

# 英文閱讀大腦認知之研究

|                        |                     |                          |                        |                    |
|------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| 孫光天                    | 許世穎                 | 郭庭華                      | 葉欣婷                    | 陳旻琦                |
| 國立台南大學數位學習科技學系         | 國立台南大學數位學習科技學系      | 國立台南大學數位學習科技學系           | 國立台南大學數位學習科技學系         | 國立台南大學數位學習科技學系     |
| ktsun@mail.nutn.edu.tw | Yiing06@hotmail.com | freedateless@hotmail.com | smilegigi@yahoo.com.tw | michime0@gmail.com |

## 摘要

本研究以大腦事件相關電位分析受測者對於短期英文閱讀記憶的提取，探討大腦對於學習過的內容是否在錯認情況與正確記憶會有不同(或相似)的腦電波反應；以及不同類別的受測者在學習時大腦不同區塊的反應。

本實驗包含三篇英文閱讀測驗(不同難度)，收集所有實驗者答題的腦波數據並加以整理分析，結果發現，不同英文能力受測者在前額葉的腦波電位有顯著的不同，在答錯時會誘發出 N600 事件相關電位與文獻中存在語句及語意異常結果相似。此外，男生顯著反應的位置偏向右半腦而女生則偏向左半腦。實驗結果將可用來發展特定教育訓練活化特定大腦區塊，進而協助學習者提升學習成效。

**關鍵詞：**事件相關電位、英文閱讀測驗、再認作業、N600。

## Abstract

The purpose of this research analyzes the brain Event-Related Potentials (ERPs) for English reading. The brainwave responses for wrong and correct situations were studied. The experiment contains three English reading tests with different levels. After experiment, we collect the EEG data and analyze the data. T-test for independent samples shows the EEG potentials of subjects with different English proficiency achieved significantly different at the frontal. Incorrect answers will elicit a higher N600 potential which is similar with previous literatures. In addition, the significant area is located on the right hemisphere for the males and on the left hemisphere for the females. The experimental results will be used to develop specific training activation of specific brain block,

thereby assisting learners to enhance learning effectiveness.

**Keywords:** Event related-potentials(ERPs), English Reading Span, Recognition task, N600。

## 1.緣由與目的

學習記憶的探測，對於學習者來說是非常有幫助的一項研究，若能使用腦波儀器探測出大腦中已學習過的記憶，如何進行編譯、儲存與提取，將可協助學習障礙者提升學習成效 [8]，故本研究擬以英文閱讀測驗為研究內容，探討不同能力與性別在學習英文閱讀後作答之大腦反應，以了解不同認知程度在大腦中腦波反應是否有差異之存在。

人的頭腦在不同的狀況下，會有不同學習效果。腦的學習與記憶效果，通常我們在做英文閱讀測驗題目時，有些題目我們是真的了解文章內容而答對，而有些題目則是對其中某些選項有印象但不確定，而完全不會的通常在測驗時也會隨便亂猜一個選項，所以教學者無法精確的由紙筆測驗的分數來立即判斷學習者的學習成效。

我們實驗的目的就是探討大腦在閱讀過後對於真正答案是否會存有印象或反應，而對於不同答題狀態下的腦電波又各有何差異？[21] 所以我們將研究結果分為答錯與答對、男生與女生、高分組與低分組來作分別探討，若腦波反應與題目了解與否有顯著相關，也許將來就不用紙筆進行閱讀測驗，而是直接測驗腦波讀取大腦真正的答案，也可以針對不同類別的學習者，研究其學習時大腦較活躍的區塊，進而研發不同的教學方式來活化不同的大腦區塊，建立英文閱讀的大腦區塊反應資料庫，以提升學習者的學習成效。此結果對於學習成效與教育評量科技之發展，皆有重大參考價值。

## 2. 文獻探討

### 2.1 大腦結構介紹

大腦皮質是由神經細胞所組成後約 2~4 和毫米的組織，左右半球的皮質區是靠胼胝體互相連接。皮質對應的頭蓋骨位置分成四個區域：額葉 (Frontal Lobe)、顳葉 (Temporal Lobe)、頂葉 (Parietal Lobe) 及枕葉 (Occipital Lobe)，腦葉位置如圖 1 所示。

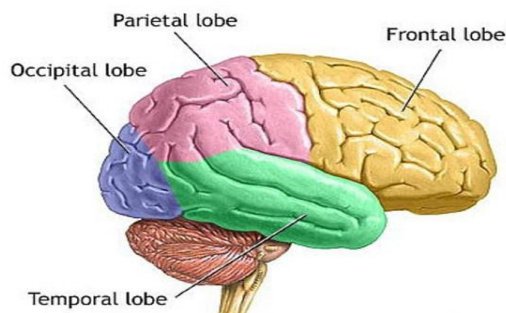


圖 1、大腦構造圖

此四個區域的功能不僅與心智運作有相當密切的關聯，對於確認學習歷程中大腦的運作與功能間聯繫也有密切關係，其主要功能區分如下：

**額葉 (Frontal Lobe):** 位於前額周圍，和高等認知 (工作記憶、思考、判斷、規劃、創造)，語言、個性、運動有關。

**顳葉 (Temporal Lobe):** 位於兩耳上方及周圍，負責聽覺辨認、視覺形狀區辨、語言理解、記憶形成。

**頂葉 (Parietal Lobe):** 位於頭頂後部，為處理各類感覺的中樞，負責高層次知覺，如視覺空間能力、注意力、觸覺、壓力以及疼痛有關。

**枕葉 (Occipital Lobe):** 位於大腦後面中間，在四個腦葉中的功能最為單純，主要功能為視覺相關 (形狀、大小、顏色)。

左腦以語言來處理訊息，當訊息不論以視覺、聽覺、觸覺、嗅覺或味覺等途徑接收，左腦會將它轉換成語言模式；語言訊息的處理方式必須一個接著一個按照順序，這種以少量多次理解、最後將訊息堆積起來的方式，所能處理的訊息非常有限，而且速度緩慢。

右腦則是將五成所接收到的訊息和想到的事物，圖像化思考和記憶，並能以空間及整體運作，速度非常快，而且能把大量訊息一併處理。

### 2.2 腦電波概述

1875 年，英國生理學家 Richard Caton 經由動物大腦皮質紀錄與呼吸或新套無關的腦電波。到了 1929 年，德國漢斯伯格 (Hans Berger) 提出第一份記錄人腦活動時的腦電波變化研究報告，命名為腦電波圖 (Electroencephalogram, EEG)。而 1935 年，Frederic Gibbs 等人發現在癲癇症狀發作時會產生不同的腦波訊號，自此腦波的相關研究才逐漸被重視。

腦電波是由大腦內成千上億的神經元相互連結所產生的電位變化。神經元 (Neuron) 是由細胞核 (nucleus)，細胞體 (cell body)，軸突 (axon)，樹突 (dendrites) 和突觸 (synapse) 所構成的。創造大腦活動的細胞是神經元，每個神經元的分支分兩種：「軸突」將訊息從細胞核往外傳送，而「樹突」則用來接受傳入神經元的訊息。每一個軸突與樹突交接的小空隙為「突觸」。為了讓電流通過這個空隙，軸突會分泌化學物質，稱為「神經傳導物質」；當神經元準備發射訊息時，神經傳導物質會釋放在突觸中，這些化學物質再啟動附近的神經細胞發射訊息，這樣的連環效應就會引起幾百萬個彼此連結的細胞進行同步活動。[2]

### 2.3 事件相關電位

事件相關電位 (event-related potentials, ERPs) 最早在 1965 年由 Sutton 提出，以誘發事件相關電位的實驗設計方式，能夠檢驗大腦在短時間內處理資訊的腦波現象，及腦波的電位變化與事件之間的相關性。近十幾年來已經成為相當熱門的觀測腦部運動的技術，廣泛被應用在各種認知神經科學領域 [15]，例：學習，記憶等多種認知過程的研究，以刺激物誘發事件相關電位的實驗設計方式，能夠檢驗大腦在短時間內處理資訊的腦波現象以及腦波的電位變化 [10]。

事件相關電位的實驗設計，需要透過特定的外加刺激物 (例如：文字、圖片、音樂... 等等) 對受測者做反覆刺激，收集每次刺激後短時距內的腦波反應，依刺激物類別進行累加而達到

訊號平均、抑制雜訊的效果，經累加後的波能夠確切反映出刺激物在該短時距內，大腦處理資訊時的活化特徵，是非常具有時間分辨性[4]。事件相關電位中的成分命名依據誘發波的向性，P代表正向波(positive wave)、N代表負向波(negative wave)，搭配上潛時(自刺激物出現後到出現該腦波的時間差距，單位：毫秒)命名，如N200、P300。

## 2.4 N400 在語言語意研究中的意義

事件相關電位的 N400 成分在認知心理學中已經受到廣泛的討論及數以百計的研究，一個典型的 N400 實驗設計為了研究其視覺效果，刺激物會出現在句子中或列表上下文，也有以填空的方式作為刺激。例如，在一個典型的視覺 N400 實驗中，受試者將被安置在電腦顯示器前，螢幕中的字一個接一個在畫面中央位置出現，題目往往會被給定一特殊行為的任務（例如，一個字/非單詞的決定，回答、理解與質詢），每個刺激後將間隔較長的時間，以確保受試者關注[18][20]。

而眾多的研究結果中最廣為接受的觀點認為，N400 反映了大腦中對於詞彙進行相關信息及語意檢索的一個過程[15]，或者是更廣泛的對於上下文進行單詞語意整合的過程[7]。在 2009 年時，Federmeier 和 Laszlo 做的語意記憶與大腦不同領域反應時間的研究中也指出，將受測者熟悉與陌生的單詞分別對大腦重複刺激，陌生的單詞不引起 N400 的反應，而熟悉的單詞在重複刺激時所引起的 N400 振幅大小則差不多相同[11]。

但也有研究指出，N400 可作為違反語義的特異性，為 ERPs 研究語境意義建構過程的一項重要指標，它有助於研究者逐步揭示複雜的、動態的、多層次的語意語境對某個句子或更小語義單元加工過程的影響，最終獲知個體加工語意的過程及其心理機制。無論是語境中的語言還是非語言信息，大多數情況下 N400 都能有效地探測到語意違反的情況，充分體現了 N400 的高敏感性[17][19]。

Franklin 等學者在 2007 年時也已經提出 N400 除了反映詞彙本身外，也可能反映了大腦在判斷的過程中對於不同語意的期望，若句子的上下文不一致或違反了語意特性，大腦在處理及判斷的過程則可能比符合語意的刺激物誘發出更大的 N400 反映[12]。

## 3. 實驗內容介紹

### 3.1 實驗設備

本研究所使用的腦波儀器是荷商 Braintronics B. V. 公司所生產的腦波放大器 ISO-1032CE 與使用者放大器 CONTROL-1132，腦波類比訊號經擷取卡擷取後，轉換成數位訊號，再由本實驗室自行開發的腦波接收軟體接收腦波資料，並以 Borland C++ 開發系統進行擷取腦波紀錄並加以分析，實驗設備如圖 2 所示。



圖 2、實驗設備硬體架構

### 3.2 實驗設計

#### 3.2.1 研究對象

本實驗受測者為十六位無心理及生理疾病的學生(八位女性、八位男性)，平均年齡為 21 歲，自願參與研究，慣用手為右手，皆有正常或矯正過後正常的視力，也沒有腦部病史或精神不佳的問題，無語言、閱讀、學習障礙，無使用對身心有影響的藥物，並接受完整的實驗說明，才開始進行腦波實驗。

#### 3.2.2 刺激物

本實驗之記憶內容，為英文閱讀測驗文章與題目，其中，紙筆測驗題目之答案選項為本實驗之刺激物；我們將答案選項皆設計為精簡之關鍵單字，使受測者可即時看懂與反應，以有效誘發刺激物之事件相關電位，方便觀察與紀錄各選項之腦波反應。每一題腦波測驗皆有四個不同的選項作為刺激物，刺激物以黑色顯示於螢幕中央，而螢幕背景則為綠色，不僅能降



低受測者眼睛的疲勞感，文獻中也提到以綠色及黑色搭配能更有效的誘發大腦事件相關電位的反應。四個刺激物將隨機出現於螢幕中央，每一個刺激物皆會出現六次，顯示時間為2s，兩刺激物中間的休息時間則為1s。

### 3.2.3 特徵電極點的抓取

本研究依據國際10-20制電極點系統定位，選取額葉F3、FZ、F4，額葉中央溝C3、CZ、C4，頂葉P3、PZ、P4，共9個位置為觀察之電極點(如圖3所示)。接地點(GND)黏貼於髮線下方，垂直眼動與水平眼動電極點(VEGO與HEOG)，分別位於右眼下方與右眼外角，參考電位A1、A2黏貼於左、右耳垂，如圖x所示。實驗取樣頻率為500HZ，帶通濾波為0~6Hz，每次實驗電阻需降至10KΩ以下才得進行。

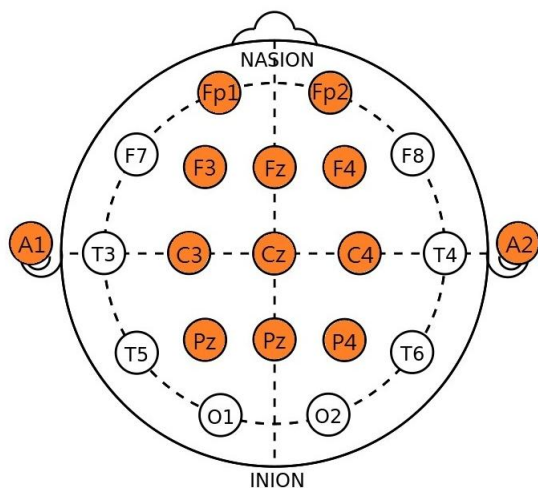


圖3、實驗黏貼之電極點

### 3.2.4 實驗前置作業

#### 1、實驗準備

準備的實驗相關器材：電極線、磨砂膏、棉花棒、量測電極點的線或皮尺、導電膠、針筒、透氣膠布、紙筆。

#### 2、電極點測定

採用國際10-20制電極點系統定位。每個電極點彼此間的距離，都是依據頭圍縱橫長度10%或20%的比例作間格距離，以此方法來定義電極點。

#### 3、電極點與頭皮接觸面處理

皮膚和電極點間要先以磨砂膏或酒精去除皮膚上的油脂和角質層，目的是用來降低阻抗。

#### 4、黏貼電極點

先將定位的電極點上方的頭髮撥開，再利用透氣膠帶將電極點平貼於所標記的頭皮位置。完成全部電極點定位後，最後將電極平貼位於前額頭皮位置的接地點。

#### 5、打入導電膠

將導電膠打入電極與頭皮接觸面間，以儀器來檢測各點的阻抗大小。

#### 6、阻抗測試

由於電極點與頭皮間的阻抗頗高，所以我們以酒精去除頭皮上的油脂，以導電膠降低頭皮的阻抗，而實驗室所用的阻抗大小通常小於10KΩ，小於10KΩ後，才開始進行實驗。

#### 7、機器調校

實驗開始前首先會進行機器調校，透過α波的偵測，檢查腦波器收集腦波訊號有無異常，受測者接受指令進行張眼、閉眼、眨眼等檢測。假如腦波反應正常，則當受測者閉眼時，α波振幅會變大，可以清楚地觀察到α波的出現；張眼時，α波會被壓抑，而振幅變小；眨眼時，則會產生眨眼波，如圖4所示。

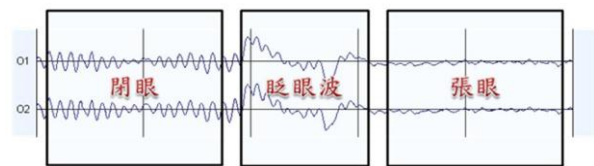


圖4、機器調校判定圖

#### 8、開始進行實驗

### 3.3 實驗流程

實驗前將提供受測者實驗時所需的資料，實驗當天確認受測者的精神狀態良好，以舒適的姿勢坐在椅子上，距離15吋電腦螢幕前方約60公分。實驗前確認受測者清楚實驗流程，黏貼電極點完成後，進行機器調校，測試眨眼波是否正常，確認眨眼波正常後即可開始實驗流程，實驗順序依序為英文文章閱讀、紙筆測驗、腦波實驗。完整流程如圖5所示。

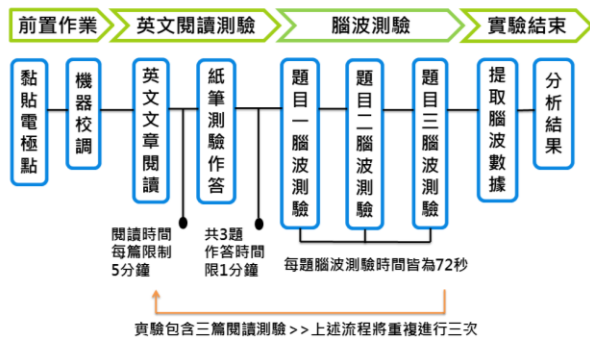


圖 5、實驗流程圖

### 3.3.1 英文文章閱讀

本實驗共有三篇英文閱讀測驗，每篇文章的難易度以及篇幅皆不同，英文閱讀測驗範本參考全名英檢中級至中高級程度出題，由簡單試題開始施測，每篇英文閱讀皆提供受測者五分鐘的時間閱讀，期間禁止與旁人交談或者查閱單字。

### 3.3.2 紙筆測驗

受測者於時間內將英文文章閱讀完畢後，隨即進入該篇文章之測驗，每篇文章共有三道題目，每道題目有四個選項，受測者依照自己的印象選擇答案，作答時不可交談，亦不可翻回文章的部分尋找正確解答。

### 3.3.3 腦波實驗

實驗一開始螢幕將重新顯示紙筆測驗之題目，受測者閱讀完畢後即按下 N 鍵，確定受測者了解實驗流程且準備好後即再次按下 N 鍵進入實驗，閱讀測驗每一題的選項答案將做為刺激物在螢幕上隨機閃爍，螢幕顯示如圖 7。刺激顯示的時間為兩秒，中間休息一秒，每項刺激物皆刺激六次後實驗終止，一次實驗所需時間共為 72 秒。實驗流程如圖 6 所示。



圖 6、腦波實驗流程圖例

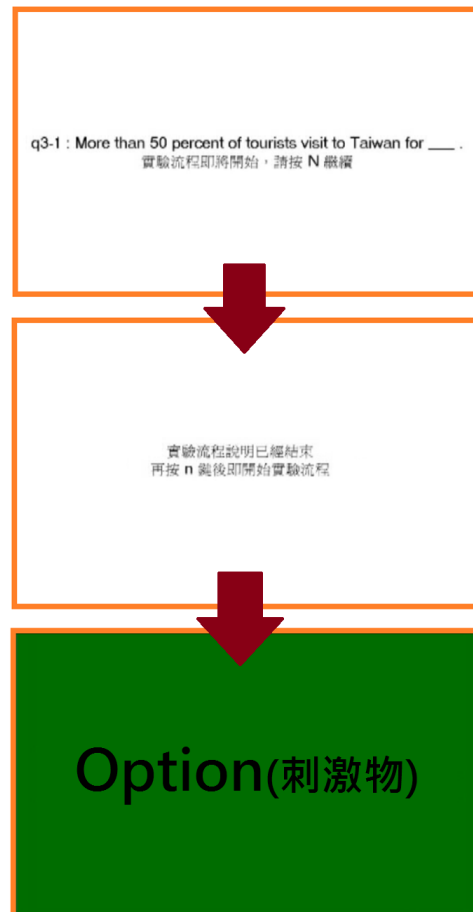


圖 7、腦波實驗螢幕顯示圖

## 4. 腦波紀錄與分析流程

ERPs 的提取必須將腦波做自動分析來完成。自動分析是指將記錄到的原始生理訊號在實驗結束後直接進行分析處理的過程。在 ERPs 研究時，對原始腦電波訊號數據的自動分析主要包括以下幾個步驟：

- 1、擷取時間區段 (extract epochs)  
將每個刺激出現的時間點設為 0ms，擷取 -100ms 到 1200ms 為一個時間區段。
- 2、去除雜訊、干擾 (artifact rejection)  
去除振幅大於  $100 \mu V$  或小於  $100 \mu V$  的眼動區段。
- 3、基準線校正 (baseline correction)  
校正的目的是為了消除腦電波相對於基準線的偏離，將基準線設定為 -100ms 時的標準。
- 4、數位濾波 (filter)  
留下頻率 0~6Hz 的波形，去除雜訊 (如：交流電)，使成分易於辨識。
- 5、疊加平均 (average)

將每一次的刺激區域訊號疊加平均。

## 6、總平均 (grand average)

觀察每個人的腦波特性與數據，取得個人情節記憶的標準。

## 7、統計分析 (statistics analysis)

進行個人和實驗的正確率統計和 t 檢定。

首先我們先擷取時間區段，擷取每個刺激出現的時間區段，再進行雜訊、干擾的去除。去除眼動雜訊干擾較大的區段，之後進行基準線校正。基準線校正的目的是為了消除腦電波相對於基準線的偏離，將基準線區段的取樣點的振幅加總平均作為一個基準值，再將時間區段裡的每一個取樣點的振幅減去基準值。完成基準線校正後，進行數位濾波，以去除一些我們不需要的雜訊（例如消除交流電 60Hz 的干擾），也可使得波形明顯光滑，成分易於辨識。在完成數位濾波之後，就進行疊加平均，因為一次刺激誘發的 ERPs 振幅（約為 2-10  $\mu V$ ）遠小於 EEG 的振幅（約 10-75  $\mu V$ ），所以 ERPs 會背埋沒於 EEG 中，但 ERPs 的波幅有兩個恆定假設：一是波形恆定，二是潛伏期恆定。作為 ERPs 背景的 EEG 波形與刺激之間沒有固定關係，而 ERPs 每次刺激的波形是相同的。所以，假如刺激次數為 n 次，經過 n 次的疊加，ERPs 的波形會被放大 n 倍，而 EEG 的波形只會放大  $\sqrt{n}$  倍。因此，疊加的次數越多，ERPs 越能夠從 EEG 中提取出來。經過疊加之後再進行平均，就可以將之還原為一次刺激的 ERPs 數值。總平均則是對所有受測者的 ERP 進行平均[5]。在完成 ERPs 的提取，便進行統計分析[1]。

## 5. 實驗結果

實驗結束後我們觀察受測者的 ERPs 腦波圖並提取四個特徵點 P300、N400、P500 及 N600 來做分析，P300 的取樣範圍為腦波圖中 200ms~400ms 的最大正波峰(peak)，N400 的取樣範圍為腦波圖中 300ms~500ms 的最大負波峰，P500 的取樣範圍為腦波圖中 400ms~600ms 的最大正波峰，N600 的取樣範圍則為腦波圖中 500ms~900ms 的最大負波峰；接著我們去掉變異數較大的樣本最終共取十二名受測者的資料來做分析，分別是六名男性與六名女性；每位受測者皆完成了九道英文腦波測驗題，將所有受測者完成的題目分成答對的題目組與答錯的題目組，每一組又將資料分為男生與女

生、高分組與低分組來做討論，高分組為十二名受測者中答題分數最高的四名受測者，而低分組則為十二名受測者中答題分數最低的四名受測者。利用獨立樣本 t 檢定來分析不同組別的受測者在答對與答錯時，該題選擇的答案也就是目標選項之電位與一般選項之電位(其他三個選項的電位平均)是否存在顯著差異。

### 5.1 答錯題目組

十二名受測者中總共答錯的題數為 32 題，我們將這 32 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，分析結果發現在電極點 C4 的 N600 特徵點達到了顯著水準  $p < .05$ ，代表目標選項的振幅與一般選項(其他三個選項平均)的振幅是有差異的，如表 1：

表 1、所有答錯题目的統計分析

| C4N600   |        |         |               |
|----------|--------|---------|---------------|
| 統計分析     | 個數     | 平均數     | 標準差           |
| 目標選項     | 32     | -5.1367 | 5.57358       |
| 一般選項     | 32     | -2.5401 | 4.11695       |
| T test   | t      | 自由度     | 顯著性           |
| 假設變異數相等  | -2.120 | 62      | <b>0.038*</b> |
| 不假設變異數相等 | -2.120 | 57.068  | <b>0.038*</b> |

#### 5.1.1 答錯題目組之男女生分析

在所有答錯的題目中，女生答錯的題數為 21 題，我們將這 21 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，分析結果發現在電極點 F3 也就是左額葉的地方特徵點 P300 與 N400 皆達到了顯著水準  $P < .05$ ，如表 2 所示：

表 2、女生答錯题目的統計分析

| F3P300   |       |         |               |
|----------|-------|---------|---------------|
| 統計分析     | 個數    | 平均數     | 標準差           |
| 目標選項     | 21    | 7.3164  | 5.28792       |
| 一般選項     | 21    | 3.5112  | 4.80608       |
| T test   | t     | 自由度     | 顯著性           |
| 假設變異數相等  | 2.440 | 40      | <b>0.019*</b> |
| 不假設變異數相等 | 2.440 | 39.640  | <b>0.019*</b> |
| F3N400   |       |         |               |
| 統計分析     | 個數    | 平均數     | 標準差           |
| 目標選項     | 21    | 0.8006  | 4.58024       |
| 一般選項     | 21    | -2.5136 | 3.70646       |
| T test   | t     | 自由度     | 顯著性           |
| 假設變異數相等  | 2.578 | 40      | <b>0.014*</b> |
| 不假設變異數相等 | 2.578 | 38.333  | <b>0.014*</b> |

在所有答錯題目中男生答錯的題數為 11



題，我們將這 11 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，實驗分析結果顯示男生在九個不同電極點的不同特徵皆無達到顯著水準，代表男生在答錯時目標選項與一般選項的振幅並無顯著差異存在。

### 5.1.2 答錯題目組之高低分組分析

將十二名受測者的分數依序排列後取最高分的四名作為高分組的資料分析，四名受測者答錯的題數共為 8 題，我們將這 8 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，分析結果發現在電極點 PZ 位置的 N600 特徵點有達到顯著水準  $p < .05$ ，如表 3 所示：

表 3、高分組答錯題目的統計分析

| PZN600   |        |         |               |
|----------|--------|---------|---------------|
| 統計分析     | 個數     | 平均數     | 標準差           |
| 目標選項     | 8      | -5.7409 | 3.69303       |
| 一般選項     | 8      | -2.0205 | 1.93547       |
| T test   | t      | 自由度     | 顯著性           |
| 假設變異數相等  | -2.524 | 14      | <b>0.024*</b> |
| 不假設變異數相等 | -2.524 | 10.576  | <b>0.029*</b> |

將十二名受測者的分數依序排列後取最低分的四名作為低分組的資料分析，四名受測者答錯的題數共為 16 題，我們將這 16 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，分析結果發現在電極點 F3 也就是左額葉的位置其特徵點 P300 及 P500 達到顯著水準  $p < .05$  而在特徵點 N400 則達到  $p < .01$ ，如表 4 所示：

表 4、低分組答錯題目的統計分析

| F3P300   |       |         |                |
|----------|-------|---------|----------------|
| 統計分析     | 個數    | 平均數     | 標準差            |
| 目標選項     | 16    | 6.0892  | 4.64738        |
| 一般選項     | 16    | 1.9304  | 4.22022        |
| T test   | t     | 自由度     | 顯著性            |
| 假設變異數相等  | 2.650 | 30      | <b>0.013*</b>  |
| 不假設變異數相等 | 2.650 | 29.725  | <b>0.013*</b>  |
| F3N400   |       |         |                |
| 統計分析     | 個數    | 平均數     | 標準差            |
| 目標選項     | 16    | -0.7671 | 4.65887        |
| 一般選項     | 16    | -5.3598 | 4.33779        |
| T test   | t     | 自由度     | 顯著性            |
| 假設變異數相等  | 2.886 | 30      | <b>0.007**</b> |
| 不假設變異數相等 | 2.886 | 29.848  | <b>0.007**</b> |

| F3P500   |       |        |               |
|----------|-------|--------|---------------|
| 統計分析     | 個數    | 平均數    | 標準差           |
| 目標選項     | 16    | 9.8769 | 10.89836      |
| 一般選項     | 16    | 2.6986 | 5.86820       |
| T test   | t     | 自由度    | 顯著性           |
| 假設變異數相等  | 2.320 | 30     | <b>0.027*</b> |
| 不假設變異數相等 | 2.320 | 23.023 | <b>0.03*</b>  |

### 5.2 答對題目組

十二名受測者中總共答對的題數為 77 題，我們將這 77 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，分析結果發現在電極點 F4 與 FZ 的 N400 特徵點皆達到了顯著水準  $p < .05$ ，代表目標選項的振幅與一般選項(其他三個選項平均)的振幅是有差異的，如表 5 所示：

表 5、所有答對題目的統計分析

| F4N400   |       |         |               |
|----------|-------|---------|---------------|
| 統計分析     | 個數    | 平均數     | 標準差           |
| 目標選項     | 77    | -2.3370 | 6.00711       |
| 一般選項     | 77    | -4.0326 | 3.95731       |
| T test   | t     | 自由度     | 顯著性           |
| 假設變異數相等  | 2.068 | 152     | <b>0.040*</b> |
| 不假設變異數相等 | 2.068 | 131.510 | <b>0.041*</b> |
| FZN400   |       |         |               |
| 統計分析     | 個數    | 平均數     | 標準差           |
| 目標選項     | 77    | -2.1073 | 6.43190       |
| 一般選項     | 77    | -4.1624 | 4.05772       |
| T test   | t     | 自由度     | 顯著性           |
| 假設變異數相等  | 2.371 | 152     | <b>0.019*</b> |
| 不假設變異數相等 | 2.371 | 128.224 | <b>0.019*</b> |

#### 5.2.1 答對題目組之男女生分析

在所有答對題目中女生答對的題數為 38 題，我們將這 38 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，實驗分析結果顯示女生在九個不同電極點的不同特徵皆無達到顯著水準，代表女生在答對時目標選項與一般選項的振幅並無顯著差異存在。

而所有答對題目中男生答對的題數為 39 題，我們將這 39 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，實驗分析結果如同所有答對題數組在電極點 F4 與 FZ 皆有明顯的 N400 現象，顯著水準達  $p < .05$ ，如表 6 所示：

表 6、男生答對题目的統計分析

| F4N400        |          |            |               |
|---------------|----------|------------|---------------|
| 統計分析          | 個數       | 平均數        | 標準差           |
| 目標選項          | 39       | -1.5576    | 6.72639       |
| 一般選項          | 39       | -4.4662    | 4.09909       |
| <b>T test</b> | <b>t</b> | <b>自由度</b> | <b>顯著性</b>    |
| 假設變異數相等       | 2.306    | 76         | <b>0.024*</b> |
| 不假設變異數相等      | 2.306    | 62.804     | <b>0.024*</b> |
| FZN400        |          |            |               |
| 統計分析          | 個數       | 平均數        | 標準差           |
| 目標選項          | 39       | -1.0617    | 7.80134       |
| 一般選項          | 39       | -4.5971    | 4.91741       |
| <b>T test</b> | <b>t</b> | <b>自由度</b> | <b>顯著性</b>    |
| 假設變異數相等       | 2.394    | 76         | <b>0.019*</b> |
| 不假設變異數相等      | 2.394    | 64.079     | <b>0.02*</b>  |

### 5.2.2 答對题目組之高低分組分析

將十二名受測者的分數依序排列後取最高的四名作為高分組的資料分析，四名受測者答對的題數共為 30 題，我們將這 30 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，分析結果發現了明顯的 N400 現象，在電極點 F3 與 CZ 達  $p < .05$ ，而在電極點 F4 與 FZ 則達到  $p < .01$ ，如 7 表所示：

表 7、高分組答對题目的統計分析

| F3N400        |          |            |                |
|---------------|----------|------------|----------------|
| 統計分析          | 個數       | 平均數        | 標準差            |
| 目標選項          | 30       | -1.3187    | 6.67112        |
| 一般選項          | 30       | -4.4776    | 3.62677        |
| <b>T test</b> | <b>t</b> | <b>自由度</b> | <b>顯著性</b>     |
| 假設變異數相等       | 2.279    | 58         | <b>0.026*</b>  |
| 不假設變異數相等      | 2.279    | 44.765     | <b>0.028*</b>  |
| F4N400        |          |            |                |
| 統計分析          | 個數       | 平均數        | 標準差            |
| 目標選項          | 30       | -1.0807    | 5.88562        |
| 一般選項          | 30       | -4.5929    | 3.90748        |
| <b>T test</b> | <b>t</b> | <b>自由度</b> | <b>顯著性</b>     |
| 假設變異數相等       | 2.723    | 58         | <b>0.009**</b> |
| 不假設變異數相等      | 2.723    | 50.406     | <b>0.009**</b> |
| FZN400        |          |            |                |
| 統計分析          | 個數       | 平均數        | 標準差            |
| 目標選項          | 30       | -0.0575    | 6.21887        |
| 一般選項          | 30       | -4.5573    | 4.74965        |
| <b>T test</b> | <b>t</b> | <b>自由度</b> | <b>顯著性</b>     |
| 假設變異數相等       | 3.150    | 58         | <b>0.003**</b> |
| 不假設變異數相等      | 3.150    | 54.243     | <b>0.003**</b> |
| CZN400        |          |            |                |
| 統計分析          | 個數       | 平均數        | 標準差            |
| 目標選項          | 30       | -1.5915    | 5.63538        |
| 一般選項          | 30       | -4.1510    | 3.46598        |
| <b>T test</b> | <b>t</b> | <b>自由度</b> | <b>顯著性</b>     |
| 假設變異數相等       | 2.119    | 58         | <b>0.038*</b>  |
| 不假設變異數相等      | 2.119    | 48.193     | <b>0.039*</b>  |

將十二名受測者的分數依序排列後取最低分的四名作為低分組的資料分析，四名受測者答對的題數共為 18 題，我們將這 18 題的目標選項振幅與一般選項振幅進行獨立樣本 t 檢定，分析結果顯示低分組在九個不同電極點的不同特徵皆無達到顯著水準，代表這四名受測者在答對時目標選項與一般選項的振幅並無顯著差異存在。

### 5.3 答錯题目腦波圖

實驗結果發現受測者在答錯時，達顯著水準的電極點其負波六百毫秒的位置也就是特徵點 N600，目標選項的振幅(peak)會大於其他選項的振幅，如下圖 8 所示其目標選項為紅色而圖 9 的目標選項則為綠色。

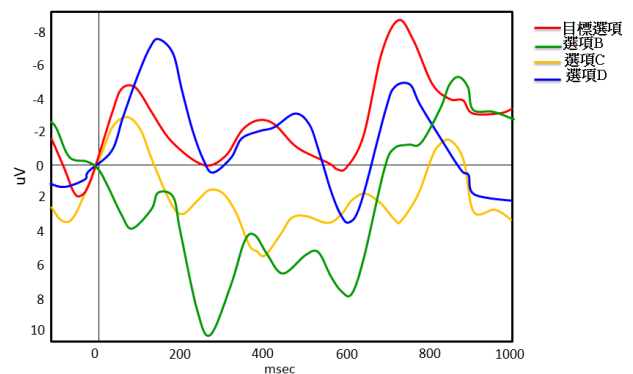


圖 8、答錯時電極點 C4 的腦波圖

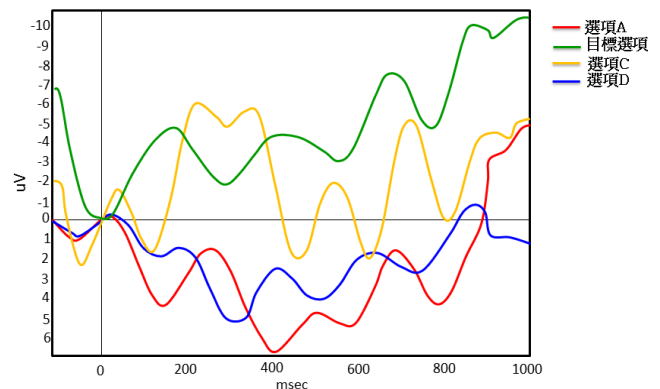


圖 9、答錯時電極點 F3 的腦波圖

### 5.4 答對题目腦波圖

實驗結果發現受測者在答對時，達顯著水準的電極點其負波四百毫秒的位置也就是特徵點 N400，目標選項的振幅(peak)會小於其他選項的振幅，如下圖 10 所示其目標選項為橘色



而圖 11 的目標選項則為紅色。

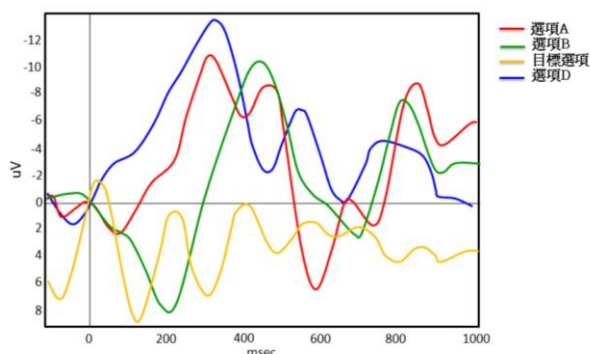


圖 10、答對時電極點 FZ 的腦波圖

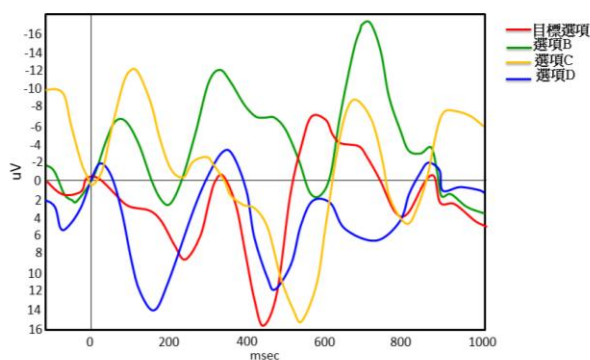


圖 11、答對時電極點 F4 的腦波圖

## 6. 結論

### 6.1 研究結果

本實驗在研究受測者答錯時與答對時大腦電位的變化反應，結果發現在答錯時，全部答錯題目組與高分答錯題目組的分析當中皆有 N600 電位的特徵反應，全部答錯組達顯著的電極點為 C4，而高分答錯組達顯著的電極點則為 PZ，與文獻中 2005 年 Jane E. & Phillip J. 所做判斷句子是否存在語意異常的實驗結果相似，文獻中指出受測者若感到語意異常則通常會在 N400~700 間產生一明顯負波，與本實驗中受測者在答錯時對於所選答案存在語意異常而誘發出 N600 相符，而這個結果又以高分答錯題數組更為顯著，代表語文能力較好的人在答錯時，大腦對於所選擇的答案是存有疑慮且感受到異常；而語文能力較差的人也就低分組的受測者則對於所選答案完全沒有曖昧或疑慮的存在，也可能代表完全不曉得自己選的答案是錯誤的[6]。

而在在答對時，達顯著水準的電極點 F3、F4、FZ 及 CZ 皆出現明顯的 N400 現象，與文獻中 N400 被認為是反映了詞彙的語義及每個人對於詞彙學習相關知識的經驗相符[14]。因為本實驗為英文閱讀測驗，而受測者的母語皆為中文，受測者必須了皆英文閱讀的中文語意才能答對，所以是否答對與受測者的自身語意經驗是存在關聯性的。而這個結果又以偏額葉部分的電極點較為顯著，與 Frishkoff 等學者在 2004 年提出的論點相符，文獻中指出 N400 的語意判別實驗結果左側大腦會比右側大腦反應時間稍早[13]，且多集中於額葉的部分，而額葉部分的 N400 反應也比其他大腦區塊來的早且更穩定持久[3]。

雖然我們大部分達顯著的電極點皆位於額葉的位置，但男生的反應位置偏右半腦電極點 FZ、F4，而女生則集中於左半腦電極點 F3；有文獻中指出在語意實驗中，左半腦負責處理較表面的語意判別，而右半腦則負責處理較深層的比喻意義[9]，是否也代表女生在處理及思考時較注重眼前當下的問題，而男生則會進一步思考問題背後的涵義？

實驗腦波圖的分析也發現在答對與答錯時達顯著的電位其腦波圖有不一樣的規律，答錯時電極點 F3、C4 及 PZ 的目標選項的 N600 振幅會明顯大於其他選項的 N600 振幅，而在答對時電極點 F3、F4、FZ 及 CZ 的目標選項的 N400 振幅則會明顯小於其他選項的 N400 振幅。

### 6.2 未來展望

雖然我們實驗設計是將閱讀測驗的選項以簡單的單字呈現當作刺激物，但不同的字詞除了本身的詞意外，也有可能受音韻、字面結構和受測者本身對於字詞的感受，而有不同的反應與解讀。由於本實驗偏向量的研究，所以測驗的樣本較多，所以著重於分析不同組別之間的差異而較無針對個人對於題目的錯認或猜測加以探討。本實驗已經研究出不同族群在不同的答題狀況下大腦不同的特徵反應，未來希望能夠針對個人的部分找出每個人達顯著時的不同電極點與電位，以用來表示答錯或答對的現象，精準判斷受測者在做英文讀腦波測驗時的答題狀況，建議一個人化閱讀反應資料庫，完成可以用腦波做判斷英文閱讀能力的實驗，取代傳統紙筆測驗會有的猜題現象，讓教學者能夠立即掌握學習者的學習成效。

我們也希望藉由探討不同類別的受測者，在

學習時大腦不同區塊的反應，並藉由實驗結果來發展特定教育訓練，進而協助學習者提升學習成效，例如：本實驗中低分組在答錯時，大腦達顯著的區塊集中在電極點 F3 也就是左額葉的位置，我們就可以研究出針對活化左額葉的教學教育方式，讓低分組的學習者能夠提升學習成效，未來我們希望能建立一個個人閱讀反應區塊資料庫，並藉此資料庫發展出特定的教育訓練來活化特定的大腦區塊。



圖 12、實驗過程照片

## 7. 參考文獻

- [1] 林清山，*心理與教育統計學*，臺北市：臺灣東華，1992。
- [2] 洪蘭，*大腦的秘密檔案*，台北市：台灣東華，2006。
- [3] 陳偉民，*大腦前額葉與類情節記憶中的時間要素*，國立中正大學心理學研究所，2011。
- [4] 鄭仕坤，*事件相關電位在情節記憶的研究進展*，應用心理研究雜誌第 28 期 75~90 頁，2005。
- [5] 魏景漢、羅躍嘉，*認知事件相關電位教程*，北京：經濟日報，2002。
- [6] Anderson, J. E. & Holcomb, P. J. *An electrophysiological investigation of the effects of conference on word repetition and synonymy*. *Brain and Language*, 94(2), 200–216, August 2005.
- [7] Brown, C., Hagoort, P. *The processing nature of the N400: evidence from masked priming*. *J. Cogn. Neurosci.* 5 (1), 34–44, 1993.
- [8] Cao, Y., Grossberg, S., & Markowitz, J. *How does the brain rapidly learn and reorganize view-invariant and position-invariant object representations in inferotemporal cortex?* *Neural Networks*, 24(10), 1050–1061, 2011.
- [9] Dien, J. Michelson, C. A. Franklin, M. S. *Separating the visual sentence N400 effect from the P400 sequential expectancy effect: Cognitive and neuroanatomical implications*. *Brain Research*, 1355, 126–140, October 2010.
- [10] Davenport, T. Coulson, S. *Predictability and novelty in literal language comprehension: An ERP study*. *Brain Research*, 1418, 70–82, October 2011.
- [11] Farwell, L. A. & Smith, S. *Using brain MERMER testing to detect knowledge despite efforts to conceal*. *Journal of Forensic Sciences*, 46(1), 135–143, 2001.
- [12] Franklin, M.S., Dien, J., Neely, J.H., Waterson, L.D., Huber, L. *Semantic priming modulates the N400, N300, and N400RP*. *Clin. Neurophysiol.* 118(5), 1053–1068, 2007.
- [13] Federmeier, K. D., Laszlo, S. *Time for meaning: electrophysiology provides insights into the dynamics of representation and processing in semantic memory*. In: Ross, B.H. (Ed.), *Academic Press*, Burlington, 1–4, 2009
- [14] Frishkoff, G.A., Tucker, D.M., Davey, C., Scherg, M. *Frontal and posterior sources of event-related potentials in semantic comprehension*. *Cogn. Brain Res.* 20, 329–354, 2004.
- [15] Hata, M., Homae, F., Hiroko Hagiwara. *Semantic relatedness between words in each individual brain: An event-related potential study*. *Neuroscience Letters*, 501, (2), 72–77, 26 August 2011.
- [16] Klepousniotou, E. Pike G. B. Steinhauer, K. Gracco, V. *Not all ambiguous words are created equal: An EEG investigation of homonymy and polysemy*. *Brain and Language*, 123, (1), 11–21, October 2012.
- [17] Kutas, M., Lindamood, T., Hillyard, S.A.. *Word expectancy and event-related brain potentials during sentence processing*. In: Kornblum, S., Requin, J. (Eds.), *Preparatory States and Processes*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Hillsdale, NJ, pp. 217 – 238, 1984.
- [18] Kutas, M. Hillyard, S. A. *Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words*.

- Biological Psychology, 11, (2), 99-116, 1980.
- [19] Nieuwland, M. S. & van Berkum, J. J.A. *Individual differences and contextual bias in pronoun resolution: Evidence from ERPs.* Brain Research, 1118, (1), 155-167, November 2006.
- [20] Vissers, C. Th. W. M., Chwilla, D. J., & Kolk, H. H. J. *The interplay of heuristics and parsing routines in sentence comprehension: Evidence from ERPs and reaction times.* Biological Psychology, 75, (1), 8-18, April 2007.
- [21] Zoladz, P. R., Clark, B., Warnecke, A., Smith, L., Tabar, J., & Talbot, J. N. *Pre-learning stress differentially affects long-term memory for emotional words, depending on temporal proximity to the learning experience.* Physiol Behav., 103(5): 467-76, 2011.