

大腦在不同狀態下的專注度造成之 P300 變化研究

A Study of P300 Variations Induced by the Concentration of the Brain in Different Situation

鍾博琰¹ Po-Husan Chung 李正民² Cheng-Min Lee

趙文鴻^{1*} Wen-Hung Chao

¹ 元培醫事科技大學 生物醫學工程系

² 健行科技大學 電子工程系

¹ Department of Biomedical Engineering, Yuanpei University of Medical Technology

² Department of Electronic Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology

摘要：腦機介面（Brain computer interface, BCI）發展日益蓬勃，BCI被廣泛應用在復健，應用大腦專注產生的P300進行復健遊戲介面的操作，P300為事件相關電位（Event-related potential, ERP）的一部分，P300為大腦注意刺激的其中一種指標性ERP波形，特徵為在200~400ms接近300ms的位置會出現一個明顯的正向ERP波形，因為是專注產生的波形因而被廣泛應用在BCI的控制。本次研究主要以不同程度的專注度觀察P300的變化，實驗分為四個階段：計數、按鍵任務、困難按鍵任務與按鍵任務加入背景音樂，其結果分為三種比較方向：計數與按鍵的差異、圖片刺激辨識難度變化與按鍵任務加入背景音樂的不同反應。藉由這些方向我們整理出大腦在何種狀況下會產生較大的專注負擔，也與大中的生活習慣相對應，找出那些習慣會使大腦的辦事效率降低，或在何種狀況下大腦呈現緊張的壓力狀態。

關鍵字：腦機介面（BCI），事件相關電位（ERP），P300

* 趙文鴻，地址：30015 新竹市元培街306號
電子信箱：scweng303@mail.ypu.edu.tw，聯絡電話：03-6102429，傳真：03-6102323



Abstract: The brain computer interface (BCI) is developing increasingly vigorously. It is widely used in rehabilitation. The attention index, P300, is used to perform the operation of the rehabilitation game interface. The P300 is the event-related potential (ERP). It is characterized by a significant forward ERP waveform between from 200 and 400ms and appears at around 300ms. It is an attention waveform, and it is widely used in BCI control. The purpose of this study is to observe the changes of P300 in different degrees of concentration. The experiment is divided into four stages: counting tasks, button tasks, difficult button tasks and button tasks added background music. The results are divided into three comparison directions: the difference of counting and button, the difficulty of picture recognition, and the different response of the button tasks and button tasks adding background music. The study would find the situations under which the brain will generate a greater concentration, and find out which life habits would make the brain's work efficiency decrease or under what conditions the brain shows a stressful state.

Keywords: Brain computer interface (BCI), Event-related potential (ERP), P300

1. 前言

腦機介面 (Brain computer interface, BCI) 的控制需要大腦的高度專注度才能靈活控制，而在大部分的BCI文獻中多以P300做為控制的目標訊號，運用專注度的變化來改變P300強度，進而編輯成一連串的控制模式來控制想要控制的元件 (Baykara et al., 2015)，為了瞭解大腦對於專注度變化而造成P300訊號強弱的改變，我們設計了一套實驗針對大腦專注度的P300變化，我們從生活中找到可能會影響專注度的實驗刺激素材，例如：反應動作、物體辨識與音樂干擾，而實驗總共分成三大研究方向，第一是按鍵反應與計算刺激數量，第二是圖片刺激辨識難度變化，第三則是在相同次刺激條件與任務條件下加入背景音樂 (Jin et al., 2017)。我們利用這些刺激或任務來設法改變大腦的專注度。在過去的文獻中認為P300是大腦在接收外在刺激而感生的腦部反應，但其實不然，P300與專注度有著密不可分的關係，P300因為專注度的改變而改變。而我們發現隨著任務與刺激改變的狀況，P300的峰值也跟著改變，在這些研究方向中跟生活最息息相關的就是第三個方向，許多人喜歡聽音樂除了放鬆時間必聽，做任何事也不例外開車、讀書甚至睡覺也要聽音樂才能入睡，但有些狀況下聽音樂反而會讓我們的大腦負荷增加導致專注下，進而影響辦事效率降低，後面我們即將討論音樂事如何影響我們的專注度的 (Okninaa, Sharvoa, and Zaitsev, 2017)。而在BCI中專注可以說是不可缺少的，大腦若無法專注可能會影響BCI操作效率 (Zhou et al., 2016)。



2. 研究方法

為了瞭解人體對於工作記憶訓練刺激之生理反應與專注力的關係，研究設計提出1難易度的記憶訓練刺激實驗，為實驗區段1、實驗區段2、實驗區段3、實驗區段4，刺激實驗總實施時間約為33分鐘。刺激實驗將會在1日內施作。以下為記憶訓練刺激實驗之刺激條件說明如下：

2.1. 記憶訓練刺激實驗程序

為了瞭解人體對於工作記憶訓練刺激之生理反應與專注力的關係，需先依照一定的實驗流程，並透過一定的聲音刺激實驗流程以確保實驗資料擷取的正確性，記憶訓練刺激實驗流程如圖1所示，實驗前準備首先依照國際10-20系統配置法，將所有電極與參考電壓電極共21點之電極固定於頭皮上，接著受測者坐著保持身心放鬆後，設定記憶訓練刺激實驗參數，並檢查電極阻抗值後，依據指示開始進行實驗測量，刺激出現開始記錄波形。

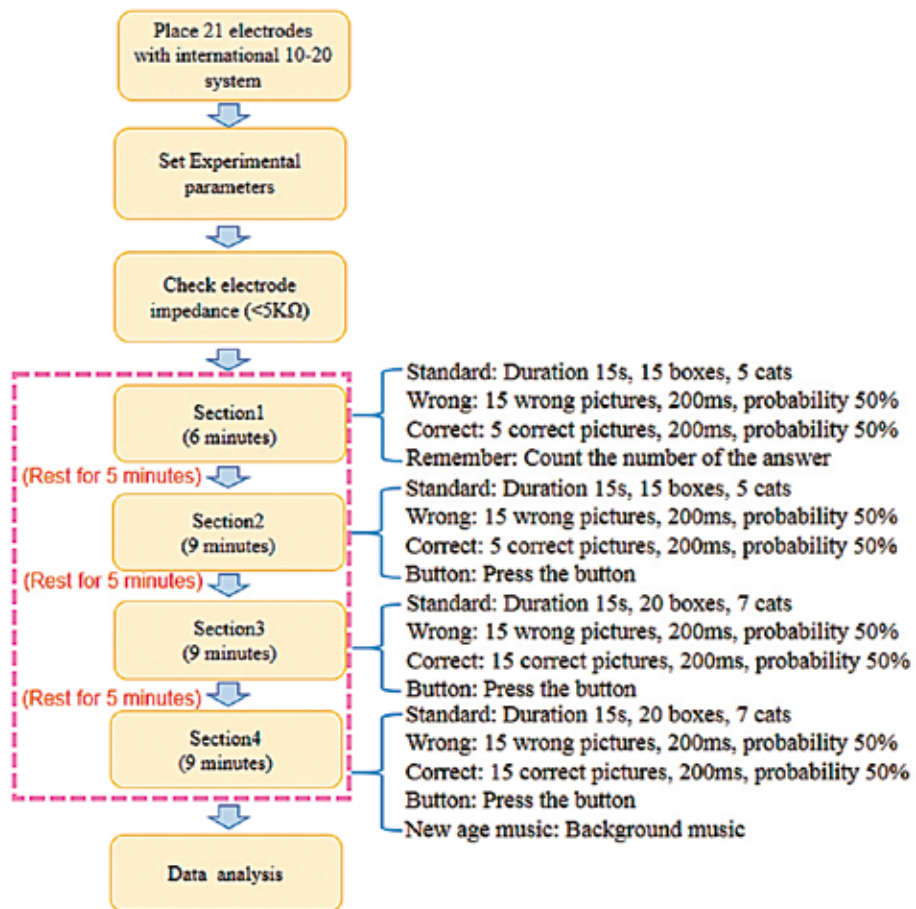


圖1 記憶訓練刺激實驗



2.2. 記憶訓練刺激實驗：

記憶訓練刺激實驗以2種不同記憶難易度為刺激源，區分為簡單記憶與困難記憶，實驗區段1與實驗區段2為簡單記憶，實驗區段3與實驗區段4為困難記憶，記憶訓練刺激實驗之實驗區段受測者試驗進行刺激分別有300個刺激，每完成一個實驗區段後受測者將會休息5分鐘時間，再執行下個實驗區段。以下即對各實驗區段詳細敘述：

2.2.1 實驗區段1：Attention (A)

(1) 實驗區段1之刺激程序及刺激間隔如圖2所示，實驗開始標準圖形答案停留15秒，之後錯誤圖形答案與正確圖形答案隨機出現，其刺激間隔為1.67秒。

(2) 標準 (Standard) 圖形答案：實驗開始放1張標準圖形答案如圖2之刺激S，給予受測者記憶15秒，此圖形中盒子共有15個，貓咪共有5隻分別放在固定位置的5個盒子裡。

(3) 錯誤 (Wrong) 圖形答案：W1、W2、W3...W15，總共15張錯誤圖形答案，每張圖形刺激時間200ms，錯誤圖形出現機率50%，每張圖形中含有1隻貓咪或1隻兔子，當貓咪出現在盒子位置與標準圖形答案盒子位置不同時為錯誤圖形答案，當兔子出現時與標準圖形答案盒子位置相同，但是盒子內不同物種為錯誤圖形答案。

(4) 正確 (Correct) 圖形答案：C1、C2、C3...C5，總共5張正確圖形答案，每張圖形刺激時間200ms，正確圖形出現機率50%，每張圖形中含1隻貓咪，與標準圖形答案5個盒子位置中之1個盒子位置相同即為正確圖形答案。

(5) 記憶 (Remember) 數量：看見正確答案後腦中記數正確答案之數量至實驗區段結束回答計數總數。

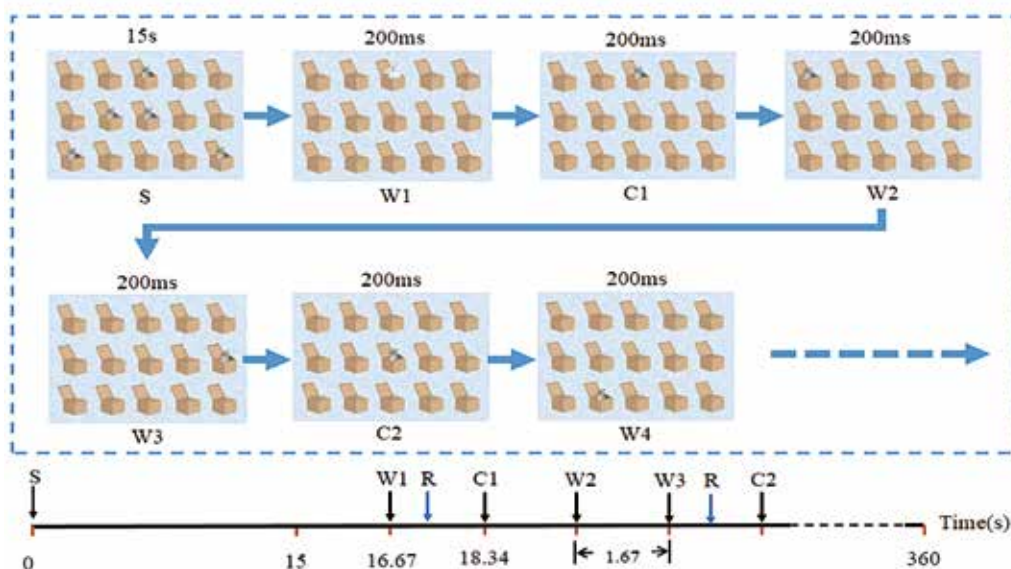


圖2 簡單記憶訓練刺激計數之實驗區段1刺激間隔程序圖



2.2.2 實驗區段 2：Easy button (EB)

(1) 實驗區段2之刺激程序及刺激間隔如圖3所示，實驗開始標準圖形答案停留15秒，之後錯誤圖形答案與正確圖形答案隨機出現，其刺激間隔為1.67秒。

(2) 標準 (Standard) 圖形答案：實驗開始放1張標準圖形答案如圖3之刺激S，給予受測者記憶15秒，此圖形中盒子共有15個，貓咪共有5隻分別放在固定位置的5個盒子裡。

(3) 錯誤 (Wrong) 圖形答案：W1、W2、W3...W15，總共15張錯誤圖形答案，每張圖形刺激時間200ms，錯誤圖形出現機率50%，每張圖形中含有1隻貓咪或1隻兔子，當貓咪出現在盒子位置與標準圖形答案盒子位置不同時為錯誤圖形答案，當兔子出現時與標準圖形答案盒子位置相同，但是盒子內不同物種為錯誤圖形答案。

(4) 正確 (Correct) 圖形答案：C1、C2、C3...C5，總共5張正確圖形答案，每張圖形刺激時間200ms，正確圖形出現機率50%，每張圖形中含1隻貓咪，與標準圖形答案5個盒子位置中之1個盒子位置相同即為正確圖形答案。

(5) 按鈕 (Button) 確認：看見正確答案立即按下按鈕B做反應。

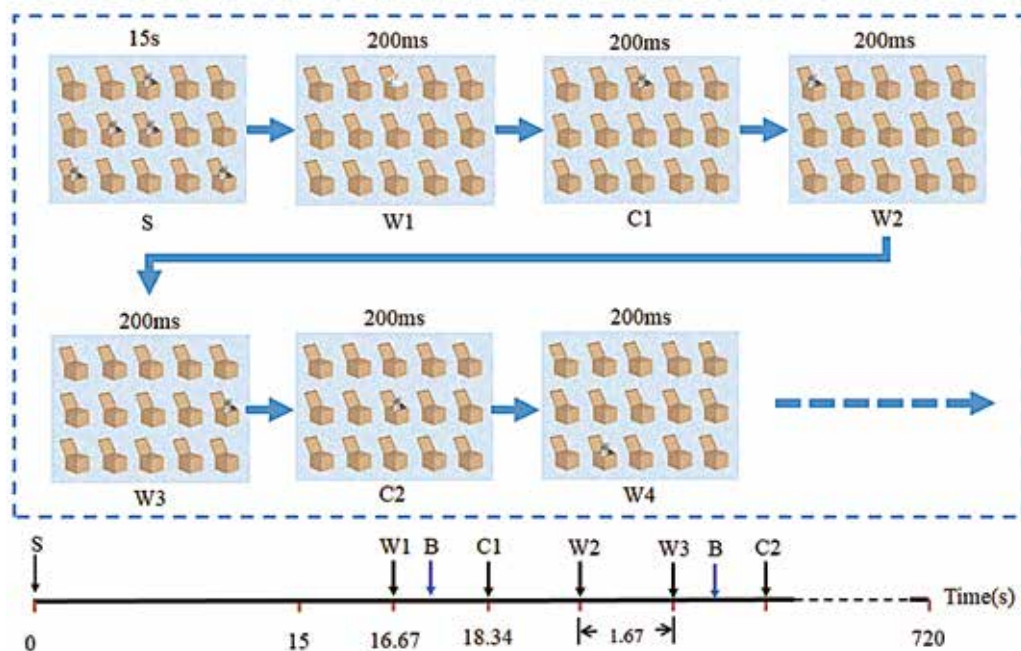


圖3 簡單記憶訓練刺激按鈕反應之實驗區段2刺激間隔程序圖

2.2.3 實驗區段3：Hard button (HB)

(1) 實驗區段3之刺激程序及刺激間隔如圖4所示，實驗開始標準圖形答案停留15秒，之後錯誤圖形答案與正確圖形答案隨機出現，其刺激間隔為1.67秒。



6 大腦在不同狀態下的專注度造成之 P300 變化研究

(2) 標準 (Standard) 圖形答案：實驗開始放一張標準圖形答案如圖4之刺激S，給予受測者記憶15秒，此圖形中盒子共有20個，貓咪共有7隻分別放在固定位置的7個盒子裡。

(3) 錯誤 (Wrong) 圖形答案：W1、W2、W3...W15，總共15張錯誤圖形答案刺激，每張圖形刺激時間200ms，錯誤圖形出現機率50%，每張圖形中含有1隻貓咪與1隻兔子或2隻貓咪，當貓咪出現在盒子位置與標準圖形答案盒子位置不同時為錯誤圖形答案，當兔子出現時與標準圖形答案盒子位置相同，但是盒子內不同物種為錯誤圖形答案。

(4) 正確 (Correct) 圖形答案：C1、C2、C3...C15，總共15張正確圖形答案，每張圖形刺激時間200ms，正確圖形出現機率50%，每張圖形中含2隻貓咪，與標準圖形答案5個盒子位置中之1個盒子位置相同即為正確圖形答案。

(5) 按鈕 (Button) 確認：看見正確答案立即按按鈕B做反應。

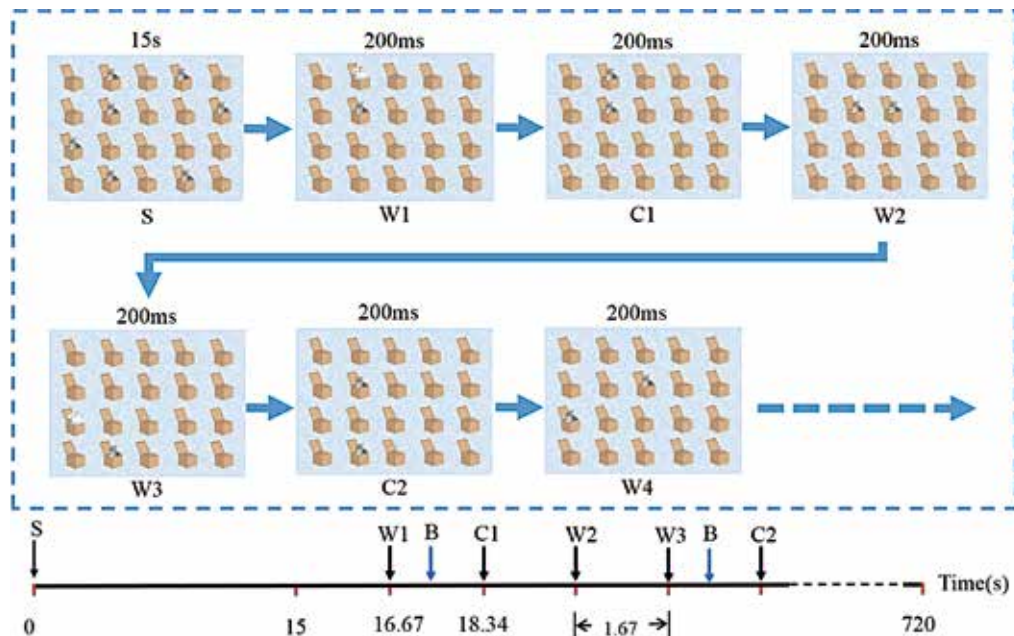


圖4 困難記憶訓練刺激按鈕反應之實驗區段3刺激間隔

2.2.4 實驗區段4：Listening music (LM)

(1) 實驗區段4之刺激程序及刺激間隔如圖5所示，實驗開始標準圖形答案停留15秒，之後錯誤圖形答案與正確圖形答案隨機出現，其刺激間隔為1.67秒。

(2) 標準 (Standard) 圖形答案：實驗開始放一張標準圖形答案如圖5之刺激S，給予受測者記憶15秒，此圖形中盒子共有20個，貓咪共有7隻分別放在固定位置的7個盒子裡。

(3) 錯誤 (Wrong) 圖形答案：W1、W2、W3...W15，總共15張錯誤圖形答案，每張圖形刺激時間200ms，錯誤圖形出現機率50%，每張圖形中含有1隻貓咪與1隻兔子或2隻貓



咪，當貓咪出現在盒子位置與標準圖形答案盒子位置不同時為錯誤圖形答案，當兔子出現時與標準圖形答案盒子位置相同，但是盒子內不同物種為錯誤圖形答案。

(4) 正確 (Correct) 圖形答案：C1、C2、C3...C15，總共15張正確圖形答案，每張圖形刺激時間200ms，正確圖形出現機率50%，每張圖形中含2隻貓咪，與標準圖形答案5個盒子位置中之1個盒子位置相同即為正確圖形答案。

(5) 按鈕 (Button) 確認：看見正確答案立即按按鈕B做反應。

(6) 水晶音樂 (New age music)：實驗開始播放水晶音樂 (當作背景音樂) 至實驗結束。

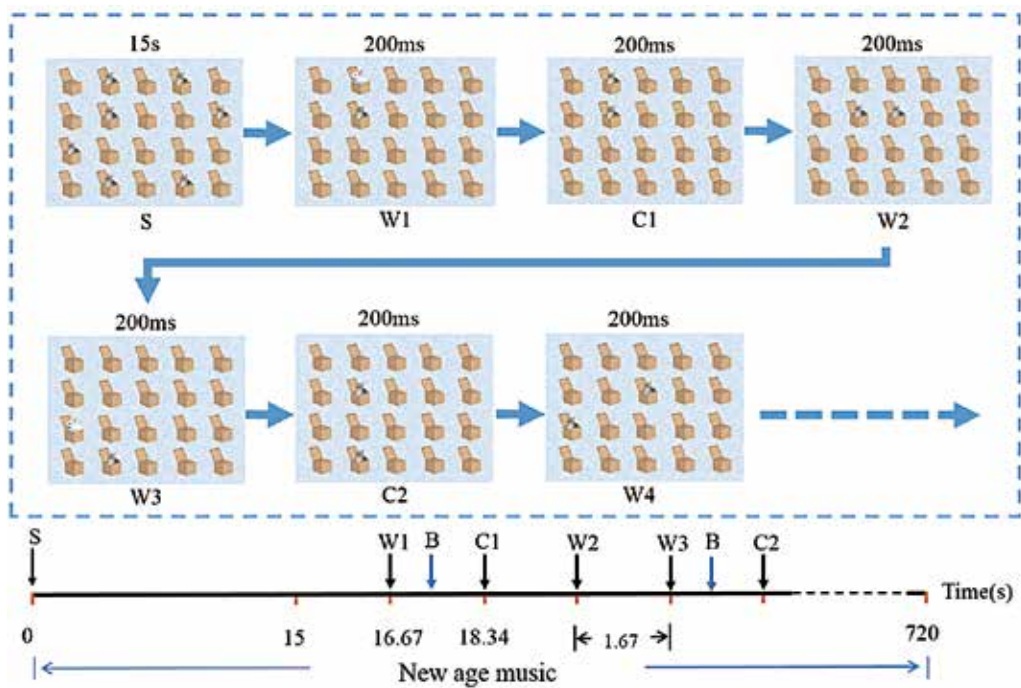


圖5 困難記憶訓練在背景音樂刺激下按鍵反應之實驗區段4刺激間隔程序圖

3. 結果

我們將實驗的美兩個實驗區段分成三組進行結果比較解析，三組結果分別以有無按鍵任務、任務難度與有無背景音樂分別進行比較。



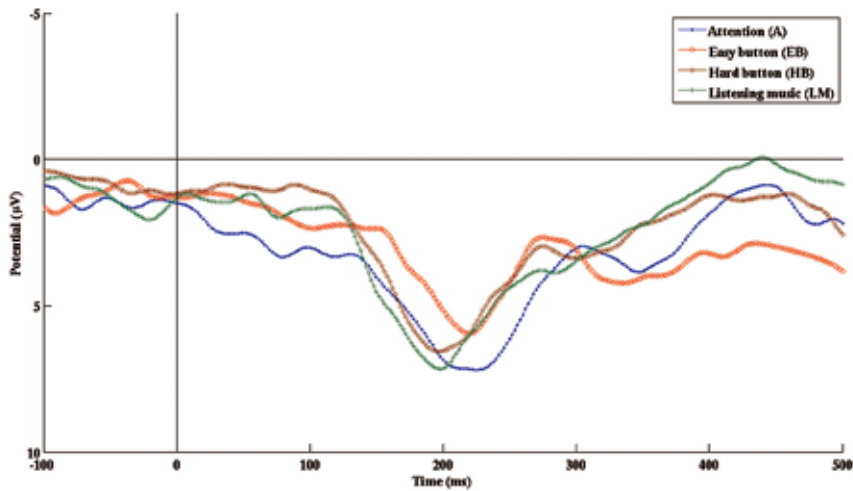


圖6 四個實驗區段之ERP波形

圖6為個實驗區段經訊號分析與訊號疊加後得出的ERP波形，藍色線段為實驗區段1：Attention（A）、紅色線段為實驗區段2：Easy button（EB）、棕色線段為實驗區段3：Hard button（HB）、綠色線段為實驗區段4：Listening music（LM），在圖中位於200~400ms時間區間中為此次實驗主要探討ERP波形中的正波P300，P300出現的時間大約在100~500ms的時間區間中，而在接近300ms約±100ms會達到正向電壓的最高峰值，因為此正波固定出現在300ms附近，因此稱作P300。

3.1 有無按鍵任務的差異

在實驗中的前兩個實驗區段皆使用了相同的圖片刺激，兩個區段唯一差異在實驗A中沒有按鍵任務而實驗EB則有按鍵任務，而圖7為實驗A與實驗EB的ERP波形結果。

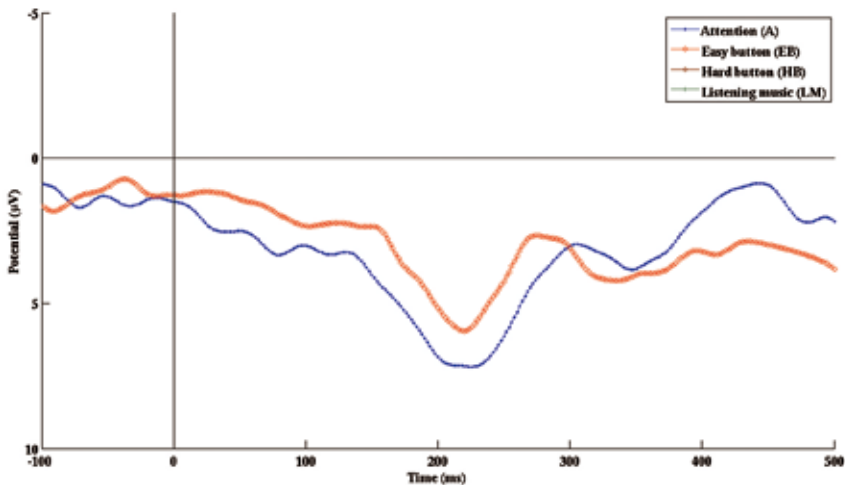


圖7 實驗A與實驗EB之ERP波形比對



在實驗A受測者主要任務為計算正確答案圖片的張數，而實驗EB受測者則是運用按鍵來對正確答案圖片作反應無須計算其正確圖片之數量，在這兩種狀況下P300在實驗A中的呈現出較高的峰值，實驗A之峰谷比實驗EB之峰谷平滑，表示實驗A呈現的ERP達到最高峰值的時間較長，最大值維持的時間較實驗EB長，我們可以藉由這兩個實驗區段的結果來推測，大腦在計數時的專注度比注意圖片並按下按鍵的專注度高，在腦神經電位的觀察點來看，專注度增加時讓腦神經電位達到最大值的電位訊號相對維持較久。

實驗結果指出注意刺激出現次數的P300峰值會大於按鍵任務，在過去P300研究認為計算數量會對大腦產生較大的負荷（Scharinger et al., 2017），因為大腦不但要注意是否為目標刺激外還要計算其數量，而按鍵任務中並不需要計算刺激數量大腦負荷相對較低，受測者只需要注意目標刺激並對其做反應，也因此按鍵任務對大腦來說工作較為簡單，因此P300的峰值也因大腦負荷降低而下降。

3.2 任務難度變化

在實驗中有兩組實驗區段皆有按鍵任務，其中的差別在於圖片分辨的難易度的變化，在實驗EB中使用較容易分辨的圖片作為反應的主刺激，而實驗HB則是將圖片的分辨難度增加，圖8將呈現出兩種刺激對大腦產生的負荷的差異。

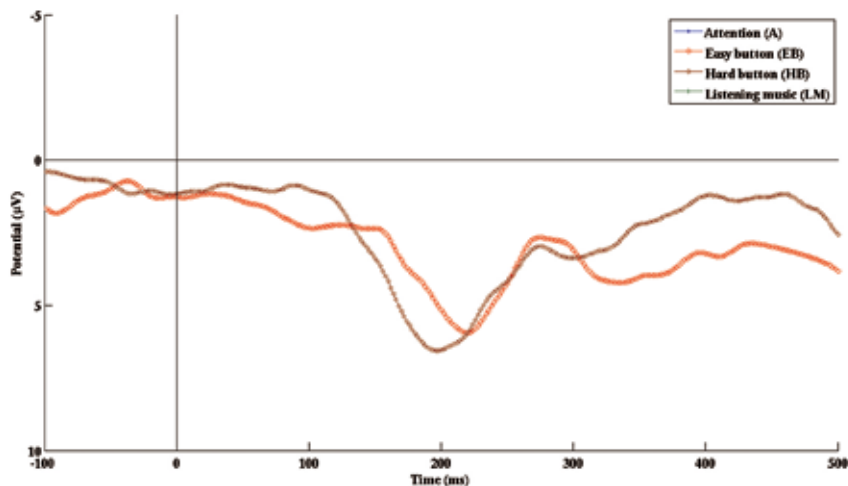


圖8 實驗EB與實驗HB之ERP波形比對

圖8中大約位於200ms ~ 400ms為P300，可以看出代表實驗HB的棕色線條比代表實驗EB的紅色線條較早達到最大峰值，而實驗HB的P300的峰值明顯高於實驗EB，間接說明任務難度可能會影響腦部的反應或增加腦部的負荷。

我們發現若是刺激辨識難度增加，P300的峰值也會隨著增加，而在過去的相關文獻中指出原因，因為大腦需要更加專注地去辨識刺激（Samima, Sarma, and Samanta, 2017），其



概念如下：假設駕駛一樣的道路上駕駛車輛，在濃霧裡駕駛比在視野清晰的道路上大腦更加專注，因為大腦必須花上更多的注意力來觀察前方路況，這就是為何圖片變識難度增加時大腦的神經反應會更加劇烈。

3.3 有無背景音樂

接著進行有無背景音樂的比較，在需多的文獻中指出音樂會對大腦產生情緒上的影響，甚至指出音樂有助於睡眠品質的提高或是可以讓大腦的情緒壓力得到釋放。而實驗HB與實驗LM在相同難度的圖片刺激下，在實驗LM的實驗過程中增加背景音樂，圖9將呈現這兩個實驗的結果。

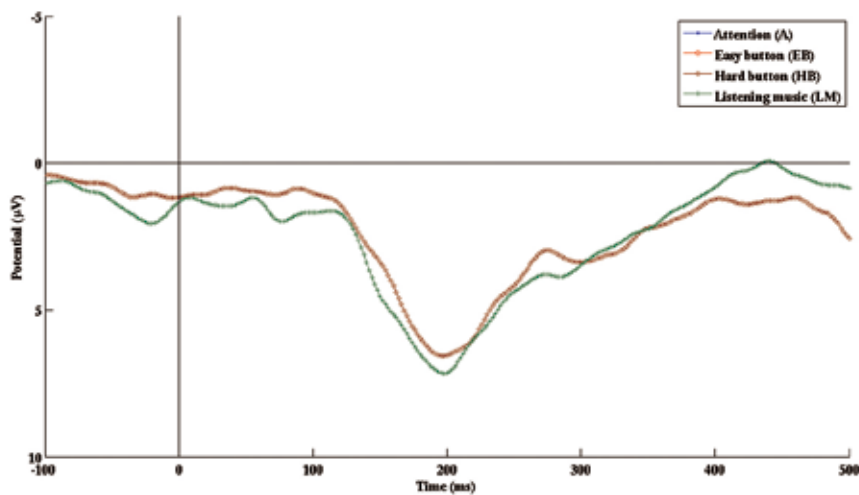


圖9 實驗HB與實驗LM之ERP波形比對

圖9為實驗HB與實驗LM的ERP波形結果，在圖中位於200ms附近有兩個P300的最大值，而代表實驗LM的綠色線條的P300之峰值略大於代表實驗HB的棕色線條，P300代表大腦呈現專注狀態的指標，大腦越專注P300的峰值越高，依照圖9現象所示，大腦在實驗LM專注度比實驗HM高。

實驗數據指出音樂確實會影響P300的強弱，雖然大部分的文獻對音樂的研究多為舒壓，而音樂也確實有舒壓的效果，但是音樂舒壓的功能只侷限在純聽音樂的狀況下，若是大腦正專注於一件事或執行任務時，聽音樂反而成為大腦的一種負擔。在實驗中背景音樂不但不會有舒壓效果，反而會造成P300的峰值提高，原因在於音樂會造成大腦分心，大腦為了不讓執行的任務發生錯誤，因此大腦必須提高專注度來抵抗抗外不造成的干擾⁵，最常見的例子就是開車聽音樂，原本大腦只需專注於駕駛車子的任務上，但是若在開車時邊聽音樂可能會造成駕駛分心，這也就是交通安全宣導中並不建議駕駛收聽收音機或音樂的原因。



4. 結論

P300在過去的研究中皆視為注意或專注的指標性ERP訊號，P300也被廣泛作為BCI的參考值（Baykara et al., 2015；Jin et al., 2017；Okninaa, Sharova, and Zaitsev, 2017；Zhou et al., 2016）。這次的研究主要有三個方向；第一個方向是按鍵任務與注意刺激出現次數對P300反應的差別，這組實驗說明了有工具的幫助下，大腦執行任務的效率能夠提高⁵。第二個方向是在同樣的任務條件下，適當增加刺激識別的難易度，在這組實驗我們可應證大腦在處理複雜的事物時，大腦的專注會提高（Scharinger et al., 2017；Somima, Sorma, and Samanta, 2017）。第三個方向是若在相同的視覺刺激與任務條件下加入背景音樂是否會影響P300，在這組實驗中我們可以發現在複雜的環境中，大腦執行任務會提高，目的是為了去抵抗環境中任何會使大腦分心的外在干擾⁶。從以上的結果可以看出大腦對於專注與放鬆的定義，尤其是聽音樂這件事，在不做任何事的情況下，聽音樂確實能達到舒壓的效果，但是若是在做一件重要的事，聽音樂可能會造成這件重要事情的失敗。

誌謝

感謝本腦波實驗室團隊成員蘇泓瑋、林家毅與賴昕妤協助實驗數據的採集，也更感謝所有的受測者為本實驗辛苦付出與配合，本研究承元培醫事科技大學補助計畫108-COMP6017-03提供經費之支持，特此感謝。

參考文獻

- [1] Baykara, E., Ruf, C.A., Fioravanti, C., Käthner, I., Simon, N., Kleih, S.C., Kübler, A., Halder, S. (2015). Effects of training and motivation on auditory P300 braincomputer interface performance, *Clinical Neurophysiology*. 127(1): 379-387.
- [2] Jin, J., Zhang, H., Daly, I., Wang, X., Cichocki A. (2017). An improved P300 pattern in BCI to catch user's attention. *Journal of Neural Engineering*. 14(3):036001.
- [3] Okninaa, L.B., Sharova, E.V., and Zaitsev, O.S. (2017). Wavelet-synchrony of Brain Evoked Responses during Listening to Naturalistic Stimuli in the Prognosis of Consciousness Recovery (Study I: Wavelet-synchrony during Listening to Instrumental Music). *Human Physiology*. 43(6): 617-624.
- [4] Samima, S., Sarma, M. and Samanta, D. (2017). Correlation of P300 ERPs with Visual Stimuli and its Application to Vigilance Detection. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2017:2590-2593.
- [5] Scharinger, C., Soutschek, A., Schubert, T., and Gerjets, P. (2017). Comparison of the Working



Memory Load in N-Back and Working Memory Span Tasks by Means of EEG Frequency Band Power and P300 Amplitude. *Front Hum Neurosci.* 11:6.

- [6] Zhou, S., Allison, B.Z., Kübler, A., Cichocki A., Wang, X., and Jin, J. (2016). Effects of Background Music on Objective and Subjective Performance Measures in an Auditory BCI. *Front Comput Neurosci.* 10: 105.

