

運動改善失能學童之學習能力

蔡佳良 國立成功大學體育健康與休閒研究所副教授

前言

人類大腦中職司不同範疇的高階認知功能、複雜的動作協調性表現與處理多重的感官訊息，主要是由額葉、頂葉、枕葉與顳葉四大皮質區與感覺、動作皮質區負責。對兒童而言，大腦皮質的神經突觸正不斷的增生（synaptogenesis）與修飾（synaptic pruning）。舉例來說：嬰兒出生後至2歲，感覺動作皮質區正急劇的發展；頂葉和顳葉皮質區在8-10個月左右發展到高峰，但9歲前持續在發展；而負責問題解決與複雜性思考的前額皮質區則雖然約在2-6歲發展到巔峰，不過，14歲前仍會繼續成熟（Thompson & Nelson, 2001）。所以，雖然人類的大腦在6歲前可達成人90%的腦容量，但在青春期（甚至是成年期前），大腦的結構和功能性組織仍處於急遽改變的階段（Conel, 1939-1963）。有鑒於此，兒童時期如能藉由外在環境對大腦良性的刺激，將能使之發育更為完善，特別是對腦部機能受損或行動受限的障礙兒童而言，更是重要。目前已有相當多的研究證實：運動對一般典型發展（typically developing）兒童大腦有相當多的助益，不論是從大腦組織，或

是從學業成績與認知表現來看，均已發現運動或身體活動量增加能讓兒童腦部的背側紋狀體體積變大（Chaddock et al., 2010）、流體智力（Reed et al., 2010）和學業表現提高（Hillman et al., 2009）、認知執行功能更有效率（Chaddock et al., 2010），這些效果是由於運動會增加體內的腦衍生神經滋長因子（brain-derived neurotrophic factor, BDNF），進而改造大腦皮質神經的突觸塑性（synaptic plasticity），使得兒童在認知上、動作上與空間上的學習力得以提升所致（Gottchalk et al., 1999）。然而，運動對認知改善的效果是否也會發生在失能兒童的身上呢？值得我們加以探究。

目前國內外針對身體、心理或大腦有疾病的兒童進行運動對其大腦認知功能改善，進而促進學習能力的研究並不多見。本文將從國際上僅有的運動與障礙兒童大腦改善的實證性研究做介紹，其它有關腦部損傷而發生動作障礙的動物實驗也將簡略引述於本文，期能讓身在第一線為這類兒童服務的體育教師能對運動提升障礙兒童學習力的內涵有更深一層的認識。

一、自閉症 (autism spectrum disorder)

自閉症是一種腦部功能受損而引起的發展障礙，這類兒童最主要的特徵除了有社交和溝通障礙，也同時合併有受限制的興趣 (restricted interest) 和重複性行為 (repetitive behavior)。自閉症兒童常會受到父母的過度保護，造成身體活動和運動機會大量減少，無法與同儕有足夠的互動，這對大腦發展黃金時期的兒童期而言，只會讓他們的腦神經功能更加無法提升。事實上，研究已發現讓他們越早接觸越複雜的環境，更能對他們的腦神經有保護的效果，其中的機制涵蓋腦神經代謝活性和樹突棘密度 (dendritic spine density) 增加，BDNF濃度提升所致，進而減少不當的重複性行為表徵 (Lewis et al., 2004)。的確，自閉症兒童藉由運動學習環境的多元化，確實能有效改善重複性行為 (Petrus et al., 2008)。

曾有研究發現讓一群高功能自閉症兒童與亞斯伯格兒童參與10週的游泳訓練，結果發現這類自閉症兒童除了能藉由此運動提升游泳技巧外，更能讓他們的社交能力變好 (Pan, 2010)。同樣地，其它研究也發現游泳運動課程除了能改善自閉症兒童的心肺適能、肌力、平衡感、敏捷性外，也能大大降低刻板行為 (stereotypic behavior) 和延宕性仿說 (delayed echolalia) 問題 (Yilmaz et al., 2004)，並讓自閉症兒童的學習能

力提昇，將習得的動作技巧類化到滑水等其他水上活動 (Huettig & Darden-Melton, 2004)。

自閉症兒童除了上述特定的行為表徵可藉由運動來改善之外，他們亦會有動作計畫 (motor planning) (Pellicano, 2010) 和執行控制 (executive control) (Tsai, Pan, Wang, Tseng, & Hsieh, 2011) 問題，這些都會影響他們的課業與動作的學習。藉由運動或是遊戲可改善他們這方面的問題，例如可讓自閉症兒童攀爬遊戲器材，藉由老師規定攀爬的順序性或教導運動技能時，要求自閉症兒童逐一模仿並記憶老師示範的動作與遊戲規則，皆可改善自閉症兒童的動作計畫與執行控制問題。

二、發展協調障礙 (developmental coordination disorder, DCD)

根據美國精神科學會DSM-IV (diagnostic and statistical manual) 對DCD兒童的定義為「凡是動作上有所障礙，缺乏應付每日生活所需要的動作能力，但是卻沒有任何醫學上的疾病，也不是低智商的小孩」 (American Psychiatric Association, 1994)，也就是說，DCD兒童是動作協調性有問題，進而影響其動作或課業表現。目前針對這類兒童的研究發現，視知覺 (visual perception) 或訊息處理缺陷 (Tsai, Wilson, & Wu, 2008; Wilson & McKenzie, 1998)、大腦認知功能 (特別是注意力與執

行控制能力)障礙(Tsai, Pan, Cherng, Hsu, & Chiu, 2009; Tsai, Pan, Chang, Wang, & Tseng, 2010)都是造成他們動作協調性不佳的可能原因。

針對DCD兒童大腦認知功能上的問題,已有研究發現運動能有效改善視覺空間工作記憶力,進而提升學習力(Alloway & Warn, 2008)。此外,也有研究發現專項運動(例如:桌球、足球)可有效改善他們的視覺空間注意力與執行控制能力(Tsai, 2009),而且從腦波上也發現,這類兒童雖然大腦皮質的功能較差,但運動卻能讓他們腦波波型改善,代表運動能強化大腦的神經網路連結,使得他們的認知處理速度變快(Tsai, Wang, Tseng, 2011)。藉由運動技能學習的重複練習方式,能活化DCD兒童的神經細胞突觸,提高突觸外神經傳導物濃度,進而加快神經傳導速度(Barnhart, Davenport, Epps, & Nordquist, 2003),這些效果的確讓他們的認知功能問題有所改善。

三、讀寫障礙(dyslexia)

讀寫障礙意指對語言文字學習、閱讀或拼字時會產生困難,此問題可能是神經心理功能障礙所致。讀寫障礙兒童通常也會發生意識力、短期記憶力、動作協調性……等方面的問題(Reynold & Nicolson, 2007),因此,他們的學習能力通常也會受到嚴重的影響。研究發現讀寫障礙兒童實施6個月的運動訓練(包括平衡、投接東西、兩腳前後相靠走

路、拍球、協調能力)後,除了可明顯改善動作技巧之外,也可提升口語與語意表達的流暢性、音韻技巧(phonological skill)和工作記憶力(working memory),此外,這些兒童注意力缺乏的問題也獲得改善,運動對讀寫障礙兒童會產生上述的效益,可能是小腦功能、或認知上的學習力和注意力提升所致(Reynolds, Nicolson, & Hambly, 2003)。值得注意的是,即使運動訓練停止後經過18個月,仍能看到這些持續的效果(Reynold & Nicolson, 2007)。

四、腦性麻痺(cerebral palsy, CP)

腦性麻痺是一種非進行性損傷的腦部神經病變,CP兒童除了會發生運動功能障礙之外,也常伴隨有智能、學習、語言及情緒障礙。目前研究發現每週兩次的45分鐘有氧與無氧運動,訓練8個月後,除了能改善CP兒童的心肺耐力與肌力外,也能改善他們的認知功能,有趣的是,停止運動訓練4個月後,雖然這些CP兒童的身體適能回到訓練前的水準,但認知功能的效果卻仍然維持住(Verschuren, 2007)。

五、中風(stroke)

一些動物實驗發現,中風的老鼠如給予跑步訓練,將可讓已受傷大腦的神經樹狀突分支(neuronal dendritic branching)更加為廣布,而且讓已受影響的肢體在動作技能的學習上,功能更為提升(Ploughman, Attwood, White, Dore, & Corbett,

2007)。的確，運動能讓受傷的大腦部位仍有神經增生（neurogenesis）的作用，而讓大腦皮質區內感覺與運動功能恢復（Hicks et al., 2007），這些訊息暗示我們運動對大腦功能損傷的人有動作與感覺學習能力提高的效果存在。

結語

藉由上述文獻可發現：運動與認知互動的效益的確能在失能兒童的身上見到，運動的確能改善他們的認知執行功能，進而改善學習能力。因此，我們應鼓勵他們多走出戶外，藉由提高身體活動量與運動來改善其大腦組織，並藉此提升認知功能。可惜的是，雖然很多研究已發現運動對失能兒童的身體與認知功能是比较典型發展兒童更為重要的，但失能兒童常因為很多外在與內在因素而大量降低運動參與的機會（Steele et al., 1996）。事實上，兒童的大腦正處於急遽發展的階段，因此，如果兒童時期所處的生活環境受到限制或被剝奪，這將導致兒童的動作、認知、社交、和情感發展不正常。根據動態系統理論，如果失能兒童能在發展黃金時期接觸多樣化的運動環境，將會讓他們的大腦功能和結構得以適性發展，基因表現更加完善，這些正面效益將能提高失能兒童大腦的認知執行處理（executive processing）功能，進而提升其學習力。

參考文獻

- Alloway, T. P., & Warn, C. (2008). Task-specific training, learning, and memory for children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Perceptual and Motor Skills*, 107(2), 473-480.
- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.). Washington, DC: Author.
- Barnhart, R. C., Davenport, M. J., Epps, S. B., & Nordquist, V. M. (2003). Developmental coordination disorder. *Physical Therapy*, 83, 722-731.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., et al. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Developmental Neuroscience*, 32(3), 249-256.
- Conel, J. L. (1939-1963). *The Postnatal Development of the Human Cerebral Cortex* (Vols 1-6).

- Harvard University Press.
- Gottchalk, W., Jiang, H., Tartaglia, N., Feng, L., Figurov, A., & Lu, B. (1999). Signalling mechanisms mediating BDNF modulation of synaptic plasticity in the hippocampus. *Learning and Memory*, 6, 243-256.
- Hicks, A. U., Hewlett, K., Windle, V., Chernenko, G., Ploughman, M., Jolkkonen, J., et al. (2007). Enriched environment enhances transplanted subventricular zone stem cell migration and functional recovery after stroke. *Neuroscience*, 146, 31-40.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in pre-adolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054.
- Huetfig, C., & Darden-Melton, B. (2004). Acquisition of Aquatic Skills by Children with Autism. *Palaestra*, 20, 20-25.
- Lewis, M. H. (2004). Environmental complexity and central nervous system development and function. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 10(2), 91-95.
- Pan, C. Y. (2010). Effects of water exercise swimming program on aquatic skills and social behaviors in children with autism spectrum disorders. *Autism*, 14(1), 9-28.
- Pellicano, E. (2010). The development of core cognitive skills in autism: a 3-year prospective study. *Child Development*, 81(5), 1400-1416.
- Petrus, C., Adamson, S. R., Block, L., Einarson, S. J., Sharifnejad, M., & Harris, S. R. (2008). Effects of exercise interventions on stereotypic behaviours in children with autism spectrum disorder. *Physiotherapy Canada*, 60(2), 134-145.
- Ploughman, M., Attwood, Z., White, N., Dore, J. J., & Corbett, D. (2007). Endurance exercise facilitates relearning of forelimb motor skill after focal ischemia.

- European Journal of Neuroscience*, 25(11), 3453–3460.
- Reed, J. A., Einstein, G., Hahn, E., Hooker, S. P., Gross, V. P., & Kravitz, J. (2010). Examining the impact of integrating physical activity on fluid intelligence and academic performance in an elementary school setting: a preliminary investigation. *Journal of Physical Activity & Health*, 7(3), 343-351.
- Reynold, D., & Nicolson, R. I. (2007). Follow-up of an exercise-based treatment for children with reading difficulties. *Dyslexia*, 13(2), 78-96.
- Reynolds, D., Nicolson, R. I., & Hambly, H. (2003). Evaluation of an exercise-based treatment for children with reading difficulties. *Dyslexia*, 9(1), 48-71.
- Steele, C. A., Kalnins, I. V., Jutai, J. W., Stevens, S. E., Bortolussi, J. A., & Biggar, W. D. (1996). Life-style health behaviours of 11- to 16- year old youth with physical disabilities. *Health Education Research*, 11, 173-186.
- Thompson, R. A., & Nelson, C. A. (2001). Developmental science and the media: Early brain development. *American Psychologist*, 56(1), 5-15.
- Tsai, C. L. (2009). The effectiveness of exercise intervention on inhibitory control in children with developmental coordination disorder: Using a visuospatial attention paradigm as a model. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6), 1268-1280.
- Tsai, C. L., Wang, C. H., & Tseng, Y. T. (2011, June). *An event-related potential study on the ventral attention network of DCD under soccer exercise intervention*. Poster session presented at the 9th Developmental Coordination Disorder International Conference, Lausanne, Switzerland.
- Tsai, C. L., Pan, C. Y., Chang, Y. K., Wang, C. H., & Tseng, K. T. (2010). Deficits of visuospatial attention with reflexive orienting induced by eye-gazed cue in children with developmental

- coordination disorder on lower extremities: An event-related potential study. *Research in Developmental Disabilities*, 31(3), 642-655.
- Tsai, C. L., Pan, C. Y., Cherng, R. J., Hsu, Y. W., & Chiu, H. H. (2009). Mechanisms of deficit of visuospatial attention shift in children with developmental coordination disorder: A neurophysiological measures of the endogenous Posner paradigm. *Brain and Cognition*, 71, 246-258.
- Tsai, C. L., Pan, C. Y., Wang, C. H., Tseng, Y. T., & Hsieh, K. W. (2011). An event-related potential and behavioral study of impaired inhibitory control in children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(3), 1092-1102.
- Tsai, C. L., Wilson, P. H., & Wu, S. K. (2008). Role of visual-perceptual skills (non-motor) in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 27, 649-664.
- Verschuren, O., Ketelaar, M., Gorter, J. W., Helders, P. J. M., Uiterwaal, C. S. P. M., & Takken, T. (2007). Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy. A randomized controlled trial. *Archives of Pediatric and Adolescent Medicine*, 161, 1075-1081.
- Wilson, P. H., & McKenzie, B. E. (1998). Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: A meta-analysis of research finding. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 829-840.
- Yilmaz, I., Yanardag, M., Birkan, B., & Bumin, G. (2004). Effects of Swimming Training on Physical Fitness and Water Orientation in Autism. *Pediatrics International*, 46, 624-626.