

第7章

注意力與閱讀

阮啓弘 國立中央大學認知神經科學研究所 副教授

李冠慧 國立中央大學認知神經科學研究所 研究生

人類利用五官來接收外界的訊息，而五官訊號的接收，都牽涉到注意力的運作，其中，視覺是大腦接受外界訊息的主要管道，視覺注意力對閱讀比較有影響。因此，了解視覺注意力以及視覺注意力與學習的關連性，認識注意力和執行控制功能的發展，將能幫助父母和老師教育孩子。

注意力的類別與運作成分

在日常生活中，視覺注意力幾乎時時刻刻都在作用，例如：人們在停車場內搜尋自己的車子、在大賣場中尋找商品、在聽到自己的名字時會尋找訊息來源等。以下，我們來看看科學家的研究。

注意力的5種類型

索爾伯格 (Sohlberg) 和馬提爾 (Mateer) 在1989年依據臨床病人的注意力徵狀，提出臨床病人的注意力模型 (the clinical model of attention)，在模型裡，將注意力分成五種類型，分別是：

1. 集中性注意力 (focused attention)

指的是人們將注意力投注在特定目標上的能力，例如孩童在學習寫生字時，便需要將注意力集中在練習簿上。

2. 持續性注意力 (sustained attention)

指的是注意力投注時間的長短，以上述為例，當孩童需要寫完全部的生字時，不僅需要將注意力投注在練習簿上，同時還需要維持一段時間。

3. 選擇性注意力 (selective attention)

指的是人們能不受周邊干擾物的影響，能從環境中篩選出特定目標的能力，例如在商店裡陳列的眾多商品中，

我們可以將注意力選擇性地放在要購買的生活用品上。

4. 交替性注意力 (alternating attention)

指的是將注意力運用自如地來回放在兩個目標以上的能力，例如開小組討論會時，人們會隨時轉換注意力至發言者身上。

5. 分散性注意力 (divided attention)

指的是同時間處理兩個目標以上的能力，例如學生一邊聽老師在台上授課，同時又能抄寫筆記。

注意力是怎麼運作的？

學者波士納 (Posner) 在1980年代提出了注意力的運作歷程，他將注意力的運作分成三個要件，分別是抽離 (disengage)、轉移 (shift) 和投注 (engage)。人們需要將注意力從舊的物體上抽離、移動後，才能投注到新的物體上 (Posner, 1980)。因此，注意力缺陷，可以是在抽離上，可以是在移動上，也可以是在投注上。

注意力缺陷過動症 (ADHD) 是一般人比較容易知道的兒童發展性疾患，這群兒童很容易受到其它刺激產生注意力的移轉，他們的問題，除了是太容易投入到新事件之外，也可能是因為太容易抽離。

報章雜誌上每隔一陣子就會出現因為長時間玩電動玩具或打麻將，造成心肺功能衰竭的案例，這些人即使在身體

的生理狀態已經產生不舒服的狀況，還是持續原來的注意力運作，所以，這些人應該是有注意力抽離的問題。

執行控制功能的成分

執行控制功能 (Executive function) 因為跟注意力的調控有關，因此是研究注意力的學者不可或缺的討論項目，它跟閱讀理解的監控、推論有一定的關連性 (Cutting, Materek, Cole, Levine, & Mahone, 2009; Sesma, Mahone, Levine, Eason, & Cutting, 2009)。

執行控制功能是一種高階的認知能力，主要由額葉 (frontal lobe) 所負責掌控 (有興趣的讀者可以參閱《大腦總指揮》一書：Ruff & Rothbart, 1996; Stuss & Alexander, 2000)。學者三宅晶 (Akira Miyake) 和同仁 (2000) 利用因素分析的方式，發現執行控制功能包含三大重要的能力因素：

第一項是**轉換**，能在作業之間或心智運作之間進行轉換的能力 (shifting: tasks and mental sets shifting)，此能力可視為一種認知的彈性，人們可以靈活地在不同作業之間做認知的轉換。例如，學生在進行數學的四則運算時，需要在加、減、乘、除法的運作進行作業的轉換，如果只能持續的運用某種策略，或是策略的轉換很慢，就會產生執行運作的困難。

第二項是**更新訊息**，能夠持續地更新和監控訊息

(updating: information updating and monitoring)，此能力為人們要持續地將訊息暫存在工作記憶 (working memory) 中，當面臨到的事件與過去的認知產生衝突時，才能夠修正自己並做出適切的反應。

第三項為**抑制**，能夠抑制相互競爭的反應 (inhibition: inhibition of prepotent responses)，例如：上課時學童要能夠約束自己，不能和其他同學聊天或隨意走動。

1 注意力與執行控制功能影響的層面

與注意力相關的疾病

注意力與執行控制功能會影響認知以及行為的運作，嚴重缺損者會產生心理以及發展的疾患，例如注意力缺陷過動症 (ADHD)、自閉症 (Autism)、妥瑞氏症 (Tourette syndrome)、強迫症 (Obsessive-Compulsive Disorder)、精神分裂症 (Schizophrenia)、躁鬱症 (Manic Depressive Disorder)、行為障礙症 (Conduct disorder) 和邊緣性人格 (Borderline Personality Disorder) 等，都跟注意力以及執行運作功能攸關。在學校教師和家長所接觸的範圍裡，應該是ADHD最為常見。

學者史黃森 (Swanson) 和波士納等人在1998年的研究指出，ADHD在注意力網絡作業 (attention network task) 中，

其警覺性網絡 (alerting network) 和執行控制網絡 (executive control network) 的能力，都遠低於一般人的運作。有關注意力網絡作業的內容和測量方式，將在下文做進一步的介紹。

注意力會影響學習表現

克萊湯姆森 (Clair-Thompson) 和葛斯寇 (Gathercole) 在2006年的研究指出，執行控制功能，包括將環境中的訊息持續暫存在工作記憶中的能力，以及抑制一個不適切行為的能力，都和孩童的學業表現息息相關。

學齡前孩童的視覺注意力之表現，可用來預測學齡後學業表現好壞 (Horn & Packard, 1985; Agostin & Bain, 1997)。學者巴克里 (Barkley) 等人在1990年的研究也發現，ADHD 孩童相較於一般正常孩童，有較低的學業成就表現。波士納等人更進一步指出，執行控制功能是其它更高階認知能力的基石 (Posner & Rothbart, 2007)，包括：語言、閱讀、算術和學習新知等。

註：閱讀障礙 (reading disability) 通常包括對唸字有缺陷 (deficits in word reading) 或對閱讀理解 (reading comprehension) 有困難。廣泛性閱讀障礙 (general reading disability, GRD) 大多數是由於對唸字的正確性不高，進而導致在閱讀上有理解的困難；但特定性閱讀理解障礙 (specific reading comprehension deficits, S-RCD) 則主要是對理解有缺陷，並沒有唸字的問題。

● 閱讀理解與執行控制功能有密切關係

在閱讀理解所需要的技能中，有些是屬於執行控制的能力，例如，計畫、組織、對訊息的監控和口語或視覺的工作記憶等等。學者卡汀 (Cutting) 和同仁在2009年，檢視了一般孩童、廣泛性閱讀障礙 (general reading disability, GRD) 和特定性閱讀理解障礙 (specific reading comprehension deficits, S-RCD) 的孩童們，在說話流暢度、語言使用的技巧和執行控制功能的表現差異。研究結果顯示，僅有特定性閱讀理解障礙的孩童有顯著的執行控制功能缺損的情形。

倫敦塔作業 (Tower of London Task, TOL) 是一個執行運作功能的檢測作業，執行此作業需要運作工作記憶和組織計畫的能力。學者薛斯馬 (Sesma) 等人在2009年同樣也使用倫敦塔作業，去測量學童在執行控制功能中的表現。其結果同樣也顯示，對閱讀理解有困難的學童，他們在倫敦塔作業中的表現也遠低於一般學童。

● 注意力有缺陷時，數學計算會出現困難

注意力有缺陷時，比較不能監控自己的認知運作，也不能抑制跟作業不相關的認知運作。注意力有缺陷的學童，除了在閱讀可能出現成績低落的現象外，他們在數學計算的表現上，特別是需要許多計算步驟的數學計算上，也很容易出現困難。

算數能力 (Calculation ability) 需要相當複雜的認知歷程和技巧，包含了口語能力、空間能力、記憶和執行控制功能 (Ardila, Galeano, & Rosselli, 1998)。在上一段中所提到的在作業或心智之間做轉換的能力 (Shifting)，是數學計算時不可或缺的能力。

1 大腦總指揮：執行控制功能

美國學者波士納在注意力理論的研究，孩童注意力的發展和注意力的訓練上，有舉足輕重的學術地位。他認為在人們的大腦中，並不是由特定一個腦區統一管理注意力的運作，注意力是由不同的腦區各司其職所共同掌管。

波士納和其研究員提出三大注意力網絡的大腦作用區位（如圖7-1所示），注意力網絡包括：警覺性網絡（alerting network）、導向性網絡（orienting network）、和執行控制網絡（executive control network）（Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002）。

從波士納的概念而言，執行控制功能可視為注意力的延伸和拓展，它包含了人們的衝動抑制、衝突解決、錯誤偵測和工作記憶等能力。

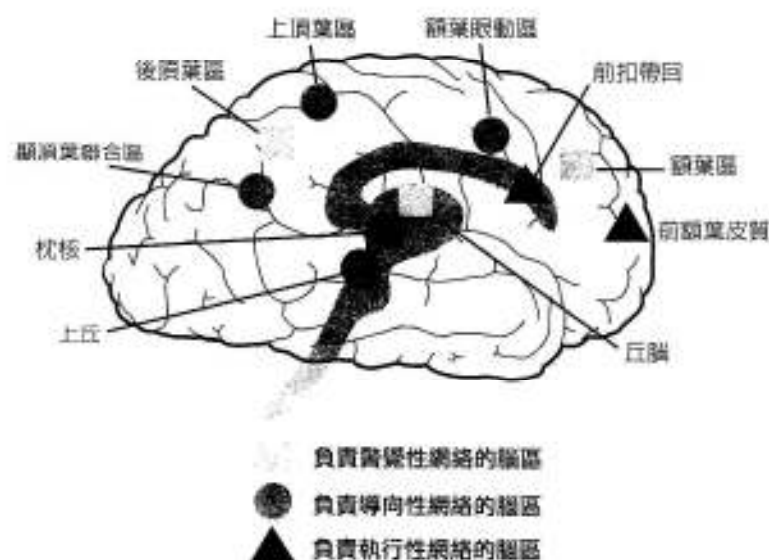


圖7-1 注意力網絡在大腦中流動的區域

Redraw from: Posner, M. I., & Rothbart M. K. (2007). *Educating the Human Brain*.

三大注意力網絡和腦部的運作區位

警覺性網絡是與人們維持在一個警覺狀態並且隨時準備好去做出一個動作反應有關。在腦造影研究中也顯示，當受試者看到一個線索提示時，其大腦的視丘 (thalamus)、額葉和頂葉 (parietal lobe) 都會有活化的情形。而這些腦部區域的活化也會受到正腎上腺素的分泌的影響，如果阻斷這種激素的分泌，將會使人們無法維持在一個清醒的狀態。

導向性網絡是與人們在眾多刺激中選擇所要的資訊有關，這種類型的視覺導向是屬於自主性的眼動（voluntary saccade）；除此之外，視覺導向也有可能是反射性的眼動（reflexive saccade），尤其當環境中有突然出現的物體時，是很容易不自主地吸引人們的目光，例如：當週遭環境出現一個巨大聲響，你會快速地將視線轉移到聲音的來源方向。

而導向性網絡主要活化的腦區是在大腦的頂葉上部（superior parietal lobe）、顳頂葉聯合區（temporal parietal junction）、上丘（superior colliculus）、以及額葉眼動區（frontal eye fields），也會受到乙酰膽鹼（acetylcholine）的分泌而被調控。

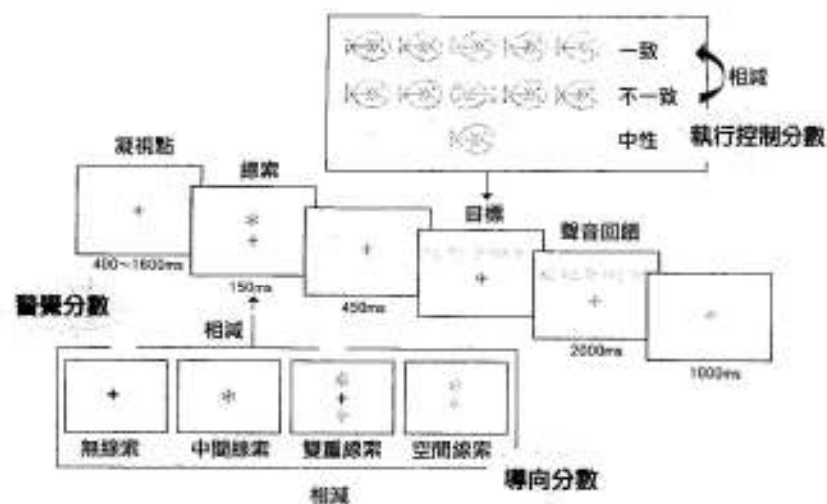
執行控制網絡包括了衝突監控和解決、計畫或做決定、抑制能力或克服習慣性的動作等等。所活化的腦區主要在前扣帶回（anterior cingulate cortex）和額葉皮質區（lateral prefrontal cortical regions），也會受到多巴胺（dopamine）所調控。這三大注意力網絡以彼此獨立但會相互聯繫的方式運作（Fan et al., 2002; Fan & Posner, 2004; Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum, & Posner, 2005）。

注意力網絡作業和能力指標

范（Fan）與同仁在2002年提出適用於孩童的注意力網絡作業（Attention Network Test, ANT），這項作業結合了波士納

的線索典範作業（cuing paradigm）以及艾克森（Eriksen）的旁側抑制作業（flanker task）。在ANT的作業裡，可以一次測得受試者警覺、導向和執行控制的分數，如圖7-2所示。

在這個作業裡，受試者在每一題的電腦螢幕中，都會依序看到一個凝視點（代表每一題的開始）、線索（代表目標可能會出現的位置，在此作業裡有四種不同效果的線索會擇一出現）、目標（已事先告知受試者，目標為中間的魚）和聲音回饋（代表此題做對或做錯）。



執行控制分數 = 方向不一樣的反應時間 - 方向一致的反應時間
 警覺分數 = 無線索的反應時間 - 雙重線索的反應時間
 導向分數 = 中間線索的反應時間 - 空間線索的反應時間

圖7-2、注意力網絡作業及三種注意力分數 Redraw from: Roeda et al., 2004

一開始受試者的眼睛需盯在凝視點上，緊接著在有或無線索提示後，魚會隨機出現在凝視點的上方或下方，受試者再依據中間的魚之嘴巴的方向做按鍵反應。魚嘴巴向左代表按左鍵；反之，嘴巴向右則按鍵盤右鍵。

● **警覺分數代表受試者已維持一個良好的清醒狀態，並準備好要做反應的分數**

如圖7-2所示，若受試者看到的是雙重線索的提示時，會知道目標即將出現，雖然不知道目標出現在哪個方向，但相較於無線索的情況而言，已經多了一個時間上的警覺狀態，因此測量受試者在無線索中的目標反應時間減去在雙重線索中的反應時間，便是警覺分數。

● **導向分數代表受試者將注意力移向目標物所需的反應時間**

如圖7-2所示，空間線索相較於中間線索而言，還多了一個方向性，能確切地提示受試者目標即將出現在凝視點的上方或下方，因此兩者的反應時間差異，便是導向分數。

● **執行控制分數代表受試者解決衝突時所需的反應時間**

如圖7-2所示，由於受試者已事先被告知僅需針對中間的魚做反應，因此當周邊的魚方向與目標魚的方向不一致時，便會造成受試者判斷時的干擾和衝突的情況產生，此情況會讓受試者的反應速度變慢。反之，若周邊的魚和中間的魚方向一致時，則不會有判斷時的衝突，反應時間也

會較快，兩者的反應時間差異，定義成執行控制分數或是衝突解決分數。

研究者使用注意力網絡作業所得到的三大注意力分數，可以客觀地測量孩童在不同階段的注意力表現，或是作為注意力訓練（Attention Training）是否有成效的指標作業之一。

【父母和教育工作者常見的疑問】

注意力有發展的敏感期嗎？

洛達（Rueda）等人2004年使用注意力網絡作業探究孩童注意力的發展。他們發現警覺性網絡的區間是從青少年時期到成年期；導向性網絡則大約在4歲時形成；執行控制

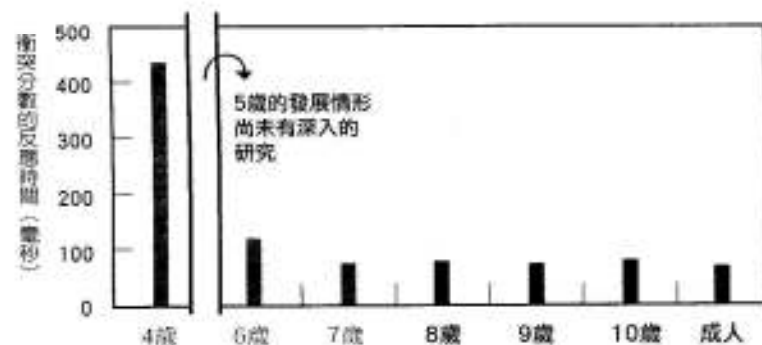


圖7-3. 孩童與成人在衝突作業中的反應時間

Redraw from: Posner, M. I., & Rothbart M. K. (2007). *Educating the Human Brain*.

網絡的發展，則在4~7歲之間最為明顯。

如圖7-3所示：執行控制網路在4歲時，解決衝突的反應時間為424毫秒，到了6歲時的反應時間減少為115毫秒，而到了7歲的時候又更少了，只需要63毫秒就可以解決衝突。這樣的結果顯示4~7歲為執行控制發展的重要時期。

注意力缺陷可利用行為訓練改善嗎？

如果孩童有注意力的缺陷，或是在發展的敏感階段，是否可以經由行為訓練而獲得改善或成長？

● 注意力發展有可能透過行為訓練而增強

洛達等人在2005年的研究，顯示出注意力發展是可能透過行為訓練而增強。洛達的實驗流程包括了：

1. 前測的注意力網絡作業。
2. 注意力訓練，包含12種分別需要預測及計劃、工作記憶、衝突解決、以及衝動抑制的小遊戲。
3. 後測的注意力網絡作業。

後測作業的分數減去前測作業的分數，就可以得知孩童在經過注意力訓練後是否有注意力進步的表現。

洛達針對一群4歲和6歲的學齡前孩童進行研究，將其中一半的孩童分配到控制組（沒有進行注意力訓練，僅讓孩童觀看影片），另一半則進行他們設計的注意力訓練電

腦遊戲，兩組的實驗期間都是五天，並藉此來看訓練的成效。他們除了觀察行為上的效果外，也利用腦電波儀（Electroencephalogram, EEG）觀察注意力訓練對大腦運作的影響。

洛達發現，相較於控制組，實驗組在前額葉區及額葉頂區產生的腦波，會展現出與實驗裡年齡較大者較為類似的型態。例如：4歲訓練組的腦波變化與6歲未訓練組的腦波變化類似；6歲訓練組相較於未訓練組在額葉頂區的腦波變化與成人的腦波較相似。這個結果顯示行為訓練是有可能增進學齡前孩童注意力的效率。

不過，這個實驗結果需要小心的解讀。在這個實驗裡，以預先定義的注意力成分設計遊戲，希望增進學童在預先設定的注意力成分上的表現。雖然結果顯示是正向的，在理論上也可以推論為這樣的訓練可以增進學童在一般狀況的注意力表現（Tamm et al., 2007; CUIDAR project），但目前尚無直接證據顯示這樣的訓練可以轉移到其它的認知功能。

● 實驗結果必須重複驗證，不能隨意套用

這個研究提供一個好的開端，給了一定的希望，卻不是萬靈丹。一方面必須有其他的研究單位能夠重複得到一樣的實驗結果，另一方面，必須有研究顯示這樣的注意力訓

練，對其它的認知學習能夠達到增進的效果。一個實驗的結果往往與現場應用還有一段距離。由於影響注意力的因素很多，因此在探究一個議題時，往往會受到諸多限制，例如一個實驗只能操弄一至兩個變項，其它的影響因子需要維持不變，研究者才能得知操弄的變項對注意力的影響為何，所以一個實驗所看到的面向是不夠寬廣和全面性的；但在實際的應用上，每個人的差異很大，一個實驗的結果僅代表所有受試者的平均表現，並不適合套用在所有人身上，因此若沒有對一個議題有充分且多面向的了解，是無法針對每個人的不同需求，找出有效的解決方式的。所以一個實驗結果才需要能被重複驗證，並延伸觸角至不同的議題上，從各個面向、各個角度去探究，才能有一個通盤的答案。

1 注意力和執行控制功能會逐漸改善

從目前累積的認知神經科學及腦造影研究顯示，執行控制功能主要為一群注意力網絡共同處理所致，包括警覺性網絡、導向性網絡和執行控制網絡。當認知神經科學家要量測這些認知能力時，會藉由不同的實驗典範和不同的實驗操弄，來獲得相對應的代表分數。注意力網絡作業是目

前很常被拿來研究注意力發展的作業之一，也已經有研究指出閱讀理解和數學計算與執行控制功能的表現有關，由此可見注意力與執行控制功能在教育上的重要性。

注意力和執行控制功能的發展，除了會隨著年齡增長而獲得改善外，對於一些注意力發展較慢的孩童，或許可以經由行為訓練而逐步地改善，但這部分還需要更多的研究累積，包括國外與國內的學者共同努力，才能進一步釐清訓練的成效，以及達成訓練成效的限制，諸如訓練時間的長短、適用年齡和適用對象等問題。

參考文獻

- Agostin, T. M., & Bain, S. K. (1997). Predicting early school success with developmental and social skills screeners. *Psychology in the Schools*, 34, 219-228.
- Ardila, A., Galeano, L. M., & Rosselli, M. (1998). Toward a model of neuropsychological activity. *Neuropsychology review*, 8(4), 171-190.
- Barkley, R. A., Fischer, M., Edelbrock, C. S., & Smallish, L. (1990). The adolescent outcome of hyperactive children diagnosed by research criteria: I. An 8-year prospective follow-up study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 29, 546-557.
- Cutting, L. E., Materek, A., Cole, C. A., Levine, T. M., & Mahone, E. M. (2009). Effects of fluency, oral language, and executive function on reading comprehension performance. *Annals of Dyslexia*, 59(1), 34-54.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, M., & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks.

- Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 340-347.
- Fan, J., & Posner, M. (2004). Human attentional networks. *Psychiatrische Praxis*, 31 Suppl 2, S210-214.
 - Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *Neuroimage*, 26(2), 471-479.
 - Horn, W. F., & Packard, T. (1985). Early identification of learning problems: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 77, 597-607.
 - Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.
 - Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3-25.
 - Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). *Educating the Human Brain*. Washington, DC: American Psychological Association.
 - Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029-1040.
 - Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(41), 14931-14936.
 - Ruff, H. A., & Rothbart, M. K. (1996). *Attention in Early Development: Themes and Variations*. USA: Oxford University Press.
 - Sesima, H. W., Mahone, E. M., Levine, T., Eason, S. H., & Cutting, L. E. (2009). The contribution of executive skills to reading comprehension. *Child Neuropsychology*, 15(3), 232-246.
 - Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation: theory and practice*. New York: Guilford Press.
 - St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-759.
 - Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63(3-4), 289-298.
 - Swanson, J. M., Posner, M. I., Cantwell, D., Wigal, S., Crinella, F., Filipek, P., et al. (1998). Attention-deficit/Hyperactivity Disorder: Symptom domains, cognitive processes & neural networks. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive Brain* (pp. 445-460). Boston: MIT Press.
 - Tamm, L., McCandliss, B. D., Liang, B. A., Wigal, T. L., Posner, M. I., & Swanson, J. M. (2007). Can attention itself be trained? Attention training for children at-risk for ADHD. In K. McBurnett (Ed.), *Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A 21st Century Perspective*. New York: Marcel Dekker.