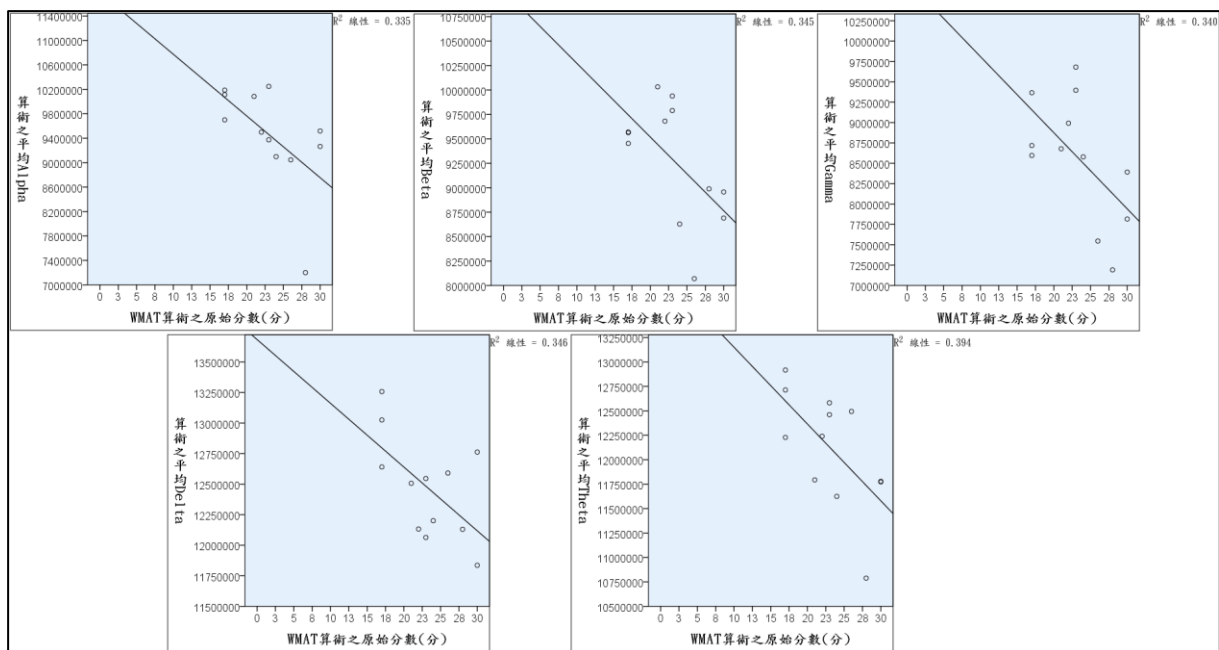


圖 13 WMAT 算術測驗表現與各平均腦波之線性關係

#### 4. 討論

本文使用自行開發之結合腦波的工作記憶 App 測驗(WMAT)來測量障礙兒童的工作記憶表現，從結果得知不管使用傳統紙本測驗(WISC-IV)還是數位化的測驗(WMAT)，其測驗效果有不錯的相似度，所以障礙兒童不會因為測驗方式的不同而影響到工作記憶的表現。在結果數據中顯示，以算術測驗表現為代表在各腦波都有顯著負相關，但在數、字序列和順逆向記憶排序測驗分析中無顯著相關，有可能是因為受測者數量過少或症狀種類太多，所以未來是需要單一症狀去探討的。因為 WMAT 結合視、聽覺工作記憶測驗，使得讓視覺能力與聽覺能力無法分辨出差別，所以在未來會將視、聽覺分開，除了觀察兩種記憶能力之間的差別外，也許在數、字序列與順逆向記憶排序的腦波值相關性會更高。之後 WMAT 將設計出腦波特定回饋相關訓練，並加入一些腦波比率指標(Ratio index)，例如：SMR(Sensory Motor Rhythm)、困倦水準(Drowsiness level)等，探討認知表現與腦波比率指標有無相關，如此一來能利用 WMAT 的迅速計算、簡單操作、即時回饋等特性來呈現出多種詳細數據，讓做測驗變成一件方便又輕鬆的事情。

#### 5. 結論

本文透過 WMAT 測量障礙兒童對於工作記憶之影響，並使用 SPSS ver. 20 做資料分析。

目的是探討 WMAT 與 WISC-IV 的同時效度以及利用 WMAT 測量障礙兒童腦波值的相關性。經由上述結果分析可以得到以下結論：

1. WMAT 與 WISC-IV 的數、字序列測驗表現和順逆向記憶排序(記憶廣度)表現有顯著的正相關，且有中度以上的同時效度，因此 WMAT 與 WISC-IV 有替代性。
2. 在算術之原始分數與平均 Alpha 波、平均 Beta 波、平均 Gamma 波、平均 Delta 波、平均 Theta 波都呈現顯著的負相關。因此，算術測驗會影響障礙兒童的全部腦波值，若算術表現差，平均腦波值都會升高。反之，算術表現好，平均腦波值都會降低。

#### 參考文獻

- [1] 柯慧貞，103 年中小學學生網路使用情形調查與分析計畫報告，2014，Available: [http://www.asia.edu.tw/news1\\_detail1.php?no=11377](http://www.asia.edu.tw/news1_detail1.php?no=11377)
- [2] 神念科技公司官方網站， Available: [http://developer.neurosky.com/docs/doku.php?id=thinkgear\\_communications\\_protocol#esense\\_tm\\_meters](http://developer.neurosky.com/docs/doku.php?id=thinkgear_communications_protocol#esense_tm_meters)
- [3] 創市際 (InsightXplorer) 市場研究顧問公司 官方 網 站 ， Available: <http://www.ixresearch.com/reports/%E7%>

- A0%94%E7%A9%B6%E6%A1%88%E4  
%BE%8B%E8%A1%8C%E5%8B%95%E  
9%81%8A%E6%88%B2app%E5%B0%8F  
%E8%AA%BF%E6%9F%A5/
- [4] Alloway, T. P., *Automated Working Memory Assessment*, London: Pearson Assessment, 2007.
- [5] Barkley R. A., Murphy K. R., Bush T., “Time perception and reproduction in young adults with attention deficit hyperactivity disorder,” *Neuropsychology*, vol. 15, no. 3, pp.351-360, 2001.
- [6] Barry, R. J., Clarke A. R., et al. , “A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder : I. Qualitative and quantitative electroencephalography, ” *Clinical Neurophysiology*, vol. 114, no. 2, pp. 171-183, 2003.
- [7] Denckla, M. B., “The child with developmental disabilities grown up: Adult residua of childhood disorders, ” *Behavioral Neurology*, vol. 11, no.1, pp. 105–125, 1993.
- [8] Denckla, M., “A theory and model of executive function: A neuropsychological perspective,” In G. Lyon and N. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory and executive function*, Baltimore, MD.: Paul Brookes. pp. 263-278, 1996.
- [9] Doyle, A., Biederman, J., Seidman, L., Weber, W., and Faraone, S., “Diagnostic efficiency of neuropsychological test scores for discriminating boys with and without attention deficit hyperactivity disorder, ”*Journal of Consulting and Clinical Psychology*, vol. 68, pp. 477–488, 2000.
- [10] Evelien, M. Barendse, Marc, P. H. Hendriks, Jacobus, F. A. Jansen, Walter, H. Backes, Paul, A. M. Hofman, Geert Thoonen, Roy, P. C. Kessels and Albert, P. Aldenkamp, “Working memory deficits in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders: neuropsychological and neuroimaging correlates,” *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, vol. 5, no. 14, 2013.
- [11] Fenollar-Cortés, J., Navarro-Soria, I., González-Gómez, C. and García-Sevilla, J., “Cognitive Profile for Children with ADHD by Using WISC-IV: Subtype Differences? ” *Revista de Psicodidáctica*, vol. 20, no. 1, pp. 157-176, 2015.
- [12] Gathercole, S. E., Hitch, G. J., Service, E., and Martin, A. J, “Short-term memory and long-term learning in children,” *Developmental Psychology*, vol. 33, pp. 966-979, 1997.
- [13] Gottfredson, L., “Mainstream science on intelligence: an editorial with 52 signatories, history, and bibliography , ” *Intelligence*, vol. 24, no. 1, pp. 13–23, 1997a.
- [14] Hinshaw, S. P., Carte, E. T., Sami, N., Treuting, J. J., Zupan, B. A., “Preadolescent girls with attention-deficit/hyperactivity disorder: II. Neuropsychological performance in relation to subtypes and individual classification,” *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, vol. 70, pp. 1099–1111, 2002.
- [15] Hammill, D. D., Pearson, N. A., and Wiederholt, J. L., *Comprehensive test of nonverbal intelligence*, Austin, TX:

- PRO-ED, 1997.
- [16] Matousek, M., Rasmussen, P., Gilberg, C., “EEG frequency analysis in children with so-called minimal brain dysfunction and related disorders, ” *Adv Biol Psychiatry*, vol. 15, pp. 102–108, 1984.
- [17] Montgomery, J. W., “Working memory and comprehension in children with specific language impairment: what we know so far, ” *Journal of Communication Disorders*, vol. 36, no. 3, pp. 221-231, May-Jun, 2003.
- [18] Montgomery, J. W., “Verbal working memory and sentence comprehension in children with specific language impairment,” *Journal of Speech Lang Hear Res*, vol. 43, no. 2, pp. 293-308, Apr 2000.
- [19] Pennington, B. F., Bennetto, L., McAleer, O., and Roberts, L. J., “Executive function and working memory: Theoretical and measurement issues,” In G.R. Lyon and N.A.Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function*, Baltimore: Paul H.Brookes, pp. 327-348, 1996.
- [20] Pennington, B. F. and Ozonoff, S., “Executive functions and developmental psychopathology, ” *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 37, no.1, pp. 51-87, Jan 1996.
- [21] Rebecca, B., Kimberly, A. E. and Sandra, A. W., “Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years,” *Developmental Neuropsychology*, vol. 33, no. 3, pp. 205-228, 2008.
- [22] Swanson, H. L., Howell, M., “Working memory, short-term memory, and speech rate as predictors of children's reading performance at different ages,” *Journal of Educational Psychology*, vol. 93, no. 4, pp. 720-734, Dec 2001.
- [23] Van de Weijer-Bergsma, E., Evelyn, H. K. and Johannes, E. H. Van Luit, “Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school,” *Memory and Cognition*, vol. 43, pp. 367–378, 2015.
- [24] Willcutt, E. G., Pennington, B. F., Boada, R., Ogline, J. S., Tunick, R. A., Chhabildas, N. A., et al, “A comparison of the cognitive deficits in reading disability and attention-deficit 或 hyperactivity disorder,” *Journal of Abnormal Psychology*, vol. 110, no. 1, pp. 157–172, 2001.
- [25] Wechsler, D., *Wechsler Intelligence Scale for Children–Fourth Edition*, San Antonio, TX: Harcourt Assessment, Inc., 2003.