

# 認知科學在運動上的應用

陳琇卿

國立臺灣體育運動大學競技運動學系碩士班

## 摘要

運動員時常被說是「頭腦簡單，四肢發達」，但並非如此的，運動員將大部分的時間都貢獻給了練習，以至於沒有多餘體力及空閒時間投入於學科中，其實運動員的大腦很不一樣，有研究指出運動員與非運動員在大腦相關的知覺、反應、決策等認知歷程反應也有差異。不管是運動員或是孩童在日常生活中加入運動訓練，皆對於大腦的認知功能及發展有著成長、進步的現象，因此可藉由此，間接的說明，運動確實對於學習表現或是各項相關認知功能有著正向影響的。本文整理近年認知科學與運動之相關研究，並藉由其探討運動對於認知功能的益處以及認知科學在運動上的應用。

**關鍵詞：**運動員、認知神經科學、注意力

## 壹、前言

「頭腦簡單，四肢發達」，時常聽到這句話來形容運動員，認為運動員只會運動，而學科方面卻一蹋糊塗，其實這句話是很不公平的，身為運動員的辛苦不是一般人認為的那樣，為了替自己爭取榮譽、為了替國家爭取光榮，運動員時常七早八早就要開始進行訓練，一練就是一整天甚至到深夜才能真正的休息，而通常練習完都已精疲力盡，沒有多餘的心力在學科方面努力，就在這樣的惡性循環下，許多運動員就這樣放棄了自己的學科，以至於導致給予大眾這種錯誤的既定印象。

但其實運動員的大腦很不一樣，從發展的角度來看，人類從出生之後會因學習的經驗或環境的影響，使得大腦結構進行神經纖維、突觸修剪的歷程，因此出現的行為表現及大腦功能，可能會因為長期處在不同學習及訓練的環境之下而有所不同(張武業、梁衍明、王駿濠,2012)。Castelli, Hillman, Buck, & Erwin( 2007 )等學者的研究發現運動員與非運動員的個體在大腦相關的知覺、反應、決策等認知歷程反應也有差異，許多研究已證實，平常生活比較不太活動的孩童，在智力表現、認知功能、學術表現、大腦結構與功能都會相對地較差( Castelli, Hillman, Buck, & Erwin, 2007; Chaddock, Erickson, Prakash, VanPatter et al., 2010; Hillman, Buck et al., 2009; Sibley & Etnier, 2003; Yu, Han, Cao, & Guo, 2010 )，有研究指出，把部分學科的上課時間設計為運動參予之課程，除了不會影響孩童的成績表現之外，反而會提高學習的效率以及課業表現 ( Sallis, 2010 )

因此，根據以上研究指出，運動除了產生一般的生理層面變化之外，現今有許多研究發現對於行為表現及大腦功能方面有著一定的幫助。本文整理近年認知科學與運動之相關研究，並藉由其探討在射箭運動的應用。

## 貳、運動對於認知功能的益處

Draganski (2004)的研究中研究發現，運動訓練介入可以改變大腦的神經結構，證明了大腦會因為訓練而引發塑性功能；研究者讓參與者們接受為期三個月的球技雜耍訓練，並以腦造影技術觀察其大腦結構的改變。結果發現，這些參與者除了訓練技能的提升之外，他們的大腦灰質量也隨之變化。特別的發現是，結構改變的地方只有於視覺動作相關的腦區，顯示

了訓練效果對大腦結構的調節有其特殊性，也就是在技能對應的相關腦區才有產生效果。不過，在停止練習三個月之後，這些提升的灰質量又明顯地下降一些，意味著這些效果是需要持續練習才能維持。由此研究可以得知，透過訓練可以提升與訓練相關的外顯技能，待技能熟練之時亦可反映在大腦的結構上。但訓練停止後，除了技能生疏之外大腦結構也相對地跟著改變。

先前的研究已證實，運動對前額葉及海馬體皆有正向的益處，不過這兩個腦區所調控的認知歷程是不同的；前額葉區被認為，主要負責策略性及因地制宜的執行控制功能，包括選擇性注意力、反應抑制以及干預控制功能( Miller & Cohen, 2001 )；而海馬體則與關聯性記憶較有關，主要為結合過去經驗中各種表徵的能力，包括當下的人、事、時、地、物等訊息，同時也涵蓋著空間及時間的訊息( Cohen et al., 1999 )。

Chaddock、Hillman(2011)的研究中採用了結合前額葉控制及海馬體記憶歷程的認知作業，以測量受試者對事物感興趣的認知歷程，並瞭解運動在這些歷程的效益。此實驗共分成兩種情境，在執行實驗前會先讓孩童記下一系列的「臉－房子」配對。在情境一為非關聯性之情境，受試者會被要求僅需記住「臉」或「房子」；在情境二為關聯性之情境，則需要記住特定的「臉－房子」的配對關係。因此，在關聯性記憶的情境中會需要較多執行控制歷程的參與。結果發現，高有氧適能孩童的記憶表現較好，特別是在同時需要使用執行控制歷程及記憶歷程的情境下，更能展現出運動對孩童記憶表現的效果。Kida、Oda、Matsumura (2005)等人為了瞭解棒球選手在訓練或比賽環境之下，是否會發展出較佳的抑制控制功能，於是他們將棒球選手、網球選手及非運動員在抑制控制相關的作業 (Go/Nogo task) 比較三組的表現。結果發現，棒球選手在需要反應抑制決策的情境下，表現的較網球選手及非運動員佳。值得注意的是，棒球選手反應抑制決策的表現又與技術水準成正相關，但這樣的發現卻在網球選手身上沒有觀察到，顯示了反應抑制決策的能力對於棒球能力是相對敏感的，除此之外，若更進一步來看，棒球選手發現這樣的優勢似乎又跟作業刺激出現的呈現方式有關，也就是棒球訓練對認知表現的影響不單純僅在反應抑制決策這個功能，更會調節其它認知成份，例如：刺激與反應的對應性 (stimulus-response compatibility) ( Nakamoto & Mori, 2008 )。在 Nakamoto 與 Mori 的研究發現，僅有專為棒球運動的情境設計時，這些棒球選手才能表現出其優勢，而這

樣的效果也可從腦電波的證據支持之：這些棒球選手的反應側化準備電位 (response-locked lateral readiness potential) 在為棒球特殊設計的情境下，會出現的較其它種類的運動員快，然而在其它非棒球相關的情境下則沒有發現這樣的效果，顯示了運動訓練對反應選擇層面的特殊性調節，因此研究者們認為這可能是因為長期的棒球訓練環境，而增強了棒球運動員的這方面的刺激反應的神經迴路。

從以上研究發現，不管是運動員或是孩童加入運動訓練，皆對於大腦的認知功能及發展有著成長、進步的現象，因此可藉由此，間接的說明，運動確實對於學習表現或是各項相關認知功能有著正向影響的。

### 參、認知科學在運動上的應用

曾有研究使用腦電波發現，足球選手在執行體感作業時(somatosensory oddball paradigm)，其誘發的 N140 振幅較非運動員大，並且對下肢體感刺激所誘發的 P300 振幅較大且潛伏時間較快，顯示了他們在刺激偵測時可以提高注意力以促進表現 (Iwadate, Mori, Ashizuka, Takayose, & Ozawa, 2005)。此外，更有研究發現桌球運動員在無效線索 (valid cue) 誘發的 N1 振幅大於無效線索 (invalid cue)，但非運動員則在有效線索的情境下所誘發的 N1 振幅相當於無效線索，顯示了運動訓練可能對早期注意力有調節的效果 (Hung, Spalding, Maria, & Hatfield, 2004)。這些研究結果的內在機轉可能是因為，像足球這類的開放性運動，其訓練課程富含了不同的注意力的認知成份 (王駿濠等，2010)，因此在經過長期訓練之後會提升了運動選手的注意力表現。另一方面，亦有研究發現足球選手在進行較為廣泛及狹窄的注意力轉換時，其所花費的轉換虧損 (switch cost) 會較非運動員小，研究者認為這可能是因為足球運動選手，時常需要在球場上做不同面向的注意力轉換，而產生的訓練效果 (Pesce, Tessitore, Casella, Pirritano, & Capranica, 2007)。

洪聰敏(2005)指出精準運動項目例如射擊、射箭和高爾夫球，若要有優異的表現，需要高度的注意力和穩定性，執行動作階段必須穩定、專注且放鬆，情緒不能有太大的起伏和干擾。

為何注意力的存在如此重要？外在視覺訊息量遠超過人類大腦可以負荷的範圍，注意力的關鍵作用在篩選重要訊息，進而讓這些重要訊息做更進一步的處理。為了讓注意力能篩選訊息，表示注意力必定能與許多其他

認知能力相互合作，甚至能與重要外在訊息互動同時設定特定的標準來篩選訊息(徐慈妤、洪蘭、曾志朗、阮啟弘,2013)。

注意力的功能在於捨棄與目標不相關的訊息，甚至是抑制目標處理干擾物的訊號。趙軒甫與葉怡玉（2003）兩位教授利用負向促發作業（negative priming task）來探討此議題，在實驗中受試者被要求對目標物做出反應，但在目標物出現之前短暫呈現干擾物。過去的研究認為，選擇性注意力會投注資源到目標訊息，對於干擾訊息會加以抑制，因此干擾物的存在會延長對目標的反應。而負向促發的效果量會強烈受到干擾訊息強度影響，同時也會受到目標物本身訊息強度的高低而有變化。干擾物的干擾效果高時才會有負向促發效果（Yeh & Chao, 2002），表示注意力並非一直準備抑制干擾物，只有當干擾物的干擾效果強烈時，注意力才會耗費認知資源去抑制強力的競爭訊息。過去，腦造影研究顯示前額葉的活化狀態與抑制控制（inhibitory control）有極高的關聯性（Aron, Fletcher, Bullmore, Sahakian, & Robbins, 2003; Li et al., 2008），包括在注意力腹側網絡中的IFC，還有前輔助運動區（pre-supplementary motor area, preSMA），似乎顯示注意力和抑制功能間有重要的互動。在上個段落中也提到腹側注意力網絡容易受到刺激特性而影響表現，情緒性刺激也是影響注意力的重要因素之一，而情緒性的訊息除了會影響注意力外，同時也會影響衝動控制的表現，這三者之間的關係似乎像是坐落在三角形的三個端點，相互影響彼此的運作。過去研究亦顯示正向情緒或者是負向情緒訊息出現時，會影響接下來的衝動控制表現(Verbruggen & De Houwer, 2007)，同時隨著情緒性的刺激程度不同，表現也會有顯著差異。

## 肆、結論與建議

經以上文獻探討總結，發現會運動的小孩不會變笨，反而能更為聰明，藉由增加運動或身體活動能可以提升孩童之有氧能力，間接能為身體製作了適合念書的場所，促進神經迴路、增進記憶力及特定運動項目也能對於特定之腦區有所改變等等，許多對於認知發展是具有正面效益的。目前已有許多研究證實運動介入對認知功能有直接的發展關係，希望在未來能持續嘗試朝此方向和運動種類為開放式運動及閉鎖式運動是否有差別，做更進一步的研究。

## 參考文獻

- 王駿濠、蔡佳良、涂國誠、曾鈺婷、蔡馨梅 (2010)。從事件相關電位探討羽球訓練對女大學生視覺空間工作記憶的影響。《大專體育學刊》，**12**(4)，29-43。
- 張武業、梁衍明、王駿濠(2012)。運動員的腦大不同—以學習及大腦塑性功能的角度的探討。《中華體育季刊》，**26**(3)，337-344。
- 王駿濠、張哲千、梁衍明、邱文聲、洪蘭、曾志朗、阮啟弘(2012)。運動對孩童認知功能及學業表現的影響：文獻回顧與展望。《教育科學研究期刊》，**57**(2)，65-94。
- 徐慈好、洪蘭、曾志朗、阮啟弘(2013)。台灣認知神經科學研究的崛起：以注意力相關研究為例。《中華心理學刊》，**55**(3)，343-357。
- 趙軒甫、葉怡玉(2003)。干擾訊息的干擾與被抑制。《中華心理學刊》，**45**，361-377。
- 洪聰敏 (2005)。腦波與心跳在精準運動上之應用。《國民體育季刊》，**146**，8-11。
- Aron, A. R., Fletcher, P. C., Bullmore, E. T., Sahakian, B. J., & Robbins T. W. (2003). Stop-signal inhibition disrupted by damage to right inferior frontal gyrus in humans. *Nature Neuroscience*, *6*, 115-116.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, **29**(2), 239-252.
- Cohen, N. J., Ryan, J., Hunt, C., Romine, L., Wszalek, T., & Nash, C. (1999). Hippocampal system and declarative (relational) memory: Summarizing the data from functional neuroimaging studies. *Hippocampus*, **9**(1), 83-98.
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2011). A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society*, **17**, 1-11.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M. ...Kramer, A. F.(2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, **1358**, 172-183.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. *Nature*, *427*, 311-312.
- Hung, T. M., Spalding, T., Maria, D., & Hatfield, B.(2004). Assessment of reactive motor performance with event-related brain potentials: Attention processes in

- elite table tennis players. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 26, 317-337.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology*, 45(1), 114-129.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Pesce, C., Tessitore, A., Casella, R., Pirritano, M., & Capranica, L. (2007). Focusing of **visual** attention at rest and during physical exercise in soccer players. *Journal of Sports Science*, 25, 1259-1270.
- Sallis, J. F. (2010). We do not have to sacrifice children's health to achieve academic goals. *The Journal of Pediatrics*, 156(5), 696-697.
- Kida, N., Oda, S., & Matsumura, M. (2005). Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. *Cognitive Brain Research*, 22, 257-264.
- Li, C. S., Huang, C., Yan, P., Paliwal, P., Constable, R. T., & Sinha, R. (2008). Neural correlates of posterror slowing during a stop signal task: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1021-1029.
- Verbruggen, F., & De Houwer, J. (2007). Do emotional stimuli interfere with response inhibition? Evidence from the stop signal paradigm. *Cognition and Emotion*, 21, 391-403.
- Yu, Z., Han, S., Cao, X., & Guo, X. (2010). Intelligence in relation to obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 11(9), 656-670.
- Iwadate, M., Mori, A., Ashizuka, T., Takayose, M., & Ozawa, T. (2005). Long-term physical exercise and somatosensory event-related potentials. *Experimental Brain Research*, 160, 528-532.
- Nakamoto, H., & Mori, S. (2008). Effects of stimulus-response compatibility in mediating expert performance in baseball players. *Brain Research*, 1189, 179-188.