

# 以腦波檢視衝動型暴力青少年的 抑制與錯誤監控機制

陳巧雲\*

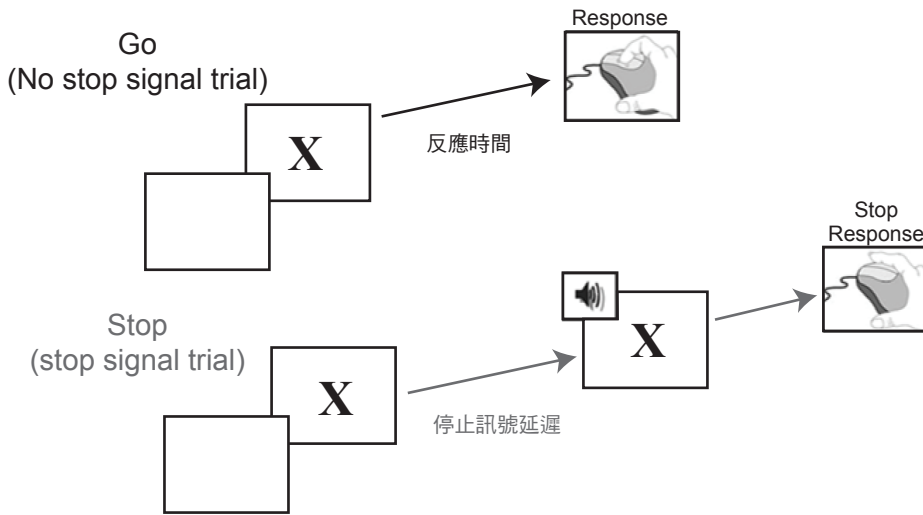
## 一、前言

青少年暴力事件層出不窮，曾有青少年因停車糾紛，分持棍棒、刀狂毆對方，導致傷亡。法務部之臺灣犯罪狀況與趨勢的報告指出，近十年來犯傷害罪的青少年人數整體而言有逐年增加之趨勢，在 2013 年已達 2,676 人（占 24.27%），居少年兒童犯罪主要類型第二位（資料取自「近十年來臺灣犯罪狀況與趨勢」）。英國自 1961 年開始進行追蹤 400 名青少年的縱貫性研究，發現在 9 歲時表現出高度攻擊性的青少年，至 17 歲時約 40% 仍維持這樣的特質（Farrington, 1991）。

是哪些因素造成這些青少年不斷出現暴力行為，而且一犯再犯呢？本文試圖從抑制及錯誤監控機制二方面來探討青少年暴力行為的問題。首先，什麼是抑制機制？我們想要去抑制我們的行為反應，這是一個內在的歷程，無法直接由外在行為反應測得，學者 Gray 在 1981 年提出兩個行為系統解釋人類行為，分別是行為活動系統（Behavioral activation system, BAS）與行為抑制系統（Behavioral inhibition system, BIS）（Gray, 1981）。以棒球打擊對決為例，當投手準備投出 150 公里快速球對決壘上跑者，而此時在打擊區的打擊者隨時準備揮棒，這時大腦中的 BAS 相當活化，大腦告訴打擊者如果等一下進壘的球是大紅中直球，要大力揮棒！但是一旦在打擊對決中，投手投出大幅度曲球壞球進壘，打擊者必須即時收住棒子，避免追打壞球，此時「壞球」的訊息會使得大腦中 BIS 系統快速活化，避免揮棒的行為。而在實驗室中我們如何去測量抑制行為好壞程度？常見以停止訊號作業來模擬個體抑制的歷程。首先會請實驗參與者在看到螢幕畫面出現「X」符號時（Go 訊號）就盡快按下反應鍵，如同看到好球進壘盡快揮棒一般；但是我們會設計在

---

\* 國立中正大學犯罪防治學系助理教授



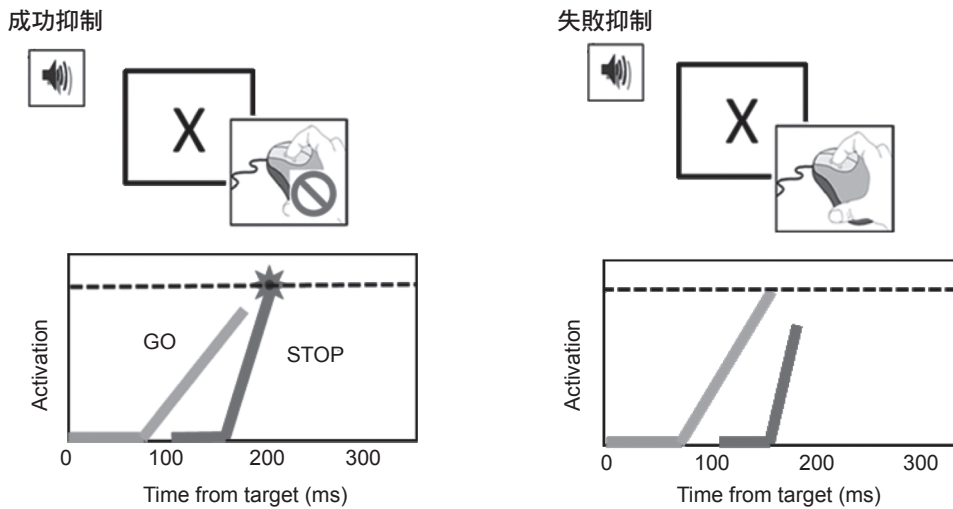
圖一 停止訊號作業的基本流程

Go 的訊號後稍稍延遲出現停止訊號「嗶」的一聲，此時實驗參與者聽到聲音必須停止按反應鍵，如同看到壞球要停止揮棒動作（見圖一）。

## 二、抑制控制歷程

從上述棒球打擊的例子，我們知道投手投出球是相當於 Go 訊號，一旦打擊者發現是個壞球時，就是告訴大腦應該停止揮棒動作。看到「壞球」就是個停止訊號，而往往停止訊號都會遲於 Go 訊號出現，所以，這是一場不公平的比賽。Logan 等人（1984）提出賽馬模型解釋行為抑制的歷程，指出行為反應抑制的成功與否是 BAS 與 BIS 彼此競爭的結果。在這場賽馬比賽中，Go 的訊息都是先出發奔向終點，而停止訊號後出發苦追在後，二者看誰先到達終點站。如果停止訊息先到達終點，個體即可停止揮棒行為，此為成功抑制行為；反之，Go 的訊息先到達終點站，揮棒的動作煞車不及，此時就是一個失敗抑制過程（見圖二）。亦即當個體執行目標行為中，突然出現停止訊號將會啟動個體內在的抑制歷程與執行目標歷程競爭，就像賽馬一樣，誰先抵達終點，誰就是贏家。

本研究從賽馬模型來解釋停止訊號作業的執行過程，我們可以透過實驗中所得的一些行為反應參數來推估每位受試者的停止訊號反應時間（Stop Signal Reaction Time, SSRT），在行為上可以用 SSRT 的長短作為每個人抑制



圖二 從賽馬模型來解釋抑制成功或是失敗的過程

能力（例如 BIS）好壞的行為指標，同時用 Go 反應時間作為 BAS 系統啟動快或慢的行為指標。換句話說，一個常出現暴力行為的個體，可能因為 BAS 啟動或執行太快，根本來不及抑制，而產生衝動暴力行為；或者是 BAS 與一般人無異，但是 BIS 功能太差，無法有效抑制自己的行為；最糟糕的是 BAS 太快，加上 BIS 過慢的情況。上述三種情況的假設下，哪些是過去研究所發現的呢？Chen 等人（2008）以在監獄中服刑的暴力成年犯為對象，發現衝動型暴力犯在有時間壓力情境下（要求每位參與者必須在 0.6 秒內完成按鍵反應）的 SSRT 顯著的長於控制組，也犯下較多的抑制失敗的錯誤（Chen, Muggleton, Juan, Tzeng, & Hung, 2008）。同樣的，本研究也發現暴力青少年組與對照組的 Go 反應的時間並沒有差異，但是暴力青少年組的 SSRT 顯著的比對照組長，可能顯示他們的行為抑制系統過於薄弱，暴力青少年在進行抑制歷程時需要花費比一般青少年更長的時間，無法成功抑制自身行為而持續犯下錯誤。

### 三、與抑制控制相關的腦波研究

我們的研究除了探討二組參與者在行為表現上的差異，亦採用腦波儀記錄參與者在執行停止訊號作業的腦波，與抑制機制相關的腦波成分介紹如下：

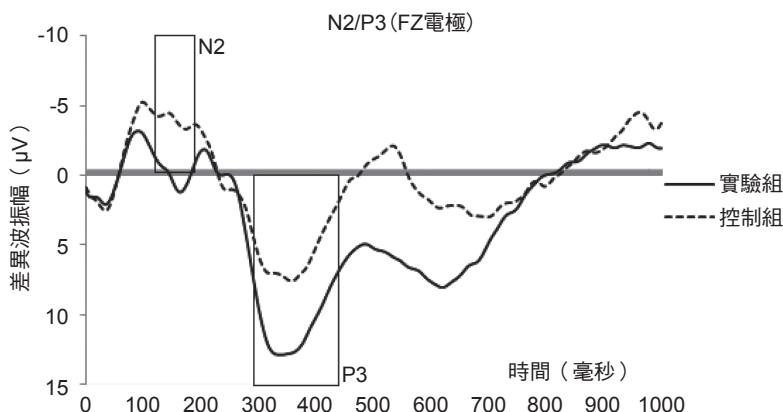


### (一) N2 波

N2 波是一個大約在刺激出現後 200 至 350 毫秒達到頂峰的負波，主要分布在大腦額葉區。由 No-go 刺激或停止訊號所誘發的 N2 波被認為是個體必須停止原本欲進行的行為時，大腦執行認知與動作抑制歷程所產生的電生理指標。Chen 等人 (2005) 發現衝動型暴力成年犯的 N2 顯著低於一般人，這可能顯示他們的抑制控制較差 (Chen, Tien, Juan, Tzeng & Hung, 2005)。本研究發現暴力青少年在額葉區的 N2 振幅較低 (圖三)。這與過去成年暴力行為者的 N2 波較低的研究結果相似，顯示他們抑制控制功能方面發生問題，或可能是他們前額葉的發展程度較低於同齡青少年，使他們控制自身行為的能力較差。

### (二) P3 波

另一與抑制功能相關的腦波成分為停止訊號引起的 P3 波，出現在刺激呈現後 400 至 600 毫秒振幅達到最大的正向波，P3 出現的時間點緊接在 N2 波之後，主要分布在頭部的中央區域。Dimoska & Johnstone (2007) 發現高衝動特質者在頭中央區會出現顯著大於低衝動者的 P3 波，高衝動特質者可能需要耗費比低衝動者更多的大腦資源 (Dimoska & Johnstone, 2007)。本研究在行為結果方面發現暴力青少年有較長的 SSRT，顯示出他們可能需要花費更多時間來抑制自身的動作。與抑制相關的 N2 波可能代表受試者的行為抑制效率，而成功抑制的 P3 反映了行為抑制歷程所需要動用的資源 (見圖三)。結合 SSRT 的行為測量與成功抑制的 N2/P3 腦波指標，能幫助我們進一



圖三 FZ位置測量到的N2波和P3波

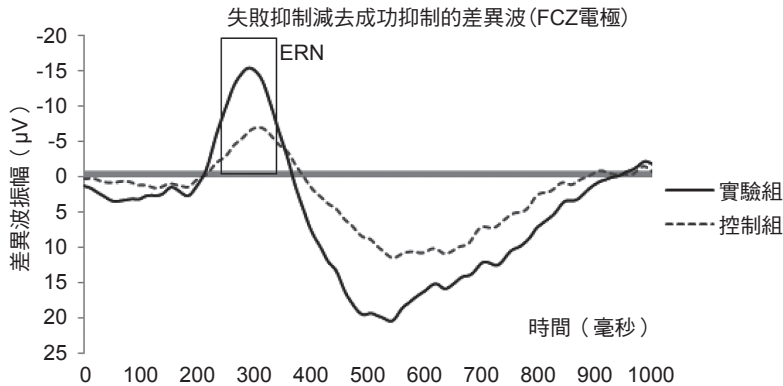
步了解個體內在抑制歷程的效率，因此我們推測暴力青少年的前額葉抑制功能發展可能比一般青少年差，或是發展的速度較慢，因此進行反應抑制時需要同時活化比一般青少年更多的大腦區域，才能成功達成作業要求。

#### 四、錯誤監控歷程

錯誤監控歷程包含錯誤的偵測、錯誤資訊的收集與傳遞、錯誤後的行為調整與補償 (Holroyd & Coles, 2002)。當人們做錯反應後，行為上會產生「錯誤後減慢 (post-error slowing)」現象，亦即在發生錯誤之後，會放慢行為反應時間，小心避免再犯錯。例如，當打擊者對壞球揮棒時，下一次要再揮棒的時間點會變慢，這是因為前一次犯了錯誤，導致下一次出現錯誤後減慢的現象，表示個體處理了錯誤後的衝突，進而提升抑制控制能力來減少再次犯錯的可能性。對一個抑制功能正常的個體來說，犯錯後會選擇停下原本的反應傾向，調整自己原本的行為策略。抑制功能不佳的個體不會選擇壓抑原本的反應，尤其是酬賞刺激仍舊存在的狀況下，可能更固著他們原本的行為，而非調整自己的策略來應對環境訊息的改變。本研究結果顯示，對照組有顯著的錯誤後減慢現象，而實驗組則無。這可能顯示暴力青少年不太會壓抑當前的目標行為，無法利用接收到的外來資訊調整自己的行為或是矯正自身的行為。

#### 五、與錯誤監控歷程相關的腦波研究

人們在犯錯之後想修正錯誤，而使他們在錯誤後的下一個反應放慢了速度，與這種錯誤監控歷程相關的腦波，為錯誤關聯負波 (Error-Related Negativity, ERN)，ERN 波是一個出現在錯誤反應後的 50~100 毫秒左右到達頂峰的負波，出現在額葉到頭部中央區。研究發現在執行某項作業時，參與者被要求以反應的正確率為目標，而非追求反應快速時，他們在犯錯的狀況下會產生較大的 ERN 振幅 (Gehring, Gratton, Coles & Donchin, 1992)。ERN 不只與偵測錯誤的系統相關，也可能反映出受試者對錯誤的評價歷程。ERN 的振幅大小與個體的特質之間也具有相關性，例如，有焦慮症的兒童犯下錯誤，會比同年齡兒童產生更大的 ERN 振幅 (Ladouceur, Dahl, Birmaher, Axelson & Ryan, 2006)。高衝動特質者在抑制失敗時，反而會產生較大 ERN。他們認為這可能反映高衝動特質者，在犯錯後需要花費更多的資源增



強他們錯誤處理的效能 (Dimoska & Johnstone, 2007)。此外，ERN 的振幅大小可能與個體的情緒反應和動機相關。例如，當實驗參與者較重視反應對錯而非速度快慢時，會出現較大的 ERN 振幅，這顯示出個體行為動機與 ERN 的關聯性，較容易經歷負面情緒的個體也容易在犯錯的狀況下產生較大的 ERN 振幅，比一般人更擔心犯錯、更容易被錯誤引起負面情緒，因此出現顯著大於一般人的 ERN 振幅。

綜合上述，ERN 振幅大小與犯錯的情境因素、錯誤的顯著性／嚴重性，以及個體人格特質具有相關性。本研究中的暴力青少年組的錯誤關聯負波高於對照組，錯誤本身即是一種引起個體防衛反應的嫌惡刺激，而錯誤所誘發的 ERN 可能是參與者因為犯錯產生的厭惡感與防禦機轉活化的電生理指標。暴力青少年組可能對於懲罰與獎勵的敏感度都比一般青少年更高，錯誤或許引起他們較強烈的防衛反應，進而表現出較大的 ERN 振幅 (圖四)。

## 六、小結

從上述之停止反應時間與錯誤後減慢的研究結果發現，暴力青少年的抑制功能較一般青少年差，解決衝突的能力較弱。對照組有較長的錯誤後減慢行為表現，代表他們能因應環境線索的變化有效地進行反應調整，但是暴力青少年沒有減慢的現象。這顯示暴力青少年除了抑制的功能較差之外，他們的錯誤覺識歷程、錯誤後補償與反應調整功能或許都具有發展上的缺陷。而他們的 ERN 振幅則較大，可能表示他們因犯錯產生較多的負面情緒，干擾後續的行為調整，影響接下來的錯誤後補正歷程。錯誤可能使暴力青少年負面

情緒升高，而負面情緒的持續減低了他們的認知、動作控制能力。

## 參考文獻

- Chen, C.-Y., Tien, Y.-M., Juan, C.-H., Tzeng, O. J., & Hung, D. L. (2005). Neural correlates of impulsive-violent behavior: an event-related potential study. *Neuroreport*, 16 ( 11 ), 1213-1216.
- Chen, C.-Y., Muggleton, N. G., Juan, C.-H., Tzeng, O. J. L., & Hung, D. L. (2008). Time pressure leads to inhibitory control deficits in impulsive violent offenders. *Behavioural Brain Research*, 187 ( 2 ), 483-488.
- Dimoska, A., & Johnstone, S. J. (2007). Neural mechanisms underlying trait impulsivity in non-clinical adults: Stop-signal performance and event-related potentials. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 31 ( 2 ), 443-454.
- Farrington, D. P. (1991). Childhood aggression and adult violence: Early precursors and later life outcomes. *The development and treatment of childhood aggression*, 5-29. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Gehring, W. J., Gratton, G., Coles, M. G., & Donchin, E. (1992). Probability effects on stimulus evaluation and response processes. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 18 ( 1 ), 198-216.
- Gray, J. A. (1981). A critique of Eysenck's theory of personality. In H. J. Eysenck (Ed.), *A model of personality* (pp. 246-276). New York: Springer.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the Error-Related Negativity. *Psychological Review*, 109 ( 4 ), 679-708.
- Ladouceur, C. D., Dahl, R. E., Birmaher, B., Axelson, D. A., & Ryan, N. D. (2006). Increased error-related negativity (ERN) in childhood anxiety disorders: ERP and source localization. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47 ( 10 ), 1073-1082.
- Logan, G. D., Cowan, W. B., & Davis, K. A. (1984). On the ability to inhibit simple and choice reaction time responses: A model and a method. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10 ( 2 ), 276.