

注意力不足過動症兒童的心理生理機轉與運動訓練效益

詹元碩¹、何金山^{1,2}、吳湘涵¹

¹ 國立體育大學適應體育學系

² 國立體育大學運動科學研究所

通訊作者：何金山

地址：333 桃園縣龜山鄉文化一路 250 號

傳真號碼：(03)328-0608

電子郵件：kilmur23@gmail.com

摘要

注意力不足過動症兒童 (ADHD) 問題，近年來在世界各國越來越受到重視，因為注意力的缺陷，這些兒童經常有學習上的困難，以及在行為上及動作控制上的問題。臨床證據指出，ADHD 病症是因為腦部神經生理上功能缺陷所致。然而目前針對這些病症兒童，主要是採用藥物與心理諮商作為治療方式。隨著運動醫學與科學的進步，許多研究者發現運動訓練可以對於腦部功能有直接的影響效應，改善腦部神經傳遞物質的分泌。因此本文整理 ADHD 兒童的心理生理機轉與運動訓練效益相關文獻，特別包括有氧運動與知覺動作訓練兩種主要類型是有效的，期望能經由本文釐清運動介入訓練對於 ADHD 兒童的效益。

關鍵詞：神經生理，有氧運動，知覺動作訓練，運動介入



壹、前言

在日常生活中，注意力分配能力在訊息接收與處理過程中，扮演非常重要角色，而訊息接收的完整度是影響學習的關鍵之一。學童注意力不足過動症 (attention deficit hyperactivity disorder, ADHD) 的相關問題，近年來受到國內外的專家學者重視。將此族群的孩子融合於普通班，外表看似與常人無異，但過動不受控的行為影響團體生活也令教師最頭疼，尤其注意力不足會妨礙訊息接收，導致學業低落，進而影響到學習成效 (Brodeur & Pond, 2001)。在國內，使用問題行為篩選量表篩檢出國中小學童有 15% 疑似為 ADHD，其中的 5% 並已診斷確定為 ADHD (洪儷瑜、張郁雯、丘彥南、蔡明富，2002)。另外，劉昱志等 (2006) 使用注意力缺陷過動症中文版 (Swanson, Nolan, and Pelham, Version IV, SNAP-IV) 量表及 children behavior checklist (CBCL) 的相似行為分量表交叉評估，指出臺灣學童 ADHD 比率約介於 7.09%-12.04% 間，其症狀可能是影響兒童學習的重要原因之一。ADHD 學童有三個主要症狀：注意力集中問題 (attentional problems)、弱刺激的控制 (poor impulse control) 與過度的動作不安定 (excessive motor restlessness)。ADHD 學童的特殊行為導致人際關係不佳，且注意力不足會導致學習成就低落，因此進入缺乏自信而有攻擊性行為的惡性循環。雖然有 50% 患者注意力缺陷問題隨著年齡增長而改善，但衝動症狀卻會繼續維持到成年，若過動兒童沒有給予妥善的教育與治療，這將會影響到兒童未來發展 (Pitcher, Piek, & Barrett, 2002)。基於以上背景因素，本文整理 ADHD 兒童的心理生理機轉與運動訓練效益相關文獻：特別包括有氧運動與知覺動作訓練兩種主要類型，期望能了解運動介入訓練對於 ADHD 兒童的效益。

貳、ADHD 的心理生理機轉

近年來，由於科技的進步與研究學者的投入，對於 ADHD 症狀發現其原因可能是由於腦部神經運作機轉發生問題導致。許多研究指出神經傳遞物質多巴胺 (dopamine) 及接受器不足，會影響衝動控制與肢體活動控制，正腎上腺素 (noradrenaline) 分泌的缺乏也會導致大腦清醒度與注意力的集中功能，而 ADHD 患者大多呈現有此病理機轉

(Barkley, Grodzinsky, & Dupaul, 1992; Vaidya & Stollstorff, 2008)。這些腦部神經傳遞物質系統 (catecholaminergic neurotransmitter system) 的失衡，尤其是多巴胺代謝的調節的影響，可能直接影響其行為與關聯性專注力調節、動作及刺激控制，尤其在動作抑制、認知訊息的組織及處理複雜計畫所產生的問題情況 (Faraone & Biederman, 1998; Swanson, Castellanos, Murias, LaHoste, & Kennedy, 1998)。

Zeeuw et al. (2008) 學者比較 38 名 ADHD 6-13 歲兒童與一般兒童的動作抑制能力，分析其停止訊號反應時間 (stop signal reaction time)、平均反應時間、個體內差異係數 (intraindividual coefficient of variation) 以及錯誤率，發現 ADHD 兒童在動作抑制的控制能力 (inhibitory control) 上相當薄弱，而這能力可以作為區別 ADHD 認知能力的關鍵特徵 (Zeeuw et al. 2008)。抑制 (inhibition) 對於動作控制上，會影響動作反應時間和選擇性錯誤出現，過多的抑制行為導致動作延遲，缺乏抑制動作的能力則會造成過於衝動，無法完整精確思考執行，導致錯誤產生 (Huang-Pollock, Mikami, Pfiffner, & McBurnett, 2007)。分析缺乏抑制動作的情形，是因為受到特殊神經缺陷，注意力分配能力不佳，造成停止訊息出現時接收減弱，以及 ADHD 的抑制處理過程較緩慢 (slower inhibitory processing)，而忽略訊息造成平均反應時間較快，但個人變異性大，錯誤率也相對較高 (Dimoska, Johnstone, Barry, & Clarke, 2003)。此外 Desman, Petermann, and Hampel (2008)，運用 Go/No-Go task 對 6 位 ADHD 複合型 (ADHD-combined type) 兒童、6 位 ADHD 注意力缺乏型 (ADHD-inattentive subtype) 兒童和 6 位健康控制組兒童作比較。在子實驗一中發現，ADHD 複合型兒童動作控制的錯誤率與忽略率高於控制組兒童；此外，在子實驗二中發現，ADHD 注意力缺乏型兒童比其它兩組兒童反應來的較慢且反應時間變異率也較大。動作的執行與抑制的功能，都是在前額葉 (prefrontal cortex) 處理，Rubia 研究團隊運用功能核磁共振成像 (fMRI) 觀察 7 位男性 ADHD 青少年在動作反應中的抑制過程與動作反應的時序的腦部狀態，發現在動作抑制時，在右下方的前額葉 (right inferior prefrontal cortex) 及左尾處 (left caudate) 呈現較低的活化程度 (Rubia et al., 1999)。因此推測前

額葉代謝狀態不佳，而造成動作執行的不穩定與錯誤現象。

目前對於注意力不足與過動症兒童的治療方式，主要是以藥物治療以及心理輔導治療（鄭瑩妮，2007）方式為主，藥物治療是有立即性效應，例如：使用利他能 (ritalin) 或類似藥品，主要作用為調整腦內多巴胺分泌 (Hüther & Bonney, 2002)。但是近期發現，這類型中樞神經興奮劑，誘發中樞性與周圍性兒茶酚胺效應 (catecholaminergic effects)，導致血壓心跳明顯上升現象，這經常影響 ADHD 兒童心血管功能，尤其當許多 ADHD 兒童也有心血管問題時，可能增加心血管疾病風險 (Elia & Vetter, 2010)。

參、有氧型運動與知覺動作型訓練對 ADHD 的影響

近年來，國內外學者投入研究 ADHD 兒童運動能力與認知功能的相關研究 (Hung et al., 2010; Liao et al., 2010)，以及運動訓練對於 ADHD 患者的影響作用（吳湘涵，2010；陳佩欣，2010），結果發現，運動對於腦部神經傳遞物質代謝與腦部血液流量有所直接性影響，進一步對於影響腦神經的可塑性。運動訓練大致分為有氧運動訓練與知覺動作訓練兩類，以下分段說明。

一、有氧運動訓練

研究指出進行有氧運動後，可增加腦部神經傳遞物質的釋放；Dishman 的研究團隊觀察跑步後，腦內正腎上腺素的變化，發現部分下視丘區域的正腎上腺素濃度上升，並提出耐力運動訓練可以提升藍斑核 (locus coeruleus)、杏仁核 (amygdalae) 與海馬體 (hippocampus) 等區域功能的看法 (Dishman, Renner, White-Welkley, Burke, & Bunnell, 2000)。許多實驗結果也發現在進行有氧運動中與之後，腦部細胞新陳代謝增加，尤其神經傳遞物質，如多巴胺系統、血清素系統以及正腎上腺素系統有改變現象，增加此些神經傳遞物質的釋放 (Meeusen, 2005)。

此外運動也改善腦細胞的新陳代謝，有氧耐力訓練提升了腦源滋養因子 (neurotrophic factor) 以及所屬 mRNA 於海馬體、大腦與小腦區域，而這些區域對於學習與記憶功能有相當重要 (Hollmann, Strüder, & Tagarakis, 2003; Kubesch, 2004)。尤其海

馬體的功能與記憶力有密切相關，它提供了日常生活中必需的記憶功能，包含了語意性、事件性及空間性記憶 (Duvernoy, 1998)。另一方面，海馬回是大腦學習過程的主要因子，主掌學習且容易退化，而運動不但可促進大腦血流量、提升腦部微血管密度 (Black, 1990; Rogers, 1990)，更可觸發海馬迴活化、誘發海馬回生長 (Gomez-Pinilla, 1998)、增加海馬迴容量 (Erickson, 2009)，證實運動與認知學習功能有間接性關係 (Ratey, 2009)。對於特殊族群患者也有相同效益，Quaney et al. (2009) 對於中風患者進行 8 週有氧運動訓練，結果發現 8 週後，患者的訊息處理速度，以及預測動作控制所需的注意力也獲得改善 (Quaney et al., 2009)。此外，吳湘涵 (2010) 研究指出，經過八週水中有氧耐力訓練後，ADHD 兒童在較高難度選擇性反應能力上，穩定度提升，推測是因為心肺耐力訓練，刺激神經傳遞物質分泌增加，促使較高的認知與訊息處理能力提升。

二、知覺動作訓練

知覺動作訓練 (sensorimotor training) 是當前最經常對於特殊學生進行的運動訓練治療模式。知覺動作訓練主要目的促進知覺系統與動作控制協調功能，強調知覺性刺激，訓練前庭與本體感覺 (vestibular-proprioceptive)、觸覺 (tactile) 視覺與聽覺空間判斷以及肌肉張力改變的調節、眼動協調 (visuomotor coordination) 並且注重自我教導能力 (Banaschewski, Bismans, Zieger, & Rothenberger, 2001)。Kiphard (1979) 指出知覺動作訓練過程中需注重團體性活動與人際互動，所以知覺動作訓練不僅注重改善動作控制能力，而且可促進人際溝通技巧。Haffner, Roos, Goldstein, Parzer, and Resch (2006) 針對 ADHD 兒童的本體感覺設計瑜珈課程的訓練，觀察到可有效降低其用藥量。另外許多相關研究顯示，知覺動作訓練對於行為與情緒障礙兒童，有顯著良好的效果 (Eggert, Johannknecht, & Lütje-Klose, 1990; Eggert & Lütje, 1991) 以及 ADHD 兒童有動作協調能力明顯提升（陳佩欣，2010；Banaschewski et al., 2001）。

於神經生理機轉上，協調性運動訓練會改善神經肌肉系統 (neuromuscular system) 功能，尤其對於中樞神經系統 (central nervous system, CNS)，可以增加突觸內的電子化學性的接觸，促進神經分化

和軸突的延長，活化腦部神經元連結，提升訊息傳遞速度與訊息處理效能 (Bittmann, 2002)。德國研究團隊運用三度空間核磁共振 (3-D MRI) 觀察空間判定的手眼協調訓練對於腦部的影響，而採用雜技中兩手連續拋接多顆小球訓練，而不讓小球到落至地上；他們發現受試者經過這種手眼協調訓練後，腦部視覺區 hMT/V5 與左後側頭頂間溝 (left posterior intraparietal sulcus) 的灰質區域擴大了 (Draganski et al., 2004)，推測提升手眼協調運動能力，隨著任務困難度的提升可刺激腦部細胞的改變，而這過程就是一種「學習」，運動協調技巧的學習，具有直接促進腦部改變的效果。因此推測適當的運動，尤其有氧耐力訓練與知覺動作訓練對於 ADHD 兒童有正面性效益。

肆、結論

身體活動不僅可以促進健康，尤其適當的運動訓練對於發展中的兒童，更可以提升神經系統發育與增強認知學習功能，因此本文綜合相關研究，將運動活化腦部生理機轉，進一步推測運動改善注意力與過動的概念，但針對 ADHD 兒童設計運動課程訓練，除了需藉由身體活動誘發腦部神經系統的改變，還需注意維持 ADHD 兒童的參與動機。因此運動訓練需搭配遊戲模式，運動期間與訓練之後，需運用心理學技巧，給予適當的口頭讚美及正增強鼓勵標記，如集點卡片 (Trocki-Ables, French, & O'Connor, 2001)。

伍、未來研究方向

近年來許多學者探討運動對於神經生理與認知過程的影響，針對運動是否可改善過動症及注意力功能缺失是新興的領域。所謂的運動治療是運用不同的運動元素組成運動處方，給予功能不足或機能缺陷的臟器刺激，誘發適應過程，進一步促進調整生理機轉。因此，未來可以探討不同運動元素，訓練強度與介入時間，對於注意力的調整與動作抑制能力的影響與效益。

參考文獻

- 吳湘涵 (2010)。水中運動對於 ADHD 兒童反應時間之影響。未出版之碩士論文，桃園縣，國立體育大學適應體育學系碩士班。
- 洪麗瑜、張郁雯、丘彥南、蔡明富 (2002)。問題行為篩選量表指導手冊：注意力缺陷過動症學生學校輔導手冊。臺北市：教育部特殊教育工作小組。
- 陳佩欣 (2010)。知覺動作訓練對於 ADHD 男童平衡控制能力之影響。未出版之碩士論文，桃園縣，國立體育大學適應體育學系碩士班。
- 鄭瑩妮 (2007)。團體治療應用於注意力不足過動症兒童。諮商與輔導，261 期，12-16 頁。
- 劉昱志、劉士愷、商志雍、林健禾、杜長齡、高淑芬 (2006)。注意力缺陷過動症中文版 Swanson, Nolan, and Pelham, Version IV (SNAP-IV) 量表之常模及信效度。臺灣精神醫學，20 期 4 卷，290-304 頁。
- Banaschewski, T., Bismens, F., Zieger, H., & Rothenberger, A. (2001). Evaluation of sensorimotor training in children with ADHD. *Perceptual and Motor Skills*, 92(1), 137-149.
- Barkley, R. A., Grodzinsky, G., & Dupaul, G. J. (1992). Frontal lobe functions in attention deficit disorder with and without hyperactivity: A review and research report. *Journal of Abnormal and Child Psychology*, 20(2), 163-188.
- Brodeur, D. A., & Pond, M. (2001). The development of selective attention in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 29(3), 229-239.
- Desman, C., Petermann, F., & Hampel, P. (2008). Deficit in response inhibition in children with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Impact of motivation? *Child Neuropsychology*, 14(6), 483-503.
- Dimoska, A., Johnstone, S. J., Barry, R. J., & Clarke, A. R. (2003). Inhibitory motor control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: Event-related potentials in the stop-signal paradigm. *Society of Biological Psychiatry*, 54(12), 1345-1354.
- Dishman, R. K., Renner, K. J., White-Welkley, J. E., Burke, K. A., & Bunnell, B. N. (2000). Treadmill exercise training augments brain norepinephrine response to familiar and novel stress. *Brain Research Bulletin*, 52(5), 337-342.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., May, A., et al. (2004). Neuroplasticity:

- Changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427(6972), 311-312.
- Duvernoy, H. M. (1998). *The human hippocampus: Functional anatomy, vascularization and serial sections with MRI*. Heidelberg, DE: Springer.
- Elia, J., & Vetter, V. L. (2010). Cardiovascular effects of medications for the treatment of attention-deficit hyperactivity disorder: What is known and how should it influence prescribing in children? *Pediatric Drugs*, 12(3), 165-175.
- Faraone, S. V., & Biederman, J. (1998). Neurobiology of attention-deficit hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 44(10), 951-958.
- Haffner, J., Roos, J., Goldstein, N., Parzer, P., & Resch, F. (2006). The effectiveness of body-oriented methods of therapy in the treatment of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): Results of a controlled pilot study. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother*, 34(1), 37-47.
- Huang-Pollock, C. L., Mikami, A. Y., Piffner, L., & McBurnett, K. (2007). ADHD subtype differences in motivational responsivity but not inhibitory control: Evidence from a reward-based variation of the stop signal paradigm. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 36(2), 127-136.
- Hung, T., Chan, Y., Ho, C., Hung, C., Liao, J., Kao, S., et al. (2010). Motor ability and cognitive performance: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *International Journal of Psychophysiology*, 77(3), 248.
- Liao, J., Chan, Y., Ho, C., Hung, C., Kao, S., Tsai, Y., et al. (2010). Physical fitness and neurocognitive function in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) children. *International Journal of Psychophysiology*, 77(3), 248.
- Meeusen, R. (2005). Exercise and the brain: Insight in new therapeutic modalities. *Ann Transplant*, 10(4), 49-51.
- Pitcher, T. M., Piek, J. P., & Barrett, N. C. (2002). Timing and force control in boys with attention deficit hyperactivity disorder: Subtype differences and the effect of comorbid developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 21(5-6), 919-945.
- Quaney, B. M., Boyd, L. A., McDowd, J. M., Zahner, L. H., He, J., Mayo, M. S., et al. (2009). Aerobic exercise improves cognition and motor function poststroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 23(9), 879-885.
- Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S., Simmons, A., et al. (1999). Hypofrontality in attention deficit hyperactivity disorder during higher-order motor control: A study with functional MRI. *The American Journal of Psychiatry*, 156(6), 891-896.
- Swanson, J., Castellanos, F. X., Murias, M., LaHoste, G., & Kennedy, J. (1998). Cognitive neuroscience of attention deficit hyperactivity disorder and hyperkinetic disorder. *Current Opinion in Neurobiology*, 8(2), 263-271.
- Trocki-Ables, P., French, R., & O'Connor, J. (2001). Use of primary and secondary reinforcers after performance of a 1-mile walk/run by boys with attention deficit hyperactivity disorder. *Perceptual and Motor Skills*, 93(2), 461-464.
- Vaidya, C. J., & Stollstorff, M. (2008). Cognitive neuroscience of attention deficit hyperactivity disorder: Current status and working hypotheses. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 14(4), 261-267.
- Zeeuw, P., Aarnoudse-Moens, C., Bijlhout, J., Konig, C., Uiterweer, A. P., Alky, P., et al. (2008). Inhibitory performance, response speed, intraindividual variability, and response accuracy in ADHD. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 47(7), 808-816.
- Bittmann, F. (2002). Zirkuspädagogik und die entwicklung des kindes-zirkuspädagogische ansätze haben eine große bedeutung für die motorische und kognitive entwicklung. *Corax*, 5, 4-7.
- Eggert, D., Johannknecht, A., & Lütje-Klose, B. (1990). Die bedeutung der psychomotorik für die sprachbehindertenpädagogik. Teil I: Untersuchungen zur effektivität psychomotorischer förderung bei sprachbehinderten kindern. *Die Sprachheilarbeit*, 35(3), 106-121.
- Eggert, D., & Lütje, B. (1991). Psychomotorik in der (sonder-) schule. *Praxis der Psychosomatik*, 16(3), 156-168.
- Hollmann, W., Strüder, H. K., & Tagarakis, C. V. M. (2003). Körperliche aktivität fördert gehirngesundheit und-leistungsfähigkeit übersicht und eigene befunde. *Nervenheilkunde*, 22, 467-474.
- Hüther, G., & Bonney, H. (2002). *Neues vom Zappelphilipp*. Weinheim, DE: Beltz.
- Kiphard, E. J. (1979). *Motopädagogik -- Psychomotorische entwicklungsförderung*. Dortmund, DE: Modernes Leben.

Kubesch, S. (2004). Das bewegte gehirn -- An der schnittstelle von sport und Neurowissenschaft. *Sportwissenschaft*, 34(2), 135-144.

Psychophysiologic Mechanism and Benefits of Exercise Training on Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder

Yuan-Shuo Chan¹, Chin-Shan Ho^{1,2}, and Hsiang-Han Wu¹

¹Department of Adapted Physical Education, National Taiwan Sport University

and

²Graduate Institute of Sports Science, National Taiwan Sport University

Abstract

Recently, more attention has been paid on the problems of children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in the world. Due to the attention deficit of children with ADHD, they always have barriers on learning and have the problems on behaviors and motor control. Clinical evidence has shown that the dysfunctions of neurophysiology in brain cause ADHD. However, medication and psychological consultations are the common treatment for children with ADHD. Following by the progression of sport medicine and science, researchers have found that exercise training for children with ADHD may influence brain function directly and improve the secretion of neurotransmitters in brain. Therefore, this paper reviewed the related literature of psychophysiologic mechanism and exercise training on children with ADHD. Two types of exercise including aerobic exercise and perceptual motor training are particularly useful for children with ADHD. The main benefits of exercise intervention for children with ADHD can be identified.

Keywords: neurophysiology, aerobic exercise, perceptual motor training, exercise intervention

