

運動對於腦部功能的影響：多上體育課會影響學業成績嗎？

蔡忠昌 劉蕙綾 / 國立彰化師範大學應用運動科學研究所

壹、前言

運動對於健康促進的提升可以從許多生理層面的研究獲得證實，例如，規律的運動習慣可以增進心臟血管機能、降低血液中膽固醇濃度、並增加高密度脂蛋白、降低血壓、減少動脈硬化發生，因此減低罹患心血管疾病的風險。運動也可以促進新陳代謝、增加生長激素分泌增加體脂肪分解，因此可以消耗熱量控制體重。運動可以增加肌肉的力量以及骨骼緻密度，避免骨質疏鬆並增加關節活動範圍以及身體柔軟度。運動更可以增加腦部腦啡(endorphin)的分泌、減低焦慮、增進睡眠品質、增加愉悅的感覺減除工作壓力。而從身體免疫的角度，適量運動提高身體對抗病毒或細菌感染的能力、降低部分癌症諸如大腸癌、攝護腺癌的發生機率，並得以延遲老化的速率(Foss & Keteyian, 1998)。

雖然運動對於健康的好處這麼多，運動相關學者專家的鼓吹也不遺餘力，但是運動習慣的養成卻仍然只侷限於少部分的年輕族群，以及較多面臨迫切健康問題的年老族群。養成規律運動習慣與行為必須從小開始；按理說，從幼稚園到大學的體育課程對於運動習慣養成影響力最大，可是，很遺憾地，在大多數學童、教師以及家長的心目中，體育課多半被歸類為非學術性課程(non-academic curriculum)，而語文、數學與理化等課程與學業成績較有關聯，自然比較重要。長此以往，體育課的目的便只在鍛鍊較為強健的體魄，很少人會認為體育課與學業成績存有太多關聯，也因此，體育課程或者是規律的運動習慣對於學童的學業成績應該是沒有任何幫助，與其他學科相比較之下，體育課的重要性便相對較低。即使是美國如此注重運動的國家，中小學體育課的時數在最近一二十年也沒有增加的趨勢，有些州甚至因為預算的原因反而減低體育課時數以及運動器材的添購(Sibley & Etnier, 2003)，體育課程的重要性與其他學科比較起來顯然遜色許多。台灣的情形就更不用說了，升學主義掛帥加上傳統認為體育課等於玩樂，會影響學業成績的表現，對許多教師與家長而言，體育課的時數越少，英數理化等似乎和智力增進有關課程的時數越多，對小孩子的學業和未來只有好處沒有壞處。

面對這樣的處境，體育課程通常必須自外於其他學科。然而，若說全方位的學習是現代教育培養健全個人必要的過程，那麼體育課程就必須與其他學科尋求交集。本文將嘗試探討國外學者專家在體育課程對於學業成績的影響以及運動對於腦部認知功能助益的研究，期望經由這些研究所建立的科學證據，能夠稍微扭轉體育課無益於學業與智力這樣一個根深蒂固的觀念，為現代教育中體育課與其他課程的整合提供一些共識的基礎。

主要聯絡者：蔡忠昌，國立彰化師範大學應用運動科學研究所
聯絡電話：(04)723-2105 轉 1985

500 彰化市進德路 1 號
E-mail: jcttai@cc.ncue.edu.tw

貳、體育課對學童學業成績的影響

探討體育課對學童學業成績影響的研究並不多見，Shephard(1997)的文章指出最早在 1950 法國巴黎近郊 Vanves 地區曾經進行這樣的實驗：研究者選擇了幾所小學改變他們的課程，上課時數由每周 32 小時增加至 41.5 小時，其中，大部分學科集中在上午，下午則幾乎全為體育課，內容包括了體操、游泳、球類運動等，每週體育課時數因此由原來的 2 小時增加為 15 小時。一學年之後，研究者比較了實驗學校與其他小學，他們的結論是：雖然實驗學校主要學科的授課時數減少了 26%，實驗學校學童期末學業成績的不合格率與其他學校並無不同，但是學童的專注力與紀律則比控制組學校的學童來得理想。這個研究由於年代早遠，加上並未正式發表在學術性期刊，因此實驗的控制上有兩個地方較被批評，一是實驗學校學童每天吃維他命，二是每週有兩天的中午有午睡時間。不過，以現在的觀點來看，維他命的補充應該對於研究者所提出的結論影響不大，午睡的情形也是。整體而言，這個研究至少初步證實增加小學學生的體育課不會影響學業成績，而且對學童的專注力提升顯然有幫助。

1970 年代澳洲 Adelaide 地區也進行了類似的研究(Dwyer, Coonan, Leitch, Hetzel, & Baghurst, 1983)，研究者選擇了該地區 7 所小學 519 名五年級 10 歲兒童分為三組，為期 14 個星期的實驗中，體能(fitness)組每天有 75 分鐘的體育課，早上上課前進行 15 分鐘體能活動，其後在上午或下午再加上一節 60 分鐘體育課。運動技能(skill)組上體育課的時間和體能組一樣，但是上課內容注重運動技巧的學習。第三組控制組的學童則維持每星期三節 30 分鐘體育課。實驗後研究人員比較三組學童在算術、閱讀能力與課堂行為的差異，發現體能組學童的算術能力有所提升，而且此一提升的分數優於運動技能組和控制組學童。閱讀能力的提升上，體能組學童則較運動技能組和控制組差一些。對於課堂行為的提升，依序為運動技能組、體能組和控制組，增加體育課時數的兩組學童在與課堂秩序相關的行為表現明顯優於控制組。1985 年 Dwyer 等在澳洲進行了另一個橫向比較研究(Dwyer, Sallis, Blizzard, Lazarus, & Dean, 2001)，結果顯示在 7,961 名 7-15 歲的學童中，學業成績的表現與學生個人體能有顯著正相關的關聯。

同樣是 1970 年代，加拿大魁北克 Trois-Rivieres 地區也有這樣的實驗(Shephard, 1997)，將 546 位小學生分成兩組，實驗組每天多上 1 小時的體育課，而且是由專業體育教師上課。控制組每天則上 40 分鐘，但是是由非專業體育教師上課。一年之後，控制組學業表現優於實驗組，但是隨後當這些學生升上二、三、四、五、六年級，實驗組學生的學業表現反而優於控制組。後續的追蹤(Shephard & Trudeau, 2005)發現這些在小學參與實驗多上體育課的學生在 20 幾歲時，在心血管健康與肌肉力量的表現上，比起未參與實驗的學生來得高，同時多上體育課學生學業成績的表現沒有比較差，並且態度、行為有比較好的後續影響。

2002 年，美國加州教育部(California Department of Education, 2002)進行了一個橫向比較的研究，他們針對該州五、七、九三個年級 954,000 名學生，探討學生的學業表現與個人體能之間的關聯。學業表現的成績即學生參加涵蓋多項學科的 Stanford Achievement Test(SAT-9)所得的分數，

體能表現則由體育教師針對學生心肺耐力、身體組成、腹肌力量與耐力、軀幹肌肉力量與柔軟度、上半身力量與耐力以及整體的柔軟度等六個項目給予評分。這項研究的統計結果顯示：研究所探討三個年級的學生學業表現與個人體能呈現顯著線性相關的關係，亦即體能表現較佳的學生通常在學業成績上也有較好的表現。與澳洲的研究相類似的是體能較好的學生在數學的表現比語文能力更為顯著；另外，他們的結果也顯示學業表現與個人體能呈現正相關的情形，女生比起男生顯著。

在一般人的觀念中，亞洲地區的學童由於文化背景的關係，可能與西方社會的學童有所差異，不過，Kim 等(2003)一篇針對韓國 6,463 名五、八、十一年級的學生的研究報告，指出這些學生的學業表現與飲食習慣和體能呈現高度正相關。這個結果與澳洲和加州的情形並無不同，這也顯示了體育課或者是運動在東西方社會當中，基本上不至於對學童的課業產生負面的影響。

綜觀上述幾個研究可以得到一個結論，體育課並不會影響到學生的學業表現，尤有甚者，多上一些體育課並且能夠因此提升個人的體能，能夠提升學生的數學能力表現，增加上課專注力並且培養較能夠自律的個人行為，在一個需要多元能力表現的現代社會，教育工作者與家長們對於體育課對學生的影響，是不是該傳統較為負面的觀感轉變為較為正面的態度呢？

參、運動對於專注力與測驗表現的短期影響

個人體能或者運動能力如何能夠影響到腦部認知能力與智力表現？從生理的觀點，運動增加心輸出量(cardiac output)，使全身血流的循環增加，腦部血流量也相對增加(Ide & Secher, 2000)。雖然沒有直接的證據證明腦部血流量增加有利認知功能的執行，不過，從心臟病患者無法輸出足夠血液到腦部，因而常有認知功能障礙的現象(Tanne et al., 2005)來看，運動引起腦部血流量的增加，應該有助於兒童在良好學習環境中的專注與認知發展。另外，運動改善腦部神經傳導物質(neurotransmitters)如血清張力素(serotonin)的作用(Struder & Weicker, 2001)，而利用藥物阻斷血清張力素、多巴胺(dopamine)等神經傳遞物質的作用時，腦部短期記憶的功能會降低(Harrison et al., 2004)，顯示運動能夠影響腦部功能的執行(Kramer, Colcombe, McAuley, Scaf, & Erickson, 2005)。再者，運動量大的孩童會增加營養攝取，對於身體機能較有良好的影響。而根據皮亞傑的認知理論，運動過程中主動的肢體運動與多元的動作學習，可以增加孩童腦部神經之間的聯繫。運動過程中，肢體活動可能可以提升空間認知能力(spatial cognition)，而這點可由學齡前兒童運動較多的男生在空間認知能力通常較女生為佳的現象間接證實。

運動後對於學童專注力與運算相關功能的影響可由下述研究得知。Gabbard 和 Barton(1979)研究了 106 位六年級男女生，在他們做完劇烈運動後 10、20、30、40、50 分鐘後分別給予數學運算測驗，結果顯示受測者在 50 分鐘後的測驗表現明顯提升，作者猜測這是因為運動後身體能夠放鬆，以及提高專注力所導致。Raviv 和 Low(1990)針對 96 名 11-12 歲兒童，將之分成四組，每組 24 人，分別上完體育課之後，作字母消去測驗(letter-cancellation task)，結果也顯示運動後兒童在這個測驗成績有所提升。而 McNaughten 和 Gabbard(1993)針對 120 名男女生，在他們進

行走路運動後 20、30、40 分鐘後做運算測試，結果發現若是這個測驗在早上施行時，有沒有進行走路運動對其運算測驗成績並無影響，但是若是在中午時間實施時，則走路後受試者的運算能力明顯高於未走路組。另外，Caterino 和 Polak(1999)分別針對小學 2、3、4 年級兒童做專注力測試(Woodcock-Johnson Test of Concentration)，結果發現四年級的學童在進行 15 分鐘劇烈有氧運動和 15 分鐘伸展運動後，專注力測驗的得分明顯提高，但是二、三年級較無明顯影響。

由以上研究可發現運動過後由於血液循環速率增加，腦部血流供應相對較為充足，而能夠提升個人的專注力與腦部運算相關的功能，依此看來，體育課程若能與數理等課程相連接，是有可能提升學童上課的專注與理解。

肆、運動對認知功能的影響：腦波變化等神經生理研究

前述加州教育部門的研究顯示體能較好的學生在學業表現上也較佳，這個有趣的發現也引起了一些神經生理與神經心理學家的興趣，這些研究者利用腦波測量儀器深入地研究腦部的認知功能。腦波是腦部神經細胞電位變化的總和，和心電圖肌電圖的測量一樣，腦部神經細胞在進行傳導時產生細胞內外的電位差異，一群神經細胞所產生的電位變化總合可以利用貼於頭皮的電極接收放大後加以觀察比較。較大幅度的腦波變化可以經由一些特殊事件引發，而特殊事件引發的其中一種方法是 oddball paradigm，此方法是在一系列規律的聽覺或視覺訊息刺激中加入一個不一樣的訊號，研究人員會要求受試者特別注意此一差異並做出反應，受試者在對此一刺激產生反應後其腦波出現系列電位的改變，一般稱為事件關聯電位(event-related brain potentials)，此一電位變化反映出腦部神經細胞正對此一刺激產生回應。通常，在反應引發 0.3-0.8 後秒有一稱為 P3 的較大電位變化出現，P3 波的振幅越高代表受試者對於刺激的專注力越高，P3 出現的時間越快(faster P3 latency)代表受試者腦部認知形成的反應速度越快。Hillman、Castelli 和 Buck(2005)便利用此一腦波測量研究方法，針對 24 名約 10 歲的兒童與 27 名約 20 歲的成人，探討其個人體能與認知功能之間的關聯。研究者先依受試者個人的體能狀況再分為體能良好(high fit)與體能較差(low-fit)兩組，結果發現體能較好的兒童在接受測試時其腦波反應中的 P3 振幅高於其他兒童與成人，顯示體能較好的兒童在認知的專注力上較為優異。另外體能較好的成人則在腦波反應中的 P3 波出現速度較快，顯示體能較好的成人在認知的形成速度較為迅速。作者們因此指出個人體能與腦部認知功能是有關係的，體能越好其專注力與工作記憶(working memory)的形成速度越快，有利於腦部認知功能的執行。在國內，石恆星(2002)針對兒童進行的腦波研究指出，兒童腦波中的 δ 慢波比例隨著年齡增加逐漸減少， $\alpha 2$ 快波比例則增加，而此一現象可能和腦部的發展與成熟有關。該研究也發現兒童身體活動的增加或是運動能力越高，其腦波中的 δ 慢波的減少與 $\alpha 2$ 快波的增加越明顯，顯示運動確實可能可以加速兒童腦部與認知功能的發展。

類似有關運動與腦部認知與腦波變化的研究在面臨記憶衰退的老年人族群中影響更為明顯。Kamijo 等(2004)和 Hatta 等(2005)的研究均指出運動有益於老年人的認知功能的執行。Dik、

Deeg、Visser 和 Jonker(2003)也證實年輕時多運動的人在步入老年後，其認知功能與記憶力比較能夠維持在理想的狀況。

另外，Colcombe 等(2004)利用功能性磁共振造影技術(functional MRI)也證實運動對腦部認知功能有正面影響。他們針對心肺耐力（有氧能力）較好與較差兩組受試者的比較發現，體能好的受試者在認知執行時，其腦部與空間選擇有關的前額葉(prefrontal)與頂葉(parietal)區域，神經細胞活動高於體能較差的受試者。

伍、運動對神經細胞連結與保護

神經生理學家對於學習的進行和記憶的形成，常以神經細胞增加突觸數量並與其他神經細胞形成新的網路連結來解釋，此一神經網路多重連結的建立與改變一般稱為神經細胞的塑性(plasticity)，神經細胞的塑性越高意味著神經細胞隨著刺激而改變的能力越高，也代表著大腦學習的效率也越高(Tortora & Grabowski, 1996)。

神經細胞的生長(neurogenesis)與突觸的連結受到一些體內分子的影響。近來的研究發現，腦部所生成的腦衍生神經生長因子(brain derived neurotrophic factor, BDNF)對於腦神經的生長與連結有明顯的促進作用，尤其是在與記憶形成有關的海馬迴(hippocampus)區域特別明顯。Cotman 和 Berchtold(2002)的文章指出運動增加腦部 BDNF 分子的分泌，促進神經突觸的建立與連結，提升神經細胞的塑性(plasticity)，而有益於腦部活動以及學習。此外，運動促進 BDNF 的分泌增加對神經的保護作用，使腦神經細胞能夠避免自由基等的傷害而更能維持其功能。

除了 BDNF 之外，腦下腺前葉所分泌的生長激素(growth hormone, GH)與肝臟所製造的類胰島素生長因子(insulin-like growth factor, IGF)也被證實能夠影響腦部神經細胞的生長與塑性(Aberg, Brywe, & Isgaard, 2006)，而很多研究都顯示運動會增加生長激素的分泌(Mejri, Bchir, Ben Rayana, Ben Hamida, & Ben Slama, 2005)。

在動物實驗方面，Van Praag、Christie、Sejnowski 和 Gage(1999)的研究證實喜愛跑步運動量較大的老鼠在跑水迷宮的表現高於控制組，意味著體能好的老鼠在空間的認知能力與記憶能力較為優異，而腦部解剖則顯示愛跑步的老鼠腦中與記憶有關的海馬迴區域，神經細胞的生長確實較一般老鼠旺盛。

陸、結語

從增加學校體育課時數的研究、運動後的測驗表現、體能與學業成績的正向關連、腦部認知功能以及神經保護分子的增加，不難看出學校的體育課以及規律適量的運動習慣，不但能夠提升個人的體能，而且對於學童的學業表現有相當正面的影響。在運動與健康促進的議題當中，大多數均在說明運動可以降低心血管疾病、肥胖、癌症、糖尿病等疾病的發生風險。而除了肥胖以外，其他疾病往往是在人們步入中老年以後才會遇上，中老年人也因此比較有運動的需要，但是對於許多的年輕族群，這樣的論述說服力便稍嫌不足。在重視學業表現的文化當中，若能

夠讓多數的教師、家長與學生體認：運動不僅可以使身體強健，同時也可以增進腦部功能，對於學習是有幫助的，那麼大家對於體育課的態度，或許能夠朝正面積極的方向改變，而在現代教育潮流所重視的課程整合中，體育課也許更能夠與其他學科相互激盪，而不至於淪為次要課程。

參考文獻

- 石恆星 (2002)：身體活動對學前兒童認知與情緒發展之腦波心生理學研究。未出版之碩士論文，台北市，台北市立體育學院運動科學研究所。
- Aberg, N. D., Brywe, K. G., & Isgaard, J. (2006). Aspects of growth hormone and insulin-like growth factor-I related to neuroprotection, regeneration, and functional plasticity in the adult brain. *The Scientific World Journal*, 18(6), 53-80.
- California Department of Education. (2002). *State study proves physically fit kids perform better academically*. Retrieved April 27, 2006, from <http://www.cde.ca.gov/nr/ne/yr02/yr02rel37.asp>
- Caterino, M. C., & Polak, E. D. (1999). Effects of two types of activity on the performance of second-, third-, and fourth-grade students on a test of concentration. *Perceptual and Motor Skills*, 89(1), 245-248.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Marquez, D. X., & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(9), 3316-3321.
- Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences*, 25(6), 295-301.
- Dik, M., Deeg, D. J., Visser, M., & Jonker, C. (2003). Early life physical activity and cognition at old age. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(5), 643-653.
- Dwyer, T., Coonan, W., Leitch, D., Hetzel, B., & Baghurst, R. (1983). An investigation of the effects of daily physical activity on the health of primary school students in South Australia. *International Journal of Epidemiologists*, 12(3), 308-313.
- Dwyer, T., Sallis, J. F., Blizzard, L., Lazarus, R., & Dean, K. (2001). Relation of academic performance to physical activity and fitness in children. *Pediatric Exercise Science*, 13, 225-238.
- Foss, M. L., & Keteyian, S. J. (1998). *Physical activity and health: Fox's physiological basis for exercise and sport* (6th ed., pp. 374-380). Boston: WCB McGraw-Hill.
- Gabbard, C., & Barton, J. (1979). Effects of physical activity on mathematical computation among young children. *Journal of Psychology*, 103, 287-288.
- Harrison, B. J., Olver, J. S., Norman, T. R., Burrows, G. D., Wesnes, K. A., & Nathan, P. J. (2004). Selective effects of acute serotonin and catecholamine depletion on memory in healthy women. *Journal of Psychopharmacology*, 18(1), 32-40.
- Hatta, A., Nishihira, Y., Kim, S. R., Kaneda, T., Kida, T., Kamijo, K., Sasahara, M., & Haga, S. (2005). Effects of habitual moderate exercise on response processing and cognitive processing in older adults. *The Japanese Journal of Physiology*, 55(1), 29-36.

- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1967-1974.
- Ide, K., & Secher, N. H. (2000). Cerebral blood flow and metabolism during exercise. *Progress in Neurobiology*, 61(4), 397-414.
- Kamijo, K., Nishihira, Y., Hatta, A., Kaneda, T., Kida, T., Higashiura, T., & Kuroiwa, K. (2004). Changes in arousal level by differential exercise intensity. *Clinical Neurophysiology*, 115(12), 2693-2698.
- Kim, H. Y., Frongillo, E. A., Han, S. S., Oh, S. Y., Kim, W. K., Jang, Y. A., Won, H. S., Lee, H. S., & Kim, S. H. (2003). Academic performance of Korean children is associated with dietary behaviours and physical status. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 12(2), 186-192.
- Kramer, A. F., Colcombe, S. J., McAuley, E., Scaf, P. E., & Erickson, K. I. (2005). Fitness, aging and neurocognitive function. *Neurobiology of Aging*, 26 (Suppl. 1), 124-7.
- McNaughten, D., & Gabbard, C. (1993). Physical exertion and immediate mental performance of sixth-grade children. *Perceptual and Motor Skills*, 77, 1155-1159.
- Mejri, S., Bchir, F., Ben Rayana, M. C., Ben Hamida, J., & Ben Slama, C. (2005). Effect of training on GH and IGF-1 responses to a submaximal exercise in football players. *European Journal of Applied Physiology*, 95(5-6), 496-503.
- Raviv, S., & Low, M. (1990). Influence of physical activity on concentration among junior high-school students. *Perceptual and Motor Skills*, 70(1), 67-74.
- Shephard, R. J. (1997). Curricular physical activity and academic performance. *Pediatric Exercise Science*, 9, 113-125.
- Shephard, R. J., & Trudeau, F. (2005). Lessons learned from the Trois-Rivieres physical education study: A retrospective. *Pediatric Exercise Science*, 17, 112-123.
- Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 15, 243-256.
- Struder, H. K., & Weicker, H. (2001). Physiology and pathophysiology of the serotonergic system and its implications on mental and physical performance. *International Journal of Sports Medicine*, 22(7), 467-481.
- Tanne, D., Freimark, D., Poreh, A., Merzeliak, O., Bruck, B., Schwammenthal, Y., Schwammenthal, E., Motro, M., & Adler, Y. (2005). Cognitive functions in severe congestive heart failure before and after an exercise training program. *International Journal of Cardiology*, 103(2), 145-149.
- Tortora, G., & Grabowski, S. (1996). *Sensory, motor, and integrative systems: Principles of anatomy and physiology* (8th ed., pp. 446-447). New York: HarperCollins College Publishers.
- Van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(23), 13427-13431.