



12-31-2005

Event-Related Potentials of Visual Spatial Attention in Healthy Subjects

Chu-Hsu Lin

Yu-Cheng Pei

Chia-Ying Chung

Pao-Tsai Cheng

Chia-Ling Chen

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>



Part of the [Rehabilitation and Therapy Commons](#)

Recommended Citation

Lin, Chu-Hsu; Pei, Yu-Cheng; Chung, Chia-Ying; Cheng, Pao-Tsai; Chen, Chia-Ling; and Wong, Alice M.K. (2005) "Event-Related Potentials of Visual Spatial Attention in Healthy Subjects," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 33: Iss. 1, Article 4.

DOI: [https://doi.org/10.6315/2005.33\(1\)03](https://doi.org/10.6315/2005.33(1)03)

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol33/iss1/4>

This Original Article is brought to you for free and open access by Rehabilitation Practice and Science. It has been accepted for inclusion in Rehabilitation Practice and Science by an authorized editor of Rehabilitation Practice and Science. For more information, please contact twpmrscore@gmail.com.

Event-Related Potentials of Visual Spatial Attention in Healthy Subjects

Authors

Chu-Hsu Lin, Yu-Cheng Pei, Chia-Ying Chung, Pao-Tsai Cheng, Chia-Ling Chen, and Alice M.K. Wong

正常人之視覺空間注意力事件誘發電位

林衢序 裴育晟 鍾佳英 鄭寶釵 陳嘉玲 黃美涓

林口長庚紀念醫院復健科

視覺注意力受外界刺激之空間及時間因素影響。本實驗藉由事件誘發電位(event-related potentials, ERPs)的研究,以了解正常人執行視覺空間注意力之潛在腦部機轉。

本實驗收集 17 位健康成人,平均年齡為 23.3 歲。由 Neurostim 系統產生視覺刺激訊號,在 3 種不同的條件組合下提供 8 種刺激:提示(cue)的正確與否;刺激延遲(delay)的時間(100 msec 或 800 msec);刺激的方向(左側或右側)。資料處理後進行 ERPs 的波幅及波峰時間的分析。統計方法採重複量數變異數分析(repeated measures ANOVA),比較不同條件下的 ERPs,定義 P 值 < 0.05 為統計學上顯著意義。同時也記錄大腦等位圖(brain mapping)。

本研究發現,在執行空間注意力測試時主要觀察到三個不同的波形,N1 (波峰時間約為 170 ~ 180 ms,波幅約為 -2 ~ -4 μ V)、P2 (波峰時間約為 250 ~ 260 ms,波幅約為 4 ~ 6 μ V)及 P3 (波峰時間約為 370 ~ 380 ms,波幅約為 3 ~ 4 μ V)。N1 波於目標物對側枕葉、頂葉波幅最明顯。P2 波於目標物對側之枕葉、頂葉、額葉中央及頭頂中央波幅較明顯。P3 波於額葉及頭頂中央波幅最明顯。N1 與 P2 波皆是逢錯誤提示而在腦部視野對側波幅變大,但 P3 波在正確提示時波幅較大。

本研究顯示,錯誤提示刺激可引起較大的視覺注意,而造成對側枕葉及頂葉之皮質活性增加;而正確提示刺激可引起較大的認知處理,但會受處理過程的負波影響。(台灣復健醫誌 2005; 33(1): 19 - 28)

關鍵詞: 事件誘發電位(event-related potentials), 注意力(attention), 視覺空間刺激(visual spatial stimuli)

前 言

大腦之複雜構造與功能,至今我們對它的了解仍相當有限。在腦部功能中,“注意力”是具有指標性的。注意力的缺失,會造成學習上與行為控制上的困難。臨床上,過動症的小孩、腦傷或是在中風後的病患,注意力的不足常會造成復健介入上的困難。^[1]注意力的評估有許多不同的方式,評估的方法包括臨床評估及實驗室檢查,如反應時間^[2]到腦部誘發電位、^[3]功能性磁共振造影(functional MRI)、^[4]正子斷層造影(PET)等。^[5]其中,著名的“Posner paradigm”目前已成為研究視覺空間注意力(visual spatial selective attention)的模式,^[6,7]並為後來許多研究引用。^[8]Posner 利用提示(cue)時間與

目標物(target)出現時間間隔的長短,發現視覺注意力可以分為內隱注意力轉移(covert shift of attention) (未移動眼球視線的情形下的注意力移動)與維持性注意力(sustained attention) (注意力維持在該提示位置)。內隱注意力轉移包括注意力的脫離(disengage)、移動(move)、與入位(engage)的過程,主要由腦部的頂葉(parietal lobe)來完成,此項過程提供額葉(frontal lobe)優先處理的指令,處理並加強該注意的程度,後面這個過程即所謂維持性注意。

事件誘發電位(event related potential, 簡稱 ERP),自 1960 年代中期起陸續開始有較多的相關研究。^[9,10]原理在於個別神經元於神經傳導時所釋放出的突觸後電位,經由記錄一連串的腦波,再將這些腦波分別與相對應的刺激事件以固定的時間點來加以擷取,最後

投稿日期: 93 年 6 月 11 日 修改日期: 93 年 9 月 9 日 接受日期: 93 年 10 月 15 日

抽印本索取地址: 陳嘉玲醫師, 林口長庚紀念醫院復健科, 桃園縣 333 龜山鄉復興街 5 號

電話: (03) 3281200 轉 8147 e-mail: ccll374@adm.cgmh.org.tw

取得平均值來作分析。目前有關注意力的事件誘發電位的研究已被廣泛探討，根據事件誘發電位發生時間及電位正負有不同的波形產生，如 P1(約 100msec 後發生之正電位波)、N1(約 100msec 後發生之負電位波)、P2(約 200msec 後發生之正電位波)及 P3(約 300msec 後發生之正電位波)等。^[9-11]有關注意力事件誘發電位之研究，可採用聽覺^[10]或視覺刺激，^[3,8]在視覺空間性選擇性注意(visual selective attention)研究指出，經提示需付出較多注意力的目標物(attended target)，比不需特別注意的目標物(unattended target)可誘發更大的 P1、N1、P2 電位強度。^[11,12]因此，當受測者預期對視覺刺激因而付出更專注的注意力時，對應之腦區域之活性會增加，其可能的機制為提高基礎電位(baseline potential)或是增加興奮性(excitability)。^[13]

綜觀有關注意力事件誘發電位的研究，每個研究所得到的結果有其差異性，包括波形成份、波峰時間與波幅變化等，這可能與實驗設計不同有關。^[3,9,11]另外，國內目前對於注意力之事件誘發電位的文獻仍相當有限，因此，本實驗希望藉由對健康受測者的注意力誘發電位的研究，以了解國人執行視覺空間注意力之潛在腦部機轉，並提供國人之正常腦部誘發電位的資料，希望將來可做為臨床研究之參考。

材料與方法

一、研究對象

17 位健康的年輕人，其中男性 9 位，女性 8 位；平均年齡為 23.3 ± 6.8 (13~36) 歲，平均身高為 165.2 ± 8.3 公分，平均體重為 58.4 ± 11.4 公斤。這些受測者其慣用手皆為右手，視力或矯正後的視力正常，沒有神經學上或認知功能上異常的病史。

二、儀器設備

我們整合 Neurostim (Herndon, VA, US) 及 Neuroscan 多頻道腦波儀 (Compumedics USA, Ltd.)。Neurostim (Herndon, VA, US) 為整合性認知功能評估儀，在本研究提供視覺提供受測時之視覺測驗。Neuroscan 多頻道腦波儀為 32 頻道腦波儀，其軟體可以進行腦波之前處理及後處理分析。

三、實驗步驟

受測的環境是一燈光微亮儘可能避免外界聲光干擾的密閉空間，受測者坐於電腦螢幕前，眼睛距離螢幕約 50 公分，右手食指放置於電腦桌一方型按鈕上。

開始前指導受測者眼睛注視於電腦螢幕中央並告知其測試的方法，在練習 5 次之後確定執行正確後開始正式的測試。

1. 記錄電極：

根據 10-20 國際系統以十個電極(包括 F3、F4、Fz、Cz、T3、T4、P3、P4、O1、O2)來進行腦波紀錄。並於左眼眶記錄眼外肌肌電圖(EOG)，地線電極接於前額，參考電極接於兩側乳突(mastoids)。

2. 刺激方式：

視覺刺激乃採用 Neurostim 系統，提供視覺刺激，每次刺激開始時，受測者會先在電腦螢幕中央看到一 1.65×1.15 公分的十字(central fixation cross)，以提示其眼睛要注意在此中央的位置。之後，十字消失，隨即出現一向左或向右的箭號(1.65×0.6 公分)提示。目標物為一 1.65×1.15 公分的米字型符號，分別於提示出現後 100 或 800 毫秒出現於螢幕的左邊或右邊，目標物出現之時間長為 200 毫秒。當目標物出現的位置(左或右)與箭號方向相符時，為正確提示(valid cue)。反之，則為錯誤提示(invalid cue)。受測者於看到錯誤提示時必須按壓方型的按鈕，而對於正確提示之刺激則不必反應。

視覺刺激共分為 3 種不同的條件，共有 8 種情況：(1)提示的正確與否，(2)刺激延遲的時間(分成 100 msec 及 800 msec)，(3)刺激的方向(左側及右側)。正確提示包括目標物在左方及右方各為 144 題，機率為 0.6 (valid possibility = 0.6)；而錯誤刺激包括目標物在左方及右方各為 96 題，機率為 0.4 (invalid possibility = 0.4)。每次測試分兩個段落來進行，每個段落 240 題，中途休息 5 分鐘，共 480 題。每題最長的反應時間(response time out)不超過 3 秒，題與題之間的時間間隔(inter-trial interval)為 1 秒。

四、資料分析

由於結果觀察中發現，提示與目標物相隔 100 毫秒的條件下，提示本身所產生的誘發電位與隨後由目標物誘發的腦波電位會相重疊，故我們僅對提示與目標物相隔為 800 毫秒的那一組資料進行分析。誘發電位經動眼校正(ocular reduction)，切割(epoch；切割間隔為刺激前 200 毫秒到刺激後 1000 毫秒)，基線校正(baseline correction；基準定於刺激前之水平)，干擾排除(artifact rejection；排除波幅在 $-70 \sim 70 \mu V$ 範圍以外之腦波)，濾波(filter；頻寬定於 1 至 60 Hz band pass，6dB/oct)後，進行不同事件之誘發電位的平均分析(average)。

最後，對於不同的事件(包括正確提示的刺激其目

標物在左邊、正確提示刺激其目標物在右邊、錯誤提示的刺激其目標物在左邊、錯誤提示刺激其目標物在右邊等四種事件)之誘發電位之 N1、P2 及 P3 波的波幅(amplitude)及波峰時間(peak latency)進行分析。同時使用 Neuroscan 二度空間內差法大腦等位圖(brain mapping)功能，記錄上述各波段波峰處之大腦等位圖。

五、統計方法

統計軟體使用 SPSS，統計方法採重複量數變異數分析(repeated measures ANOVA)，變數因子(factors)為：提示之正確與否、目標物的位置(左或右)及相對應

的電極(同側或對側)。依變數(dependent factors)為各個波形的波峰時間與波幅。定義 P 值 < 0.05 為統計學顯著。重複量數變異數分析之 sphericity 檢定為皆不符合標準，而使用 Geisser Method 進行自由度(degree of freedom)之校正。

結 果

本研究發現，在執行空間注意力測試時主要觀察到三個不同的波形，分別為 150-200 毫秒左右的負向波 N1、250-300 毫秒左右的正向波 P2 與 350-400 毫秒

表 1. 視覺空間注意力事件誘發電位，N1 波於各配對電極之波峰時間及波幅大小

記錄電極	目標物在左側		目標物在右側		F 值/P 值
	正確提示	錯誤提示	正確提示	錯誤提示	
波峰時間(msec)					
F3/F4					B × C: 4.77/ <0.05
F3	174.2 ± 23.4	175.7 ± 28.7	179.8 ± 21.2	173.0 ± 27.4	
F4	169.5 ± 25.3	169.5 ± 23.2	178.4 ± 20.3	174.2 ± 25.7	
Fz/Cz					A × C: 4.93/ <0.05
Fz	174.1 ± 23.3	170.2 ± 23.6	181.7 ± 20.9	169.6 ± 26.0	
Cz	169.6 ± 23.1	166.6 ± 19.3	173.8 ± 19.2	168.9 ± 21.6	
P3/P4					B × C: 23.34/ < 0.01
P3	172.9 ± 26.2	171.9 ± 15.2	170.9 ± 20.9	170.6 ± 19.3	
P4	166.0 ± 20.6	166.5 ± 10.8	184.0 ± 28.5	182.6 ± 25.0	
O1/O2					B × C: 26.85/ < 0.01
O1	187.2 ± 33.7	183.6 ± 36.7	173.9 ± 21.2	178.4 ± 24.2	
O2	172.1 ± 23.4	170.5 ± 12.5	202.3 ± 65.8	202.6 ± 26.2	
波幅強度(μV)					
F3/F4					B × C: 4.77/ <0.05
F3	-3.3 ± 2.1	-2.3 ± 2.3	-3.1 ± 2.4	-3.5 ± 2.6	
F4	-2.6 ± 3.2	-3.4 ± 3.1	-2.1 ± 2.3	-2.0 ± 2.7	
Fz/Cz					NS
Fz	-2.1 ± 2.5	-2.2 ± 2.9	-1.1 ± 2.5	-1.7 ± 2.2	
Cz	-4.4 ± 2.9	-3.4 ± 4.3	-3.6 ± 2.7	-4.2 ± 4.2	
P3/P4					A: 4.62/ <0.05 B × C: 13.41/ <0.01
P3	-3.0 ± 2.4	-3.8 ± 2.4	-4.0 ± 2.7	-6.4 ± 2.9	
P4	-4.2 ± 2.9	-5.1 ± 4.7	-3.1 ± 2.0	-4.1 ± 3.0	
O1/O2					A: 7.13/ <0.05 B × C: 55.29/ < 0.01
O1	-1.8 ± 2.3	-2.4 ± 1.5	-3.8 ± 1.8	-4.7 ± 2.0	
O2	-3.6 ± 2.8	-4.7 ± 2.6	-1.7 ± 2.4	-2.0 ± 1.9	

A：提示(正確或錯誤)，B：目標物位置(左右)，C：記錄電極(同側或對側)

A × C：提示與記錄電極的交互作用；B × C：目標物左右與記錄電極同側與對側的交互作用

NS：表示未達統計學上的差別

表 2. 視覺空間注意力事件誘發電位，P2 波於各配對電極之波峰時間及波幅大小

記錄電極	目標物在左側		目標物在右側		F 值/P 值
	正確提示	錯誤提示	正確提示	錯誤提示	
波峰時間(msec)					
F3/F4					NS
F3	252.5±33.3	262.7±34.6	260.7±45.4	268.5±33.1	
F4	247.9±34.2	261.4±37.9	262.7±47.0	267.8±33.8	
Fz/Cz					NS
Fz	255.8±30.6	257.8±37.5	264.4±44.3	268.3±33.2	
Cz	250.4±30.2	257.6±38.8	263.0±43.7	269.9±36.9	
P3/P4					NS
P3	250.0±28.4	264.6±36.5	268.9±42.7	278.1±34.3	
P4	249.1±33.0	260.2±39.4	263.4±39.5	272.4±38.0	
O1/O2					B: 6.66/ <0.05; B×C: 7.50/ <0.05
O1	252.2±23.9	257.9±37.4	259.8±33.5	264.8±37.3	
O2	243.5±23.8	243.6±30.0	265.2±29.0	278.5±33.0	
波幅強度(μV)					
F3/F4					A: 5.94/ <0.05; C: 16.30/ <0.05; B×C: 5.18/ <0.05
F3	4.2±2.1	4.7±2.5	3.4±3.0	4.8±3.0	
F4	4.7±3.0	5.3±3.5	4.7±3.2	6.0±3.4	
Fz/Cz					NS
Fz	6.8±4.0	5.8±3.0	6.9±4.5	6.4±3.5	
Cz	6.2±4.3	5.5±4.5	5.5±4.5	6.0±4.1	
P3/P4					NS
P3	4.0±2.9	4.4±3.4	4.2±3.9	5.8±4.7	
P4	4.0±3.6	4.8±4.5	3.5±4.0	5.3±4.6	
O1/O2					A: 5.71/ <0.05; B×C: 5.15/ <0.05
O1	2.6±2.2	3.0±2.4	3.3±2.0	4.2±2.9	
O2	3.3±2.3	3.7±3.1	2.6±2.0	3.9±3.0	

A：提示(正確或錯誤)，B：目標物位置(左右)，C：記錄電極(同側或對側)

A × C：提示與記錄電極的交互作用；B × C：目標物左右與記錄電極同側與對側的交互作用

NS：表示未達統計學上的差別

左右的正向波 P3。N1 波於目標物對側枕葉、頂葉(O1/O2、P3/P4 電極)波幅最明顯，波峰時間約為 170 ~ 180 ms，波幅約為 -2 ~ -4 μV (表 1)。P2 波於目標物對側之枕葉、頂葉、額葉中央及頭頂中央波幅(O1/O2、P3/P4、Cz、Fz 電極)較明顯，波峰時間約為 250 ~ 260 ms，波幅約為 4 ~ 6 μV (表 2)。P3 波於額葉及頭頂中央波幅最明顯，波峰時間約為 370 ~ 380 ms，波幅約為 3 ~ 4 μV (表 3)。

一、N1 波

N1 波於錯誤提示較正確提示的刺激時，波幅較大，其變化在對側枕葉及頂葉尤為明顯並且達到統計學上的意義(統計值 O1/O2 電極：F(1,16) = 7.13, P < 0.05；P3/P4 電極：F(1,16) = 4.62, P < 0.05) (表 1，圖 1、2)。另外觀察發現，在枕葉、頂葉與額葉，目標物視野對側較視野同側的電極所記錄到 N1 波其波幅較大且波峰時間較早，這可由目標物的位置(左側或右側)與記錄電極間(同側或對側)皆達統計意義值的交互作用(interaction)得到印證(波幅強度統計值 O1/O2 電極：F(1,16) = 55.29, P < 0.01；P3/P4 電極：F(1,16) = 13.41，

$P < 0.01$ ；F3/F4 電極： $F(1,16) = 4.77$ ， $P < 0.05$ ；波峰時間統計值 O1/O2 電極： $F(1,16) = 26.85$ ， $P < 0.01$ ；P3/P4 電極： $F(1,16) = 23.34$ ， $P < 0.01$ ；F3/F4 電極： $F(1,16) = 4.77$ ， $P < 0.05$)(表 1，圖 1、2)。

二、P2 波

P2 波於錯誤提示較正確提示的刺激時，波幅較大，其變化在對側枕葉及額葉尤為明顯並且達到統計學上的意義(O1/O2 電極： $F(1,16) = 5.71$ ， $P < 0.05$ ；F3/F4 電極： $F(1,16) = 5.94$ ， $P < 0.05$)(表 2，圖 1、2)。比較不同視野的刺激，在枕葉與額葉，目標物視野對側較視野同側的電極所記錄到波幅較大且波峰時間較早，可由目標物的位置(左側或右側)與記錄電極間(同側或對側)達統計意義值的交互作用得到印證(波幅強度統計值 O1/O2 電極： $F(1,16) = 5.15$ ， $P < 0.05$ ；F3/F4 電極： $F(1,16) = 5.18$ ， $P < 0.05$ ；波峰時間統計值 O1/O2 電極： $F(1,16) = 7.50$ ， $P < 0.05$)(表 2，圖 1、2)。

此外，在 O1/O2 電極，目標物在左側較右側時，波峰時間較早($F(1,16) = 6.66$ ， $P < 0.05$)(表 2，圖 1、2)；而在 F3/F4 電極，F4 電極所記錄的波幅較大並具有統計學上的意義($F(1,16) = 16.30$ ， $P < 0.05$)(表 2，圖 1、2)。

三、P3 波

在提示的正確與否方面，P3 波在 Fz/Cz 電極所記錄到的反而是在錯誤提示較正確提示的刺激其波幅較小($F(1,16) = 5.46$ ， $P < 0.05$)(表 3，圖 1、2)。在 F3/F4 電極所記錄到的錯誤提示者的波幅亦有較小的趨勢，但未達明顯統計學上的意義($F(1,16) = 4.13$ ， $P = 0.06$)(表 3，圖 1、2)。另外，在 O1/O2 電極，於波幅強度方面，提示的正確與否與電極之間有交互作用，錯誤提示於 O1 電極具有較大的波幅($F(1,16) = 6.47$ ， $P < 0.05$)(表 3)。

比較左右視野刺激，當目標物在左側視野較右側視野刺激時，除了 P3、P4 電極外，其它電極所得到的 P3 波誘發電位，具有較早的波峰時間。O1/O2： $F(1,16) = 6.47$ ， $P < 0.05$ ；FZ/CZ： $F(1,16) = 10.71$ ， $P < 0.01$ 與 F3/F4： $F(1,16) = 5.22$ ， $P < 0.05$ 。經由連續性的大腦等位圖來觀察的話，N1 波最先活化的位置為頭頂中央 Cz 電極的位置，接著在目標物對側的頂葉與額葉，最後於對側的枕葉也活化起來，電位活性以頭頂中央與對側頂葉最明顯。P2 波最先活化的位置位於頭部前方額葉的中央(Fz 電極的位置)，接著頭頂中央與兩側頂葉也有些許的活化，電位活性以額葉中央最活躍。P3 波先於額葉中央活化，接著於頭頂中央以及兩側頂葉也都有相當強度的活化，電位活性以額葉與頭頂中

央最明顯(圖 3 及圖 4)。

討 論

本篇研究發現正常人之視覺空間注意力事件誘發電位包括 N1、P2 及 P3，N1、P2 其發生時間較早，與早期注意知覺(perception)有關，P3 發生時間較晚，與認知、抉擇以及判斷有關。其他研究發現視覺空間注意力測驗時，早期的誘發電位包括 P1、N1、P2 等，即視覺刺激會誘發在刺激後約 100 毫秒的 P1 與緊鄰其後的 N1，以及約 200 毫秒後之 P2 波。P1 為正向波的波峰時間約為 80~120 毫秒；N1 為負向波，波峰約為 130-200 毫秒；P2 為正向波，波峰約為 200 毫秒之後。^[9-12]屬於晚期誘發電位的 P3 波，它常與比它稍早一些的 N2 波一起出現。P3 波可以出現於視覺或聽覺的刺激，經由涉及認知判斷的過程之合適實驗設計，多能誘發 P3 波，^[14,15]此類實驗最常使用之設計為“相對少數目標物刺激”模式(“oddball” paradigm)，其方法為提供兩種刺激，一種為較少出現的刺激(rare stimuli)，而一種為較常出現的刺激(frequent stimuli)。受測者經由分辨這些刺激，較少出現的刺激會在額葉與中央頂葉誘發較大波幅的 P3。^[14,15]因此，P3 與抉擇、判斷等認知功能密切相關。

Hopfinger 在其綜說型論文中，^[16]整理了許多有關視覺空間性選擇性注意力研究，包括事件誘發電位、功能性磁振造影、正子斷層造影(PET)與動物試驗，提出人類腦部注意力的機轉。該研究指出，空間性選擇性注意的行為，在腦部是一具有高度專一性卻又非常錯綜複雜的網路系統，它可以分為三階段：第一階段為依序性注意力控制(top-down attentional control；attention orienting)、第二階段為目標物刺激的處理與產生反應、及第三階段為選擇性注意處理(selective attention processing)。本實驗中“提示”之刺激可能發生在空間性選擇性注意行為中的第一階段，在此階段大腦的某些區域包括頂葉內溝(intraparietal sulcus)、上顳溝(superior temporal sulcus)、額葉上中部接近額葉眼球區域(superior and mid-frontal regions near the frontal eye fields)對具有指示性意義的符號產生活化的現象，這個過程可能包含了對該符號的感知、所表達指示意義的解讀、與在目標出現前的不動眼的注意力(voluntary covert attention)調控準備。如果該指示符號不代表指示的意涵時，則活性便不會被激發。^[17,18]因此，指示事件活化電位(cue event evoked activity)可能代表了注意力準備期的腦部活性，比如預備作選擇性注意的先前活化工作，讓可能相對應的皮質區的興奮性提高。

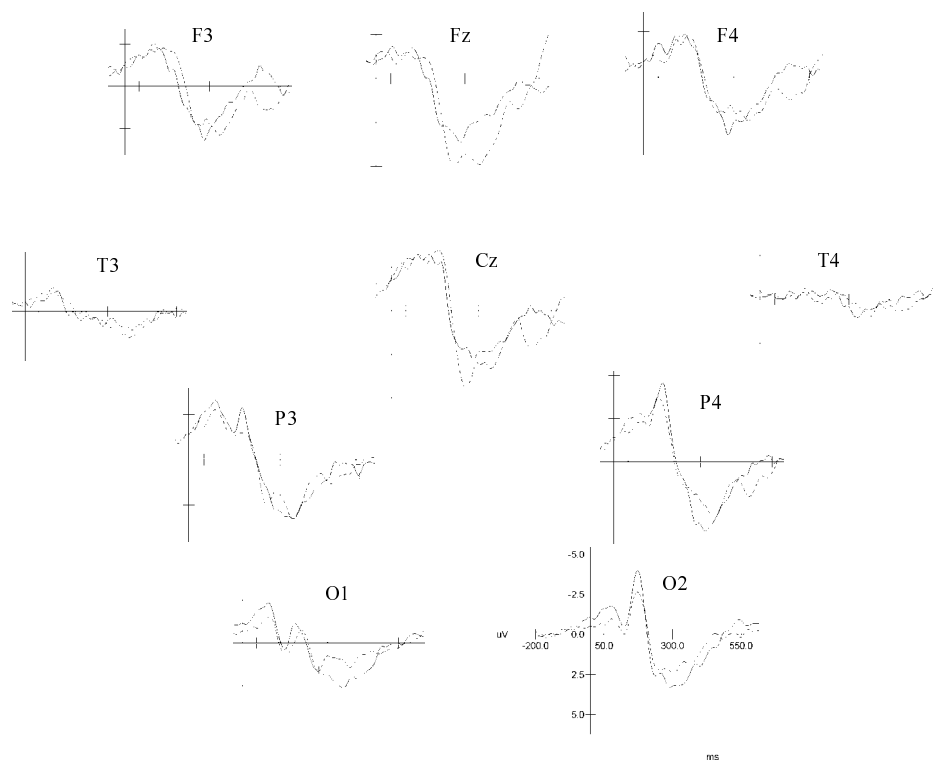


圖 1. 目標物在受測者視野左側時的腦波變化。實線代表錯誤提示的刺激，虛線代表正確提示的刺激。

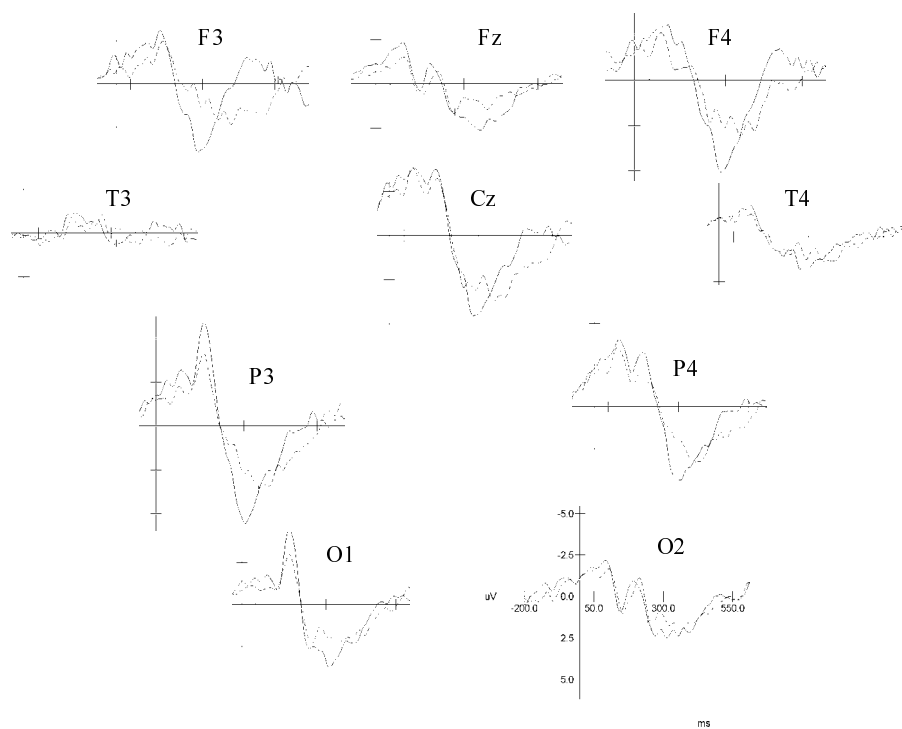


圖 2. 目標物在受測者視野右側時之腦波變化。實線代表錯誤提示的刺激，虛線代表正確提示的刺激。

表 3. 視覺空間注意力事件誘發電位，P3 波於各配對電極之波峰時間及波幅大小

記錄電極	目標物在左側		目標物在右側		F 值/P 值
	正確提示	錯誤提示	正確提示	錯誤提示	
波峰時間(msec)					
F3/F4					B: 5.22/ <0.05
F3	368.4 ± 39.1	363.2 ± 40.2	392.2 ± 36.5	375.2 ± 36.1	
F4	375.4 ± 41.8	356.5 ± 33.5	386.1 ± 31.5	377.2 ± 33.0	
Fz/Cz					B: 10.71/ <0.01
Fz	379.8 ± 37.2	362.1 ± 32.3	388.6 ± 32.0	384.6 ± 31.6	
Cz	376.2 ± 37.0	362.2 ± 41.3	391.9 ± 32.3	388.0 ± 29.7	
P3/P4					NS
P3	369.2 ± 38.8	372.1 ± 38.3	380.7 ± 43.5	377.5 ± 36.3	
P4	370.4 ± 37.8	358.1 ± 32.0	377.9 ± 33.5	382.1 ± 33.0	
O1/O2					B: 13.47/ <0.01
O1	374.2 ± 40.7	369.5 ± 36.7	374.5 ± 42.5	373.1 ± 44.6	
O2	355.9 ± 41.7	350.6 ± 41.3	382.2 ± 30.7	383.5 ± 33.8	
波幅強度(μV)					
F3/F4					NS
F3	3.8 ± 2.5	2.5 ± 2.2	3.7 ± 2.8	2.5 ± 2.2	
F4	3.4 ± 2.4	3.0 ± 2.3	4.1 ± 2.4	3.2 ± 2.4	
Fz/Cz					A: 5.46/ <0.05
Fz	5.7 ± 2.8	3.4 ± 3.0	6.0 ± 3.3	3.5 ± 3.3	
Cz	4.1 ± 3.0	3.1 ± 3.6	4.7 ± 3.5	3.6 ± 2.3	
P3/P4					NS
P3	4.4 ± 3.0	4.3 ± 2.7	4.5 ± 3.1	4.3 ± 2.1	
P4	4.4 ± 3.1	4.5 ± 2.7	4.3 ± 3.3	4.1 ± 2.1	
O1/O2					A × C: 6.47/ <0.05
O1	2.5 ± 1.7	3.2 ± 2.0	2.7 ± 1.7	3.5 ± 1.7	
O2	3.4 ± 2.2	3.5 ± 1.7	3.1 ± 1.9	3.1 ± 1.7	

A：提示(正確或錯誤)，B：目標物位置(左右)，C：記錄電極(同側或對側)
A × C：提示與記錄電極的交互作用；B × C：目標物左右與記錄電極同側與對側的交互作用
NS：表示未達統計學上的差別

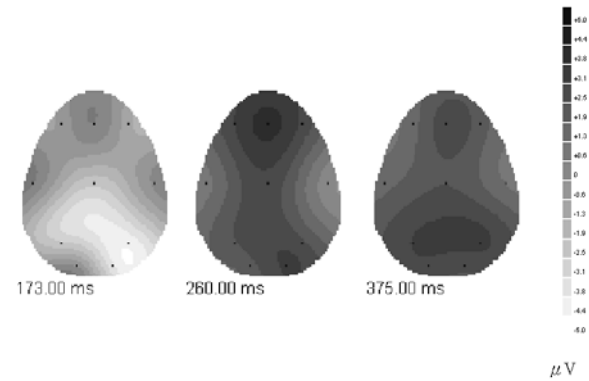


圖 3. 目標物在受測者視野左側之大腦等位圖。

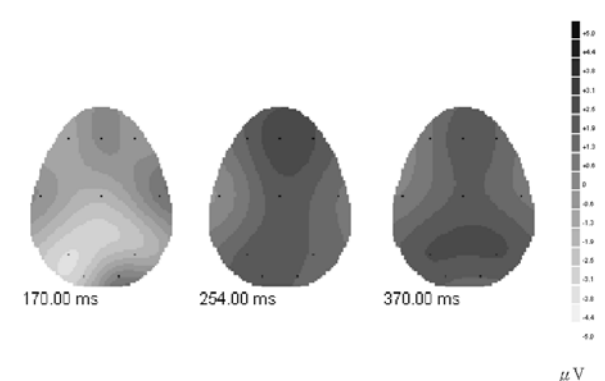


圖 4. 目標物在受測者視野右側之大腦等位圖。

最早出現位於頭頂中央(Cz、Fz 電極)的 N1 波(波峰時間約為 160 毫秒)，在時間上以及其在腦部的分布位置上，可能屬於空間性選擇性注意力行為中第二階段的注意力過程(目標物刺激的處理與反應)，而在稍後於腦部視野對側所出現的 N1 與 P2 波則屬於第三階段的過程(選擇性注意力處理)，故具有方向性的特徵。在第二階段中，目標物刺激則會激發大腦中包括輔助運動區(supplementary motor area)與扣帶回中部(mid-cingulate gyrus)、雙側腹外側額前區(ventrolateral prefrontal regions)、中央前回(precentral gyrus)與中央後回(postcentral gyrus)以及視覺皮質的活性，^[16,19,20]這些腦部的電位活動可能與處理目標物的程序有關，包括分辨複雜性的訊息、採取適當的反應等。即此階段的腦部活性與注意力的負擔有關。困難度越高，所可能誘發的電位便越強。^[21]在第三階段中，注意的目標物刺激會造成視野對側腦部視覺相關皮質的活化強度比同側大，也可支持感覺增進控制機轉的理論。^[3,22,23]

在本實驗中，N1 與 P2 波遇到錯誤提示時，在對側視野枕葉、頂葉或額葉會得到比正確提示更大的波幅強度的誘發電位。這可能是經由選擇性感覺增進控制機轉(selective sensory gain control mechanism)增強的結果，^[13]在本實驗設計裏，受測者遇錯誤提示的刺激時必需按鈕，而正確提示則不需反應，因此，二者之關係為“注意”之目標物(attended target)與“非注意”之目標物(unattended target)的關係。因受測者對錯誤提示的刺激有較高的注意程度，所以區域之神經元細胞對其有較高的敏感性，故造成對側頂葉與枕葉的 N1 波與對側頂葉與額葉 P2 波波幅較大。

N1 與 P2 波皆是逢錯誤提示而波幅變大，但儘管其性質相近，本實驗發現二者可能由不同腦部區域所誘發。N1 波在頂葉枕葉活性較強，這與其他的文獻發現相似；^[11,12]而 P2 波則是在額葉波幅最強，P2 波的大腦等位圖顯示其最早出現且波幅強度最大的位置是在額葉中央的地方，然後由頭頂中央傳至左右兩側頂葉的部位。雖然之前的研究對於 N1 與 P2 波常被列在一起討論，^[11]但由本實驗中，正常人之視覺空間選擇注意力行為，依大腦等位圖分析來看的話，二者的來源應該不同。

本研究統計分析發現在額葉及頭頂中央位置的 P3 波，當正確提示時波幅較大，而罕見刺激之錯誤提示時則波幅較小(正確提示：錯誤提示=60%：40%)，這與其它研究結果不同。其它研究發現，較少出現的刺激會誘發較大的 P3，^[14,15,24]本實驗所誘發的 P3 波波幅較不明顯，可能是因為本研究之實驗設計不同，本實驗中受測者需對錯誤提示的刺激是必須特別注意按鈕

以便做出反應的目標物，大腦在進行注意性選擇時，可能注意過程後期(約 200~350 毫秒)於頭頂中央電極出現負波，稱為知覺後期選擇或處理過程負值(selection or processing negativity 或稱為 Nd2)。^[12]這種中央負波亦可於聽覺刺激的注意力實驗中發現。^[25]因此可能此中央負波與的 P3 正波加成後，降低了 P3 正波的波幅，使得錯誤提示下之罕見刺激之 P3 波幅變小。

本實驗發現，目標物在左側時，於 O1/O2 電極所記錄到的 P2 波與 O1/O2，Fz/Cz 及 F3/F4 電極所記錄到的 P3 波皆有波峰時間提早的情形。此現象可能與大腦左右側分化有關，大腦的分化上，左側大腦與語言的表達與理解較相關，而右側大腦則與空間運動的感知相關性較大，^[26]而左側的目標物其相對應的視覺皮質在右側，^[27]可能傳遞至右腦的視覺空間訊息處理較快有關，此一推論將來仍需進一步研究證實。

結 論

本篇研究發現正常人之視覺空間注意力事件誘發電位包括 N1、P2 及 P3。N1、P2 其發生時間較早，與早期注意知覺有關，P3 發生時間較晚，與認知、抉擇以及判斷有關。N1 與 P2 波皆是逢錯誤提示而波幅變大，但此二者可能由不同腦部區域所誘發。N1 波在頂葉枕葉活性較強，而 P2 波則是在額葉波幅最強。在額葉及頭頂中央位置的 P3 波，在錯誤提示時波幅較正確提示時低，可能與知覺後期選擇或處理過程負值的存在有關。綜合而言，錯誤提示刺激可引起較大的視覺注意，而造成對側枕葉及頂葉之皮質活性增加；另一方面，可能因為處理過程負值的影響，錯誤提示所得到的 P3 波波幅反而較正確提示為小。

本研究結果提供正常人之視覺空間注意力事件誘發電位的資料，將來可做為臨床研究之參考，提供注意力、認知功能另一客觀之評估方式，如腦部疾病(如中風、頭部外傷等)或心智障礙之病患(如注意力不足過動症)等之研究上。未來研究方向希望整合事件誘發電位及功能性影像學，如功能性磁共振造影及正子斷層造影，以更進一步的了解注意力行為之腦部活化機轉。

參考文獻

1. Sohlberg MM, McLaughlin KA, Pavese A, et al. Evaluation of attention process training and brain injury education in persons with acquired brain injury. J Clin Exp Neuropsychol 2000;22:656-76.
2. Mitchell WG, Chavez JM, Baker SA, et al. Reaction

- time, impulsivity, and attention in hyperactive children and controls: a video game technique. *J Child Neurol* 1990;5:195-204.
3. Hillyard SA, Anllo-Vento L. Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998;95:781-7.
4. Mangun GR, Buonocore MH, Girelli M, et al. ERP and fMRI measures of visual spatial selective attention. *Hum Brain Mapp* 1998;6:383-9.
5. Bundesen C, Larsen A, Kyllingsbaek S, et al. Attentional effects in the visual pathways: a whole-brain PET study. *Exp Brain Res* 2002;147:394-406.
6. Posner MI. Orienting of attention. *Q J Exp Psychol* 1980;32:3-25.
7. Posner MI, Petersen SE. The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci* 1990;13:25-42.
8. Perchet C, Garcia-Larrea L. Visuospatial attention and motor reaction in children: an electrophysiological study of the "Posner" paradigm. *Psychophysiology* 2000;37:231-41.
9. Davis H. Enhancement of evoked cortical potentials in humans related to a task requiring a decision. *Science* 1964;145:182-3.
10. Gross MM, Begletter H, Tobin M, et al. Auditory evoked response comparison during counting clicks and reading. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1965;18:451-4.
11. Wilkinson RT, Ashby SM. Selective attention, contingent negative variation and the evoked potential. *Biol Psychol* 1974;1:167-79.
12. Hopf JM, Mangun GR. Shifting visual attention in space: an electrophysiological analysis using high spatial resolution mapping. *Clin Neurophysiol* 2000; 111:1241-57.
13. Desimone R, Wessinger M, Thomas L, et al. Attentional control of visual perception: cortical and subcortical mechanisms. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 1990;55:963-71.
14. Hillyard SA, Hink RF, Schwent VL, et al. Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science* 1973;182:177-80.
15. Squires KC, Wickens C, Squires NK, et al. The effect of stimulus sequence on the waveform of the cortical event-related potential. *Science* 1976;193:1142-6.
16. Hopfinger JB, Woldorff MG, Fletcher EM, et al. Dissociating top-down attentional control from selective perception and action. *Neuropsychologia* 2001;39:1277-91.
17. D'Esposito M, Ballard D, Aguirre GK, et al. Human prefrontal cortex is not specific for working memory: a functional MRI study. *Neuroimage* 1998;8:274-82.
18. Jonides J, Smith EE, Koeppel RA, et al. Spatial working memory in humans as revealed by PET. *Nature* 1993; 363:623-5.
19. Jonides J, Smith EE, Marshuetz C, et al. Inhibition in verbal working memory revealed by brain activation. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998;95:8410-3.
20. MacDonald AW, III, Cohen JD, Stenger VA, et al. Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science* 2000;288:1835-8.
21. Lavie N, Tsal Y. Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Percept Psychophys* 1994;56:183-97.
22. Mangun GR, Hillyard SA. Allocation of visual attention to spatial locations: tradeoff functions for event-related brain potentials and detection performance. *Percept Psychophys* 1990;47:532-50.
23. Moran J, Desimone R. Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science* 1985;229: 782-4.
24. Polich J, Donchin E. P300 and the word frequency effect. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988;70: 33-45.
25. Eimer M, Schroger E. The location of preceding stimuli affects selective processing in a sustained attention situation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 94:115-28.
26. Roth EJ, Harvey RL. Rehabilitation of stroke syndromes. In: Braddom RL, editor. *Physical medicine and rehabilitation*. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2000. p.1117-60.
27. Lindsay KW, Bone I, Callander R. *Neurology and neurosurgery illustrated*. New York: Churchill Livingstone; 1991. p.129-36.

Event-Related Potentials of Visual Spatial Attention in Healthy Subjects

Chu-Hsu Lin, Yu-Cheng Pei, Chia-Ying Chung, Pao-Tsai Cheng,
Chia-Ling Chen, Alice M.K. Wong

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Chang Gung Memorial Hospital, Taoyuan.

Visual attention can be manipulated by temporal and spatial factors of stimuli. The purpose of this study is to investigate the underlying mechanism of visual spatial attention of healthy subjects through event-related potential (ERP) study.

The subjects of the study were 17 healthy adults, mean age 23.3 years. The visual stimuli were generated by the Neurostim system and presented in groups of eight under three different conditions: cueing (valid, invalid), delay (100 ms, 800 ms) and visual field sides (right and left). ERPs were recorded by 10 Neuroscan systems electrodes placed on each subject's scalp. The latencies and amplitudes of ERPs were then analyzed. Repeated measures ANOVA was used to compare ERPs resulting from different conditions. The difference in measurements was considered significant if $P < 0.05$. Brain mapping was obtained to recognize the ERP topography in each condition.

Three different ERPs, N1 (170-180 ms, $-2 \sim -4 \mu V$), P2 (250-260 ms, $4 \sim 6 \mu V$), and P3 (370-380 ms, $3 \sim 4 \mu V$), were elicited during the visual spatial attention task. N1 wave distribution was higher in contralateral occipital and parietal lobes. P2 wave distribution was higher in contralateral occipital and parietal lobes, frontal lobes, and central areas. P3 wave distribution was higher in frontal lobes and central brain areas. N1 and P2 amplitudes were greater during contralateral invalid-cue stimuli presentations, however, P3 amplitudes were greater during contralateral valid-cue stimuli presentation.

Our findings suggest that invalid-cue stimuli may elicit greater attention, resulting in higher cortical activity in contralateral occipital and parietal lobes. The valid-cue stimuli may induce a higher cognitive processing produced by "processing negativity." (Tw J Phys Med Rehabil 2005; 33(1): 19 - 28)

Key words: event-related potentials, attention, visual spatial stimuli