

南華大學科技學院自然生物科技學系自然療癒碩士班

碩士論文

Master's Program in Natural Healing Sciences

Department of Natural Biotechnology

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

以dual n-back提升高中生工作記憶及其人格特質衡量

學業表現

Use of Dual N-Back to Improve Working Memory and
Personality Traits as a Predictor of Academic
Performance in High School Students

賴玉華

Yu-Hua Lai

指導教授：羅俊智 博士

Advisor: Jun-Chih Lo, Ph.D.

中華民國 110 年 6 月

June 2021

南華大學

科技學院自然生物科技學系自然療癒所

碩士學位論文

以 dual n-back 提升高中生工作記憶及
其人格特質衡量學業表現

Use of dual n-back to improve working memory and personality
traits as a predictor of academic performance
in high school students

研究生：賴玉華

經考試合格特此證明

口試委員：趙育久

陳嘉民

羅俊智

指導教授：羅俊智

系主任(所長)：陳嘉民

口試日期：中華民國 110 年 6 月 6 日

致 謝

非常感謝這兩年在南華大學自然療癒研究所求學過程中所學習到的一切，不管是知識領域的擴展或是心智的提升，對於一個從文學跨到講究科學實證研究新領域的學生來說，有機會體驗學習自然療癒的多面向，並完成論文的寫作，這一路走來對我是充滿新鮮驚奇又愉快的經驗。

論文完成之際，感謝前指導教授王昱海博士引我進入生理回饋這門領域，開啟對腦科學探索的興趣，雖後來無法繼續指導，但對我初期研究方向的引導與協助，銘感五內。再來要對半途接納指導我的教授羅俊智博士表達萬分的謝意，自納入門下後每每總是在課後五點鐘到研究室敲門，討論修改我的論文兩、三小時，長期疲累的轟炸老師，老師仍總是有耐心的聆聽並給予關鍵的建議，即使學生在過程中表現挫折與沮喪，老師也不吝適時給予溫暖的支持與鼓勵，協助我走完論文的最後一里路。對你的付出我要表達深切謝意，老師，辛苦您了。在此也要感謝二位口試委員，陳嘉民博士，在百忙之中能抽空指導並給予寶貴的意見，修正我統計方法上的偏差和寫作的疏失，以及趙久惠博士提出我參考文獻部分引用的不足，給予我鞭辟入裡的建議，讓學生在完成這本論文時能更臻完善。

感謝參與研究案的每一位學生的熱情參與和認真持續的練習，也

感恩家長的同意與配合，才能順利完成這項實驗。也感謝我服務的學校長官同意我在校內進行這項實驗，並給予我需要的資源來完成這項實驗。

在就讀自然療癒所期間，所有授課教授們認真教學，使得我在這個自然療癒領域的收穫良多，尤其感謝秋媛老師春風化雨般指引論文寫作的方法，更提供豐富又兼實證的多元自然療癒課程，讓我在此大開眼界，藉此機會致上感謝。還有班上來自各個不同專業領域的同學們，有你們的陪伴、學習和成長，相互打氣與支持，直到論文的完成。這些點點滴滴讓我備感幸福與溫馨，有你們一起共學真好！也謝謝這一路走來無條件支持我的家人，感謝你們的支持，讓我無後顧之憂地進修及完成碩士學位。

這一趟自然療癒的學習之旅，讓我領悟到知識的浩瀚無盡與前人前仆後繼傳承的艱辛，才能造就文明的積累與進步。在當前全世界正處在新冠肺炎疫情的嚴峻肆虐，人人焦慮恐慌之際，這一帖致力個人心靈平和的自然療癒藥方，正是飲用的最好時機。

最後，衷心地感謝這一切美好的因緣！

摘要

背景及目的：工作記憶是為複雜的任務提供臨時的儲存空間，並同時加工處理此項訊息，以完成推理、理解等認知作業。許多研究結果顯示工作記憶與學業表現有密切關係。使用 dual n-back 作為提升工作記憶的研究頗多，因為 dual n-back 的性質與複雜工作記憶需要快速識別時間跨度有類似的過程。因此本研究擬從腦波儀判讀探究學生在實驗執行 dual n-back 後，是否能提升工作記憶容量與其學業表現，並分析中學生人格特質與學業表現是否有關聯性。

材料及方法：本研究實驗地點在中部某公立高中，收案對象為高三學生。採隨機分派成兩組平行前後對照實驗設計，實驗組 13 人，對照組 15 人，平均年齡 18.5 歲。實驗的前後測是在「dual 2-back」遊戲時，透過 EEG 蒐集兩組學生睜眼 2 分鐘的腦波數據。實驗組在前測之後，進行「dual n-back」工作記憶訓練，每次約 30 分鐘，連續兩週共十次訓練，對照組則不參與訓練。再取兩組學生實驗前後的國文科與數學科月考成績平均分數，判斷前後表現差異。

資料譯碼後輸入電腦以 SPSS 18.0 軟體為分析工具，資料分析方式是以成對樣本 t 檢定檢測兩組在前測與後測間的差異，並以獨立樣本 t 檢定及相關係數分析來比較兩組間的實驗結果。

結果：實驗組人格特質的創新變異平均分數高過對照組，但兩組在

統計上沒有顯著差異。在經過 dual n-back 的訓練後，實驗組在 2-back 後測得分上有顯著差異，且數學科後測分數上進步的幅度勝過對照組，但兩組在國文科與數學科的遷移效應都不明顯。又透過 EEG 量測兩組腦波活動，從腦波頻譜功率圖與兩組統計 p 值腦部分布圖看，實驗組學生的額葉、頂葉、中央區、顳葉及枕葉有明顯的差異現象。

結論：透過兩週十次 dual n-back 的訓練，後測時兩組學生特定的大腦皮質區活性明顯不同。本研究沒有觀察到訓練後的遷移效應，後續研究可針對訓練次數、訓練時數和測驗方式來探討工作記憶訓練的效應。

關鍵字：腦電圖、工作記憶、人格特質、學業表現

Abstract

Background and Aim:

Working memory provides temporary storage space for complex tasks and meanwhile processes this information to complete cognitive tasks such as reasoning and understanding. Many researches showed that working memory is closely related to academic performance. Many researches use dual n-back to improve working memory. Because the concept and nature of dual n-back process is similar to that of complex working memory which requires to quickly recognize the time span. This study intends to explore the students' ability from brainwaves. After students performing dual n-back in the experiment, I analyzed whether the improvement of working memory capacity and the personality traits of middle school students are related to academic performance.

Materials and Methods:

The experiment is on a public high school in the central area of Taiwan, and the subjects are senior high school students. The subjects were randomly divided into two groups, 13 people in the experimental group, 15 people in the control group, with a mean age of 18.5 years. During

pre-test and post-test, the brainwave data of two groups with their eyes open for 2 minutes were collected by EEG. After the pre-test, the experimental group received "dual n-back" working memory training for about 30 minutes each time for a total of ten training sessions for two consecutive weeks. The control group did not participate in the training. Then I collected the average scores of Chinese and Mathematics monthly test of the two groups to judge their performance.

Subsequently the data was decoded and analyzed by SPSS 18.0 software. The statistic methods are paired sample t-test, independent sample t-test and correlation analysis.

Results:

From the personality traits perspective, the average score of variation of innovation in the experimental group was higher than that in the control group, but there was no statistically significant difference. After the dual n-back training, the experimental group has significant differences in the scores of the 2-back post-test, and the improvement in the post-test scores of mathematics is higher than that of the control group, but the transfer effect in the Chinese and Mathematics subjects is not obvious. From the

brainwave spectrum power map and the two sets of statistical p-value in brain, the phenomenon were obvious in the frontal lobe, parietal lobe, central area, temporal lobe and occipital lobe of the experimental group .

Conclusion :

Through ten dual n-back training in two weeks, the activity of specific cerebral cortex of the two groups of students was significantly different during the post-test. This study did not observe the transfer effect after training. Follow-up studies can explore the effect of working memory training in terms of training times, training hours and test methods.

Keywords :

Electroencephalogram (EEG), working memory, personality, academic performance, dual n-back

目次

| | |
|----------------------------|------|
| 致謝 | i |
| 摘要..... | iii |
| Abstract..... | v |
| 目次..... | viii |
| 表目次..... | x i |
| 圖目次..... | x ii |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 1.1 研究背景 | 1 |
| 1.2 研究動機與目的 | 4 |
| 第二章 文獻回顧 | 5 |
| 2.1 腦波種類 | 5 |
| 2.2 大腦皮質 | 10 |
| 2.3 認知活動 | 12 |
| 2.3.1 認知的定義 | 12 |
| 2.3.2 認知與神經系統 | 13 |
| 2.4 工作記憶 | 17 |
| 2.5 認知遊戲 dual n-back | 20 |
| 第三章 研究方法 | 24 |
| 3.1 研究設計 | 24 |
| 3.2 研究架構 | 25 |
| 3.3 研究對象與研究場所 | 27 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1 研究對象..... | 27 |
| 3.3.2 研究場所..... | 28 |
| 3.4 研究工具..... | 29 |
| 3.4.1 介入工具..... | 29 |
| 3.4.2 評估工具..... | 31 |
| 3.4.3 EMOTIV EPOC + 14 Channel Mobile Brainwear..... | 31 |
| 3.5 實驗流程..... | 33 |
| 3.6 資料分析..... | 37 |
| 第四章 研究結果..... | 38 |
| 4.1 研究對象基本資料與人格特質分析..... | 38 |
| 4.2 實驗前後操作 dual 2-back 時的腦波數據比較..... | 43 |
| 4.2.1 兩組前後測的 alpha 波比較..... | 43 |
| 4.2.2 兩組前後測的 beta 波比較..... | 48 |
| 4.2.3 兩組前後測的 theta 波獨立 t 檢定 p 值比較..... | 52 |
| 4.2.4 兩組前後測的 theta / beta 組間比較..... | 54 |
| 4.2.5 兩組的 alpha /beta 比值比較..... | 57 |
| 4.3 實驗前後操作 2-back 與定期段考的國文科與數學科成績 分數比較..... | 59 |
| 4.3.1 兩組前後測的組內比較..... | 59 |
| 4.3.2 兩組前後測的組間比較..... | 62 |
| 第五章 討論..... | 65 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 5.1 中學生人格特質對個人學業表現的影響 | 66 |
| 5.2 Dual 2-back 實驗前後腦波數據分析 | 68 |
| 5.2.1 有關 alpha 波數據的討論 | 69 |
| 5.2.2 有關 low-beta 波數據的討論 | 71 |
| 5.2.3 有關 theta 波數據的討論 | 72 |
| 5.2.4 有關 theta/beta 比值的討論 | 73 |
| 5.2.5 有關 alpha/beta 比值的討論 | 74 |
| 5.3 兩週工作記憶的訓練與學業成就遷移的分析 | 75 |
| 第六章 結論、研究限制與建議 | 78 |
| 6.1 結論 | 78 |
| 6.2 研究限制 | 80 |
| 6.3 建議及未來的方向 | 81 |
| 參考文獻 | 83 |
| 中文文獻 | 83 |
| 英文文獻 | 86 |
| 附錄 | 97 |
| 附錄一 同意研究證明書 | 97 |
| 附錄二 受試者同意書 | 99 |
| 附錄三 機構業主同意研究執行簽署書 | 104 |
| 附錄四 受試者基本資料表 | 105 |

表目次

| | |
|--|----|
| 表 4.1 個人基本資料與人格特質分析 | 40 |
| 表 4.1.2 人格特質對 2-back 與段考國文科與數學科(前測)成績的相關性..... | 42 |
| 表 4.2.1.1 兩組 alpha 波值比較..... | 44 |
| 表 4.2.1.2 兩組 alpha 波平均數值比較..... | 45 |
| 表 4.2.1.3 兩組 alpha 波獨立 t 檢定 p 值..... | 47 |
| 表 4.2.2.1 兩組 low beta 波值比較..... | 49 |
| 表 4.2.2.2 兩組前後測 low beta 波平均值比較..... | 50 |
| 表 4.2.2.3 兩組 beta 波獨立 t 檢定 p 值..... | 51 |
| 表 4.2.3 兩組 theta 波獨立 t 檢定 p 值 | 53 |
| 表 4.2.4.1 實驗組 theta/beta 的比值..... | 55 |
| 表 4.2.4.2 對照組 theta/beta 的比值..... | 56 |
| 表 4.2.5 兩組前後測的 alpha /beta 比值的獨立 t 檢定 p 值..... | 58 |
| 表 4.3.1 實驗前後 2-back、段考國文科與數學科成績組內比較 | 60 |
| 表 4.3.2 實驗前後 2-back、段考國文科與數學科成績組間比較 | 63 |

圖目次

| | |
|---|----|
| 圖 2.1 腦波種類..... | 6 |
| 圖 2.2 大腦皮質..... | 10 |
| 圖 2.3.1 記憶資訊三級處理模型 | 13 |
| 圖 2.3.2 邊緣系統..... | 16 |
| 圖 2.4.1 Baddeley (2003)第二世代四要素的工作記憶模式 | 18 |
| 圖 2.5 dual n-back | 21 |
| 圖 3.2 研究架構圖..... | 26 |
| 圖 3.4.1.1 dual 2-back | 30 |
| 圖 3.4.1.2 dual 2-back 的視覺空間刺激畫面 | 30 |
| 圖 3.4.3 Emotiv EPOC 腦波儀 | 32 |
| 圖 3.5.1 國際通用 10-20 腦波紀錄系統..... | 34 |
| 圖 3.5.2 實驗進行過程照片 | 35 |
| 圖 4.1 個人心身壓力與人格特質分析 | 41 |
| 圖 4.2.1.1 兩組 alpha 波頻譜功率圖..... | 43 |
| 圖 4.2.1.2 兩組 alpha 波獨立 t 檢定 p 值腦部分布圖 | 47 |
| 圖 4.2.2.1 兩組 low beta 波頻譜功率圖..... | 49 |
| 圖 4.2.2.2 兩組 low beta 波獨立 t 檢定 p 值腦部分布圖 | 51 |
| 圖 4.2.3 兩組 theta 波獨立 t 檢定 p 值腦部分布圖 | 53 |
| 圖 4.2.4 兩組 theta/beta 比值腦部分布圖..... | 56 |
| 圖 4.2.5 兩組 alpha /beta 比值的獨立 t 檢定 p 值腦部分布圖..... | 58 |
| 圖 4.3.1 實驗前後 2-back、段考國文科成績與數學科成績組內比較 | 61 |
| 圖 4.3.2 實驗前後 2-back、段考國文科成績與數學科成績組間比較 | 64 |

第一章 緒論

1.1 研究背景

青少年在成長學習階段，學業成績表現備受關注，而學習過程中大腦認知能力的發展占重要因素。根據認知心理學訊息處理的理論，專注力是影響學習、記憶及表現的第一重要因素(陳萌智& 陸海文，2018)。「專注力」指的是課堂內學生注意力的聚焦狀態(陳奕樺，2014)，這與心智能力的注意力有些許不同，而影響到課室專注力的因素很多，舉凡情境佈置、同儕組成、教材教法、師生互動等都會有影響(林玉雯等，2010)。

在學習競爭強勁與迫切的情境下，青少年時期的認知發展學習更是要從大腦專注力與工作記憶(Working Memory)來提升學習成效。近年來的許多研究都認為學生學習時專注力的集中性和穩定與學業成績的表現成正相關(陳奕樺，2014; Guarnera & D' Amico, 2014; 陳萌智，2018)。

而要即時反應大腦專注力的程度，目前研究可透過攜帶式的腦波儀(Electroencephalography, EEG)產出生理回饋參數，來記錄大腦活動時的電波變化，目前著重在探討專注力類別(持續專注、選擇專注)的量測，已被證實是相當快速且客觀的專注力評估工具。(劉良驥，2014; 陳萌智，2018)。

但學習的另一項利器是個別學生大腦中的工作記憶。工作記憶是一個在從事複雜認知作業過程中，用來暫時儲存訊息的心智速記板，它與學校課堂中的活動息息相關。像是遵從教師的指導語或記住將要寫下的句子，都需要工作記憶的參與(Susan E. Gathercole, 2014、李玉

琇、王馨敏，2011)。「工作記憶」替複雜的任務(比如言語理解、學習和推理等)提供臨時的儲存空間和加工時所必需的信息，這和「短期記憶」僅強調儲存功能的概念是不同的(Baddeley, A. D., 1992)。

Hongxia Zhang 等(2018)更明白指出工作記憶不足是學習困難的主要原因之一。它涉及臨時儲存和信息處理，無論是新學習的記憶或者是長期記憶，都是認知學習的核心組成部分。所以工作記憶的訓練目標就是要增強這些記憶儲存容量和處理能力(Zach Shipstead et al., 2010; Linette Lawlor-Savage, 2016)。

在台灣運用工作記憶的測量，有兩個標準化測驗。第一個是曾世杰(2006)所設計用來診斷閱讀困難兒童的語文工作記憶測驗。第二個被教育心理學家與臨床心理學家廣泛使用的標準化測驗是中文版魏氏智力量表(WAIS-III 與 WAIS-IV)中的工作記憶指數(王瑋瀚等人，2008; Susan E. Gathercole, 2011)。所以可見台灣十幾年前已經發展出用工作記憶來測量語文能力與智商。

研究透過 dual n-back 的訓練可以提升工作記憶能力，因為大腦必須在幾毫秒鐘中快速做出選擇、比較和判斷，所以這個從根本到複雜決策的選擇與判斷系列過程，就是認知操作的組成。在 Owen (2005) 的綜合分析得出 n-back 的工作記憶模式廣泛一致地激活前額葉和頂葉皮質區域。Kane(2007) 指出 n-back 反映與複雜工作記憶需要快速識別時間跨度類似的過程。(Owen et al., 2005; Kane et al., 2007)。這些文獻都佐證了 dual n-back 的訓練可以提升部分工作記憶能力。

那麼透過工作記憶的訓練又如何遷移到實際課室內的學科學習呢?這是教育工作者與家長最關切的問題，從 Hongxia Zhang 等(2018)

在針對中學生學習困難的研究中指出，實驗組表現出在 2-back 工作記憶任務以及在數學能力方面上明顯提升學習效能。Shipstead(2010)也指出工作記憶與學業成就息息相關。

透過後天激發生理大腦的能力外，青少年的學業表現與個人的人格心理素質是否相關?也是本研究想要了解的課題。從 Zhang (2002) 研究證實:人格特質與個人學業成就有顯著相關。陳李綢(2008) 研究指出，高學習成就中學生的人格特質較為開放、情緒穩定。林正源、黃德祥 (2011) 一份針對國中生的研究，也指出人格特質對學業成就有直接效果。Komarraju, M.et al. (2011) 針對 308 位大學生做的研究，從五大人格分析與學習方式的關係，也發現外向開朗的人格態度與學業成就有正相關。Brandt et al. (2020)針對 12,915 名德國九年級學生在德語與數學科成就上與五大人格特質的關係，指出人格特質的面向更能解釋學業成就的相關性。以上這些正相關的研究缺乏以普通高中生做為實驗對象，因此激發本研究以高中生為對象來進行實驗。

1.2 研究動機與目的

課堂上學生的專注力及工作記憶機制對學生的學習成就有正面的影響，用「dual n-back」的訓練，來觀察是否能提升台灣高中學生工作記憶的成效?並用學生期中考國文數學兩科成績的表現，來分析工作記憶訓練是否對學業表現產生遷移效應。我也取「中學生個人特質量表」分析兩組學生的人格特質與個人學業成就表現是否有顯著相關。

本研究目的如下：

1. 分析兩組學生的人格特質與 dual 2-back 分數、國文與數學科的期中考成績表現是否存有相關性。
2. 從學生在前後測執行「dual 2-back」時的腦波 α 、 β 、 θ 數據和大腦皮質區域活化現象，比較分析兩組的差異性。
3. 根據實驗前後的期中考成績，探討兩週短期工作記憶的訓練，是否遷移到學生的國文與數學科的學業成績表現。

第二章 文獻回顧

2.1 腦波種類

腦電波是記錄大腦皮質靠近表層處成千上萬個神經細胞集體所造成的節律性或重複性模式，如膜電位的振盪，也可能表現為動作電位的節律模式，然後產生突觸後神經元的振盪激活，也稱為神經振盪(國家教育研究院)。大量神經元的同步活動可以引起宏觀振盪，可以在腦電圖中觀察到。波動的頻率以赫茲(hertz,Hz)為單位，也就是在一秒鐘內反覆的次數，腦電波的頻率可在 1-40Hz(或更快)之間變化，主要落於四個區域之間。一般來說，低頻的腦電波代表個體處於較低的活動狀態，像睡覺；高頻則代表處於警覺的狀態(潘震澤譯，2005;馬青&王錫崗，2018)，最為眾所周知的例子是 alpha 活動(8-12,Hz)。

大腦的振盪活動組織層次，有不同的頻率範圍，被認為在處理神經信息中傳遞機制和節律性運動輸出的同步活動。而腦波的振盪會受到皮膚傳導、大腦血流速、荷爾蒙分泌及神經元因子和執行工作任務時等因素影響而有變化，而且大多數測得的腦電信號中也包含肌肉活動(EMG)、眼球運動(EOG)等，必須先予以排除。在過去人們在腦成像方面主要研究領域涉及確定振盪如何產生及其作用，以及未來應用在自動監測人類腦波與機器人研究開發上。

腦波相關研究指出，不同的腦波頻率有它特殊的生理意義，alpha 波(8-12 Hz)與 beta 波(13-30 Hz)兩頻率波段則是最常被討論的波段(林澤權，2002)。

Brain Waves Graph

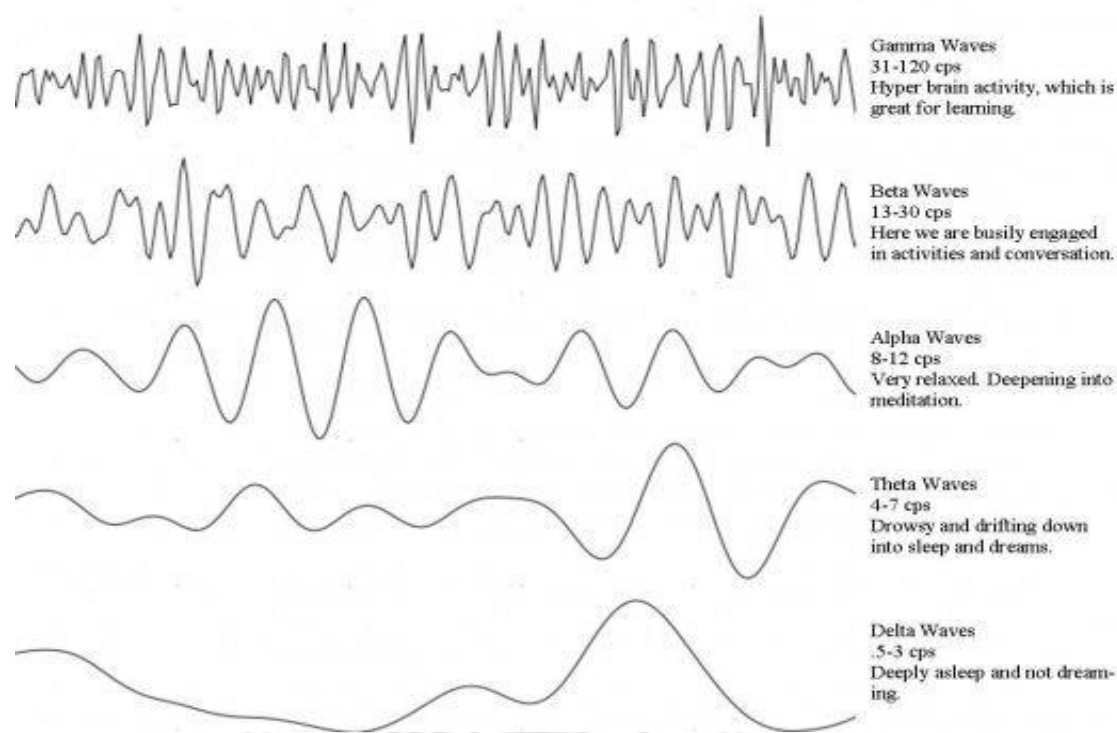


圖 2.1 腦波種類

資料來源: *Human Brainwaves: The Psychological Significance of the Electroencephalogram* (p. 1-20), Jacob Empson, 1986

從圖 2.1 可看出五個腦波種類的振幅與特性

δ 波 (0.5 至 3 Hz) 是緩慢而振幅往往最高的腦電波，它們是在最深沉的冥想和無夢的睡眠中產生的，主要出現在成人的額葉區和兒童的枕葉區。

θ 波 (4 至 7 Hz) 在睡眠中發生，並且在深度冥想中也占主導地位，屬於「潛意識層面」的波，此時身體深層放鬆，是一種高層次的精神狀態。目前 theta 波的研究大多在探討短期記憶與認知能力 (Clarke, Adam R., 2019)，對於觸發深層記憶與強化長期記憶有直接關係，可說是通往學習，記憶和直覺的門戶，在臨床上發現與專注、情緒經驗、注意力及認知資源的分配、本體感覺訊息處理過程、任務複雜性有所關聯 (Sauseng et al. 2007)。；theta 腦波則與大腦專注、情

緒經驗有關，也和持續性注意力有所關聯(Sauseng et al, 2007)。在 2016 年 Jen-Jui Hsueh & Tzu-Shan Chen & Jia-Jin Chen 以及 Fu-Zen Shaw 的研究中顯示腦波 theta 的增強可使專注力提升，記憶力增強(劉玉雯，2017)。

α 波 (8 至 12 Hz) 在靜靜流動的思想中發生，是大腦的靜止狀態，但並不十分沉思，主要和放鬆的心理狀態連結(Wan, F.et al., 2014)。人在身體放鬆、專注、平靜的狀態下，身心耗能較少，所以 alpha 波有助於整體的心理協調，鎮定，機敏，身心融合和學習(Sezer, A. et al., 2015)，最容易在頂葉與枕葉部位被記錄(潘震澤譯，2005; Kilmesch, W, 1993)。腦波 alpha 波的次數增加會提升注意力的維持以及分配(Mecklinger et al. 1992; Robert J. Barry et al. 2007)

alpha 波又稱為 Berger 's wave，從丘腦同步和同相的電位活動檢測到明顯的電波變化，可以使用定量腦電圖 (qEEG) 進行量化。它們主要是在閉眼的清醒放鬆過程中，可偵測到枕骨 alpha 波是最強的腦電圖腦信號。睜開眼睛，睡意和睡眠會減少 alpha 波。從研究歷史(Hsueh et al. 2016, Kilmesch et al. 2012)上看，它們被認為代表處於空閒狀態的視覺皮層的活動。最近的論文(O.M. BaZanova et al., 2014)認為 alpha 波受個人生理現象不同而產生異質變化，也會隨工作記憶任務難易度產生增加或減少機制(Lim,et al.,2019)，甚至它們會抑制未使用的皮質區域，也在網絡協調和信息傳遞中發揮積極作用(Klimesch, Wolfgang , 2012; Hsuch, 2017)。

β 波 (13 至 30 Hz) 是在大腦有正常清醒狀態下的腦波。當注意力轉向認知任務和外界時，也就是當我們專注於思考、專心從事問題解決、推理、計算、判斷、決策或集中精神活動時，或壓力大、憂慮、緊張時，最容易在頂葉與額葉區被測到此波，是一種“快速”活動的

電波(Ray,W.J.,Cole,H.W.,1985; 潘震澤譯, 2017)。

γ 波 (31 至 120 Hz) 是最快的腦電波，與同時處理來自不同大腦區域的信息有關。gamma 電波可以快速，安靜地傳遞信息。在腦波頻率中最微妙的是，大腦必須保持安靜才能測到 gamma 波。(Jacob Empson)

Vogel (1968)研究發現，人體的行為及學習上的表現就是 alpha、beta、delta、theta 波的不同組合型態來反應，慢波 alpha 與 theta 波與工作效率有關；當心智負荷增加時，人腦的 beta 波也相對增加。Mecklinger et al. (1992) 及 Kilmesch et al. (1993)研究也指出當受測者專心心算測驗時，alpha 波振幅較減少，且 theta 波及低頻 beta 波出現增加情形，且專注力、記憶力也有明顯的提升效果。根據以往研究指出，大腦活動會隨著任務難度提高，增加全腦各區域的活動，其中 theta 波也隨之增加。theta 波在認知行為上與解決問題，學習和工作記憶有密切相關(Schacter, 1977; O'Shea, & Paul, W. E.2010)。alpha 波減少及 theta 波的增加對工作負荷及專心有明顯正相關，而 delta 波增加對注意力集中亦有正向關係(Onton et al., 2005; Prinzl et al., 2001)。

另外一份專門研究益智性電腦輔助軟體的文獻資料指出，當實驗對象專注在操作遊戲軟體時，所配戴的腦波儀監測到大腦認知功能中的注意力提升時，delta 波和 theta 波數據降低，而 alpha 波和 beta 波的數據增加(Vernon D., Egner T., Cooper N., Compton T., Neilands C., Sheri A. and Gruzelier J., 2003)。

而 alpha / beta 比值，作為放鬆靜止狀態的專注力與大腦執行工作思考任務推理時的專注力比較，學者 Seokbeen Lim(2019)與 Supassorn Rodrak et al.(2012)的文獻中都有做過研究，也都認為 alpha 波的上升

是在大腦活動狀態減少時產生，而 beta 波的產生在認知功能上是與喚醒/警報狀態相關，是一種正常的清醒意識，在大腦執行需要高反應時間的運動任務時產生。

再根據文獻 theta/beta 比值通常是作為 ADHD 的判斷(F.J. Perales et al., 2017)，認為 theta 數值上升，beta 數值下降，代表注意力愈不集中，或是做白日夢，心思漫遊(Dana van Son, 2018)，以此推估判斷注意力不足或過動的現象。但是 Lansbergen MM, et al. (2010)指出 theta / beta 波的比值受到慢波 alpha 波的影響所致，且根據 Adam R. Clarke (2019)年的看法，他認為 theta / beta 波的比值只是認知處理過程容量的一個指標，可以做為推估，但不可作為判斷 ADHD 的論據。



2.2 大腦皮質

大腦皮質 (cerebral cortex)，又稱為大腦灰質，或簡稱為皮質或皮層，是大腦的一個解剖結構，屬於腦和整個神經系統演化史上最晚出現、功能上最為高階的一部分。高級動物的大腦皮層是包裹在大腦外側的連通皮狀結構。溝和回是皮層最為顯著的兩個解剖特徵。皮層有些區域向內凹陷，形成稱為「溝」(sulcus)的解剖結構。溝之外向外凸出的區域稱為「腦回」(gyrus)，越高等的動物腦回皺褶就越多，大腦皮質面積也越大。皮層是由神經細胞組成，包括神經元(neurons)和星形膠質細胞(glial cells)等其它支持細胞，人類的腦細胞有百分之七十在皮質，膠質細胞的數量遠大於神經細胞，其功能在穩固大腦結構，形成軸突上的髓鞘以促進傳導速度。大腦皮層有六層結構，各自擁有不同型態、密度以及功能屬性的神經細胞(James P. Byrnes, 2004)。

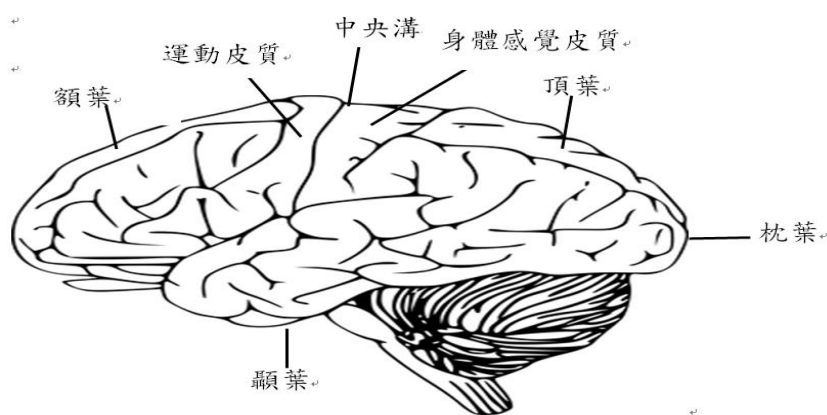


圖 2.2 大腦皮質(潘震澤譯，2017)。

大腦皮質的分區

1. 額葉(frontal lobe)：在頂葉的前方，以一道明顯的腦溝分界，稱為「中央溝」。人類的額葉是腦葉中最大，演化最晚的區域。占人腦表面的百分之二十九，它可說是大腦的執行長，負責高級認知功能，比如學習、語言、決策、抽象思維、情緒等，自主運動的控制。
2. 頂葉(parietal lobe)：軀體感覺，空間信息處理，視覺信息和體感信息的整合感覺中樞，被認為與空間推理、數學推理與工作記憶有關。
3. 顳葉(temporal lobe)：聽覺、嗅覺、高級視覺功能(例如物體識別)，分辨左右，負責資訊由短期記憶輸送到長期記憶中必要的角色。
4. 枕葉(occipital lobe)：此區有視覺皮質，從眼睛輸入的訊息在此被分析及合成影像。

先前的一項研究 (Owen, McMillan, Laird 和 Bullmore, 2005 年) 以使用 n-back 訓練做工作記憶負荷的 24 篇文獻做綜合分析，發現了六個關鍵區域(外側前運動皮質、背側扣帶回、內側前運動皮質、背外側和腹側前額葉皮質、額葉、頂葉內側和外側後皮質) 有被激活的證據。Wang (2019) 的綜合分析研究中也很明確指出，頂葉皮質被認為參與了 n-back 任務的視覺空間方面的運作，而前額葉皮質和基底神經節之間的相互作用可能參與了任務計劃階段的行為成分的選擇和轉換 (Van Den Heuvel et al., 2003)。

2.3 認知活動

2.3.1 認知的定義

根據國家教育研究院對「認知」(cognition)的定義，認知是個體思考與解決問題的內在歷程；強調要能了解刺激與刺激之間的關係，才能產生頓悟，以解決問題。而興起於二十世紀 50 年代中期的認知心理學，是以資訊處理觀點為核心的心理學。將人腦與電腦進行類比，兩者在功能結構和過程上，有許多類似之處。例如，兩者都有資訊輸入和輸出、資訊貯存和提取，都需要依照一定的程序處理資訊。這種把研究認知活動本身的結構和心理過程當作資訊處理的過程，就是認知心理學的實質(王甦、汪安聖，2004)。

就認知心理學的訊息處理論而言，認知是指個體接收訊息與使用訊息的心理歷程，因此認知歷程包括：訊息的輸入、轉換、儲存、提取檢索、與應用等等。認知的處理模式可為由上而下、由下而上、或二者交互。訊息可平行處理或系列處理；前者指一次同時處理好幾個訊息；後者則一個接一個按某種邏輯順序進行。就意識狀態而言，認知可在意識控制下進行，也可在無意識的情形下運作；前者是控制式的認知處理，後者則是自動化的認知處理(國家教育研究院)。

由艾金生(Atkinson)和謝扶潤(Shiffrin)在 1968 年提出的人類記憶理論，將人類記憶分為三個子部分：感覺記憶(負責保存我們通過感官接收到的訊息)、短期記憶(只保留我們在短時間內需要的訊息，大約持續 30 秒)和長期記憶(是從我們一出生就儲存在那裡的記憶)(王甦、汪安聖，2004)。

圖 2.3.1 記憶資訊三級處理模型中可以看出，記憶系統最早的處理階段是從感覺與知覺的密切聯繫起，形成感覺記憶被提出後，再區

分成圖像記憶(Iconic Memory)或聲像記憶(Echoic Memory)，有些資訊會消失，有些會進入短期記憶被儲存，Atkinson 和 Shiffrin 認為透過復述，資訊會進入長期記憶貯存。長期記憶中的資訊如果被重新提取，就會再進入短期記憶內，總之記憶過程的編碼、儲存與提取對學習非常重要(Shiffrin, R. M. & Atkinson, R. C., 1969)。

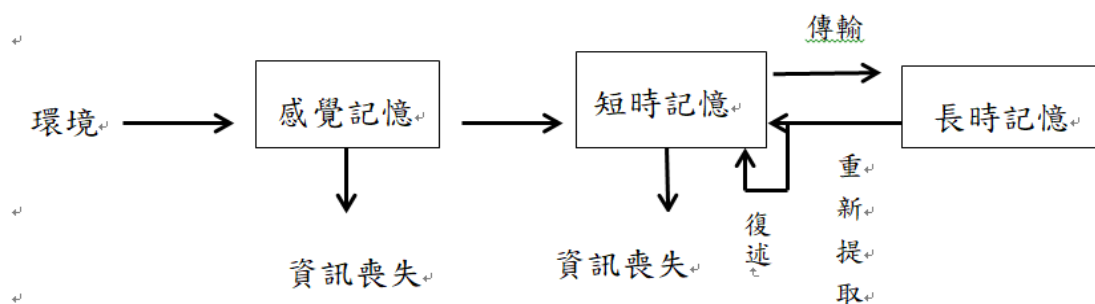


圖 2.3.1 記憶資訊三級處理模型(王甦、汪安聖，2004)

2.3.2 認知與神經系統

從認知心理學與神經科學的發展研究中，證實大腦神經系統的活動跟人類認知與心智的發展密切相關。1949 年唐納德·赫布提出赫布理論，又被稱為赫布定律 (Hebb's rule)，描述了突觸可塑性的基本原理，即突觸前神經元向突觸後神經元的持續重複的刺激，可以導致突觸傳遞效能的增加(Donald O. Hebb, 1949)。

“受刺激的神經元傾向於減少其向非活動神經元的放電，並增加向任何活動神經元的放電，從而形成通往該神經元的途徑，無論這兩者之間是否存在中間神經元。隨著重複，這種趨勢在神經途徑的形成中佔優勢。這種持續重複的刺激，可以增加突觸傳遞效能”

再加上利用現代科技，例如功能性核磁共振造影(fMRI)技術，

以不侵入式的設備可以計算腦內部血流量的變化，當某人在進行某種認知功能(如記憶、想像、決策時)，所激起的腦神經活動，可用物理的測量和統計的檢定方法，轉換成不同顏色的影像，加強輔助對腦部活動的認知。以及上文所提到的腦電圖，都是透過對腦部神經系統的認知來提升人類學習與記憶的功能。

而神經傳導化學物質，有對大腦學習和獎賞扮演重要角色的多巴胺(dopamine)，和調節心情使產生愉快的血清素(serotonin)，它調節食慾、睡眠、記憶與學習、體溫、情緒、行為、肌肉收縮、心血管系統、內分泌系統等。乙醯膽鹼(acetylcholine)負責末梢神經系統的肌肉控制，麩胺酸(glutamate)被視為是構成記憶和學習的重要神經化學基礎，所謂長期增益現象(long-term potentiation)，就是增加突觸後細胞麩胺酸受體的活性所造成，增進突觸傳遞效率，反之，長期減損現象(long-term depression)就是降低神經突觸效率，大大影響學習與記憶(潘震澤譯，2017，馬青&王錫崗，2018)。而正腎上腺素有增強注意力的功能，會影響知覺，也與情緒和精神沮喪有關。褪黑激素(melatonin)是由大腦內松果體生成的一種荷爾蒙，與睡眠的時間息息相關，能延緩老化。腦內啡(內啡肽)(endorphin)和情緒密切相關，可以說是天然的鎮痛劑，而情緒又與記憶相關。(Lodish H, Berk A, Zipursky SL, et al., 2000)

所以我們透過神經系統的活性改變神經元的聯繫和大腦的可塑性，由後天的重複學習加強神經元的連結，對記憶的過程有很大的助益。(Andrew R.A. Conway & Sarah J. Getz, 2010)

圖 2.3.2 大腦皮質下方的邊緣系統(limbic system)，是屬於功能上的系統，而非具體的解剖構造，它位在第三腦室周圍內。有海馬迴(Hippocampus) 杏仁核(Amygdala) 視丘(Thalamus) 下視丘

(Hypothalamus)等。其中海馬迴擔當著關於短期記憶、長期記憶，以及空間定位的作用，對於學習與記憶的功能，影響很大(潘震澤譯，2017;馬青&王錫崗，2018)。

杏仁核(Amygdala) 是邊緣系統的皮質下中樞，在顳葉的內側，海馬迴旁邊，有調節內臟活動和產生情緒的功能。引發應急反應，讓動物能夠挺身而戰或是逃離危險。杏仁核可以產生情緒激勵，從而增強記憶，會讓人注意到該次經驗中最重要細節。

視丘(Thalamus) 由一些大型的神經核組成，作為大部分皮質輸入的突觸中繼站，及重要整合中心。除了嗅覺之外，其餘各種感覺訊息都經過視丘，再傳送到大腦皮質。因此，視丘有時被稱為腦的中樞。視丘經由網狀活化系統的纖維與腦幹連接，腦幹在人意識不清時也能持續腦的運作功能，正常運作下視丘與注意力也有相關。

下視丘 (Hypothalamus) 位於視丘下方，小指甲大小的下視丘是調節內臟活動和內分泌活動整合的主要控制中心，藉由荷爾蒙傳送訊息到腦下垂體(潘震澤譯，2017)。

焦慮的情緒會不會影響到工作記憶呢?根據研究發現，考試焦慮會降低工作記憶廣度，其程度為 10.1%。這些研究，都表明了焦慮情緒對工作記憶有一定的影響(高麗麗，2012)。

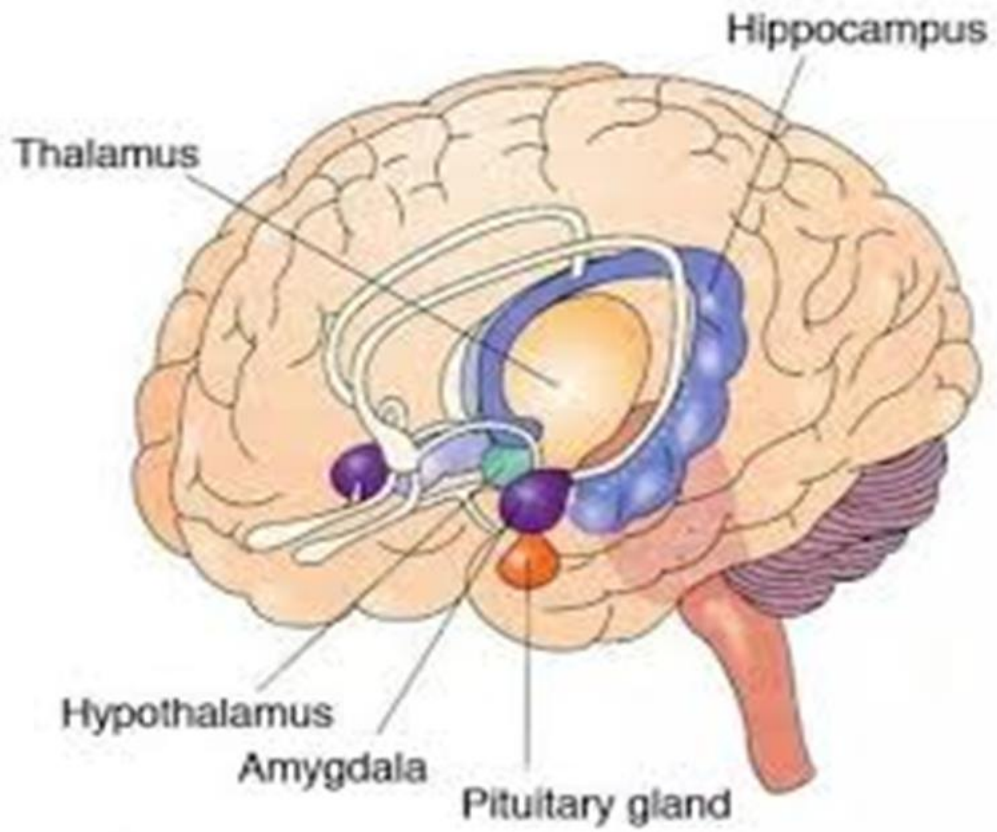


圖 2.3.2 邊緣系統(潘震澤譯, 2017)。



2.4 工作記憶

1974年，美國巴德雷(Baddeley)和希奇(Hitch)提出了「工作記憶」的概念，用「工作記憶」代替了原來「短期記憶」的概念。「工作記憶」為複雜的任務（比如言語理解、學習和推理等）提供臨時的儲存空間，並同時加工處理此項訊息，以完成推理、理解等認知作業。「工作記憶」系統能同時儲存和加工信息，這與「短期記憶」概念僅強調儲存功能是不同的。從記憶結構的角度來看，工作記憶並沒有改變短期記憶的實質，仍然可被認知心理學的記憶資訊三級處理模型所容納(王甦、汪安聖，2004)。

Baddeley 和 Hitch 當初把工作記憶分為三個子系統，有視覺空間描繪板 (visuospatial sketch pad)、音韻回路 (phonological loop) 及控制和處理前兩者的中央執行系統 (central executive)。到了 2000 年 Baddeley 又增加事件緩衝器 (episodic buffer) 來執行與記憶相互作用的觀念，成為四要素的模式 (Baddeley, 2000)，如圖 2.4.1 第二世代四要素的工作記憶模式。

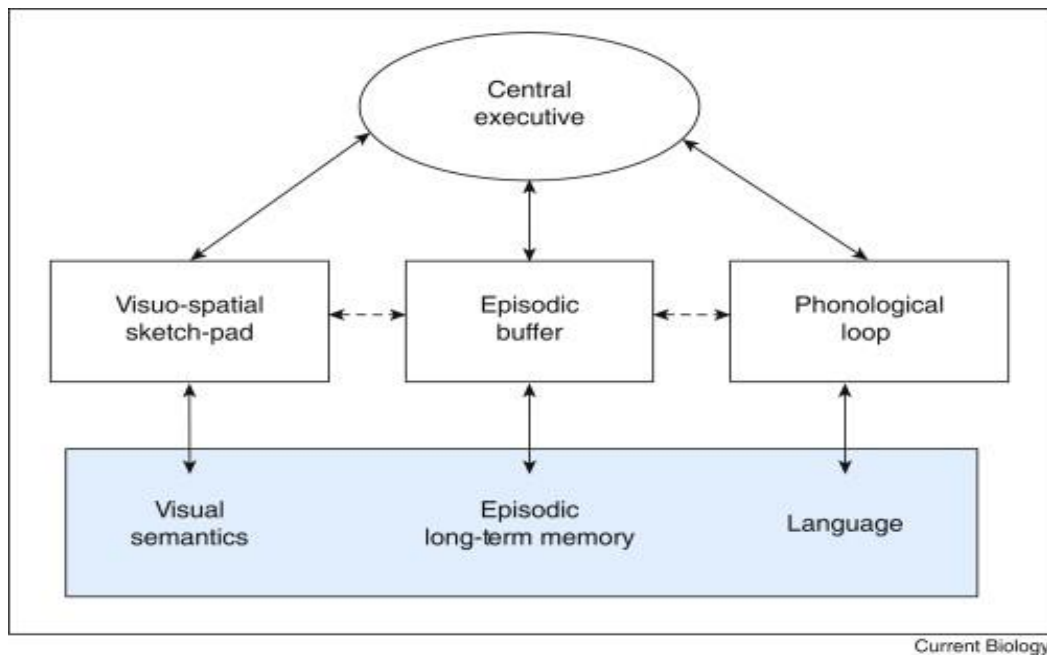


圖 2.4.1 Baddeley (2003) 第二世代四要素的工作記憶模式

1. 中央執行系統(central executive system)

中央執行系統是個靈活且重要的系統，對子系統負責控制和協調認知過程，如更新、對輸入訊息編碼和提取替換舊訊息。它引導注意力和瞄準訊息，協調從屬系統使工作記憶和提取長期記憶訊息一起工作，在任務或提取策略之間切換。可以把它認為是個監控系統，控制認知過程，確保短期記憶積極工作，並在它們誤入歧途時進行干預，防止分心(Wongupparaj, Kumari, & Morris,2015)。

2. 視覺空間描繪板(Visuo-spatial sketch pad)

主要處理視覺(或影像)和空間性質的訊息。在視覺訊息部分，負責處理顏色形狀相關的訊息;空間訊息就是處理與位置相關的訊息。如果有不能用語言來表現的各種信息時，大腦會把它換成映象而放在心中，做短暫視覺保存 (visual storage)。視覺空間描繪板可以與音韻回路同時工作，處理聽覺和視覺刺激，而任一個過程不受其它過程影響(Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998; Salway & Logie, 1995;

Logie, 1995; Toms & Morris, 1994)。

3. 音韻回路(phonological loop)

作為處理聲音或音韻訊息的整體。由兩個部分組成：一種是短期音韻存儲器，帶有易迅速衰減的聽覺記憶痕跡，另一種是發音複述元件(有時稱為語音循環)，可以恢復記憶痕跡，防止消退。語音循環可能對詞彙學習起著關鍵作用，對於學習第二語言也至關重要 (Baddeley A, Gathercole S, Papagno C, 1998)。

4. 情節緩衝區(episodic buffer)

Baddeley 在 2000 年添加的第四個元件，情節緩衝區。這個元件是有限容量的被動系統，致力於將跨域訊息連接起來，形成具有時間順序(或情節時間順序)的視覺、空間和口語訊息的集成單元，被認為與長期記憶和語義有聯繫(Baddeley A., 2000)。在執行 dual n-back 過程中，神經元會將提取的資料，以及解碼後的信息暫時存入此情節緩衝區內保留。

那麼工作記憶要如何應用在即時課堂學習呢?對於應用在課堂的相關研究中，發現學習低成就的學童很少被學校人員認為有記憶上的問題 (Gathercole, Lamont, & Alloway, 2006)，相反的卻常被認為是注意力不足的問題(SE Gathercole，李玉琇，王馨敏，2011)。研究發現低工作記憶者在進行認知負荷重的活動時，較有可能發呆或做白日夢 (Kane et al., 2007)。這樣的現象往往被稱為「出神」，因此，那些學童的注意力問題，很可能只是因為記不住活動進行的引導訊息，而將注意力轉移到其他，導致工作記憶的問題卻被誤認為是注意力的問題，當然注意力集中度和轉換能力是決定工作記憶容量的關鍵 (Barrouill et al., 2009; Cowan, 1988, 1993; SE Gathercole et al. 2011)。

2.5 認知遊戲 dual n-back

n-back 任務是認知神經科學常用以評估連續執行任務時腦內的部分工作記憶和工作記憶容量的一種方式。在 1958 年由韋恩·基什內爾(Wayne Kirchner)提出，設計的目的是為他的短期記憶研究開發的；他用它來評估“快速更改信息”的記憶任務中的年齡差異(W. Kirchner, 1958)。研究者認為 n-back 訓練可以提高智商 (Susanne M. Jaeggi, 2008)。隨著 n 的增加，受試者的記憶負荷增加，難度增高，表現也變差 (Jaeggi et al., 2008; Kane et al., 2007)。

2003 年，由 Susanne Jaeggi 等學者提出 dual n-back。在 dual n-back 雙任務範式中，同時顯示兩個獨立的序列，通常使用不同的刺激方式，例如一個聽覺和一個視覺的刺激物。他們利用正電子放射斷層掃描 (PET)和功能性核磁共振成像 (fMRI) 進行的研究，證實前額葉皮質 (PFC) 參與了與工作記憶相關的各種任務，結果表明在 n-back 和 dual n-back 兩種訓練過程中，大腦前額葉被激活且隨著兩種訓練負載的增加而持續增加活動程度，即使是在最困難的情況下處理過多的需求，在 dual n-back 訓練中可明顯看到前額葉激活的增加。(Susanne M. Jaeggi et al., 2003; Hui Wang, et al., 2019)。

從圖 2.5 dual n-back 的圖示，簡單來說 n-back，就是往回 n 個的意思，而加上「dual n-back」就是聽覺和視覺雙重的記憶順序訓練，人們需要記住不斷更新所看到和聽到的內容的順序。參與者會在螢幕上看到一系列數字或字母（注：有時也可能是圖片），它們是一個一個出現的，出現一個的時間是 500ms，兩個字母之間間隔 2500ms。參與者在聽到字母時會看到網格上閃爍的方塊，他們需要記住剛剛看到的方塊和聽到的字母是不是跟一輪之前的一樣。隨著測試難度增加，他們需要回憶兩輪、三輪和四輪之前的方塊和字母。然後左右手在鍵

盤上根據雙重任務的結果來按鍵。當 n 等於 3 或更大時，工作任務更加艱難。工作記憶緩衝區也需要連續更新，以跟踪當前的刺激，並進行比較。為了完成該任務，受試者需要維持和操縱工作記憶中的信息。

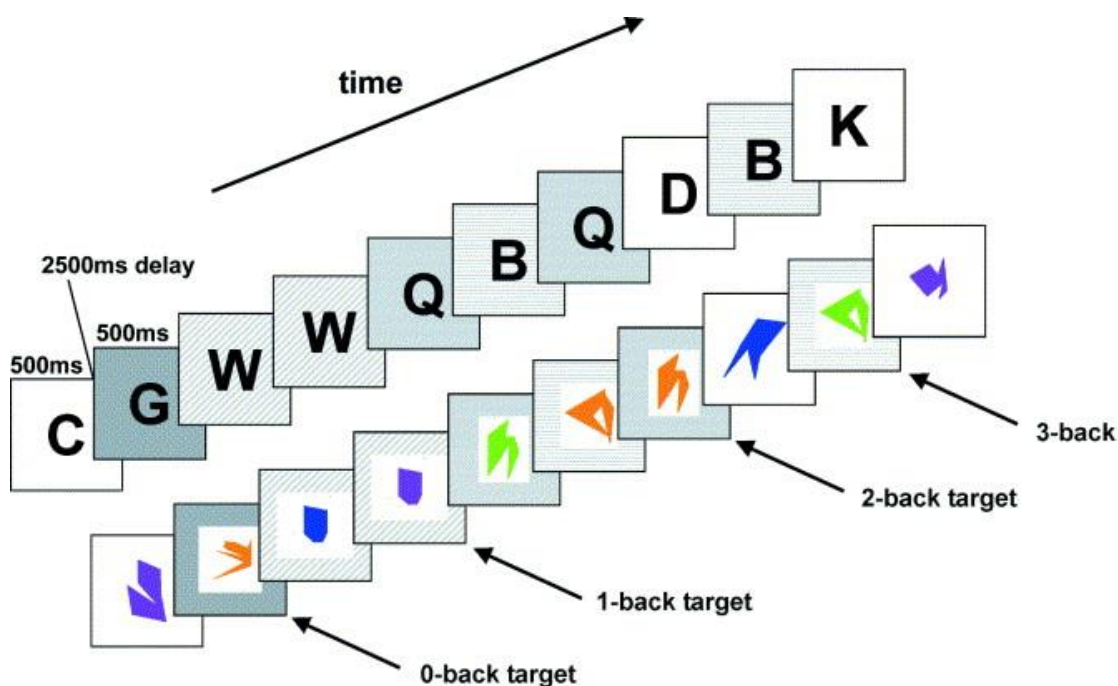


圖 2.5 dual n-back (Susanne M. Jaeggi et al, 2003)

Lilienthal(2012)經過三組 n-back 訓練，發現自調整適應訓練比非自調整適應訓練在專注力和任務轉換與更新上產生了更大的進步。Brehmer, Y., Westerberg (2012)以年輕人和中老年人比較，發現自調整適應訓練對兩者的工作記憶都有進步，但是年輕人比老年人成效更大。

Thomas S. Redick & Dakota R. B. Lindsey (2013) 進行以 dual n-back 和 complex span tasks 提升工作記憶的兩種訓練做比較為主題的綜合分析，結論是常被用來測量工作記憶容量的複雜跨度測驗和 n-back 不能互相轉換地用作研究中的工作記憶量度程序，但在綜合

分析中都指出兩者對於部分工作記憶的提升是肯定的。

由於工作記憶和重要技能的關聯性在過去十幾年已經引起廣泛關注，例如學術成就和一般智商能力 (Engle, 2002; Shipstead, Redick & Engle, 2010)，因此引起很多學者分析研究不同種類的工作記憶訓練的短期和長期遷移效應 (Melby-Lervåg & Hulme, 2013; Melby-Lervåg. et al., 2016; Schwaighofer. et al., 2015; Weicker. et al., 2016)。在 2013 年到 2016 年間的綜合分析研究中，這些研究的對象是兒童和成人的工作記憶訓練是否可以產生短期的遷移效應 (口頭和視覺空間的工作記憶任務)，結果證實是有遷移現象，遷移的效應是從零到小的語言和視覺空間推理 (或流體智能; Gf)。遷移對認知控制和注意力的影響很小 (Melby-Lervåg & Hulme, 2013; Weicker et al., 2016)。但是 Weicker 等人 (2016) 的研究認為沒有遷移到長期記憶，Melby-Lervåg 等 (2013) 和 Schwaighofer 等 (2016) 也指出沒有遷移到算術技能。

2017 年一份以 Anna Soveri 〈工作記憶訓練：dual n-back 訓練研究的多層次綜合分析〉得出的結論是，在執行帶有 dual n-back 任務的工作記憶培訓後，遷移的很大一部分是針對沒有採用 dual n-back 訓練的，且有中度的遷移效果 (Anna Soveri, et al, 2017)。

Susanne Jaeggi (2008) 雖說 n-back 不是一項有用的測量指標，但用於 WM 中的實驗研究，是可以用來預測與其他個體之間較高的認知功能，例如流體智能，和較高負荷量下時的個體差異。(Susanne Jaeggi et al., 2008; Brehmer, Y., Westerberg, 2012; Lindsey Lilienthal et al., 2012; Anna Soveri, 2017)。

n-back 的訓練也是用在工作記憶的功能性神經影像學研究的經

典範例(Hui Wang, et al., 2019)。在 n-back 神經影像學研究的綜合分析中，以下大腦皮質區域被一致地激活：側前運動皮質、背扣帶回和內側運動前皮質、背外側和腹側前額葉皮質、額葉、內側和外側後頂葉皮質(Susanne M. Jaeggi et al., 2003;Hui Wang,et al., 2019)。尤其 Hui Wang 等學者明白指出，年輕的人在額葉，頂葉和前側島腦的活動比年長的人多，研究中也表明，島腦(insula)在績效監控和焦點注意力聚焦中發揮著作用 (Dosenbach et al., 2007; Dosenbach et al., 2006; Dosenbach et al., 2008 ; Ploran et al., 2007)。在這份研究中，學者也指出在 n-back 任務中，隨著內存負載增加 (n 增加)，表現會下降。而背外側前額葉(DLPFC)和其他大腦區域的激活強度隨工作記憶負荷而呈現正相關變化 (Manoach ;Brave et al., 1997)。

第三章、研究方法

本研究方法分為六個部分陳述，依序為

- 一、研究設計 二、研究架構 三、研究對象與研究場所
四、研究工具 五、實驗流程 六、資料分析

3.1 研究設計

本研究為兩組平行前後對照實驗設計，招收三十名學生，採隨機分派成兩組，每組 15 人。在實驗前填寫心身壓力反應量表與中學生個人特質量表，經排除心身壓力反應大於 80 分，不適合參與實驗的同學兩名後，實驗組 13 名，對照組 15 名。實驗開始以「dual 2-back」遊戲為介入方式，蒐集學生睜眼 2 分鐘的腦波數據。對照組參與腦波測量但不參與大腦工作記憶訓練。另外實驗組採實施工作記憶訓練「dual n-back」，實驗組每次進行一次 30 分鐘的訓練，連續兩週十次訓練後，兩組學生再次進行「dual 2-back」後測評估，並透過 EEG 蒐集腦波數據。再舉兩組學生實驗前後定期考查中國文科與數學科月考成績平均分數表現，判斷前後表現差異。

3.2 研究架構

本研究受試對象的基本資料(年齡、性別、病史)為控制變項，所填寫的中學生個人特質量表是干擾變項，介入變項是 dual n-back 的訓練，對照組無 dual n-back 的訓練，依變項是腦波儀量測數據、dual 2-back 前後測分數與國文科數學科月考成績。分別比較兩組在介入後(對照組無)，在 dual 2-back 的前後測分數比較與國文數學科月考成績前後測差異，以了解介入變項 dual n-back 介入前後變化量的差異。再針對干擾變項分析，以了解中學生的人格特質對於兩組介入前後變化是否對個人學業表現存有潛在影響。



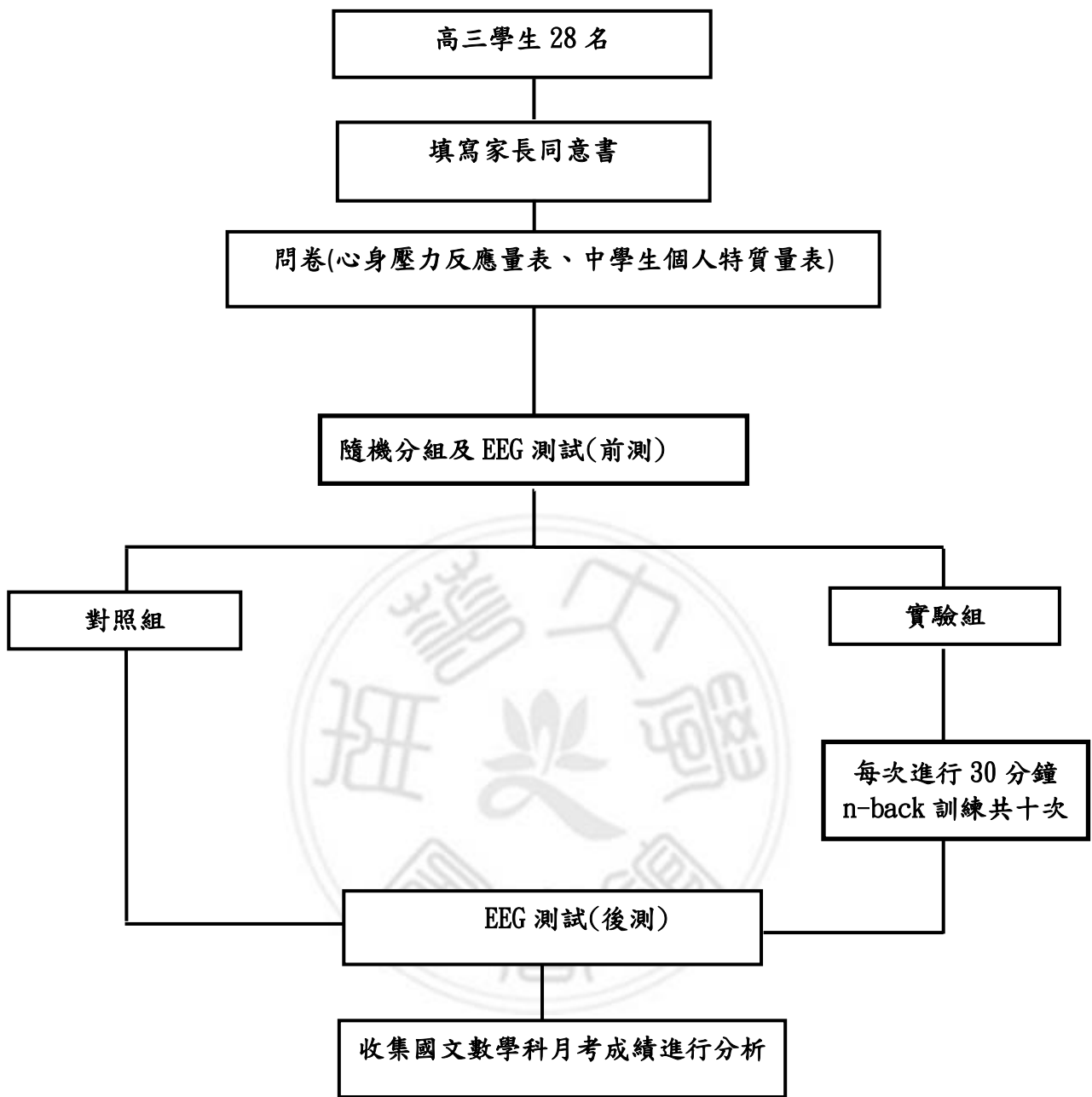


圖 3.2 研究架構圖

3.3 研究對象與研究場所

3.3.1 研究對象

本研究以南投縣某公立普通高中高三學生為收案對象，收案期間由民國 109 年 6 月 1 日至 109 年 6 月 30 日止。透過公開招募方式，收 28 人進行實驗，實驗前以口頭報告說明研究計畫進行的方式與內容，如有意願參加者，可帶回填寫參加者同意書。如果有未滿 18 歲者，一定要加填寫監護人同意書，如果家長有疑慮，計畫主持人會親自以電話聯絡告知說明計畫事項。

先填寫受試者家長同意書，及心身壓力反應量表，為維護受試者權利及隱私權，問卷皆以編碼方式對應處理，以保護受訪者個人資料，且不予公開。問卷調查及實驗前，由研究者對受訪者說明同意書及問卷調查和測量腦波相關事項，收案納入及排除條件如下：

納入條件：

1. 年齡 16-18 歲間之高中三年級學生。
2. 無癲癇等腦部疾病或動過腦部手術者。
3. 經說明後有意願參與實驗並可取得家長同意者。

排除條件：

1. 心身壓力反應量表 > 80 分。
2. 無法配合要求完成問卷及腦波數據者。

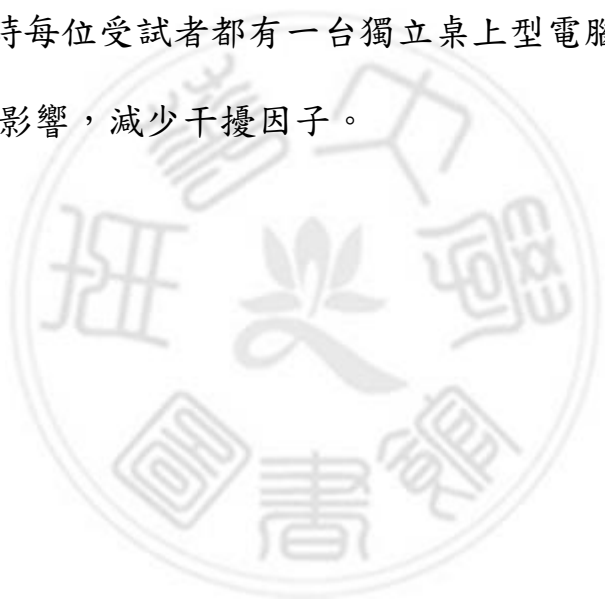
實驗組將進行認知遊戲「n-back」的訓練，對照組則不參與工作記憶訓練。待第一次實驗計畫完成，對照組可在第二次實驗改為實驗組，操作工作記憶的訓練。計畫主持人會在實驗過程中隨時回應受訪

者對遊戲及工作記憶訓練的各項問題。

3.3.2 研究場所

本研究實驗地點在南投縣某公立普通高中的專科語言教室，具有以下特性：

1. 為室內。
2. 為潔淨與安靜的密閉式獨立空間，光源適中、溫度控制在 27 ± 0.5 度 c
3. 實驗進行時每位受試者都有一台獨立桌上型電腦來進行測試，不受他人影響，減少干擾因子。



3.4 研究工具

3.4.1 介入工具

n-back 是 Wayne Kirchner (1958)所設計的認知測驗，要求受測者在當前的目標物與第 n 次之前的目標物相符時做出反應，以 1- back 為例，螢幕出現數字 1 後，若再出現 1 時要作反應，若出現 1 以外的數字不能作反應，若是 2- back，則是螢幕出現數字 1 後，再出現任一數字，接下來若再出現 1 就要作反應，1 以外的數字不能作反應，所以 n 代表的是當下的訊息若跟前 n 個訊息一樣時要作反應，想當然爾，當規則 n=2 會比 n=1 來的困難。

dual n-back 考驗視覺與聽覺短期記憶力，所以受測者需要不停更新視覺與聽覺短期記憶，才能正確作答。本次實驗過程在前後測收集腦波數據時，皆以 2-back 作為介入評分依據。

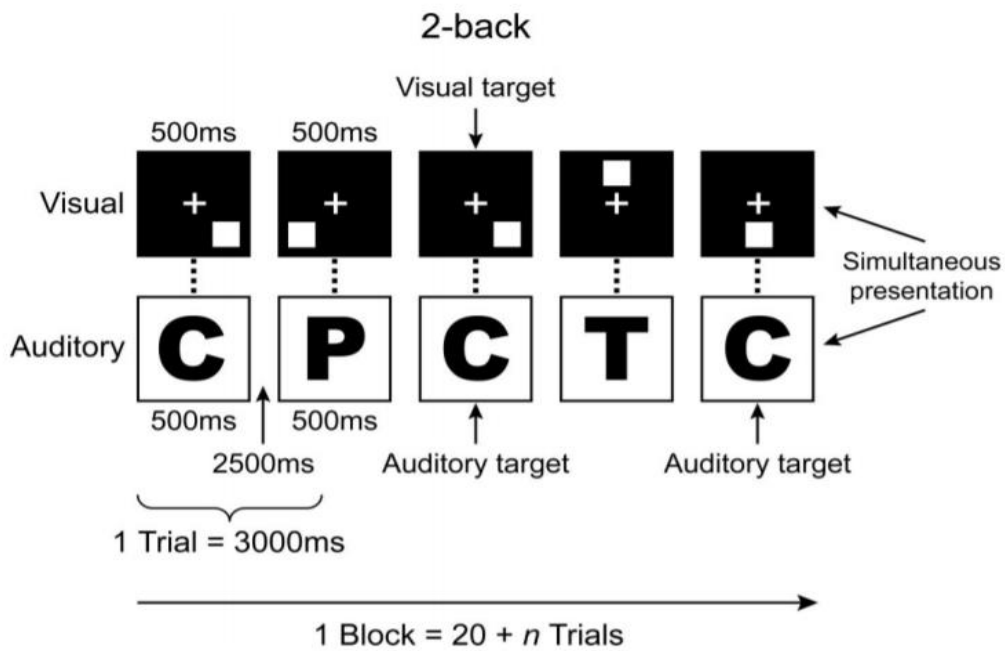


圖 3.4.1.1 dual 2-back

資料來源: "Improving fluid intelligence with training on working memory." Susanne M. Jaeggi et al., 2008, Edited by Edward E. Smith, Columbia University, New York, NY.

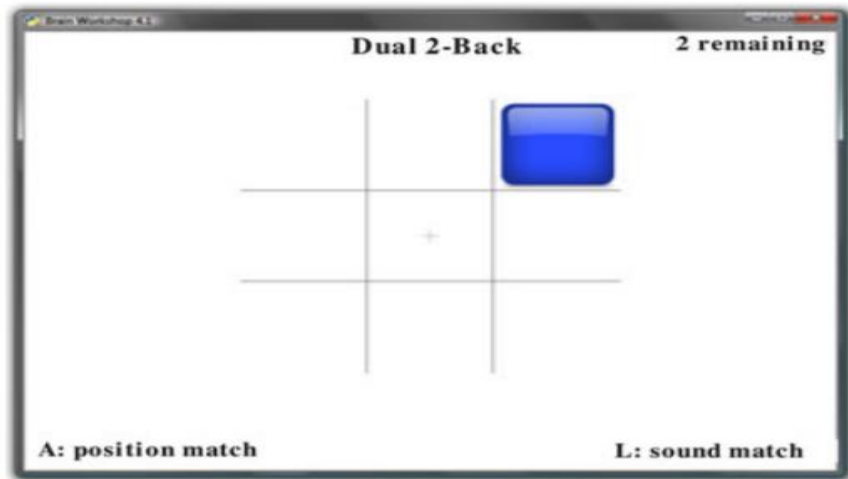


圖 3.4.1.2 dual 2-back 的視覺空間刺激畫面

資料來源: brain workshop

https://sourceforge.net/projects/brainworkshop/files/brainworkshop/Brain%20Workshop%204.8/brainworkshop-4.8.4-win32-setup.exe/download?use_mirror=ch

3.4.2 評估工具

評估工具分為基本資料（包含性別、年齡、基本病史）、心身壓力量表、中學生個人特質量表及 EEG 腦波數據，及實驗前後學生的高三國文數學科第一、二次月考成績單。

3.4.2.1 心身壓力量表：

此資料來源是財團法人精神健康基金會提供，共 32 題，每題採 1-5 計分，區分為情緒、行為、思考、身體四個部分。總得分 ≥ 80 分，表示身體上的不舒服壓力呈現高度反應。總得分 40-79 分，表示身體上的不舒服壓力呈現中度反應。總得分 < 40 分，則表示身體上的不舒服壓力呈現低度反應。

3.4.2.2 中學生個人特質量表(Personal Trait Scale for Junior High School Students):

此「中學生個人特質量表」由陳李綢、蔡順良編製，心理出版社在 2009 年出版。內容分別將人格分成創新變異、情緒表現、友愛親密、樂觀進取、決策能力等五個向度。在每個向度的得分高低並不代表好壞，而是代表一種傾向。此量表編制的目的是為了了解中學生的個人特質傾向，作為教師進行中學生人格教育與輔導的參考。

這份量表的信度分析，全量表內部一致性係數為.91，各分量表內部一致性係數介於.81 至.86 之間；折半信度係數介於.74 至.86 之間；重測信度係數介於.82~.87 之間，顯示此量表具有良好的穩定性與一致性。效度分析方面，以因素分析抽取五個因素，共有一個特徵值 2.82，解釋個人特質達 56.35%；以驗證性因素分析進行效度考驗，

結果顯示本量表具有不錯的建構效度。(陳李綢，2008)

3.4.2.3 高三國文科數學科月考成績單：

以該實驗高中 108 學年度第二學期國文科數學科第一次月考及第二學期國文科數學科第二次月考的班級成績單作為依據。

3.4.3 EMOTIV EPOC + 14 Channel Mobile Brainwear

本研究以 Emotiv EPOC14 電極位行動式腦波儀(Emotiv System Inc., San Francisco, USA)進行腦電波訊號的蒐集。EPOC 是具有 14 電極(AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4)的簡易型腦波儀，近年深受腦機介面工程研究者的青睞。其收錄的訊號與高精密度 EEG 儀器相比，證實是有效的應用工具。EPOC 以隱形眼鏡保養藥水(0.9% NaCl)為導電介質，本實驗取兩側耳部上緣後側做為參考電極。機器取樣頻率為 128Hz，並利用 Emotiv TestBench V1.5.0.0 儲存。腦電波訊號以 Matlab v7.6 (The Mathworks, Inc., Natick, MA, USA)及 EEGLAB v8.0.3，數據通過藍芽無線傳輸進行離線分析。

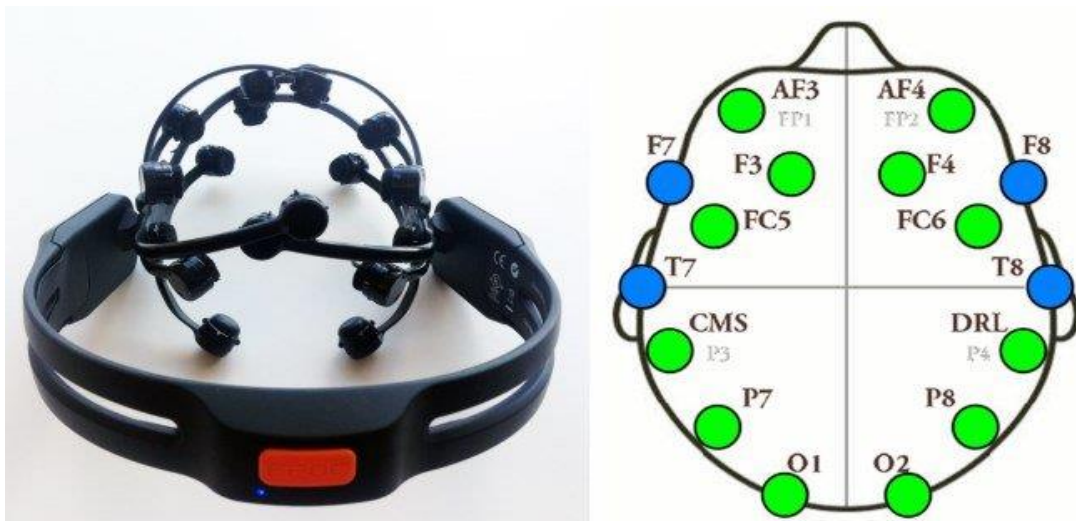


圖 3.4.3 Emotiv EPOC 腦波儀

3.5 實驗流程

本研究招募 30 名學生，採電腦隨機分派成兩組，在實驗前填寫基本資料表與心身壓力反應量表，經排除不適合參與實驗的學生後(心身壓力反應量表超過 80 分共有 2 名)，實驗組 13 人，另一組為對照組 15 人。利用午休時間在圖書室詳細說明實驗過程，並統一施測「中學生個人特質量表」，且公開清楚說明實驗方法及程序。

在實驗計畫進行前，28 名對象在語文訓練室，介入「2-BACK」施測，並輔以腦波儀蒐集大腦皮質生理反饋訊號的前測數據。

參考國際腦波學會於 1985 年制定的國際通用 10-20 腦波紀錄系統(如圖 3.5)並以生理食鹽水蘸濕電極設備棉墊進行黏貼，再以華碩筆記型電腦收集無線腦波數據。

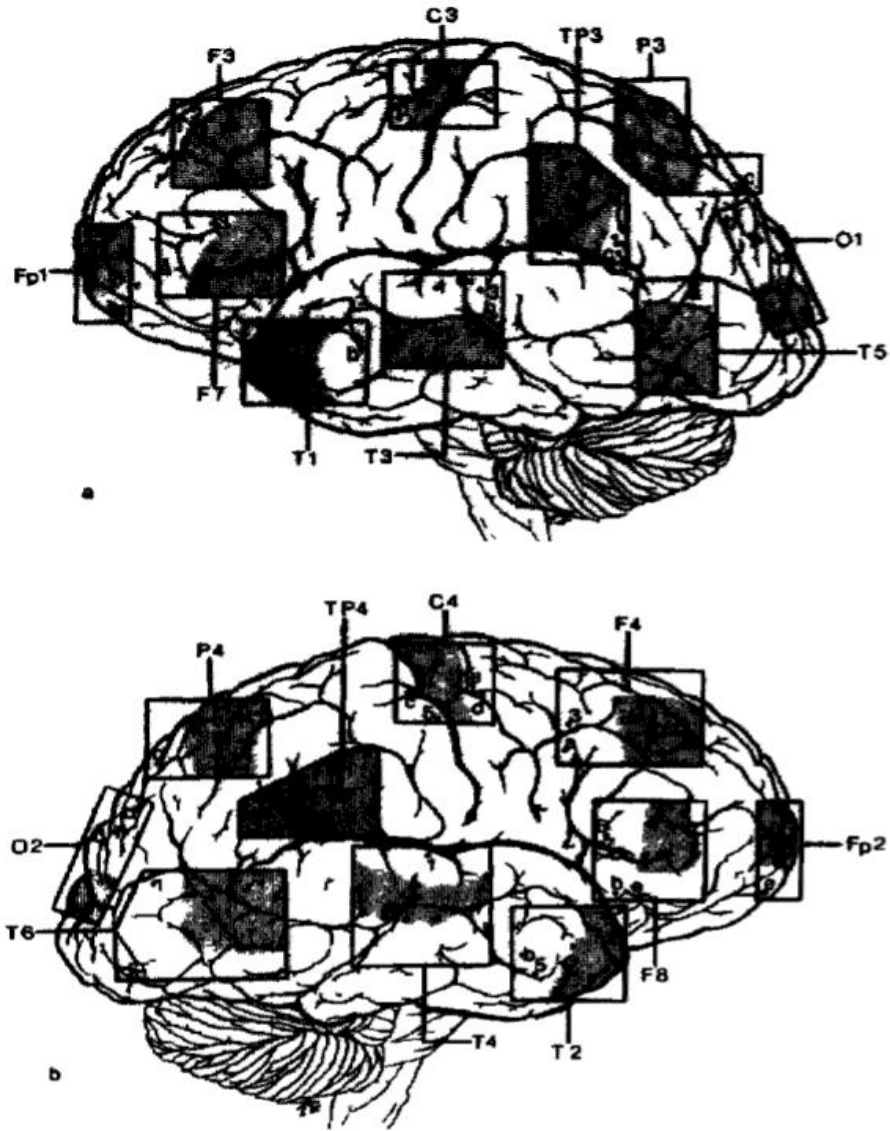


圖 3.5.1 國際通用 10-20 腦波紀錄系統

資料來源: “Cerebral location of international 10–20 system electrode placement.”
 Homan, R. W., Herman, J., & Purdy, P., 1987 *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66(4), 376–382.

進行共 2 分鐘的坐姿睜眼腦波測量，(如圖 3.5.2) 前 50 秒睜眼放空，專注凝視靜止的電腦畫面，第 51 秒開始，受測對象進行 2-back 的執行，此時 51~120 秒前後的腦波數據也全部被記錄下來。取得的腦電波訊號先以 EEGLAB 刪去最初 5 秒鐘，其餘以帶通濾波器

(bandpass filter)留下 2~50Hz 部分；接著以 5 秒鐘為一區間，將振幅大於 100 μV 者予以排除後，再以 4~7Hz 之帶通濾波器取出屬於 theta 頻率區、8~12Hz 取出 alpha 頻率區、13~25Hz 取出 low beta 頻率區、25~33Hz 取出 high beta 頻率區域的能量數值。

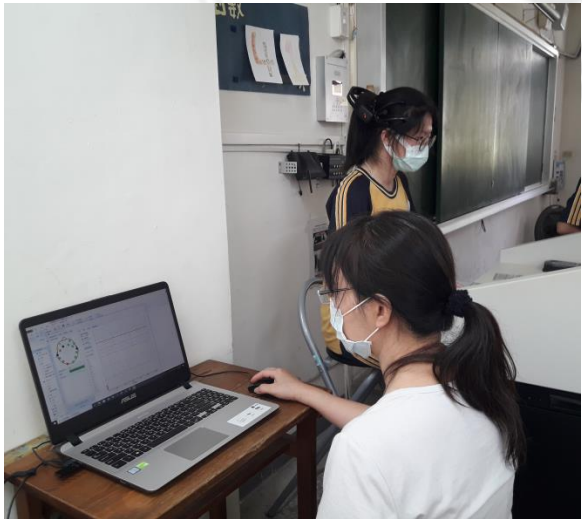
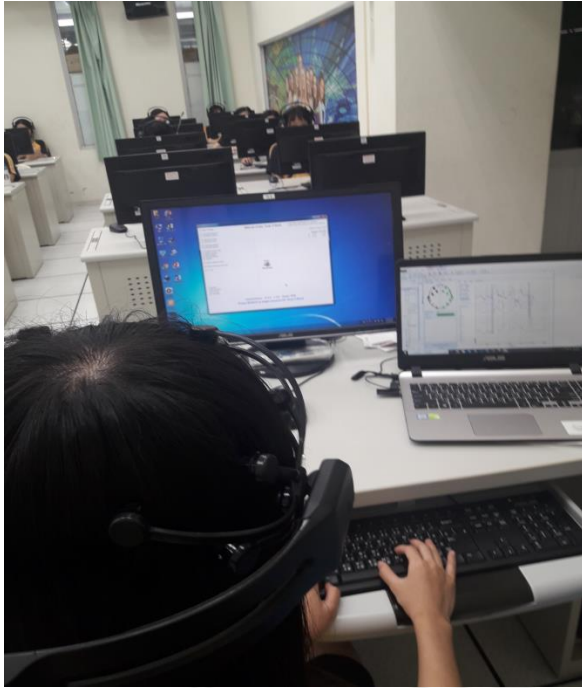


圖 3.5.2 實驗進行過程照片

然後進行實驗組認知遊戲「n-back」的工作記憶訓練兩週共 10 次，時間安排在午休時段 30 分鐘，地點在專科語文訓練室，為一安靜場域，對照組則不參與工作記憶訓練。

兩週結束後，再介入認知遊戲「2-back」施測，時間一樣安排在專科語文訓練室，並輔以腦波儀蒐集大腦皮質生理反饋訊號的後測數據。取得 28 名學生前後測數據後，及第一二次國文科數學科月考成績單，分析實驗前後表現差異。

EEG 在線資料分析(On-line EEG)的相關設定有

1. 參考電極點:左右兩耳耳垂
2. 電極之電阻(impedances)設定 5 仟歐姆以下
3. 訊號取樣頻率(sampling rate)設為 256 Hz

EEG 離線資料分析(Off-line EEG)的相關設定有

1. 減去平均值
2. 取頻寬設在 2-50 Hz
3. 腦波波段 0-50 秒設為睜眼模式，50-120 秒為進行 2-back 模式
4. 排除偽跡(artifact rejection)是用來排除干擾信號，將超過 $\pm 100\mu\text{v}$ 以外範圍排除
5. 取 window 截取區間 5sec，50mV
6. 腦波分為四類型， Θ 波 (4 至 7 Hz)， α 波 (8 至 12 Hz)，Low β 波 (13 至 25Hz)，High β 波 (25 至 33 Hz)

3.6 資料分析

實驗數據由研究者進行資料譯碼、編碼及建檔後輸入電腦以 SPSS 18.0 軟體為統計分析工具，統計水準以 $p < 0.05$ 表示有統計上意義，統計方法包括描述性統計、推論性統計 (paired T test, independent T test)，並對人格因素的干擾變項採用共變數分析 (analysis of covariance, ANCOVA)。

本研究主要兩組人數相當，年齡相當，但男女比例不均，遂以男女合併整體分析為主

(一) 組間差異

採用描述性統計、獨立樣本 t 檢定 (independent-Sample T-test) 了解實驗組與對照組在各項參數前後測的變化量上是否有差異，以 $p < 0.05$ 為有統計上顯著性的意義。

(二) 組內差異

採用描述性統計、成對樣本 t 檢定 (paired T-test) 比較實驗組與對照組在各項參數前後測的差異變化數值，以 $p < 0.05$ 為有統計上顯著性的意義。

(三) 人格因素與 2-back、國文和數學科分數 (以上是前測分數) 的相關性。

第四章、研究結果

本研究結果分三部分來陳述，依序為：一、研究對象人格特質分析結果；二、兩組在實驗前後操作 2-back 時的腦波數據比較；三、兩組在實驗前後操作 2-back 與定期段考的國文科與數學科成績分數比較。

4.1 研究對象基本資料與人格特質分析

參與本研究的對象共計 28 人，男性 5 人(17.9%)，女性 23 人(82.1%)，研究對象的平均年齡是 18.5 歲。心身壓力量表方面，實驗組平均分數是 48.38 分，標準差是 10.268 分；對照組平均分數是 57.20 分，標準差是 13.078 分，p 值是 0.061，代表兩組在前測心身壓力量表上沒有顯著差異，說明兩組是同質性。

人格特質量表方面，共有五個評估面向，(見表 4.1)

(一) 創新變異：

實驗組平均分數是 41.54 分，標準差是 32.106 分；對照組平均分數是 31.33 分，標準差是 28.190 分，p 值是 0.379，代表兩組在創新變異上沒有顯著差異，是同質性，但實驗組在這個項目的分數高過對照組 10.21 分，顯示實驗組的某些個人創新變異的人格特質高過對照組，這可能說明某些人的大腦神經元在面對新奇事物上比較有應變能力與接受學習的能力，更能適應未來多變化的世界。

(二) 情緒表現：

實驗組平均分數是 41.31 分，標準差是 29.856 分；對照組平均分數是 37.67 分，標準差是 19.740 分，p 值是 0.710，代表兩組在情緒

表現上沒有顯著差異，是同質性。

(三)友愛親密:

實驗組平均分數是 42.08 分，標準差是 25.679 分；對照組平均分數是 47.40 分，標準差是 28.094 分，p 值是 0.607，代表兩組在友愛親密上沒有顯著差異，是同質性。

(四) 樂觀進取:

實驗組平均分數是 61.92 分，標準差是 25.375 分；對照組平均分數是 44.73 分，標準差是 28.075 分，p 值是 0.103，代表兩組在樂觀進取上沒有顯著差異，是同質性。

(五) 決策能力:

實驗組平均分數是 60.15 分，標準差是 31.675 分；對照組平均分數是 50.13 分，標準差是 29.464 分，p 值是 0.394，代表兩組在決策能力上沒有顯著差異，是同質性。

總論兩組在個人特質量表總分，實驗組平均分數是 52.69 分，標準差是 33.579 分；對照組平均分數是 41.40 分，標準差是 26.038 分，p 值是 0.326，代表兩組在個人特質量表總分上沒有顯著差異，是同質性。

表 4.1 個人基本資料與人格特質分析(N=28)

| 組別 | 實驗組(n=13) | 對照組(n=15) | p-值 |
|----------|--------------|---------------|-------|
| 性別 (男/女) | 4/9 | 1/14 | 0.123 |
| 年齡 | 18.455 | 18.484 | 0.809 |
| 心身壓力量表 | 48.38±10.268 | 57.20± 13.078 | 0.061 |
| 創新變異 | 41.54±32.106 | 31.33± 28.190 | 0.379 |
| 情緒表現 | 41.31±29.856 | 37.67± 19.074 | 0.710 |
| 友愛親密 | 42.08±25.679 | 47.40± 28.094 | 0.607 |
| 樂觀進取 | 61.92±25.375 | 44.73± 28.075 | 0.103 |
| 決策能力 | 60.15±31.675 | 50.13± 29.464 | 0.394 |
| 個人特質量表總分 | 52.69±33.579 | 41.40± 26.038 | 0.326 |

從圖 4.1 個人心身壓力與人格特質分析的長條圖中看來，實驗組在人格特質的創新變異、情緒表現、樂觀進取、決策能力的表現高於對照組，雖然統計 Pearson 相關係數(表 4.1.2) 沒有相關及 p 值是 0.326，沒有顯著差異的數據，但是從實驗組學生樂觀進取的分數 (61.92±25.375)遠超過對照組(44.73± 28.075)，再加上創新變異 (41.54±32.106)也高於對照組(31.33± 28.190)，及決策能力上也多對照組 10 分來看，這三種特質通常會表現勇於求知，追求創新，不畏挑戰及果決的精神，相對來說身心呈現比較平衡的狀態，因此推估個人人格特質會影響到青少年在學習過程中的學業表現。

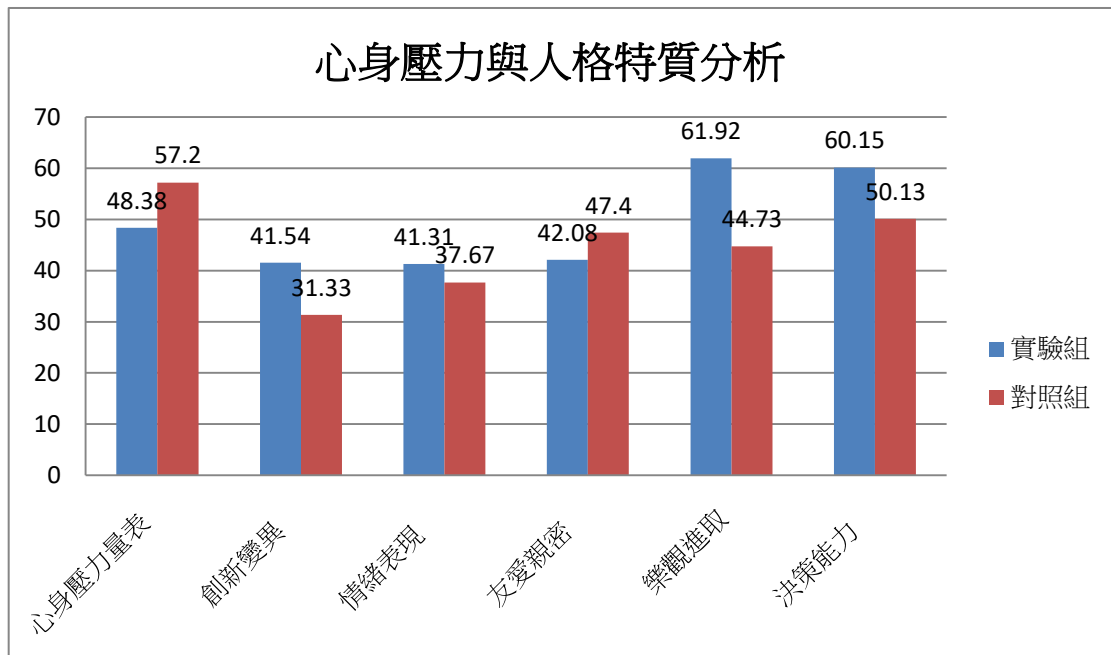


圖 4.1 個人身心壓力與人格特質分析

進一步從中學生人格特質對於實驗前 dual 2-back 及段考國文科數學科的實驗前成績表現，是否有相關性，採用 Pearson 相關分析 (見表 4.1.2)，從統計上可看到人格因素對 dual 2-back 及段考國文科、數學科分數的相關性不高，p 值的數據顯示都沒有顯著差異。

表 4.1.2 人格特質對 2-back 與段考國文科與數學科(前測)成績的相關性^a

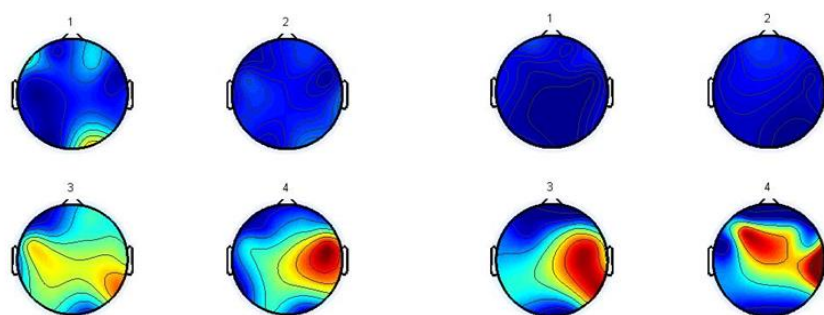
| | 2-back ^a 分數 ^a | 國文 ^a 分數 ^a | 數學 ^a 分數 ^a | 創新 ^a 變異 ^a | 情緒 ^a 表現 ^a | 友愛 ^a 親密 ^a | 樂觀 ^a 進取 ^a | 決策 ^a 能力 ^a | 個人特質 ^a 總分 ^a |
|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|
| 2-back ^a 分數 ^a | -. ^a | .244 ^a (.187) ^a | -.183 ^a (.323) ^a | .230 ^a (.213) ^a | .246 ^a (.182) ^a | .101 ^a (.588) ^a | .195 ^a (.292) ^a | .204 ^a (.271) ^a | .185 ^a (.320) ^a |
| 國文 ^a 分數 ^a | | -. ^a | .262 ^a (.155) ^a | -.112 ^a (.548) ^a | -.250 ^a (.175) ^a | -.201 ^a (.277) ^a | .020 ^a (.916) ^a | .053 ^a (.779) ^a | -.210 ^a (.257) ^a |
| 數學 ^a 分數 ^a | | | -. ^a | -.349 ^a (.055) ^a | -.010 ^a (.957) ^a | -.179 ^a (.334) ^a | -.026 ^a (.888) ^a | -.079 ^a (.674) ^a | -.171 ^a (.357) ^a |
| 創新 ^a 變異 ^a | | | | -. ^a | .373 ^a (.039) ^a | .231 ^a (.212) ^a | .344 ^a (.058) ^a | .613 ^a (.000)* ^a | .772 ^a (.000)* ^a |
| 情緒 ^a 表現 ^a | | | | | -. ^a | .323 ^a (.076) ^a | .280 ^a (.127) ^a | .269 ^a (.143) ^a | .665 ^a (.000)* ^a |
| 友愛 ^a 親密 ^a | | | | | | -. ^a | .173 ^a (.351) ^a | .266 ^a (.148) ^a | .480 ^a (.006)* ^a |
| 樂觀 ^a 進取 ^a | | | | | | | -. ^a | .627 ^a (.000)* ^a | .685 ^a (.000)* ^a |
| 決策 ^a 能力 ^a | | | | | | | | -. ^a | .742 ^a (.000)* ^a |
| 個人特 ^a 質總分 ^a | | | | | | | | | -. ^a |

*在顯著水準為 0.01 時(雙尾)，相關顯著^a

4.2 實驗前後操作 dual 2-back 時的腦波數據比較

4.2.1 兩組前後測的 alpha 波比較

從表 4.2.1.1 中可看出腦波儀 14 個位置所量測到的 alpha 波值，通常 alpha 波是在專注或冥思的狀態容易被測量到(Wan, F.et al., 2014)，alpha 波的減少代表大腦皮質活動量的提高，alpha 波的增加則是代表大腦皮質活動量的降低，亦即大腦是放鬆的專注狀態(Mecklinger et al. 1992; Robert J. Barry et al. 2007)。從圖 4.2.1.1 腦 alpha 波頻譜功率圖顏色分布大致相似可看出 alpha 波兩組在前測的腦波活動狀態差別不顯著，後測的 alpha 波以對照組在 50-120s 操作 2-back 時的 alpha 波平均數值(5.76381)明顯高於實驗組(4.853297)，推測對照組學生比較放鬆。而在後測 0-50s 上實驗組平均數值高於對照組，代表專注地放鬆程度高。且兩組右顳葉區出現明顯紅色區塊，這又與「預設模式網路」(Default Mode Network)有關，此時大腦處在清醒的休息狀態，呈現放空狀態時，DMN 就會自然啟動，處在活躍的狀態，而且顳葉與自動無意識的記憶有關，所以才顯示出此區明顯激活的現象。



實驗組

對照組

圖4.2.1.1兩組alpha 波頻譜功率圖(值愈大顏色愈亮)

註:1、2是前測，3、4是後測，1、3是0-50s睜眼狀態，2、4是50-120s

表 4.2.1.1 兩組 alpha 波值比較

| α | AF3 | F7 | F3 | FC5 | T7 | P7 | O1 | O2 | P8 | T8 | FC6 | F4 | F8 | AF4 |
|-----------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 實驗組 前測 (0-50) | 4.50 | 2.38 | 1.01 | 16.8 | 0.34 | 1.76 | 2.75 | 4.12 | 5.10 | 0.19 | 3.27 | 2.63 | 3.16 | 3.12 |
| 實驗組 前測 (50-120) | 2.64 | 1.84 | 0.78 | 10.45 | 0.17 | 1.30 | 1.24 | 2.23 | 4.92 | 0.21 | 2.74 | 2.79 | 3.11 | 2.51 |
| 實驗組 後測 (0-50) | 3.76 | 3.65 | 2.66 | 1.95 | 0.74 | 3.09 | 2.87 | 8.38 | 11.09 | 3.67 | 14.18 | 7.62 | 6.85 | 8.12 |
| 實驗組 後測 (50-120) | 3.03 | 2.26 | 2.59 | 1.73 | 0.45 | 1.89 | 3.32 | 6.85 | 12.43 | 3.04 | 8.49 | 7.73 | 7.12 | 7.04 |
| 對照組 前測 (0-50) | 1.16 | 2.18 | 0.02 | 0.11 | 0.54 | 2.28 | 2.56 | 3.13 | 3.64 | 0.49 | 3.29 | 4.71 | 4.73 | 3.80 |
| 對照組 前測 (50-120) | 1.21 | 2.16 | 0.02 | 0.11 | 0.22 | 0.58 | 2.56 | 2.45 | 3.64 | 3.03 | 3.70 | 0.48 | 3.19 | 4.76 |
| 對照組 後測 (0-50) | 3.79 | 3.88 | 8.61 | 1.05 | 0.23 | 1.27 | 1.30 | 9.63 | 6.63 | 10.98 | 7.70 | 6.85 | 9.50 | 6.22 |
| 對照組 後測 (50-120) | 5.49 | 3.35 | 4.91 | 1.56 | 0.22 | 1.64 | 0.86 | 9.22 | 17.88 | 7.48 | 9.21 | 6.57 | 8.14 | 6.54 |

表 4.2.1.2 顯示實驗組學生在 0-50s 專注時 alpha 波的平均數值高於對照組來看，推估實驗組學生呈現大腦放鬆的狀態比對照組學生明顯，根據表 4.3.2 在 2-back 與月考國文與數學科成績表現看，實驗組學生只有在 2-back 的前後測分數高於對照組學生外，在國文與數學科分數上，並沒有優於對照組顯出差異。這說明兩組學生在隨機分組上具同質性，沒有顯著差異。但是經過 n-back 的訓練後，在 2-back 後測得分上有顯著差異，可說明加強腦部刺激活化會符合赫布理論與長期增益效應，也可說是大腦神經元的用進廢退闡述。

表 4.2.1.2 兩組 Alpha 波 平均數值比較

| Alpha wave | | 0-50s | 50-120s |
|-------------|-----|----------|----------|
| 實驗組 | 前測 | 3.649451 | 2.638462 |
| | 後測 | 5.616484 | 4.853297 |
| 對照組 | 前測 | 2.354762 | 2.007857 |
| | 後測 | 5.489524 | 5.76381 |
| 獨立 t P 值 | 前測 | 0.79 | 0.392 |
| | 後測 | 0.917 | 0.608 |
| 成對 t P 值 | 實驗組 | 0.044* | 0.051 |
| | 對照組 | 0.006* | 0.026* |

下圖 4.2.1.2 是根據兩組 alpha 波的獨立 t 檢定畫出 p 值的腦部分布圖，顏色愈亮代表 p 值愈小。雖然從上表 4.2.1.2 看出兩組數字組間差異的 p 值沒有顯著，在 0-50s 前後測顏色分布差別不大，稍有不同是在前測的右側頂葉與顳葉區及左側枕葉區，而後測兩組有差異在顳葉、頂葉與額葉區，但是 0-50s 的過程都是兩組睜眼靜心狀態，從腦波 alpha 波 p 值卻看出大腦皮質在該腦區三組有差異處，顯示實驗組學生在 10 次的 dual n-back 的工作記憶訓練下，突觸傳遞效能增加，在放空狀態，預設模式網路自然啟動，所以測得的 alpha 波數據多於對照組。

在 50-120s 上兩組前後測的獨立 t 檢定 p 值的分布圖，在前測有差異是在左側枕葉與顳葉、頂葉交接處，這與操作 2-back 時受視覺與聽覺刺激影響有關，顳葉區是負責聽覺訊息的中樞，主管語言、長期記憶及高級視覺功能（例如物體識別）和分辨左右，其中有一區被稱為「韋尼克區」，其功能偏向理解語文文字的意義。最明顯差異是在後測時，掌管推理思考的額葉區與跟視覺空間推理及工作記憶有關的頂葉區在 alpha 波有差異，而 alpha 波又與注意力的持續狀態有關，說明在實驗前後兩組的空間信息、數學推理及工作記憶有別，這說明赫布理論與神經的長期增益效應。

表 4.2.1.3 兩組 alpha 波獨立 t 檢定 p 值

| α | A F3 | F7 | F3 | FC 5 | T7 | P7 | O1 | O2 | P8 | T8 | FC 6 | F4 | F8 | A F4 |
|----------------|---------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|---------|
| 前測 (0-50) | 0.67 | 0.44 | 0.99 | 0.78 | 0.64 | 0.09 | 0.08 | 0.61 | 0.24 | 0.40 | 0.14 | 0.08 | 0.61 | 0.96 |
| 前測 (50-120) | 0.74 | 0.32 | 0.49 | 0.12 | 0.86 | 0.29 | 0.25 | 0.96 | 0.16 | 0.28 | 0.99 | 0.32 | 0.34 | 0.53 |
| 後測 (0-50) | 0.00 | 0.59 | 0.71 | 0.01 | 0.43 | 0.57 | 0.99 | 0.30 | 0.97 | 0.06 | 0.17 | 0.10 | 0.38 | 0.36 |
| 後測 (50-120) | 0.00 | 0.68 | 0.26 | 0.00 | 0.89 | 0.48 | 0.95 | 0.65 | 0.05 | 0.26 | 0.18 | 0.00 | 0.14 | 0.19 |

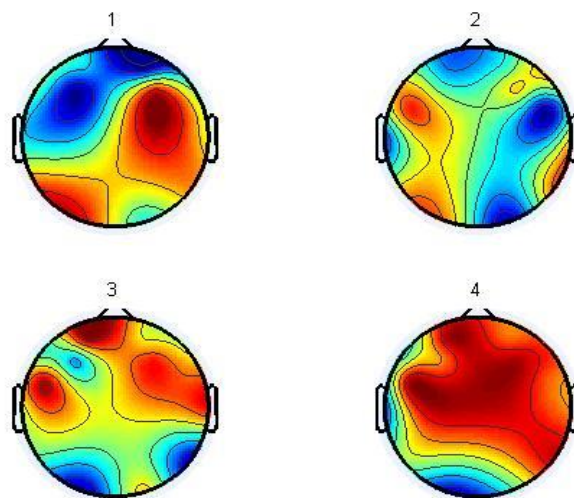


圖4.2.1.2 兩組alpha 波獨立t 檢定 p值腦部分布圖

(p值愈小，顏色愈亮)

註:1、2是前測，3、4是後測，1、3是0-50s睜眼狀態，2、4是50-120s

4.2.2 兩組前後測的 beta 波比較

根據研究 beta 波的產生在認知功能上是與喚醒/警報狀態相關，是一種正常的清醒意識，在執行需要高反應時間的運動任務，它會將注意力集中在外部刺激上，表現活躍的思維過程和機敏的心理活動。

從表 4.2.2.1 和表 4.2.2.2 的 low beta 數值分析，兩組比較只有對照組在 50-120s 的前後測數值稍微高於實驗組外，其餘都是實驗組數值高於對照組，因為在 50-120s 階段是操作 dual n-back 的，對照組沒有經過介入練習，推測右腦對於新事物刺激表現活躍，所以數值大於實驗組，而實驗組經過十次練習，大腦已熟悉此機制運作，這是 beta 波在大腦專注推理與思考操作 2-back 時是會被激活的理論吻合 (Shouyi Wang, 2015)。但顏色呈現卻以實驗組右腦顳葉、額葉中央區及頂葉部出現紅色色區，以原始數據值來看實驗組這兩區數值高於對照組，也符合 beta 波以額、顳葉和中央區在大腦精神活動，情緒興奮時增多較明顯的理論相符。

表 4.2.2.1 兩組 low beta 波值比較

| β | AF 3 | F7 | F3 | FC 5 | T7 | P7 | O1 | O2 | P8 | T8 | FC 6 | F4 | F8 | AF 4 |
|---------------------|---------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|---------|
| 實驗組 前測 (0-50) | 1.04 | 0.97 | 0.23 | 1.33 | 0.17 | 0.57 | 0.58 | 1.16 | 2.19 | 0.15 | 1.49 | 1.28 | 2.24 | 1.24 |
| 前測 (50-120) | 0.87 | 0.72 | 0.24 | 0.88 | 0.08 | 0.45 | 0.37 | 0.86 | 1.51 | 0.02 | 1.34 | 1.06 | 2.34 | 0.98 |
| 實驗組 後測 (0-50) | 1.10 | 1.41 | 1.06 | 0.77 | 0.23 | 0.84 | 1.08 | 2.99 | 3.84 | 1.32 | 5.73 | 2.62 | 2.96 | 2.83 |
| 後測 (50-120) | 0.92 | 0.81 | 0.87 | 0.63 | 0.13 | 0.59 | 0.83 | 2.08 | 3.93 | 1.02 | 2.87 | 2.51 | 3.47 | 2.52 |
| 對照組 前測 (0-50) | 0.42 | 0.96 | 0.09 | 0.15 | 0.25 | 0.71 | 0.68 | 1.06 | 1.22 | 0.17 | 1.23 | 1.44 | 2.01 | 1.61 |
| 前測 (50-120) | 0.42 | 0.96 | 0.09 | 0.15 | 0.25 | 0.71 | 0.68 | 1.06 | 1.22 | 0.17 | 1.23 | 1.44 | 2.00 | 1.61 |
| 對照組 後測 (0-50) | 1.27 | 0.92 | 1.09 | 0.26 | 0.11 | 0.36 | 0.37 | 3.02 | 2.08 | 1.33 | 2.29 | 1.87 | 3.33 | 1.90 |
| 後測 (50-120) | 1.52 | 1.22 | 0.95 | 0.44 | 0.09 | 0.46 | 0.22 | 2.93 | 3.95 | 1.61 | 2.91 | 2.23 | 3.46 | 2.09 |

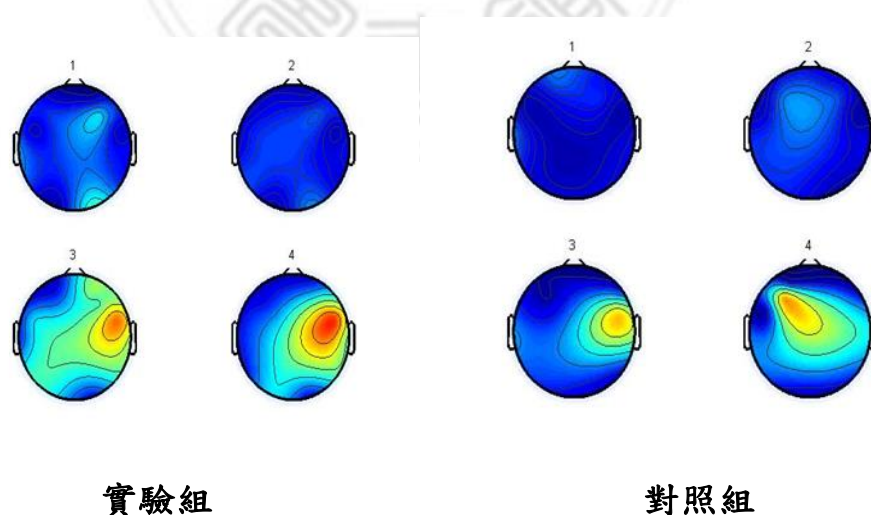


圖4.2.2.1兩組low beta波頻譜功率圖(值愈大顏色愈亮)

註:1、2是前測，3、4是後測，1、3是0-50s睜眼狀態，2、4是50-120s

表 4.2.2.2 兩組前後測 low beta 波平均值比較

| Beta wave | | 0-50s | 50-120s |
|-------------|-----|--------|---------|
| 實驗組 | 前測 | 1.046 | 0.838 |
| | 後測 | 2.055 | 1.654 |
| 對照組 | 前測 | 0.850 | 0.850 |
| | 後測 | 1.442 | 1.719 |
| 獨立 t P 值 | 前測 | 0.264 | 0.923 |
| | 後測 | 0.139 | 0.895 |
| 成對 t P 值 | 實驗組 | 0.004* | 0.041* |
| | 對照組 | 0.050 | 0.041* |

如表 4.2.2.2 將兩組前後測做比較，只有在成對 t 檢定上實驗組 0-50s 與 50-120s 和對照組在 50-120s 上的 low beta 數據的 p 值有顯著差異，其他都不顯著，符合大腦在進行認知推理、提取訊息與判斷活動時，beta wave 最明顯。

把兩組 low beta 波計算出獨立 t 檢定的 p 值畫成腦分布圖來看 (圖 4.2.2.2)，雖然兩組的 p 值沒有差異，但從腦分布圖也能細微指出兩組在 0-50s 靜心狀態下前測的右腦顳葉區、頂葉區及左腦的枕葉區有顏色分布的差異，後測則是在顳葉區、頂葉區及額葉區有別。推理受神經內在機制的影響，使得提取 low beta 數據時，看到大腦皮質在這些區域有變化的現象。

在 50-120s 狀態，前測兩組在左腦顳葉、頂葉與枕葉區有差異現象，後測是在左側腦顳葉、頂葉與額葉區有明顯。如上節 4.2.1 推理陳述，說明實驗前後兩組在執行工作任務時，同時受聽覺與空間視覺

刺激所以在前測這三個腦區的 low beta 有活化現象，後測時經過十次長期增益效能的影響，促升工作記憶容量的突觸增加效率，在以注意力與推理思考力表現為主的 beta 波，兩組獨立 t 檢定 p 值後測明顯比前測顯著，呈現出兩組顏色的區別。

表 4.2.2.3 兩組 beta 波獨立 t 檢定 p 值

| beta | A F3 | F7 | F3 | FC 5 | T7 | P7 | O1 | O2 | P8 | T8 | FC 6 | F4 | F8 | A F4 |
|----------------|---------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|---------|
| 前測 (0-50) | 0.72 | 0.06 | 0.98 | 0.88 | 0.46 | 0.07 | 0.05 | 0.60 | 0.24 | 0.36 | 0.14 | 0.08 | 0.59 | 0.98 |
| 前測 (50-120) | 0.78 | 0.32 | 0.49 | 0.13 | 0.85 | 0.27 | 0.07 | 0.95 | 0.15 | 0.57 | 0.99 | 0.32 | 0.32 | 0.55 |
| 後測 (0-50) | 0.00 | 0.92 | 0.75 | 0.02 | 0.48 | 0.90 | 0.90 | 0.33 | 0.97 | 0.15 | 0.17 | 0.10 | 0.34 | 0.36 |
| 後測 (50-120) | 0.00 | 0.70 | 0.31 | 0.00 | 0.83 | 0.54 | 0.98 | 0.49 | 0.31 | 0.27 | 0.88 | 0.00 | 0.55 | 0.39 |

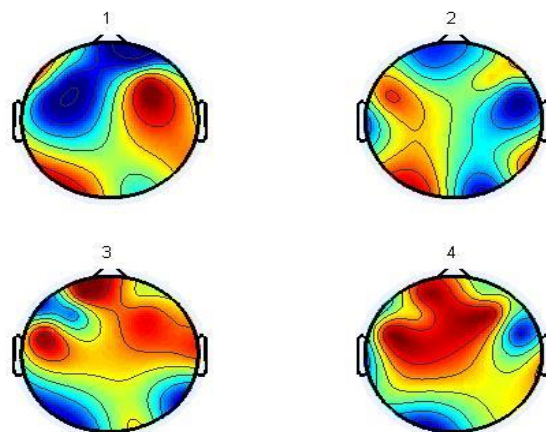


圖4.2.2.2 兩組low beta 波獨立t檢定 p值腦部分布圖

(p值愈小，顏色愈亮)

註:1、2是前測，3、4是後測，1、3是0-50s睜眼狀態，2、4是50-120s

4.2.3 兩組前後測的 theta 波獨立 t 檢定 p 值比較

從表 4.2.3 直接從兩組 theta 波的獨立 t 檢定 p 值比較來看，有顯著差異的是 0-50s 後測的 AF3、FC5 及 T8，也就是額葉及顳葉區。50-120s 只有 FC5，額葉與中央區。如果從圖 4.2.3 p 值腦部分布圖，明顯可看出更多細微不同處，兩組在 0-50s 前測與後測變化相似，但是在 50-120s 操作 2-back 時候，後測的變化明顯相異於前測。這也說明實驗介入變項-n back 確實影響到大腦皮質神經元的運作。

所以在本研究中 theta 波在 50-120s 操作 2-back 時大腦的額葉、頂葉、中央區、顳葉及枕葉有明顯差異的現象，說明十次的 n-back 訓練對工作記憶有促進的作用。



表 4.2.3 兩組 theta 波獨立 t 檢定 p 值

| beta | A F3 | F7 | F3 | FC 5 | T7 | P7 | O1 | O2 | P8 | T8 | FC 6 | F4 | F8 | A F4 |
|----------------|---------|------|------|---------|------|------|------|------|------|-------|---------|-------|------|---------|
| 前測 (0-50) | 0.67 | 0.89 | 0.98 | 0.77 | 0.42 | 0.12 | 0.07 | 0.62 | 0.24 | 0.39 | 0.15 | 0.08 | 0.61 | 0.96 |
| 前測 (50-120) | 0.74 | 0.31 | 0.48 | 0.12 | 0.90 | 0.68 | 0.54 | 0.95 | 0.17 | 0.53 | 0.99 | 0.32 | 0.35 | 0.54 |
| 後測 (0-50) | 0.00* | 0.87 | 0.71 | 0.02* | 0.26 | 0.36 | 0.97 | 0.31 | 0.96 | 0.02* | 0.17 | 0.11 | 0.38 | 0.35 |
| 後測 (50-120) | 0.00* | 0.75 | 0.26 | 0.00* | 0.82 | 0.98 | 0.80 | 0.22 | 0.10 | 0.75 | 0.19 | 0.00* | 0.19 | 0.43 |

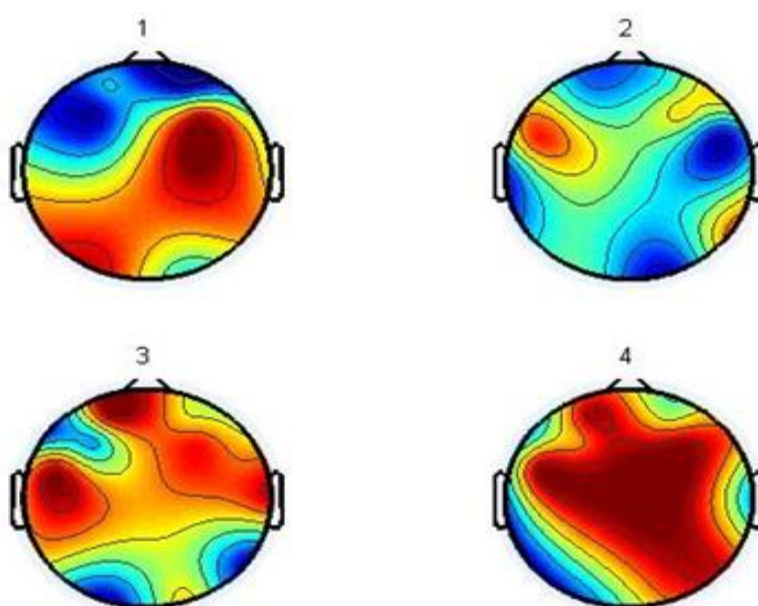


圖4.2.3 兩組theta 波獨立t檢定p值腦部分布圖

(p值愈小，顏色愈亮)

註:1、2是前測，3、4是後測，1、3是0-50s睜眼狀態，2、4是50-120s

4.2.4 兩組前後測的 theta / beta 組間比較

有學者研究指出 theta / beta 波的比值會與 ADHD 有關聯(Picken et al. 2019)，但是 Lansbergen MM, et al. (2010)指出 theta / beta 波的比值受到慢波 alpha 波的影響所致，且根據 Adam R. Clarke (2019)年的看法，他認為 theta / beta 波的比值只是認知處理過程容量的一個指標，可以做為推估，但不可作為判斷 ADHD 的論據。所以可以說明 theta / beta 的比值可作為普通人群和患有 ADHD 症狀的認知工作能力有異常的指標(Picken et al., 2019)，但不支持作為 ADHD 的診斷神經標誌，可能是多動症的特徵(Kiiski H., 2020)或是心智漫遊(Mind Wandering)的傾向 (Kane et al., 2007)。

根據表 4.2.4.1 和表 4.2.4.2 的比值，比值愈高代表 theta 波數字高，而通常 theta 波是半睡半醒的狀態以及意識靜止的冥想放鬆狀態之間，過去被視為注意力低下的狀態指標。反之比值愈低代表 beta 波數據高，代表人類對於自我和周遭意識清楚且專注的狀態，也被認為是高度注意力的表徵。(F.J. Perales, 2017)

根據腦波數值，取 theta 與 beta 波的比值做出圖 4.2.4 的腦部分布圖，圖中的 1、2 是前測，3、4 是後測，1、3 是睜眼凝視狀態，2、4 是操作 2-back 時的腦區活動現象。顏色愈亮代表比值愈大。從圖 4.2.4 中可看到 theta / beta 比值在 0-50s 前測睜眼狀態下實驗組的前額葉 (AF3 $r=14.60$)和左枕葉區比值(O1 $r=11.26$)比較大，對照組則是在左額葉比值(F3 $r=16.72$)右額葉區比值(F8 $r=10.27$) 比較大，比值高代表 theta 波高。後測狀態實驗組左顳葉區(T7 $r=7.47$)左頂葉區(P7 $r=12.8$) 比值高，對照組在額葉區(FC6 $r=10.13$)前額葉區(AF4 $r=10.59$)比值高。

theta / beta 比值在 50-120s 操作 2-back 前測時，實驗組數據大的在前額葉(AF3 r=15.25)額葉區(F3 r=9.65)與枕葉區(O1 r=9.33)，對照組顯著在額葉區(FC6 r=7.60，F4 r=11.08)。在 2-back 後測時，實驗組顯著在額葉區(F3 r=8.87，FC5 r=9.76)與頂葉區(P7 r=11.26，P8 r=8.43)，對照組顯著在額葉區(FC6 r=8.43，AF4 r=8.58)。

綜合來說實驗組的 theta / beta 比值普遍比對照組高，尤其以額葉區、頂葉區與枕葉區明顯，且經過十次 dual n-back 的練習後，在 theta / beta 的比值數據更加顯著，額葉區與思考推理判斷有關，枕葉區與視覺刺激相關，再加上與工作記憶有關的頂葉區(吳京一，2016)在後測比值數據偏向明顯，從下圖 4.2.4 的兩組圖 2 與 4 可資證明。



表 4.2.4.1 實驗組 theta / beta 的比值

| θ/β | AF 3 | F7 | F3 | FC 5 | T7 | P7 | O1 | O2 | P8 | T8 | FC 6 | F4 | F8 | AF 4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 前測 (0-50) | 14. 60 | 10. 17 | 34. 50 | 7. 18 | 4. 17 | 9. 56 | 11. 26 | 10. 56 | 8. 69 | 2. 52 | 7.9 5 | 7. 07 | 6. 16 | 10. 82 |
| 前測 (50-120) | 15. 25 | 9. 94 | 9. 65 | 6. 35 | 2. 22 | 8. 29 | 9. 33 | 7. 78 | 9. 97 | 3. 02 | 5. 98 | 6. 88 | 5. 06 | 8. 21 |
| 後測 (0-50) | 9. 93 | 8. 30 | 9. 37 | 12. 22 | 7. 47 | 12. 80 | 11. 45 | 8. 34 | 9. 03 | 8. 33 | 7. 94 | 9. 21 | 7. 66 | 8.0 3 |
| 後測 (50-120) | 7. 58 | 6. 70 | 8. 87 | 9. 76 | 3. 92 | 11. 26 | 9. 46 | 8. 88 | 8. 43 | 7. 77 | 7. 86 | 8. 08 | 6. 18 | 7. 80 |

表 4.2.4.2 對照組 theta / beta 的比值

| θ/β | AF3 | F7 | F3 | FC5 | T7 | P7 | O1 | O2 | P8 | T8 | FC6 | F4 | F8 | AF4 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 前測 (0-50) | 13. 62 | 9. 80 | 16. 72 | 5. 69 | 4. 43 | 12. 92 | 12. 78 | 10. 07 | 10. 53 | 7. 04 | 10. 12 | 9. 14 | 10. 27 | 9. 30 |
| 前測 (50-120) | 8. 35 | 6. 89 | 2. 69 | 3. 12 | 2. 88 | 8. 87 | 8. 78 | 7. 42 | 7. 26 | 2. 24 | 7. 60 | 11. 08 | 6. 84 | 7. 61 |
| 後測 (0-50) | 10. 37 | 11. 93 | 7. 57 | 11. 54 | 4. 47 | 10. 66 | 10. 36 | 10. 49 | 9. 80 | 9. 87 | 10. 13 | 9. 83 | 9. 09 | 10. 59 |
| 後測 (50-120) | 6. 36 | 6. 76 | 6. 69 | 8. 62 | 6. 92 | 9. 61 | 6. 79 | 7. 52 | 6. 82 | 7. 81 | 8. 43 | 7. 33 | 7. 06 | 8. 58 |

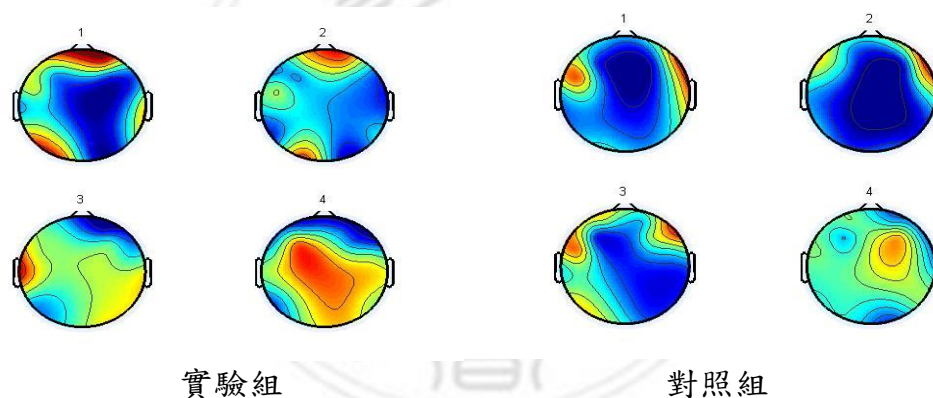


圖4.2.4 兩組theta / beta 比值腦部分布圖

(比值愈大，顏色愈亮)

註:1、2是前測，3、4是後測，1、3是0-50s睜眼狀態，2、4是50-120s

4.2.5 兩組的 alpha /beta 比值比較

Beta 波是在大腦清醒意識層面下容易測到的腦波，通常指當人專注於思考推理或壓力大、憂慮、緊張時，容易測到此波；反之當人放鬆降低大腦皮質活動時，就容易測到 alpha 波，所以我們看 alpha /beta 的比值，當比值大代表 alpha 波大於 beta 波，反之，比值越小代表 beta 波大於 alpha 波。從比值來判斷大腦活動的活躍或靜止放鬆狀態，這與注意力的推測有關。這次我們直接以兩組的 alpha /beta 的比值算出組間比較的 p 值，並畫出腦部分布圖，p 值愈小呈現顏色愈趨紅色。

當在實驗睜眼階段(0-50s)前測時，左側腦的額葉與枕葉，右腦的顳葉 p 值低比較顯著，後測則以左額葉與右側頂葉、枕葉稍微明顯。這樣的結果與前小節描述相似，在睜眼靜心狀態可能是 alpha 波最明顯時，最容易在枕葉與頂葉測量到。操作 2-back 時(50-120s)時，應該是 beta 波最明顯，此時以前測 AF3(α/β p=0.149678),後測 F3(α/β p=0.06251)O1(α/β p=0.064567)p 值最低，符合視覺刺激與大腦思考推理時 beta 值明顯，尤其額葉區是掌管推理思考運作的總指揮區。

再從圖 4.2.5 的 P 值分布圖看，前後測的 0-50s 與 50-120s 相比，發現圖內第 4 的 50-120s 的 p 值普遍低於 0-50s，兩組差異在此時最顯著。這說明經過十次 dual n-back 訓練後，大腦進行後測 2-back 操作而心智專注在記憶思考與推理運作時，兩組學生受視覺刺激的枕葉區與有關工作記憶的頂葉區有明顯差異。

表 4.2.5 兩組前後測的 alpha /beta 比值的獨立 t 檢定 p 值

| α/β P 值 | A F3 | F7 | F3 | F C5 | T7 | P7 | O 1 | O 2 | P8 | T8 | F C6 | F4 | F8 | A F4 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 前測 (0-50) | 0. 55 | 0. 15 | 0. 47 | 0. 77 | 0. 36 | 0. 52 | 0. 19 | 0. 29 | 0. 10 | 0. 20 | 0. 32 | 0. 30 | 0. 40 | 0. 47 |
| 前測 (50-1 20) | 0. 15 | 0. 84 | 0. 73 | 0. 37 | 0. 88 | 0. 33 | 0. 29 | 0. 46 | 0. 66 | 0. 57 | 0. 3 | 0. 52 | 0. 66 | 0. 35 |
| 後測 (0-50) | 0. 24 | 0. 58 | 0. 36 | 0. 80 | 0. 95 | 0. 64 | 0. 53 | 0. 26 | 0. 19 | 0. 32 | 0. 64 | 0. 87 | 0. 24 | 0. 88 |
| 後測 (50-1 20) | 0. 50 | 0. 37 | 0. 06 | 0. 25 | 0. 36 | 0. 43 | 0. 07 | 0. 56 | 0. 30 | 0. 33 | 0. 48 | 0. 19 | 0. 31 | 0. 52 |

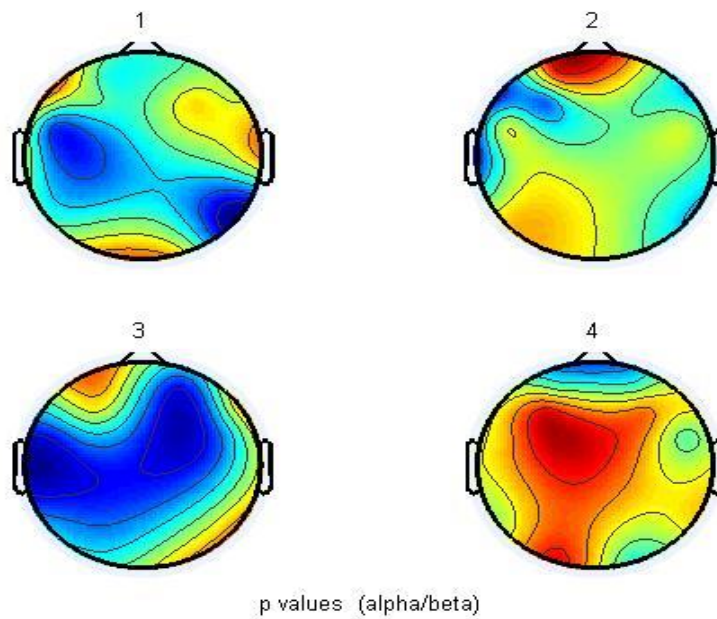


圖4.2.5 兩組 alpha /beta 比值的獨立t 檢定p值腦部分布圖

(p值愈小，顏色愈亮)

註:1、2是前測，3、4是後測，1、3是0-50s睜眼狀態，2、4是50-120s

4.3 實驗前後操作 2-back 與定期段考的國文科與數學科成績分數比較

4.3.1 兩組前後測的組內比較(見表 4.3.1)

(一) 實驗組在操作 2-back 的前後測得分方面，前測 45.69 ± 21.013 分，後測 84.85 ± 16.025 分，P 值是 0.000，有顯著的差異 ($P < 0.05$ 代表顯著)；對照組在操作 2-back 的前後測得分方面，前測 33.20 ± 13.847 分，後測 54.80 ± 19.184 分，P 值是 0.004，也有顯著的差異。實驗組經過 10 次練習後，前後測分數差距 39.16 分。對照組雖沒有練習，但前後測分數也差距 21.6 分，兩組都呈現顯著差異，但以實驗組最明顯，說明受試者經過十次介入訓練後，對大腦產生明顯影響與成績的提升。

(二) 實驗組在實驗前段考國文科的得分方面，實驗前 79.00 ± 8.165 分，實驗後 75.38 ± 9.242 分，P 值是 0.123，沒有顯著的差異；對照組在實驗前國文科的得分方面，實驗前 79.00 ± 6.106 分，實驗後 77.33 ± 8.541 分，P 值是 0.239，沒有顯著的差異。實驗組的前後分數差距是 -3.62 分，對照組的前後分數差距是 -1.67 分，兩組國文科實驗後分數均低於實驗前分數，推測可能實驗後試題內容難度增加，或者是其他干擾變數影響。

(三) 實驗組在實驗前段考數學科的得分方面，實驗前 68.08 ± 15.419 分，實驗後 73.46 ± 11.311 分，P 值是 0.106，沒有顯著的差異；對照組在實驗前數學科的得分方面，實驗前 70.20 ± 19.771 分，實驗後 74.60 ± 13.163 分，P 值是 0.401，也沒有顯著的差異。而實驗組的前後分數差距是 5.38 分，對照組的前後分數差距是 4.4 分，雖然兩組在數學科的前後差異都不明顯，但實驗組在實驗後分數上進步的幅度勝過對照組，推測大腦經過 10 次練習後，對神經元傳遞的活化如長期增

益效益產生幫助，提升了腦力(Susanne M. Jaeggi, 2008)。

**表 4.3.1 實驗前後 2-back、段考國文科與數學科成績組內比較
(N=28)**

| 組別 | 項目 | 實驗前 | 實驗後 | p-值 |
|--------|--------|---------------|---------------|--------|
| 實驗組 | 2-back | 45.69 ±21.013 | 84.85 ±16.025 | 0.000* |
| (n=13) | 國文成績 | 79.00 ±8.165 | 75.38 ±9.242 | 0.123 |
| | 數學成績 | 68.08±15.419 | 73.46±11.311 | 0.106 |
| 對照組 | 2-back | 33.20 ±13.847 | 54.80 ±19.184 | 0.004* |
| (n=15) | 國文成績 | 79.00 ±6.106 | 77.33 ±8.541 | 0.239 |
| | 數學成績 | 70.20 ±19.771 | 74.60 ±13.163 | 0.401 |

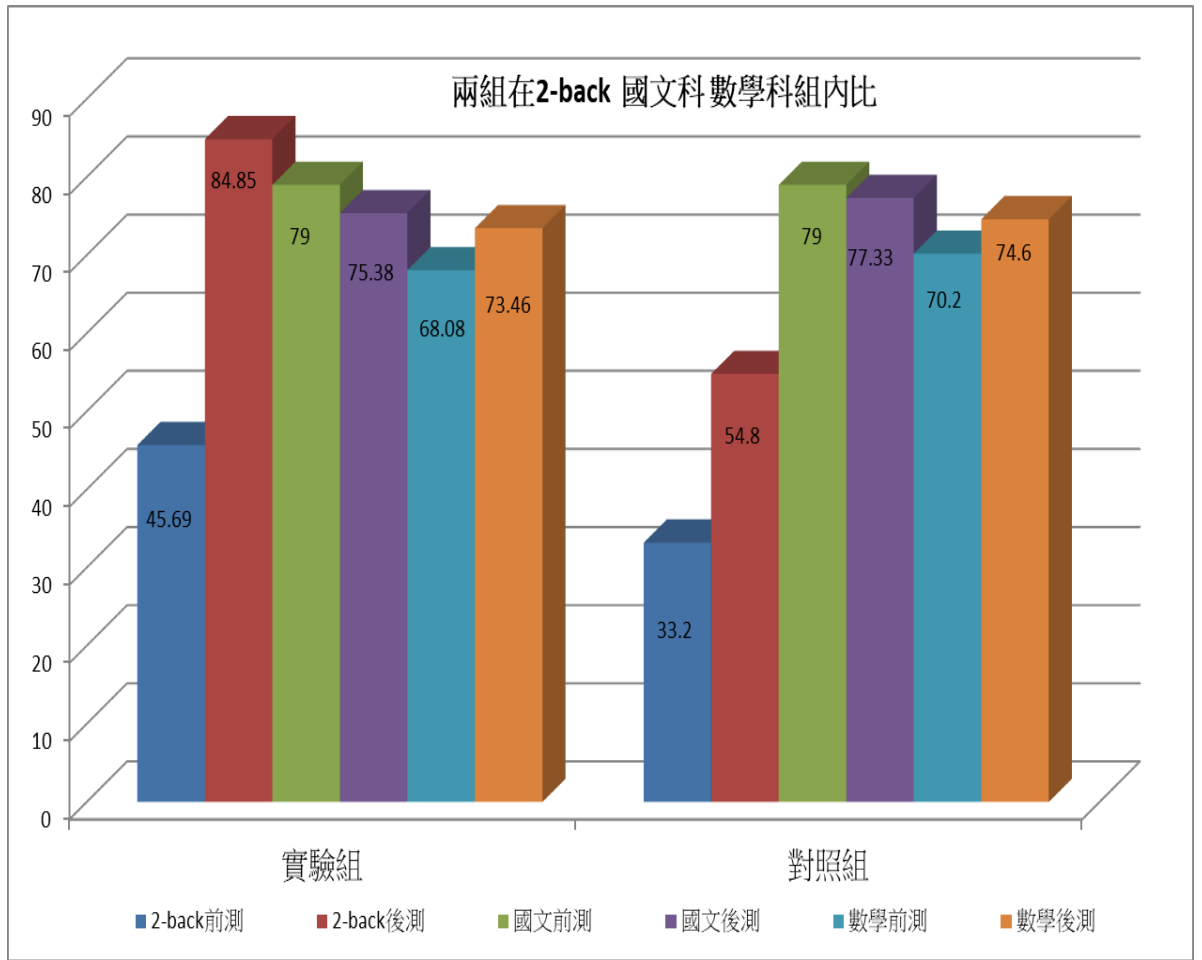


圖 4.3.1 實驗前後 2-back、段考國文科成績與數學科成績組內比較

4.3.2 兩組前後測的組間比較(見表 4.3.2)

(一) 兩組在 2-back 的前測分數方面，實驗組是 45.69 ± 21.013 分，對照組是 33.20 ± 13.847 分，p 值是 0.071，沒有顯著，代表兩組在 2-back 的前測方面是同質性。在 2-back 的後測分數方面，實驗組的平均分數是 84.85 ± 16.025 分，對照組是 54.80 ± 19.184 分，p 值是 0.000，代表有顯著，可說明經過 dual n-back 的訓練後，如同赫布理論與長期增益效用所言，對大腦的部分工作記憶能力有提升。

(二) 兩組在段考國文科實驗前的分數方面，實驗組是 79.00 ± 8.165 分，對照組是 79.00 ± 6.106 分，p 值是 1.000，沒有顯著，代表兩組在實驗前段考國文科的分數是同質性。在實驗後的段考國文科的分數方面，實驗組的平均分數是 75.38 ± 9.242 分，對照組的平均分數是 77.33 ± 8.541 分，p 值是 0.567，代表兩組在實驗後段考國文分數沒有顯著差異。

(三) 兩組在段考數學科實驗前的分數方面，實驗組是 68.08 ± 15.419 分，對照組是 70.20 ± 19.771 分，p 值是 0.757，沒有顯著，代表兩組在實驗前段考數學的分數是同質性。在實驗後的段考數學科的分數方面，實驗組的平均分數是 73.46 ± 11.311 分，對照組的平均分數是 74.60 ± 13.163 分，p 值是 0.810，沒有顯著，代表兩組在段考數學的後測是同質性。從對照組在數學後測的成績高過實驗組 1.14 分，且比較兩組在數學的前後測差距上，實驗組是 5.38 分，對照組是 4.40 分，顯示實驗組進步的幅度大於對照組，可推論經過 dual n-back 的十次練習，刺激活化神經元突觸的傳遞，發揮神經元長期增益的作用，提升大腦的部分工作記憶能力。

表 4.3.2 實驗前後 2-back、段考國文科與數學科成績組間比較(N=28)

| 項目 | 實驗組(n=13) | 對照組(n=15) | p值 |
|----------|---------------|---------------|--------|
| 2-back前測 | 45.69 ±21.013 | 33.20 ±13.847 | 0.071 |
| 2-back後測 | 84.85 ±16.025 | 54.80 ±19.184 | 0.000* |
| 實驗前國文 | 79.00 ± 8.165 | 79.00 ±6.106 | 1.000 |
| 實驗後國文 | 75.38 ±9.242 | 77.33 ±8.541 | 0.567 |
| 實驗前數學 | 68.08 ±15.419 | 70.20 ±19.771 | 0.757 |
| 實驗後數學 | 73.46 ±11.311 | 74.60 ±13.163 | 0.810 |

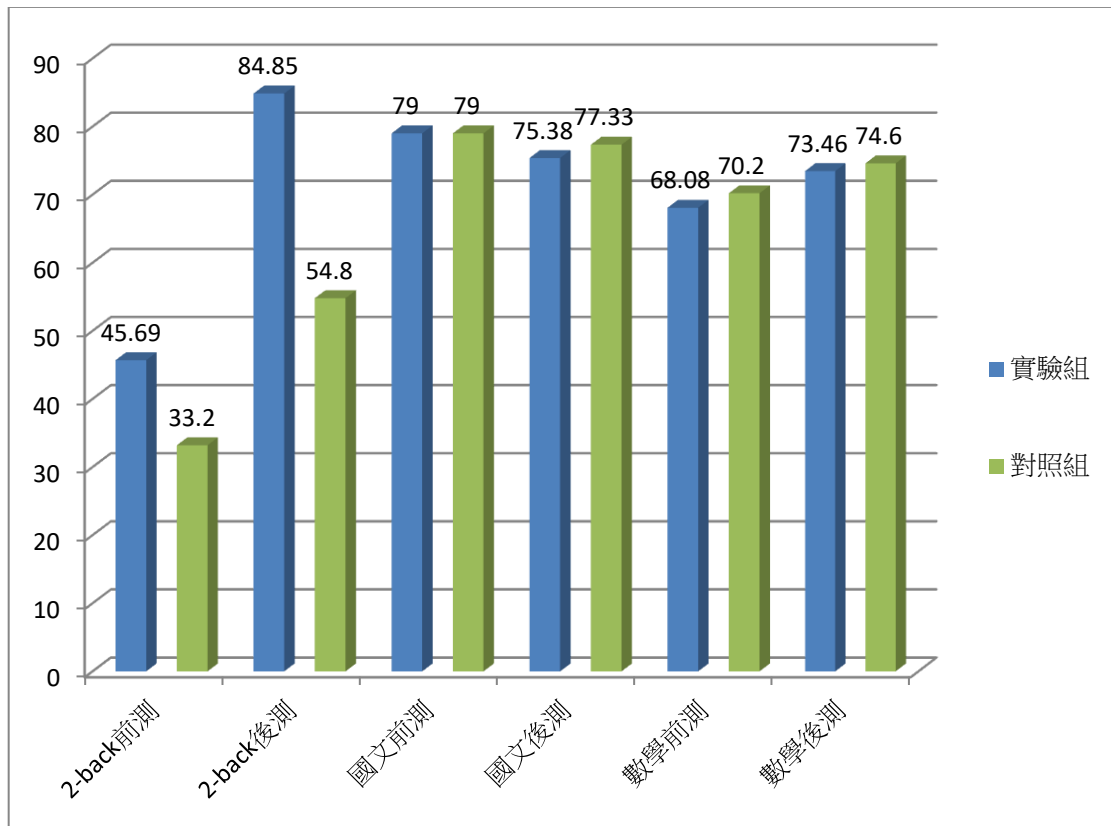


圖 4.3.2 實驗前後 2-back、段考國文科成績與數學科成績組間比較

第五章、討論

本研究運用 dual n-back 的介入，採隨機單盲方式研究工作記憶的提升在教學現場的效益，從兩組前後測 alpha、beta、theta 腦波數據呈現實驗組在大腦皮質的腦葉區與對照組有明顯相異的現象，符合赫布理論中大腦神經元的長期增益效應，與突觸的用進廢退原理。雖然本實驗的時間不長，但是透過這種長期被認知心理學家拿來操作訓練腦部認知功能的 dual n-back 的介入工具，對提升部分工作記憶的容量與短期記憶能力是有正面的關係，將有助於提高學習和延緩老化失智的作用參考。此章目的在探討以下三個部分：

1. 分析兩組學生的人格特質與其國文與數學科的期中考成績表現是否有統計數據的相關性。
2. 從學生在前後測執行「dual 2-back」時的腦波 alpha、beta、theta 數據比較分析兩組的差異性，並討論介入練習是否提升部分工作記憶的能力。
3. 根據實驗前後的期中考成績，探討兩週短期工作記憶的訓練，是否能遷移到學生的國文與數學科的學業成績表現。

5.1 中學生人格特質對個人學業表現的影響

從表 4.1 來看，兩組在中學生的人格特質量表總分，實驗組是 52.69 ± 33.579 分，對照組是 41.40 ± 26.038 ，採用獨立 T 檢定分析，p 值是 $0.326(p > 0.05)$ ，代表兩組學生沒有顯著差異，屬同質性。再從單因子共變數分析(ACOVA) (見表 4.1.2)，人格特質的五個面向:創新變異、情緒表現、友愛親密、樂觀進取及決策能力對於 N-BACK 及月考國文科數學科的前後測成績有沒有產生干擾因素的影響，結果是實驗前對 2-back 的影響 P 值是 $0.453(p > 0.05)$ ，對國文科的影響 P 值是 $0.256(p > 0.05)$ ，對數學科的影響 P 值是 $0.395(p > 0.05)$ ，實驗後對 2-back 的影響 P 值是 $0.776(p > 0.05)$ ，對國文科的影響 P 值是 $0.066(p > 0.05)$ ，對數學科的影響 P 值是 $0.468(p > 0.05)$ ，三者的前後測數據結果顯示都沒有顯著差異。

但從五個評估面向可看到創新變異和樂觀進取方面的 p 值是偏低的(創新變異 $p = 0.379$ ，樂觀進取 $p = 0.103$)，表示在這兩個特質某些個別學生的學習也許會有潛在影響的，包括學習態度與學習壓力的適應種種問題，甚至會影響到學業的成就，這是不容小覷的。根據 Zhang (2002) 研究證實人格特質與個人學業成就有顯著相關，高學習成就學生的人格特質較為開放、情緒穩定(陳李綢, 2008)。又 陳李綢 (2008); Barrio, Aluja, & Garcia (2004); Ehrler, Gary, & Mcghee (1999); MacDonald (1998) 等許多研究使用五大因素人格量表探討人格特質與智力、創造力、社會適應能力及思考風格的相關研究，證實開放性特質與創造力、智力有關；人格特質與思考風格、學習風格有顯著相關。

再進一步探討學業成就相關的研究，林正源、黃德祥 (2011) 一

份針對台灣中部地區 767 位國中生的思考風格、人格特質與學業成就的研究分析，他們指出人格特質對學業成就有直接效果。又 Komarraju, M. et al. (2011) 從五大人格分析與學習方式針對 308 位大學生做的研究，發現外向開朗的人格態度與學業成就有正相關。Naemi D. Brandt et al. (2020) 針對 12,915 名德國九年級學生在德語與數學科成就上與五大人格特質的關係，指出人格特質的面向更能解釋學業成就的相關性。

雖然本研究的人格特質對這兩組參與實驗的學生在學業成就的表現沒有顯著差異的影響，但有可能是因為樣本數太少，所以在統計上看不出人格因素對兩組學業成就的影響。

我們了解到中學生的人格發展會隨著年齡、環境與社會變化而改變，如果在教育現場能針對學生的認知行為與心理提出適當的教育策略與輔導方案，將有助於提升中學生的教育品質與學習成效，以培養身心健康的學生，並促進中學生的競爭力與提升國家的教育力。

5.2 Dual 2-back 實驗前後腦波數據分析

Vogel (1968)研究發現，人體的行為及學習上的表現就是 alpha、beta、delta、theta 波的不同組合型態來反應，慢波 alpha 與 theta 波與工作效率有關；當心智負荷增加時，人腦的 beta 波也相對增加。Mecklinger et al. (1992) 及 Kilmesch et al. (1993)研究亦指出當受測者專心心算測驗時，alpha 波振幅較減少，且 theta 波及低頻 beta 波出現增加情形，且專注力、記憶力亦有明顯的提升效果。根據以往研究指出，大腦活動會隨著任務難度提高，增加全腦各區域之活動，其中 theta 波也隨之增加。theta 波在認知行為上與解決問題，學習和工作記憶有密切相關(Daniel,1977; Paul, 2010)。alpha 波減少及 theta 波的增加對工作負荷及專心有明顯正相關 (Onton et al., 2005； Prinzel et al., 2001)。

本研究先分別分析 alpha 波、low- beta 波和 theta 波的兩組分布 p 值，目的是了解在睜眼靜心狀態與大腦執行工作任務狀態下，此三種腦波在注意力與專注力或分心的表現情形。以對照比較 dual n-back 的訓練是否會提升工作記憶及專注力。

5.2.1 有關 alpha 波數據的討論

從表 4.2.1.2 顯示實驗組學生在 0-50s 實驗前後測，alpha 波的平均數值高於對照組，但兩組獨立 t 檢定 p 值都不顯著，可說實驗組學生呈現放鬆狀態的專注力程度稍微優於對照組學生。圖 4.2.1.2 是根據表 4.2.1.3 兩組的 alpha 波獨立 t 檢定 p 值畫出的腦部分布圖，在 0-50s 前測 P 值沒有顯著，數值比較低是在前測的右側頂葉(P8= 0.24)與額葉區(FC6= 0.14; F4= 0.08)及左側枕葉區(O1= 0.08)。而後測兩組有明顯差異在額葉區(AF3= 0.00; FC5= 0.01)，而數值比較低是在顳葉、與額葉區(T8= 0.06; FC6= 0.17; F4=0.10)。

在 50-120s 階段，對照組 alpha 波的平均數值高於實驗組，兩組 P 值最明顯差異是後測額葉與頂葉區(AF3=0.00, FC5=0.00, P8=0.05, F4=0.00)。對照組在後測掌管推理思考的額葉區呈現顏色比實驗組亮，而這也吻合此時大腦專注在推理思考時，alpha 波數值減少 beta 波數值會增加。

Susanne M. Jaeggi et al. (2003) 從 dual n-back 的訓練用在工作記憶的功能性神經影像學研究分析，顯示前額葉皮質區域被激活。而背外側前額葉(DLPFC)和其他大腦區域的激活強度隨工作記憶負荷也呈現正相關變化 (Manoach, Brave et al., 1997)。而本研究從腦電圖 EEG 的 14 個 channel 所得數據，經過計算後所畫出的腦波頻譜功率圖，雖然沒有像 fMRI 所展現的那麼精密，但也是一種簡便可行的參考方式，其結果也大致符合學者們的研究。

Van Den Heuvel et al. (2003) 研究發現前額葉皮層和基底神經節之間的相互作用可能參與了計劃內容的選擇和轉換。Owen、McMillan、Laird 和 Bullmore (2005) 以使用 n-back 訓練做工作記憶負荷的 24 篇文獻做綜合分析，發現了六個關鍵區域 (外側前運動皮層、背側扣帶

回、內側前運動皮層、背外側和腹側前額葉皮層、額葉、頂內側和外側後皮質) 也有被激活的證據。Hui Wang et al. (2019) 的綜合分析研究中也明確指出，頂葉皮質層被認為參與了 n-back 任務的視覺空間方面以及工作記憶的運作。

Hui Wang et al. (2019)指出，年輕的人在額葉、頂葉的活動比年長的人多，研究中也表明，島腦(insula)在績效監控和焦點注意力捕獲中發揮著作用 (Dosenbach et al., 2007 ; Dosenbach et al., 2006 ; Dosenbach et al., 2008 ; Ploran et al., 2007)。在這份研究中，學者也指出在 n-back 任務中，隨著內存負載增加 (n 增加)，能力會下降。這與本研究從事 dual n-back 的工作記憶訓練，使得實驗組在後測 50-120s 執行 2-back 任務時會激發大腦皮質區域活動的狀態結果有相當的符合(見圖 4.2.1.1，圖 4.2.1.2)。

根據學者研究 alpha 波與注意力的持續狀態有關，Wan et al. (2014) 針對 25 名平均 23 歲健康的學生研究，指出靜止狀態時的 alpha 波可做為學習能力的指標。Klimesch, Wolfgang (2012)的研究也指出 alpha 波有抑制功能和活躍的認知處理角色。Ruimin Wang et al.(2017)結論說明 alpha 波會影響注意力控制，和工作記憶的處理有關，也會抑制與任務不相關的資訊。

5.2.2 有關 low-beta 波數據的討論

再看 low-beta 的分析，從表 4.2.2.1 和表 4.2.2.2 的數值判斷，對照組只有在 50-120s 的前後測平均數值稍微高於實驗組，推測對照組沒有經過介入練習，右腦對於新事物刺激表現活躍，而實驗組經過十次練習，在右腦顳葉、額葉中央區及頂葉部出現原始數據值高於對照組來看，符合 beta 波以額、顳葉和中央區在大腦精神活動增多時較明顯的論點相符。推論大腦經過介入機制運作，提升了部分工作記憶的能力，這與 beta 波在大腦專注推理與思考操作 2-back 時是會被激活的理論吻合(Shouyi Wang, 2015)。從表 4.2.2.1 beta 數值和表 4.2.2.3 兩組獨立 t 檢定 P 值與圖 4.2.2.1 頻譜功率圖和圖 4.2.2.2 p 值腦分布圖，觀察兩組的差異，在 0-50s 前測沒有顯著差異，數值偏低的是左枕葉區(O1=0.05)，後測有顯著差異的是額葉區(AF3=0.00, FC5=0.02)，而右額葉區(F4=0.10)偏低。

50-120s 狀態前測兩組也不顯著，數值偏低的是左額葉與左枕葉區和右頂葉區(FC5=0.13, O1=0.07, P8=0.15)，後測有顯著差異的是額葉區(AF3=0.00, FC5=0.00, F4=0.00)。此結果說明實驗後兩組在執行工作任務時，在以注意力與推理思考力表現為主的 beta 波呈現兩組的區別。

Binder, J. R. (2000) 研究指出，顳葉區是負責聽覺訊息的中樞主管語言與長期記憶，及高級視覺功能(例如物體識別)，和分辨左右，其中有一區被稱為「韋尼克區」，功能偏向理解語文文字的意義。而這些正是 2-back 從視覺與聽覺方面刺激大腦，神經元必須快速正確回應目標所在，說明顳葉區神經元細胞受到激活，符合顳葉區有顯著差異的現象。

而實驗介入訓練過程，透過十次的 dual n-back 的刺激，這些神

經細胞連結愈穩固，在腦中建立的形象愈明確，成為大腦中的一條「記憶」。這說明為什麼實驗組學生在 50-120s 的後測有明顯差異的原因。而且根據學者研究顳葉有「自動化、無意識」的記憶，與額葉掌管「有意識的記憶」（即一般記憶力）是不同的。

5.2.3 有關 theta 波數據的討論

再從表 4.2.3 分析兩組 theta 波的 p 值，有顯著差異的是 0-50s 後測的 AF3(0.00)、FC5(0.02)及 T8(0.02)，也就是額葉區及顳葉區。50-120s 有顯著差異在 AF3(0.00)，FC5(0.00)，F4(0.00)，即額葉區與中央區。如果從圖 4.2.3 p 值腦部分布圖，在 50-120s 後測的變化明顯相異於前測。這也說明實驗介入變項確實影響到大腦神經元的運作，而神經振盪(neural oscillation)和許多認知功能有關，例如信息傳遞，知覺，運動控制和記憶力。

根據 theta 波的研究大多在探討短期記憶與認知能力，是通往學習，記憶和直覺的門戶，在臨床上發現與專注、情緒經驗、注意力及認知資源的分配、本體感覺訊息處理過程、任務複雜性有所關聯 (Sauseng et al. 2007)。在 2016 年 Jen-Jui Hsueh & Tzu-Shan Chen & Jia-Jin Chen 以及 Fu-Zen Shaw 的研究中顯示 theta 波的增強可使專注力提升，記憶力增強(劉玉雯，2017)。在本研究中看到 theta 波在 50-120s 操作 2-back 時，大腦皮質區有明顯激活現象。根據 Susanne Jaeggi et al.(2008)，Kane et al.(2007) 的研究，認為 n-back 訓練可以提高智商，因為隨著 n 的增加，受試者的記憶負荷增加，從而提升大腦智力。

5.2.4 有關 theta/beta 比值的討論

本研究再從分析 theta/beta 比值與 alpha/beta 比值，在 theta/beta 的比值後測更加顯著，顯著的地方集中在大腦左側的額葉(F3, $r=0.058$)(FC5, $r=0.298$)、顳葉(T7, $r=0.354$)(T8, $r=0.297$)、頂葉(P8, $r=0.270$)與枕葉(O1, $r=0.270$)部分，說明介入練習後這四個腦區的數值最高，所以與 n-back 進行時的雙重視覺與聽覺的刺激會活化顳葉語文區與聽力以及枕葉視覺區的神經元細胞是吻合的，而且頂葉區有重要的體感皮質區和位處多重感覺區の後頂葉，且參與重要的認知處理過程如工作記憶和選擇性注意力(Marlene Behrmann, Joy J Geng, Sarah Shomstein, 2004)。

根據文獻 theta/beta 比值通常是作為 ADHD 的判斷(F.J. Perales et al., 2017)，認為 theta 數值上升，beta 數值下降，代表注意力愈不集中，或是做白日夢，心思漫遊(Mind Wandering)(Dana van Son, 2018)，以此推估判斷注意力不足或過動的現象，但有學者指出此比值是顯示認知處理過程的容量空間，不足以推斷 ADHD 的徵兆(Adam R. Clarke .2019)。所以可以說明 theta / beta 的比值可作為普通人群和患有 ADHD 症狀的認知工作能力有異常的指標(Picken et als , 2019)，有可能是過動症的特徵，不足以支持作為 ADHD 的診斷神經標誌(Kiiski H , 2020)。

5.2.5 有關 alpha/beta 比值的討論

而 alpha / beta 比值，作為放鬆靜止狀態的專注力與大腦執行工作思考任務推理時的專注力比較，研究結果在實驗睜眼階段(0-50s)時，觀測到前測 P8($\alpha/\beta=0.997$)，後測 T7($\alpha/\beta=0.950$)比值最高。操作 2-back 時(50-120s)時，以前測 AF3($\alpha/\beta=0.150$)，後測 F4($\alpha/\beta=0.188$)比值最低。學者 Seokbeen Lim(2019)與 Supassorn Rodrak et al.(2012)的文獻中有做過此比值研究，認為 alpha 波的上升是在大腦活動狀態減少時產生，而 beta 波的產生在認知功能上是與喚醒/警報狀態相關，是一種正常的清醒意識，在大腦執行需要高反應時間的運動任務時產生，因此 alpha / beta 比值會降低，這也與我們的研究結果，beta 波在大腦專注推理與思考操作 2-back 時是會被激活的理論吻合 (Shouyi Wang,2015)。

5.3 兩週工作記憶的訓練與學業成就遷移的分析

從表 4.3.1 兩組實驗前後操作 2-back 與段考的國文科與數學科成績的組內分析來看，只有操作 2-back 時有顯著，實驗組的 p 值是 0.000，對照組的 p 值是 0.004，國文科(實驗組 $p=0.123$ ，對照組 $p=0.239$)與數學科(實驗組 $p=0.106$ ，對照組 $p=0.401$)成績方面都不顯著。

表 4.3.2 兩組實驗前後操作 2-back 與段考的國文科與學科的組間比較，兩組在 2-back 的前測分數方面，實驗組平均分數是 45.69 ± 21.013 分，對照組平均分數是 33.20 ± 13.847 分，p 值是 0.071，沒有顯著。在 2-back 的後測，實驗組的平均分數是 84.85 ± 16.025 分，對照組是 54.80 ± 19.184 分，p 值是 0.000，代表有顯著，說明經過 dual n-back 的訓練後對大腦的工作記憶有顯著提升。

兩組在實驗前段考國文的分數方面，實驗組是 79.00 ± 8.165 分，對照組是 79.00 ± 6.106 分，p 值是 1.000，沒有顯著，代表兩組在實驗前段考國文的分數是同質性。在實驗後段考國文的分數方面，實驗組的平均分數是 75.38 ± 9.242 分，對照組是 77.33 ± 8.541 分，p 值是 0.567，代表兩組在實驗前段考國文的分數是沒有顯著差異。

兩組在實驗前段考數學的分數，實驗組是 68.08 ± 15.419 分，對照組是 70.20 ± 19.771 分，p 值是 0.757，沒有顯著，代表兩組在實驗前段考數學的分數是同質性。在實驗後段考數學的分數，實驗組的平均分數是 73.46 ± 11.311 分，對照組是 74.60 ± 13.163 分，p 值是 0.810，代表兩組在實驗後段考數學的分數是沒有顯著差異。對照組在數學後測的成績高過實驗組 1.14 分，且比較兩組在數學的前後測差距上，實驗組差距是 5.38 分，對照組差距是 4.40 分，顯示實驗組進步的幅度大於對照組，有可能是經過 dual n-back 的十次練習，對大腦的工

作記憶有助益，提升大腦認知功能。

Susanne Jaeggi (2008) 以透過 dual n-back 作為提升工作記憶的任務來提高流體智力。他們的主張是工作記憶和流體智力(Gf)有學習遷移的可能。該研究結果證明了智力的獲得程度主要取決於訓練的數量：訓練越多，Gf 的改善就越多。

在 2013 年到 2016 年間的綜合分析研究中，針對兒童和成人的工作記憶訓練是否可以產生短期的遷移效應（口頭和視覺空間 WM 任務）做研究，結果證實是有遷移現象，遷移的效應是零到小語言和視覺空間推理（或流體智能； Gf）。(Melby-Lervåg & Hulme,2013; Schwaighofer, et al.,2015; Melby-Lervåg. et al.,2016 ; Weicker. et al.,2016) 遷移對認知控制和注意力的影響很小（Melby-Lervåg & Hulme,2013; Weicker et al.,2016），但是沒有遷移到長期記憶（Weicker et al.,2016），和算術技能（Melby-Lervåg & Hulme,2013 ; Schwaighofer et al., 2016）。此外還有 Au, J., Sheehan, E.等(2014)在一項針對流體智力提升的綜合分析，發現 n-back 訓練對改善流體智力的作用很小但很明顯。

2017 年 Anna Soveri 在〈工作記憶訓練：n-back 訓練研究的多層次綜合分析〉得出的結論是：「在執行帶有 n-back 任務的工作記憶培訓後，遷移的很大一部分是針對特定任務的。」約翰·霍普金斯大學的研究人員 Kara Blacker 和 Susan Courtney 在 2017 年 10 月所發表的研究指出，「大多數科學家在研究中使用的這種腦力訓練方法可以顯著改善記憶力和注意力，並且引發更顯著的腦活動變化。」

從這些討論結果得知，本研究透過兩週 dual n - back 的訓練作為提升工作記憶的容量與短期記憶能力的任務是有顯著的效果，但是沒有遷移到國文與數學的月考成績（國文科 p 值=0.567，數學科 p 值

=0.810)，這是因為月考的科目測驗是屬於長期記憶的表現，這符合上述學者的研究(Weicker et al.,2016; Melby-Lervåg & Hulme,2013 ; Schwaighofer et al., 2016)。說明除非針對特定任務，否則不會遷移到長期記憶上。



第六章、結論、研究限制與建議

6.1 結論

以 dual n-back 作為提升工作記憶的介入變項，針對 28 名高三學生(平均年齡是 18.5 歲，男性 5 人，佔 17.9%，女性 23 人，佔 82.1%)，採隨機單盲的方式分派實驗組與對照組，比較前後測腦波儀量測數據與國文數學科月考成績。經過兩週實驗結果，實驗組在 2-back 的前後測達到顯著的結果，且數學科後測分數上進步的幅度勝過對照組。雖然兩組在國文科與數學科的前後差異都不明顯，這與學者研究的 dual n-back 的訓練對大腦的長期記憶沒有遷移作用但對特定任務有作用的結果相符合，但推斷以 dual n-back 的訓練來提升部分工作記憶能力的腦力開發是可行的。

從大腦皮質區的神經元活動以腦波注意力表徵的 alpha 波和推理思考的 low- beta 波及與短期記憶與認知能力有關係的 theta 波來看，實驗結果發現 dual n-back 的介入對兩組學生特定的大腦皮質區活性明顯不同，進而產生與專注、情緒經驗、注意力及認知資源的分配、本體感覺訊息處理、任務複雜性等工作記憶有所關聯。但涉及實驗設計內容與實驗儀器的限制，更期待未來擁有更多樣本和工作記憶評估工具與更長時間的實驗過程。

在本研究中看到左右腦的不對稱性與可塑性，面對新奇事物，右腦會產生快速的反應再透過神經細胞傳遞到左腦對應的皮質區做連結，而不同的腦區也會因視覺或聽覺等感官刺激做出回應，說明左右腦是互相分工且又緊密合作。所以要強健腦力必須對大腦做多方面且長時間的刺激以加強維持並提升大腦運作的功能，不僅有助於莘莘學子的學業學習，這對於研究老年化智力衰退的現象也有很大的助益。

再從人格特質分析來看，雖然樂觀進取的人格特質在此實驗中對依變項沒有達到顯著差異的影響，但創新變異的人格特質影響依變項的數值高過對照組，這說明具有創新變異人格特質的人，他們的大腦神經元在面對新奇事物上比較有應變能力與接受學習的能力，也更能適應未來多變化的世界與處理複雜事務的能力，所以如何調整創新教學環境或運用多元的教學方式引導學生學習是值得投入研究與思考的方向。



6.2 研究限制

本研究在研究限制上，有以下四點：

一、 在招募實驗對象上，因顧慮學測有繁星制度會影響到升學的公平性，因此招募以繁星制度不影響到高三學期分數的高三學生為研究對象，而男女生在生理的大腦皮質活動上截然不同，且此研究中男女人數不均，可能會影響到研究的效果，需要進一步從年齡與性別上擴大參與人數來做研究。

二、 本研究使用的腦波儀(EEG)，其優點是非侵入性的儀器，可使用在一般人類受試者身上。但 EEG 資料的主要問題在於「它是從大腦各個不同區域所傳導出來的大量訊號所組成的。因此訊號是否真能代表神經細胞在相關網絡中的運作」(Sejnowski & Churchland,1989, p.332)?再加上頭骨厚度與細胞密度的個別差異與測量的誤差及穿戴上的問題，所以想藉由 EEG 技術來了解更精確的大腦定位，有某些程度的不確定性。即便是用了六十四個電極仍舊如此有其限制性。(Gevins,1996)(James P. Byrnes , 2004)

三、 本研究從工作記憶的訓練來觀察腦波在執行工作任務時的變化，後測時兩組學生特定的大腦皮質區活性明顯不同，但本研究沒有觀察到訓練後的遷移效應，後續研究可針對訓練次數、訓練時數和測驗方式來探討工作記憶訓練的效應，而且如何應用在實際課堂上或運動項目的課程，仍需要更齊全設備與更多研究資料來發展。

四、 認知心理與行為的表現，會間接或直接形塑成人格。而從人格特質分析學業成就，一般大多從焦慮或憂鬱等情緒壓力來探討，或是從負責任與外向、開朗性格來分析，但是人格心理的複雜性仍然期待未來有更全面的認知心理面向來探討與學業表現的關係。

6.3 建議及未來的方向

二十一世紀大腦與心智的科學研究正方興未艾，從我們國家科技部設立的相關重點研究中心，看出腦科學的研究顯然有極大潛力去幫助人們了解目前環境快速變化下，隨之衍生的種種教育、學習與行為秩序等社會問題，甚至與高齡社會衍生而來的老化失智相關的健康議題，這些都牽涉影響到國家未來的發展。

本次實驗結果透過非侵入性的生理檢測工具-腦波儀去認識大腦皮質在工作記憶與學習情境下的活動狀態，希望從認知神經科學角度提出對改善學習可行的方式，具體建議如下：

一、 本研究不以醫療級腦電圖儀器為工具，而以遊戲/工程業界創新研發的 Emotiv EPOC 腦波儀進行實驗，希望能普及以隨身攜帶式的簡便儀器在校園中推廣檢測，以便掌握學生的互動學習狀況做即時回饋，提出具體改善的學習策略。而腦波的正确讀取，也會影響到後續的分析及歸納，所以如何改善機器讀取腦波訊號的能力，在腦科學的工業設計上，扮演著重要角色。期待未來提供科技輔助教學策略與創新教材及設備環境來激發學生的學習動機、興趣和潛能，並進而提升學習效果。

二、 研究指出(Conway et al. 2010, Morrison et al. 2010, Zach et al. 2010, Weicker et al. 2016, Lawlor-Savage et al. 2016, Kane et al. 2017)工作記憶在許多認知作業的表現與認知能力個別差異上扮演關鍵的角色。台灣教育界如果能從認知神經科學角度去認識學生學業低成就不單是專注力不足的問題，或許也牽涉到大腦本身生理結構與功能性的問題，就不會一味指責學童不努力不專心，而能更積極從開發大腦潛能的方式著手，來幫助學童提升腦力，並從學生的人格特質發展與心

理層次分析全方面的人格與行為，才能對學生的提出適當的教育策略與輔導方案，有助於提升學生教育品質，促進學生的競爭力與國家教育的實力。

三、 學習現場不單是考慮學習者大腦發展與心智問題，改善課程內容、教學環境的布置與提升教學方法也是重要因素之一。教育學者張新仁（2004）也指出教師的教學技巧，及教材內容的設計也是關鍵所在，都將有助於解決大腦注意力容量的問題，可作為輔導改進教學與評量教育成效的重要指標。

四、 台灣預估在 2025 年進入超高齡社會(65 歲以上人口占比超過 20%)，如何預防高齡者失智現象及活化大腦正常功能運作是國家發展的重要課題。本研究從提升工作記憶及學習遷移角度，對於預防失智、延緩老化與對中風和腦傷病人的腦力復健或許有參考作用。

參考文獻

中文文獻

- 王甦、汪安聖 (2004)。《認知心理學》。台北市: 五南出版社。
- 李葆明 (2005)。《心智家園~神經與腦科學》。台北市: 世潮出版社。
- 周永豐 (2016)。《結合腦波儀發展視聽專注力評估系統: 應用於注意力缺損過動症的孩童》。未出版之碩士論文, 台中市: 朝陽科技大學資訊工程研究所。
- 林玉雯、黃台珠、劉嘉茹 (2010)。課室學習專注力之研究— 量表發展與分析應用。《科學教育學刊》, 18(2), 107-129。
- 林正源、黃德祥 (2011)。國中學生思考風格、人格特質與學業成就之研究。《科學教育期刊》, 10(1), 55-80。
- 林軒鈺 (2013)。《透過腦波分析探討背景干擾及專注力對小學生學習效果之影響》。未出版之碩士論文, 台南市: 國立台南大學數位學習科技研究所。
- 姜琇森、蕭國倫、吳哲維 (2013)。《以腦波特徵為基礎之專注力診斷與訓練系統》。未出版之碩士論文, 台中市: 國立臺中科技大學資訊管理研究所。
- 馬青、王錫崗 (2018)。《人體生理學》。台北市: 新文京出版社。
- 高麗麗 (2012)。《中學生特質焦慮水平、情緒抑制能力與工作記憶的關係研究》。未出版之碩士論文, 河北省: 天津師範大學教育研究所。

- 陳李綢 (2008)。中學生個人特質測量與適應性指標研究。國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系教育心理學報，40 (2)，323—340。
- 陳昆顯 (2013)。腦波儀研究在各領域之應用。未出版之碩士論文，高雄市:高師大資訊教育研究所。
- 陳政穎 (2014)。不同頻率雙耳波差對專注與放鬆腦波影響之探討。未出版之碩士論文，嘉義市:國立嘉義大學生物機電工程學研究所。
- 陳奕樺 (2014)。數位遊戲式注意力訓練與專注力生理訊號回饋對注意力、課室專注力與學業成就之影響。未出版之博士論文，台南市:成功大學教育研究所。
- 陳萌智、陸海文 (2018)。設計以腦波特徵為基之自調適專注力訓練平台。管理資訊計算, 7(2), 233-257.
- 張新仁 (2004)。學習與教學新趨勢。台北市:心理出版社。
- 黃聖富 (2011)。專注力與腦波訊號的關聯性研究。未出版之碩士論文，桃園市:清雲科技大學電腦系統與通訊工程研究所。
- 童麗珠 (2017)。簡介工作記憶及其腦內機制。科學教育月刊，(398)，1-12。
- 劉玉雯 (2017)。專注力訓練—以腦波為例。未出版之碩士論文，嘉義縣:南華大學資訊管理研究所。

- 劉良驥 (2014) 。運用腦波特徵於持續專注力評估與恢復方法之研究。未出版之碩士論文，台中市:臺中科技大學資訊管理研究所。
- 關尚勇、林吉和 (2007) 。破解腦電波~EEG 教材。新北市:藝軒出版社。
- Eric P.Widmaier, Hershel Raff, Kevin T. Strang (2017) 。Vander's 人體生理學(潘震澤 譯)。台北市:合記出版社(原著出版於 2005)
- James P. Byrnes (2004) 。心智、大腦與學習:認識心理及教育相關之神經科學研究。台北市:洪葉文化。
- John D. Bransford等 (2004) 。學習原理:心智、經驗與學校。台北市:遠流。
- SE Gathercole，李玉琇，王馨敏 (2011) 。工作記憶在教室中的應用。應用心理研究，(52)，37-55。

英文文獻

- Amengual, Daniel L. (1977). EEG theta waves and psychological phenomena: A review and analysis. *Biological Psychology*, 5(1):47-82.
- Anwar, Syed Muhammad, Saeed, Sanay Muhammad Umar, Majid, Muhammad, Usman, Saeeda, Mehmood, Chaudhry Arshad Liu, Wei (2018). A Game Player Expertise Level Classification System Using Electroencephalography (EEG). *Appl. Sci.*, 8(18).
- Atkinson, Richard C., Shiffrin, Richard M (1969). Storage and retrieval processes in long-term memory. *Psychological Review*, 76(2): 179-193.
- Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G., J., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2014). Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(2), 366–377
- Baddeley, Alan D., Kopelman, Michael, Wilson, Barbara A. (2004). Human memory: A proposed system and its control processes. The psychology of learning and motivation. *The Essential Handbook of Memory Disorders for Clinicians* (chap.1, pp.1-14). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, (255): 556–559.

- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory. *Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.)*, 4 (11): 417–423.
- Baddeley, Alan D & Hitch, Graham J. (2000). Development of Working Memory: Should the Pascual Leone and the Baddeley and Hitch Models Be Merged? *Journal of Experimental Child Psychology*, (77), 128–137.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nat. Rev. Neurosci.* (4): 829–839.
- Baddeley, A., Gathercole, S., Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychol Rev. January*, 105 (1): 158–73.
- Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V., & Camos, V. (2009). Working memory span development: A time-based resource-sharing model account. *Developmental Psychology*, 45(2): 477–490.
- Behrmann, Marlene, Geng, Joy J, Shomstein, Sarah (2004). Parietal cortex and attention. *Current opinion in neurobiology*, 14 (2):212-217.
- Binder, J. R. (2000). Human Temporal Lobe Activation by Speech and Nonspeech Sounds. *Cerebral Cortex*, 10(5): 512–528.
- Brandt, N. D., Lechner, C. M., Tetzner, J., & Rammstedt, B. (2019). Personality, Cognitive Ability, and Academic Performance:

Differential Associations Across School Subjects and School Tracks.

Journal of Personality, 88(2): 249-265

Brehmer, Y., Westerberg, H., & Bäckman, L. (2012). Working-memory training in younger and older adults: training gains, transfer, and maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6: 63.

Clarke, Adam R. (2019). The EEG Theta/Beta Ratio: A marker of Arousal or Cognitive Processing Capacity. *Springer Science +Business Media, LLC, part of Springer Nature*.

Conway, Andrew R.A., & Getz, Sarah J. (2010). Does Working Memory Training Enhance Intelligence? *Current Biology*, 20 (8).

Empson, Jacob (1986). *Human Brainwaves: The Psychological Significance of the Electroencephalogram*. Springer, Pages 1-20.

Gathercole, Susan E. & Baddeley, Alan D. (2014). Working Memory and Language. *books.google.com*

Gevins, Alan and Smith, Michael (2000). Neurophysiological measures of working memory and individual differences in cognitive ability and cognitive style. *Cerebral Cortex*, 10(9): 829–839.

Hebb, Donald O. (1949). The Organisation of behavior. *Wiley*: New York; 1949

Homan, R. W., Herman, J., & Purdy, P. (1987). Cerebral location of international 10–20 system electrode placement.

Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 66(4), 376–382.

Hsueh, Jen-Jui, Chen, Tzu-Shan, Chen, Jia-Jin, Sha, w Fu-Zen (2016)

Neurofeedback training of EEG alpha rhythm enhances episodic and working memory, *Hum Brain Mapping* , 37(7),pp. 2662-2675

Huang, Zhipeng, Li, Yingjie, Dong, Wanlin, Li, Wenxi, Yang, Xiaoli (2016). Cognitive Training Programs with EEG Headset. *IAJC-ISAM International Conference*.

Jaeggi, Susanne M. Buschkuhl, Martin, Jonides, John, and Perrig, Walter J. (2008). *Improving fluid intelligence with training on working memory*. Edited by Edward E. Smith, Columbia University, New York, NY.

Jaeggi, Susanne M., Seewer, Ria, Nirrko, Arto C. Eckstein, Doris, Schroth, Gerhard, Groner, Rudolf, and Gutbrodb, Klemens (2003) Does excessive memory load attenuate activation in the prefrontal cortex? Load-dependent processing in single and dual tasks: functional magnetic resonance imaging study. *NeuroImage*, 19: 210–225.

Kane, Michael J., Brown, Leslie H. , McVay, Jennifer C. , Silvia, Paul J., Myin-Germeys, Inez, Kwapil, Thomas R. (2007). For whom the mind wanders, and when: an experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychol Sci*.

Jul,18(7):614-21.

Kane, Michael J., Conway, Andrew R. A., Miura, Timothy K. and Colflesh, Gregory J. H. (2007). Working Memory, Attention Control, and the N-Back Task: A Question of Construct Validity. *Journal of Experimental Psychology: the American Psychological Association Learning, Memory, and Cognition*, 33(3): 615–622.

Kiiski, H, Bennett, M, Rueda-Delgado, LM, Farina, FR, Knight, R, Boyle, R, Roddy, D, Grogan, K, Bramham, J, Kelly, C, Whelan, R.(2020).EEG spectral power, but not theta/beta ratio, is a neuromarker for adult ADHD.*Eur J Neurosci.*,51(10):2095-2109.

Kilmesch, W.,Schimke,H., Pfurtscheller, G. (1993).Alpha frequency, cognitive load and memory performance.*Brain Topography* (5): . 241-251.

Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4): 352-358.

Klimesch, Wolfgang (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information . *Trends in Cognitive Sciences*, 16(12): 606-617.

Komaraju, M., Karau, S. J., Schmeck, R. R., & Avdic, A. (2011). The Big Five personality traits, learning styles, and academic

achievement. *Personality and Individual Differences*, 51(4), 472–477.

Lansbergen, Marieke M., Arn, Masrtijn, Dongen-Boomsma, Martine van, Spronk, Desiree, Buitelaar, Jan K. (2010). The increase in theta/beta ratio on resting-state EEG in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder is mediated. *Neuro-Psychopharmacol Biol Psychiatry*

Lawlor-Savage, L., & Goghari, V. M. (2016). Dual N-back working memory training in healthy adults: a randomized comparison to processing speed training. *PloS one*, 11(4), e0151817.

Lilienthal, Lindsey & Tamez, Elaine & Shelton, Jill Talley & Myerson, Joel & Hale, Sandra (2012). Dual n-back training increases the capacity of the focus of attention. *Psychonomic Society*, 27.

Lim, Seokbeen , Yeo, Mina, Yoon, Gilwon (2019). Comparison between Concentration and Immersion Based on EEG Analysis. *Sensor*.

Lisman, John E. (2013). The Theta-Gamma Neural Code. *Neuron*, 77(6):1002-1016.

Lodish, Harvey, Berk A, Zipursky, SL, (2000). *Molecular Cell Biology*. 4th edition. New York: W. H. Freeman.

Melby-Lervåg, Monica, Hulme, Charles. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2): 270-291.

- Melby-Lervåg, M., Redick, T. S., & Hulme, C. (2016). Working Memory Training Does Not Improve Performance on Measures of Intelligence or Other Measures of “Far Transfer.” *Psychological Science, 11*(4): 512–534.
- Morrison, Alexandra B., Chein, Jason M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychon Bull Rev, 18*:46–60.
- O’Shea, J. J., & Paul, W. E. (2010). Mechanisms underlying lineage commitment and plasticity of helper CD4+ T cells. *Science, 327*(5969), 1098-1102.
- Owen, Adrian M., Kathryn M. McMillan, Angela R. Laird, and Ed Bullmore (2005). N-Back Working Memory Paradigm: A Meta-Analysis of Normative Functional Neuroimaging Studies. *Hum Brain Mapp, 25*(1): 46-59.
- Perales, F.J. and Amengual, E. (2017). Combining EEG and Serious Games for Attention Assessment of Children with Cerebral Palsy. *Springer International Publishing*.
- Picken, C., Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2019). The Theta/Beta Ratio as an Index of Cognitive Processing in Adults With the Combined Type of Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Clinical EEG and Neuroscience*.
- Ray, W. J., & Cole, H. W. (1985). EEG alpha activity reflects attentional

demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 228(4700), 750-752.

Redick, T. S., & Lindsey, D. R. B. (2013). Complex span and n-back measures of working memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(6): 1102–1113.

Rodrak, Supassorn, Wongsawat, Yodchanan (2012). On the classification of EEG/HEG-based attention levels via time-frequency selective multilayer perceptron for BCI-based neurofeedback system. *Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering*.

Sauseng, Paul, Griesmayr, Birgit, Freunberger, Roman, Klimesch, Wolfgang (2010). Control mechanisms in working memory : a possible function of EEG theta oscillations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(7):1015-1022.

Schacter, D. L., & Crovitz, H. F. (1977). Memory function after closed head injury: A review of the quantitative research. *Cortex*, 13(2), 150-176.

Schwaighofer, M., Fischer, F., & Böhner, M. (2015). Does Working Memory Training Transfer? A Meta-Analysis Including Training Conditions as Moderators. *Educational Psychologist*, 50(2): 138–166.

Sezer, A., İnel, Y., Seçkin, A. Ç., & Uluçınar, U. (2015). *An investigation of university students' attention levels in real classroom settings with*

- neurosky's mindwave mobile (EEG) device*. In International Educational Technology Conference, İstanbul, Turkey (p. 27-29).
- Shiffrin, R. M., & Atkinson, R. C. (1969). Storage and retrieval processes in long-term memory. *Psychological Review*, 76(2):179–193.
- Shipstead, Zach, Redick, Thomas S., Engle, Randall W. (2010). Does working memory training generalize. *Georgia Institute of Technology*
- Slabosz, A., Lewis, S. J. G., Smigasiewicz, K., Szymura, B., Barker, R. A., & Owen, A. M. (2006). The role of learned irrelevance in attentional set-shifting impairments in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 20(5):578–588.
- Son, Dana van, Blasio, Frances M. De, Fogarty, Jack S., Angelidis, Angelos, Barry, Robert J., Peter Putman (2018). Frontal EEG theta/beta ratio during mind wandering episodes , *Biological Psychology*.140:19-27.
- Soric Izabela, Penezic Zvezdan (2017). The Big Five personality traits, goal orientations, and academic achievement. *Learning and Individual Differences*, 54: 126-134
- Soveri, Anna, Antfolk, Jan, Karlsson, Linda, Salo, Benny & Laine, Matti (2017). Working memory training revisited: A multi-level meta-analysis of n-back training studies . *Psychonomic Bulletin & Review* , 24:1077–1096.

Turnbull, O. H., Denis, M., Mellet, E., Ghaëm, O., & Carey, D. P. (2001).

The processing of visuo-spatial information: Neuropsychological and neuroimaging investigations. In M. Denis, R. H. Logie, C. Cornoldi, M. de Vega, & J. Engelkamp (Eds.), *Current issues in thinking & reasoning. Imagery, language and visuo-spatial thinking* (pp. 81–108). Psychology Press.

Vogel, J. V., (1968). Inflow performance relationships for solution gas drive wells. *Journal Pet. Tech*, (SPE 1476), *Annual Fall Meeting of Society of Petroleum Engineers, Dallas Texas, U.S.A*, 66-79.

Wan, F., Nan, W., Vai, M. I., & Rosa, A. (2014). Resting alpha activity predicts learning ability in alpha neurofeedback. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 500.

Wang, Hui, He, Weijiang, Wu, Jingting, Zhang, Junjun, Li, Ling (2019). A coordinate-based meta-analysis of the n-back working memory paradigm using activation likelihood estimation. *Brain and Cognition*, 132 : 1-138.

Wang, R., Kamezawa, R., Watanabe, A., & Iramina, K. (2017). EEG alpha power change during working memory encoding in adults with different memory performance levels. In 2017 39th *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* 982-985

Wang, Shouyi, Member, IEEE, Gwizdka, Jacek, and Chaovalitwongse,

W. Art.(2015). Using Wireless EEG Signals to Assess Memory Workload in the n-Back Task. *IEEE TRANSACTIONS ON HUMAN-MACHINE SYSTEMS*

Weicker, J., Villringer, A., & Thöne-Otto, A. (2016). Can impaired working memory functioning be improved by training? A meta-analysis with a special focus on brain injured patients. *Neuropsychology, 30*(2), 190–212.

Wen, Tee Yi, Siti Armiza Mohd (2020). Electroencephalogram (EEG) stress analysis on alpha/beta ratio and theta/beta ratio. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 17*(1): 175~182

Wongupparaj, Peera, Kumari, Veena, Morris Robin G. (2015). The relation between a multicomponent working memory and intelligence: The roles of central executive and short-term storage functions. *Intelligence, 53*: 166-180.

附錄一 同意研究證明書

國立中正大學人類研究倫理審查委員會

Tel : 886-5-2720411 ext:22236 嘉義縣民雄鄉大學路一段 168 號

同意研究證明書

計畫名稱：從 EEG 觀測高中生腦部認知活動衡量學業表現與促進工作記憶提升

送審編號：CCUREC109040901

計畫書版本及日期：第 3 版，109 年 5 月 25 日

研究參與者同意書版本及日期：第 3 版，109 年 5 月 25 日

計畫主持人：南華大學自然生物科技學系(自然療癒碩士專班) 賴玉華同學

計畫主持人計畫起訖時間：109 年 5 月 1 日至 110 年 6 月 30 日

通過日期：109 年 5 月 26 日

核准有效期間：109 年 5 月 26 日至 110 年 6 月 30 日

結案報告繳交截止日期：110 年 9 月 30 日

依照本委員會規定，凡研究期間超過一年之計畫，研究計畫每屆滿一年，送本委員會進行期中審查。請於有效期限到期一個月前檢送期中報告至本會。

計畫在執行期間計畫內容若欲進行變更，須先向本委員會提出變更申請。倘若計畫主持人於非核准有效期間收案，此同意研究證明書視同無效。若研究參與者在研究期間發生嚴重不良事件，計畫主持人須立即向本委員會提出書面說明。

國立中正大學人類研究倫理審查委員會

主任委員



王雅玄

中華民國 109 年 5 月 26 日

Human Research Ethics Committee

National Chung Cheng University,
No.168, Sec. 1, Daxue Rd., Minxiong Township, Chiayi County 621, Taiwan (R.O.C.)
Tel : 886-5-2720411 ext:22236

Expedited Approval

Date : 26. 5, 2020

To : Ms. Yu-Hua Lai

【Department of Natural Biotechnology, Nanhua University (Master's Course
in Natural Healing)】

From : Prof. Ya-Hsuan Wang

Chairperson

Research Ethics Committee, National Chung Cheng University

The Research Ethics Committee has approved of the following protocol:

Protocol Title: Observing High School Students' Brain Cognitive Activity using
EEG to Measure Academic Performance and Working Memory Improvement

The Principal Investigator (PI in Taiwan) : Yu-Hua Lai

Duration of research : From 1. 5, 2020 to 30. 6, 2021

Application No. : CCUREC109040901

Protocol Version and Date : Version 3 / 25. 5, 2020

Informed Consent Form Version and Date : Version 3 / 25. 5, 2020

Date of Approval : 26. 5, 2020

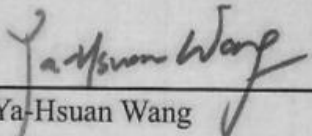
Valid Period : From 26. 5, 2020 to 30. 6, 2021

Submitted Deadline of Final Report : 30. 9, 2021

According to the Committee's provisions, by the end of this period you may be asked to inform the Committee on the status of your project. If this has not been completed, you may be requested to send status of progress report one month before the final date for renewed approval.

You are reminded that a change in protocol in this project requires its resubmission to the Committee. Also, the principal investigator must report to the Chairman of the Committee promptly, and in writing, any unanticipated problems involving risks to the subjects. If the principal investigator does not execute this project during valid period, this expedited approval will be regard as invalid.




Prof. Ya-Hsuan Wang
Chairperson
Research Ethics Committee
National Chung Cheng University

附錄二 受試者同意書

國立中正大學人類研究倫理審查委員會

研究參與者同意書

(人體研究參考範本)

105年06月29日國立中正大學人類研究倫理審查委員會105年度第6次會議通過版



| | | | |
|------------|----------------------------------|------|-------------|
| 研究參與者同意書版本 | 109/05/25/Version.03 | | |
| 研究計畫名稱 | 從 EEG 觀測高中生腦部認知活動衡量學業表現與促進工作記憶提升 | | |
| 研究機構名稱 | 南華大學自然生物科技學系自然療癒碩士專班 | 經費來源 | 自籌 |
| 計畫主持人 | 賴玉華 | 職稱 | 研究生 |
| 聯絡電話 | 0928-954816 | 職責 | 執行計畫 |
| 共同主持人 | 王昱海 | 職稱 | 助理教授 |
| 協同主持人 | | 職稱 | |
| 二十四小時緊急聯絡人 | 賴玉華 | 電話 | 0928-954816 |

一、 研究目的

本研究擬從腦波儀判讀探究學生在實驗執行電腦遊戲時的大腦認知功能與其學業能力的表現是否相符，再經介入大腦工作記憶的訓練策略後，觀察學生的課室專注力、工作記憶力與在學校定期考查國文數學兩科月考成績的表現概況，研究結果將有助於了解高中學生之學習特徵，並可作為日後課程設計及學習輔導之參考依據。

二、 研究對象

招募對象為本研究計畫主持人任教的三年級高中生，經公開場合向學生詳細說明後，自由報名參加，但須填寫心身壓力反應量表。參加與否與學業成績或各類推甄資格完全無關，報名者未滿 18 歲者必須檢送家長同意書。實驗納入條件為：

1. 年齡 16-18 歲間之高中三年級學生。
2. 無癲癇等腦部疾病或動過腦部手術者。
3. 經說明後有意願參與實驗並可取得家長同意者。

排除條件：

1. 心身壓力反應量表 ≥ 80 分。
2. 無法配合要求完成問卷及腦波數據者。

三、 研究方法與程序

經評量招收之 30 名對象，利用午休時間在圖書室詳細說明實驗過程，並統一施測「中學生個人特質量表」，並以電腦隨機分配為兩組(實驗組及等待組)。實驗組先進行兩週，合計 10 次，每次 30 分鐘之認知遊戲「N-BACK」訓練，等待組在實驗組完成訓練及相關評量後進行相同之訓練。

在實驗計畫進行前，30 名受測者將分別練習「N-BACK」遊戲兩分鐘，並以腦波儀蒐集腦電波訊號，做為前測數據。兩週後將以相同模式施測，蒐集後測數據。

參與對象同意提供第一二次國文科、數學科月考成績，做為學習成效分析之用；相關成績只會用於學術研究，並且絕對不會揭示姓名。

四、 參與研究應配合事項

無

五、 研究潛在風險與處理方式

進行蒐集的大腦皮質生理反饋訊號，以及兩週的大腦工作記憶訓練，不是侵入式的儀器，沒有訊號異常的現象，主持人當下也不評斷任何收集的數據或問卷，所以不會出現心理或生理不適現象。假如該生當日有生理不適狀況，可先告知計畫主持人，暫停當日的研究進行，再找時間從事訓練課程，原則上均以不妨礙學生正常學習及影響身心發展為考量。

六、 研究預期效益

研究結果將有助於了解高中學生之學習特徵，並可作為日後課程設計及學習輔導之參考依據)

七、 研究參與者之權益

1. 參與本研究您不需負擔任何費用。
2. 參與本研究無金錢回饋，但有等值約 100 元小禮物贈品。而許多研究證

實 N-BACK 有助於提升工作記憶等學習效果，對於激發學生潛能可能具有莫大助益。

3. 個人資料保護機制

研究計畫主持人將依法把可辨識您身分的紀錄與個人隱私的資料視為機密處理，絕對不會公開。將來發表研究結果時，您的身份仍將保密。中央主管機關及人類研究倫理委員會在不危害您的隱私情況下，依法有權檢視您的資料。

4. 新資訊之提供

過程中如有新資訊可能影響您繼續參與本研究意願的任何重大發現，都將即時提供給您。

5. 損害賠償或保險

若您因參與本研究而發生不良事件或損害，得依法請求損害賠償。但可預期之不良事件，不在此限。

您簽署本知情同意書後，在法律上的任何權利不會因此受影響。

6. 聯絡方式

若您對研究有疑問時，您可以和計畫主持人聯絡，計畫主持人 賴玉華，電話：049-2568314 手機：0928954816。

本研究已經過國立中正大學人類研究倫理審查委員會審查，審查內容包含利益與風險評估、研究參與者照護及隱私保護等，並已獲得核准。委員會係依規範運作，並通過中央目的事業主管機構查核認證之審查組織。若您於研究過程中有任何疑問，或認為權利受到影響、傷害，可直接與國立中正大學人類研究倫理中心聯繫，電話：05-2720411 分機 22236 或 05-2729309、E-mail：depthrec@ccu.edu.tw，或郵寄地址：621 嘉義縣民雄鄉大學路 168 號 國立中正大學人類研究倫理中心。

八、 中止研究參與或退出

您可自由決定是否參加本研究，研究過程中不需要任何理由，可隨時撤回同意或退出研究。如果您拒絕參加或退出，將不會引起任何不愉快，也不會有任何的懲罰，更不會損及您的任何權益（工作、修課或醫療照護）。若您決定撤回同意或退出研究，可透過書面告知進行，計畫主持人將會立刻銷毀該參與者數據。研究計畫主持人或研究計畫贊助或監督單位，也可能於必要時中止該研究之進行。

若您決定退出本研究(請勾選)：

同意研究者使用已提供之資料。

不同意研究者使用已提供之資料，研究者應將該資料銷毀。

九、 研究可能衍生之商業利益及其應用之約定

無

十、 研究材料之保存期限及運用規劃

本研究所獲得之研究資料，以電子方式儲存至加密資料夾中，分析資料之內容已去連結。保存期限為論文發表後五年，到期後將其資料全數刪除。資料內容僅供學術論文使用並發表，不做任何其他用途。

十一、 研究主持人/研究人員聲明

計畫主持人或研究說明者已詳細解釋有關本研究計畫中上述研究方法的性質與目的，及可能產生的風險與益處。

研究主持人

正楷姓名：賴玉華 簽名：賴玉華 日期：109年6月1日

研究說明者（擔任本研究計畫職稱：研究主持人__）

正楷姓名：賴玉華 簽名：賴玉華 日期：109年6月1日

十二、 參與者聲明

計畫主持人或研究說明者已完整地向本人說明本研究之性質與目的，且已回答本人有關研究的問題，同時也解釋本人有權隨時退出研究。

研究參與者

正楷姓名： 簽名： 日期： 年 月 日

身分證字號： 聯絡電話：

通訊住址：

※ 若本研究對象包括成年人與未成年人，請計畫主持人保留以下核選方塊，或是增加參與者出生年次資料欄位，以確認參與者已成年。未成年者，需取得法定代理人同意。此項若無需要請刪除。

我已年滿20歲。+

法定代理人

正楷姓名： 簽名： 日期： 年 月 日



身分證字號：

聯絡電話：

通訊住址：

與參與者關係：

※ 參與者為無行為能力（未滿七歲之未成年人或禁治產人），由法定代理人為之；限制行為能力人（滿七歲以上之未成年人），應得其法定代理人之同意。此項若無需要請刪除。

輔助人或有同意權人

正楷姓名：

簽名：

日期： 年 月 日

身分證字號：

聯絡電話：

通訊住址：

與參與者關係：

※ 參與者雖非無行為能力或限制行為能力者，但因無意識或精神錯亂無法自行為之時，由有同意權之人為之，如配偶及同居之親屬。此項若無需要請刪除。

見證人

參與者、法定代理人、輔助人或有同意權人皆無法閱讀時，須另具見證人。

正楷姓名：

簽名：

日期： 年 月 日

身分證字號：

聯絡電話：

通訊住址：

※ 研究參與者、法定代理人或有同意權之人皆無法閱讀時，應由見證人在場參與所有有關研究參與者同意之討論。並確定研究參與者、法定代理人或有同意權之人之同意完全出於其自由意願後，應於研究參與者同意書簽名並載明日期。研究相關人員不得為見證人。此項若無需要請刪除。

附錄三 機構業主同意研究執行簽署書

107 年 11 月 28 日國立中正大學人類研究倫理審查委員會 107 年度第 11 次會議通過版本

機構業主同意研究執行簽署書

本機構 南投縣立旭光高中 茲同意南華大學自然生物科技學系自然療癒碩士專
班之研究生 賴玉華 於本機構進行研究，研究計畫名稱：

從 EEG 觀測高中生腦部認知活動衡量學業表現與促進工作記憶提升

研究簡述：

本研究採類實驗研究設計，實驗地點以中部某所普通高中高三某班學生為收案對象，預計收案時間為民國 109 年 5 月 1 日至民國 110 年 6 月 30 日止。本研究為三組平行前後對照實驗設計，預計招收學生三十名在實驗前填寫心身壓力反應量表，經排除不適合參與實驗的同學後，研實驗開始以「dual 2-back」遊戲為介入方式，蒐集學生睜眼 30 秒的腦波數據。再分別採實施工作記憶訓練「n-back」和自行練習十次，並透過 EEG 蒐集腦波數據。再舉三組學生實驗前後定期考查中國文科與數學科月考成績平均分數表現，判斷前後表現差異。研究實施前會知會參與學生說明研究計畫並簽署知情同意書或家長同意書。收集資料內容包含(1)基本資料(2)心身壓力反應量表(3)注意力量表(4)腦波 EEG 量表(5)高三國文數學科月考成績單分析表(6)人格量表

預期結果：透過本研究以「N-BACK」的電腦輔助訓練能有效提升大腦工作記憶力和課室專注力，助益學習效果，提升學生學習動機與學業成就。研究結果將有助於了解高中學生之學習特徵，並可作為日後課程設計及學習輔導之參考依據。

研究計畫主持人：賴玉華

聯絡電話：0928954816


E-MAIL：kellyhhu@gmail.com

同意研究機構名稱：南投縣立旭光高中

機構負責人：何光明

機構地址：南投縣草屯鎮中正路 568-23 號

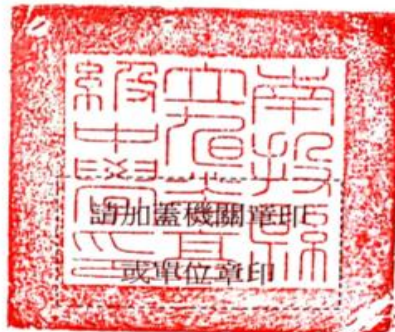
簽署同意人：(簽章) 

簽署同意人單位/職稱：校長 

簽署同意人聯絡電話：0910540912

簽署同意人 E-MAIL：

goyhuy@gmail.com



中 華 民 國 1 0 9 年 3 月 2 5 日

附錄四 受試者基本資料表

| 編號 | 組別 | 創新變異 | 情緒表現 | 友愛親密 | 樂觀進取 | 決策能力 | 個人特質量表總分 | 年齡 | 性別 |
|----|----|------|------|------|------|------|----------|------|----|
| 1 | 1 | 75 | 80 | 60 | 75 | 80 | 90 | 18.1 | 男 |
| 2 | 1 | 50 | 30 | 65 | 90 | 90 | 85 | 18.7 | 男 |
| 3 | 1 | 25 | 75 | 10 | 20 | 25 | 35 | 18.9 | 男 |
| 4 | 1 | 70 | 50 | 25 | 60 | 65 | 70 | 18.9 | 男 |
| 5 | 1 | 20 | 10 | 30 | 50 | 75 | 25 | 18.0 | 女 |
| 6 | 1 | 85 | 80 | 50 | 80 | 99 | 95 | 18.8 | 女 |
| 7 | 1 | 85 | 2 | 55 | 90 | 98 | 75 | 18.1 | 女 |
| 8 | 1 | 15 | 35 | 55 | 65 | 55 | 25 | 18.0 | 女 |
| 9 | 1 | 75 | 80 | 70 | 90 | 90 | 95 | 18.6 | 女 |
| 10 | 1 | 10 | 10 | 40 | 80 | 45 | 25 | 18.4 | 女 |
| 11 | 1 | 15 | 50 | 80 | 35 | 35 | 50 | 18.1 | 女 |
| 12 | 1 | 5 | 25 | 5 | 20 | 10 | 10 | 18.5 | 女 |
| 13 | 1 | 10 | 10 | 2 | 50 | 15 | 5 | 18.7 | 女 |
| 14 | 2 | 65 | 55 | 65 | 70 | 65 | 80 | 18.2 | 男 |
| 15 | 2 | 5 | 40 | 65 | 70 | 65 | 50 | 18.2 | 女 |
| 16 | 2 | 25 | 50 | 20 | 45 | 45 | 40 | 18.9 | 女 |
| 17 | 2 | 15 | 30 | 15 | 20 | 45 | 5 | 18.5 | 女 |
| 18 | 2 | 45 | 15 | 15 | 65 | 90 | 50 | 18.2 | 女 |
| 19 | 2 | 70 | 45 | 90 | 20 | 10 | 50 | 18.8 | 女 |
| 20 | 2 | 25 | 40 | 30 | 70 | 35 | 45 | 18.2 | 女 |
| 21 | 2 | 99 | 45 | 80 | 1 | 95 | 70 | 18.8 | 女 |
| 22 | 2 | 10 | 20 | 45 | 5 | 45 | 10 | 18.0 | 女 |
| 23 | 2 | 20 | 55 | 40 | 65 | 75 | 60 | 18.9 | 女 |
| 24 | 2 | 25 | 65 | 40 | 60 | 20 | 50 | 18.6 | 女 |
| 25 | 2 | 45 | 65 | 80 | 85 | 80 | 75 | 18.2 | 女 |
| 26 | 2 | 15 | 10 | 1 | 15 | 2 | 1 | 18.6 | 女 |
| 27 | 2 | 5 | 20 | 45 | 60 | 65 | 30 | 18.7 | 女 |
| 28 | 2 | 1 | 10 | 80 | 20 | 15 | 5 | 18.5 | 女 |