
當「神經科學」遇上「幼兒教育」 —省思與重現幼兒教育課程與教學之理路

吳榕椒

張宇樑

嘉義大學幼兒教育系助理教授 明道大學教學藝術所助理教授

摘 要

腦與心智的關係，在科學研究中已擁有相當長久的歷史，而其研究的結果持續揭開人類大腦的奧秘，也不斷的刷新人們傳統中對大腦的認知，更進一步的提供人類深入省思生命的意義與生存的價值。大腦發展與學習理論從美國發跡在世界各地被廣為討論與應用，其理論與哲學旨在以近年來大腦研究之結果去提出在學校教育中支持與發展教學策略的改進方向。身為教育工作者應先深入瞭解大腦的運作與學習的歷程，掌握影響孩子心智與大腦發展的因素，才能設計出真正適合每一個學生的課程與教學。本文透過文獻之評析，以開啓機會之窗的「幼兒教育」為中心，探討大腦學習與人類行為的生理基礎、大腦研究對幼兒教育哲學之省思、以大腦知識與研究為基礎的教學原則與策略等三大方向，冀能提供基石以重新省思幼兒教育課程與教學的理念與實務。

關鍵詞：大腦發展與學習、幼兒教育、課程與教學

壹、緒論

「大腦」一是生命與靈魂的主宰。美國於 1989 年推出了全國性的腦科學研究計劃，由布希總統宣告 20 世紀最後 10 年命名為「腦的 10 年(It's the decade of brain)」開始，學術界燃起一連串對腦與心智的研究似一簇野火，在諸多學術領域與世界各國間延燒至今。其研究的結果持續揭開人類大腦的奧秘，也不斷的刷新人們傳統中對大腦的認知，更進一步的提供人類深入省思生命的意義與生存的價值。

令人振奮的是，傳統以為研究腦與心智發展的主導權只屬於心理學界與醫學界的觀點已經被打破。越來越多聲浪與行動指出實驗室的結果與神經科學研究的結果必須回歸教育的省思與應用，而教育則可視為發展大腦與心智的良方。這種以大腦發展為基礎的教育觀(Brain-based education)被熱切討論與發展中：歐洲在 1991 年出現了「歐洲腦 10 年計劃」，日本在 1996 年制定了為期 20 年的「腦科學時代」計劃綱要。而在彼岸的中國大陸，向來被認為不太重視『人』的國家，也在 1999 年也把腦科學研究列入了國家重大基礎科學研究之列，推出了「攀登計劃」，重點則在嬰幼兒與兒童的腦資源開發；除此之外，位於上海市知名的華東師範大學，更設立了腦功能與基因研究中心，彼鄰著其教育學院，由中央(國家教育部)出資進行大腦與學習和記憶等相關性研究。又大腦與學習(Brain & Learning)被美國視導管理與課程發展協會(Association for Supervision and Curriculum Development [ASCD], 2005)列為其十七項教育類主題(educational topics)之第一項。

正因人們開始警覺大腦的奧秘與潛力無限，大腦的開發被視為是開墾人類最後

的一塊希望之土，而希望之土的開發首應追溯於教育中。誠如前教育部長曾志朗在洪蘭教授新書《讓孩子的大腦動起來》的序中提醒眾人的事實：人類的科技發展驚人，對外直達天際可以觀測宇宙，對內改造基因可以設計生命。但反觀教育，教學的方式卻遠遠落後於科技的進步，「總是『我教，你聽』；『因材施教』提倡了數千年，『一視同仁』的教學觀念也仍然根深蒂固、無法突破。許多人都犯了以個人的經驗法則去套用在所有人身上的毛病，缺乏真正以證據為基礎的教學改革方案」(洪蘭，2004，p.8)。

那麼，究竟什麼樣的教學方案才稱得上是以證據為基礎？什麼證據足以提供立論讓教學更具科學化的特性呢？許多的學者接強調教育工作者越了解腦，就越能設計出產生學習效果的教學活動。因此，我們應該有所警醒，教學不再是一般原則，也不是延續著如何被教的經驗法則；而是一個以大腦學習為證據的教育世紀，一個以個人獨特的大腦基因組成與經驗不斷交互作用的學習立論為根基的年代了(吳桐椒、張宇樑，2006；洪蘭，2004，2004b；Armstrong, Teresa, & Porter, 2002；Caine & Caine, 1997；Diamond & Hopson, 1998)。因此，身為教育工作者除了應對腦發展的相關知識有所認識之外，更應從這些大腦的知識與相關研究中獲得啟示，將這些啟示轉化成有效的教育原則與教學策略。

一直以來，學前教育被視為大腦開發的重要時期。Hudspeth 與 Pribum(1990)及 Thactcher(1991)早在上世紀末即實驗統計出學齡前的幼兒是人類大腦發展最快速的第一個關鍵期。另外，Diamond 與 Hopson(1998)則強調人類在 10 歲以前腦部的成長發育相當快速，通常能達到成人大腦重量的九成。然而，水能載舟亦能覆

舟；正因為學前階段是重要時期，如何教？！與教什麼！？便是大腦發展最重要的關鍵。試問台灣的家長與幼教老師都擁有正確的大腦開發的觀念與知識嗎？答案似乎並不樂觀！放眼台灣社會對腦力開發的諸多迷思：「全美語學習」、「皮紋檢測」、「右腦開發」…等(洪蘭, 2004)，皆令人憂心。吳楸椒(Wu, 2003)在其博士論文中對國小二年級與幼稚園教師對課程統整的理論上的知覺研究中也發現：受訪的教師們對“brain-based educational theory”的了解與運用非常有限。總而言之，幼教師面對最具大腦發展潛能的國家未來主人翁，肩負課程設計與教學的工作，同時也承擔教育家長的責任，更應該具備正確的大腦發展與學習的知識、以及擁有結合「以大腦發展為基礎的教育理論」於實際課程設計與教學中的能力。因此，本文旨在透過文獻之評析，探討大腦與教育之相關研究與文章，冀能重新省思幼兒教育課程與教學的理念與實務。

貳、大腦學習與人類行為的生理基礎

腦是職司生命現象的維持、思考、情緒、動機與行動的器官。腦的重量只佔成人體重約 2.5%，卻消耗了人體約 20% 的血液中的葡萄糖與養份，其重要性可想而知。許多醫學的、科學的、教育的研究證據皆顯示：人類的大腦是世界上最神秘的、複雜的、與迷人的東西(Armstrong, 1996; Drake, 1998; Diamond & Hopson, 1998; Wu, 2003)。身為教育工作者不得先瞭解人類的大腦如何運作與學習，才能進一步的結合教育理論提供最佳的學習以開發學生最佳的潛能。

一、腦的主要構造與功能

雖然成人的大腦重量僅約 1.36 公斤，但它的容量與功能遠比當今世界最先進的電腦來得先進許多(葉重新, 1999)。茲就大腦主要功能分為前腦、中腦、與後腦三大部分，概述如表 1 (游恆山, 2002;

表 1 大腦之主要功能

部位	主要功能
前腦	(1)大腦皮質：負責思考、記憶、與學習等複雜之認知與情緒。
	(2)胼胝體：連接大腦左右半球，傳遞兩半球之訊息。
	(3)邊緣系統：管理學習、記憶、情緒與動機。
	(4)杏仁核：處理情緒的威脅，影響憤怒與攻擊行為的出現。
	(5)海馬迴：新訊息的學習與長期記憶的儲存。
	(6)視丘：將感覺訊息轉運至大腦皮質的中介，為大腦中處理知覺訊息輸入和自我回饋的關鍵區域。
	(7)下視丘：控制腦下垂體腺、調節自律神經與內分泌系統等重要生理活動。
中腦	(1)網狀系統：位於腦中央錯綜複雜的神經元集結於此，控制睡眠、意識與注意力。
後腦	(1)小腦：程序性學習、反射性學習與制約反應。運動的協調性與平衡感，在動作技能的學習中扮演關鍵性的角色。
	(2)腦橋：大腦各部位的神經橋樑，並影響意識。
	(3)延腦：掌管呼吸、心跳…等。

資料來源：研究者整理自游恆山(2002)；葉重新(1999)；鄭昭明(2003)

表 2 多元智慧理論與大腦學習與發展之對應區域

智慧類型	語文	邏輯-數學	空間	肢體-動覺	音樂	人際	內省
大腦學習與發展之機制	左顳葉與額葉	左頂葉與右半腦	右半腦後區	小腦、基底神經節與運動皮質	右顳葉	額葉、顳葉、與邊緣系統	額葉、頂葉、與邊緣系統

資料來源：修改自李平(1997)。

葉重質被視為人類萬物之靈的榮耀所在，其複雜的構造與學習的關係至今只能獲得科學界初步的共識，大腦皮質分為四大腦葉，左右兩半球共八葉，其主管之功能摘要如下(楊大和、饒怡君譯，2003)：(1)額葉：處理計畫、語言、產生想法、工作記憶及人格；(2)頂葉：掌管感覺功能，特別是觸覺與視覺；(3)枕葉：掌管視覺功能；(4)顳葉：主管語言與非語言聲音的辨別，另外負責一些物體之視覺辨識。此外，回朔 Dr. Howard Gardner 多元智慧(Multiple Intelligences [MI])理論之建立基礎，便是經由多年觀察波士頓榮民醫院中腦傷患者的學習與行為模式，及調查神經科學相關研究而獲得的結果，表 2 即說明多元智慧理論及大腦學習與發展之對應區域。

二、神經元的脈動、脈衝：學習的發源地

人類之所以為萬物之靈，是因為我們自豪於我們的聰明才智。而腦部大小似乎不是聰明與否的關鍵(大象的腦比人類大五倍，它比人類聰明五倍嗎?!)，腦細胞的密度也不是關鍵(老鼠的腦細胞比人類高的多，它能發明創造嗎?!)，其重要關鍵在於腦部細胞與細胞間神經突觸的連結通暢與否。神經元是人類獨一無二的意識表現與學習的發源地，人類大約有 1000 億個神經元；Howard (1994)估計人每天會因耗損、退化、不使用而流失 1-10 萬個腦細胞，但我們仍有足夠的腦細胞可用。世人傳統的認為腦細胞死亡便無法再生的說

法其實早被推翻，美國加州 La Jolla Salk Institute 的研究即發現大腦有些區域能長出新的神經元 (Kempermann, Kuhn, & Gage, 1997)。再則，每一個神經元就像一棵樹，小小的樹枝從細胞體向外伸展開來；這些突出來的部分稱為樹狀突，樹狀突的茂密程度影響神經元的相連接，是神經傳達的重要關鍵。有效的學習便是不斷啟動神經的發展，讓神經樹狀突越長越茂密，連結也越細密，因此神經樹狀突便不斷的分枝，神經通路也越來越順暢，於是資訊的傳遞在腦部如暢行無阻的電流(陳慧雯，1998；Lerner,1984)。

三、影響大腦發展之因素

既然學習是一連串的神經元間的電流的脈衝，神經元的生長與連結便是大腦開發的主要關鍵；究竟有哪些因素影響大腦的發展與神經網絡的發展？

(一) 遺傳：遺傳在所有生物的演化與生存中扮演著絕對必要的角色，基因則是遺傳的生理基石。舉凡是基因的順序、基因組型、神經系統的連結及個人特質的屬性都起緣根植於基因遺傳的影響(Claverie, 2001)。

(二) 營養：大腦的能量來自血液，血液提供葡萄糖、蛋白質、微量元素和氧氣等養分，攝取均衡的營養對大腦的發展與運作非常重要。在胎兒期，腦細胞迅速的發展，均衡的飲食，尤其是充足的葉酸是胎兒發展神經系統的重要營養來源。對於學習階

段的孩子而言，營養必須包含蛋白質、不飽和脂肪、蔬菜、碳水化合物、醣類和不同的微量元素。許多研究(如：Hutchinson, 1994; Ostrandar & Schroeder, 1991)也提供證據顯示應多攝取足夠的綠色葉菜、鮭魚、堅果、瘦肉和新鮮水果。維他命和礦物質能提高學習、智力與記憶力；乳製品中含量豐富的鈣活化酵素則有助於神經系統的傳導。另外，水分是大腦運作最需要的、卻是最容易受忽略的一種營養素，水分的缺乏會導致血壓與壓力提高，造成注意力不集中與昏睡等現象。因此家長與教師應多鼓勵孩子多喝水，而非果汁、咖啡等含利尿成分的飲料(Hannaford, 1995)。

(三) 學習經驗：遺傳在所有生物的演化與生存中雖然扮演著絕對必要的角色，然而，基因卻只提供了個體生理發展的基石與大腦神經網絡建構的參數。Begley (1996)根據其研究證實，一個出生嬰兒的腦中有100億以上的神經元等待被啟動；而只有約50%的神經元的發展受遺傳支配，其餘的50%以上受環境與學習經驗的影響。Diamond & Hopson (1998)更警惕大眾，動物唯有在需要聰明時才會變聰明。這個警醒似乎與美國賓州大學史泰曼教授與其同僚的研究結論相呼應(中時電子報，2004)，原始人類與猿類在演化道路上之所以分道揚鑣，實因咀嚼功能退化，下顎基因小突變使猿人物種的下顎逐漸縮小，頭顱因此解脫桎梏，腦容量持續擴張，終於

造就了人類的萬物之靈地位。撇開人類到底是進化、還是退化!?總而言之，環境與經驗將影響人類大腦的演進與聰明的類型與定義。因此，豐富的學習環境是滋養大腦的重要因素(Wu, 2003; Coggins, 2002)。豐富的學習機會與材料(如：每隔二至四週改變一次教室佈置)、改變教學策略(如：合作教學)、適度的挑戰與學習刺激(如：給予批判性思考與創造思考等專題研究)、及正向的回饋與鼓勵(如：具體的、立即的、與學習者可以控制的)等都是豐富的環境中所必備的因素(Jensen, 1998)。

(四) 學習敏感期：在兒童發展的觀點中，不同的類型的發展都有一段發展極為快速的敏感期；若能把握這段敏感期，輔以適當的學習刺激，則能事半功倍。大腦的發展也有其敏感期；Diamond & Hopson (1998)認為人類在10歲以前腦部的成長發育相當快速，通常能達到成人大腦重量的九成。Hudspeth & Pribrum (1990)則根據研究總結了一個0至23歲間大腦與身體發展的關係圖(如圖1)。再者，在一天之中大腦的活動亦有其高低起伏的情況，這種循環影響注意力與學習的關鍵期。這種大腦注意力高低起伏的循環大約每隔90至110分中一次(如圖2)，這種現象提醒教育工作者需了解孩子學習的高低起伏，適度的給予休息放鬆，或伸展身體；長時間的教學對教學成效反而有負面的效果。

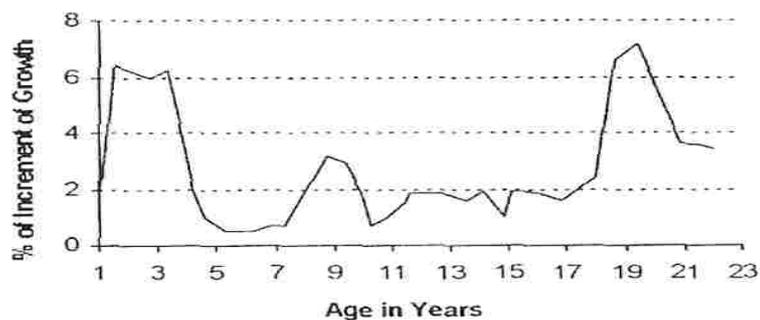


圖 1、0 至 23 歲大腦與身體發展關係 (修改自 Hudspeth & Pribrum, 1990)

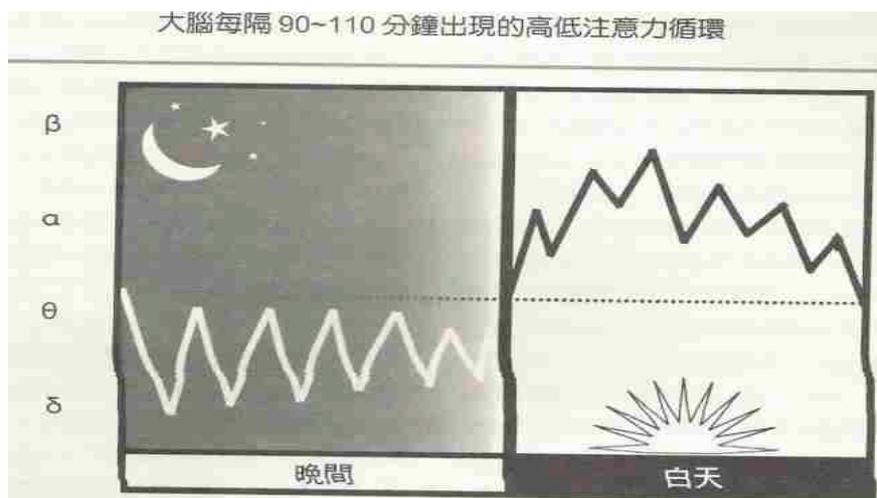


圖 2、大腦注意力高低起伏的循環(引自梁雲霞譯，2004：74)

(一) 藥物、酒精、咖啡因等物質的濫用：許多人都知道藥物與酒精的濫用是人體健康負面的一大影響，卻少有人知道藥物與酒精中的某些化學成分對大腦的健康是一大隱形殺手。大腦的邊緣系統是控制人情緒和動機起伏的樞紐；視丘會影響感覺訊息傳遞至大腦的過程，而下視丘控制人類生存的基本活動如飢餓、口渴、與性需求等；此二區域被認為是人類的娛樂中心 (pleasure center)，多巴胺則是主導自發性且令人心情愉悅的學習活動的中介物質。所有的藥物與酒精都會刺激此娛樂中心的活動，持續性的藥物與酒精的刺激同時會造成多巴胺的分泌與累積於神經突觸之間，以便於形成更強烈的愉悅感，而這種濫用將造成大腦對其之依賴性且是一種惡性循環(Armstrong, 1996)。其次，咖啡因亦是強效性的興奮劑，99%的咖啡因會被人體吸收且被傳到各組織及器官中，它會抑制腺甘酸的作用，可能造成血壓的上升及大腦活動過於活躍，並影響個人對咖啡因的耐受性(Lenord et al., 1987)。長期且過量的攝取咖啡因將造成咖啡因中毒，而咖啡因中毒的症狀與 ADHD 兒童之症狀相似(如：過動、失眠、緊張、興奮等)。在美國有許多研究關注並擔憂咖啡因對孩子

與青少年的影響(Armstrong, 1996; Ellison et al., 1995; Goodman, 1980; Schnackenberg, 1973)，它們發現可樂、巧克力、咖啡、茶等都是富含咖啡因的飲料(如：一罐可樂含有 50mg 的咖啡因)，而 90% 以上的咖啡因會被身體吸收(Lenord & Mohs, 1987)。美國兒童因長期過量攝取咖啡因，造成影響其大腦發展與學習之嚴重議題近來頗受關注。

(二) 壓力與挫折：壓力與挫折，包含心靈受創之後的情緒困擾等影響著許多看得見的問題，如自殺、精神疾病等；同時過度的學習壓力與挫折也是大腦無形的殺手，無情的摧毀腦細胞、阻止神經元的發展(LeDoux, 1992, 1993, 1994)。Gazzaniga(1998)及 Jacobs 與 Nadel(1985)的研究皆發現長期處於挫折與壓力之下，導致海馬迴部位的細胞死亡，而海馬迴是外顯記憶的關鍵部位，將影響大腦的短期記憶、及形成長期記憶的能力也會減弱。學生若有過度壓力與挫折，過多的挫折與威脅使大腦處於備戰狀態，杏仁核集中注意力接收來自視丘、感覺皮質、海馬迴和額葉傳來的訊息，會啟動交感神經系統。因此，產生身體內化學物質失衡，血清張素降低，暴力行為隨之提高(LeDoux,

1996；Rozanski, 1998)。可想而知，教室內的衝突、學生的暴力偏差行為與教室中的氣氛和學生的大腦發展交互作用有極大關係了。

參、大腦研究對幼兒教育哲學之省思

早在 19 世紀初，Kurt Lewin (1935)便以一個簡單的數學式子道出遺傳與教育對人類行為影響的交互關係： $B = fPE$ (behavior is a function of personal/genetic and environmental forces，即人類行為是個人遺傳基因與環境的影響的交互作用)。

一、學習對大腦的重要性

究竟先天還是後天環境對大腦發展重要呢？這個爭議存在近一百年了。Dr. Eisenberg (1995)笑稱這個爭議如同在討論矩形的長或寬對其面積貢獻孰較大一樣無稽。Dr. Jensen 認為先天的因素對大腦組織有 30~60% 的影響力，40~70% 來自環境 (Jensen, 1998)。Dr. Armstrong (1996)則強調問題不在先天「或」後天，而在先天「和」後天如何配合。以下兩個重要的概念與例子提供大眾跳脫「孰重要多?!」的爭議，更有建設性的去省思學習對大腦發展的重要性：

(一) 學習改變大腦原始的生理結構 (National Research Council [NRC], 2000)：以往對大腦語言區的認知是它位於左半腦。但以現今的調查指出，右撇子的人數約佔全人口的 89%，左撇子佔 11%；99% 的右撇子其語言區在左半腦，而僅有 2/3 的左撇子其語言區位於左半腦，約 1/3 的左撇子的語言區位在右腦或由兩側分享 (Wu, 2003)。這個例子恰巧解釋了學習可能改變大腦原始的生理結構的現象。

(二) 學習組織與重新組織大腦 (NRC,

2000)：「用進廢退說」存在於生物的演化論中，同時在人類的大腦中每天在進行著。大腦中的神經元具高度的適應力與自主性，會隨著經驗與學習，以因應環境的改變而調整其聯結與生長與否。Greenfield 在大腦小宇宙一書中強調「大腦並不是根據基因遺傳而雕塑成形，相反的，個體會 在出生後的 16 年中，隨著腦的生長而生長」(引自陳慧雯，2002，p.127)。例如，一般來說一個正常人的視覺與聽覺神經系統非常靠近且緊密聯結，以便及時連結所看到與聽到的資訊反映於溝通或書寫之中。然而，一個耳聾的人學習了手語之後，其大腦中的視覺神經元便會慢慢取代聽覺神經元，成為腦中職司言語溝通的系統 (Blakemore, 1977; Friedman & Cocking, 1986)。

二、大腦生理與學習的機制

從來沒有一個學者與專家敢肯定自己的研究與理論足以揭開人類大腦所有神祕的面紗，甚至，許多科學家認為，以今日人類的文明所能了解的大腦，不能解釋的或許比能解釋的多。但唯一大家所堅信的共識便是後天的學習與努力才是開啓成功之鑰，教育的力量才是開啓大腦潛能的重點。因此教師們該警覺我們已進入一個以大腦知識與研究為基礎的教育時代。以下總結與分析諸多文獻曾顯示之大腦生理與學習的機制和原則以供教育工作者了解：

(一) 基於先天上聰明才智上的與後天經驗與學習的不同，人類不同的部份遠比相同部分多。這些相異處是人類不斷進化的重要因素 (Armstrong, et al, 2002)。教育應該尊重每一個孩子是獨立的個體，而且是獨一無二的。每個孩子的發展有他自己的時程，就訊息處理的學習理論來解釋，每個人的學習保留歷程長短不一定，有的人

早一點、有的晚一點開竅；有的人學習的潛伏期長，不是學不會，只是沒表現出來他會的(吳楸椒、張宇樑，2006)。孩子的學習方式也因人而異，有的是視覺型的、有的是聽覺型的，有的則必須親身體驗最能吸收與學習(Mariaemma & Victoria, 1999)。孩子的特質與優勢智能，需要的其實不是成人的特意安排，而是教師與家長的尊重與欣賞。

(二) 個人的大腦皮質單模組的發展與組成的方式和左右半腦個別的容量成爲個體獨一無二之心智發展的潛能，接著人生一連串不同的經驗將繼續影響個體大腦的發展歷程(Caine & Caine, 1997)。不論出生前或出生後，豐富的環境是開發大腦的潛能的必要因素(Armstrong, 2002; Diamond & Hopson, 1998)。豐富的學習環境是滋養大腦的重要因素。在幼兒期這段神經發展最迅速與神經網絡建構的重要時期，成人應提供豐富的學習機會與材料。教師可以常改變教室佈置與教具、並提供孩子多元的教學策略(如：合作教學)、適度的挑戰與學習刺激(如：給予批判性思考與創造思考的主題探究)、和正向的回饋與鼓勵(如：具體的、立即的與學習者可以控制的)。家長也應該多陪孩子互動，以身作則，與孩子一起成長。

(三) 大腦皮質掌管知覺性的思考、行動、動作、與感覺。大腦皮質被高度獨立的模組組成，兩大半腦以平行側面化的方式各司其特定職務(Thatcher, 1991)。大腦兩半球是由胼胝體中的神經軸所聯結在一起；經由胼胝體的聯結，大腦的運作是由左向右、由前到後(Witelson, 1990)。大腦是高度分化但是絕對統整運作的，當大腦學習與工作時，許多不同區域同時運作，沒有所謂的一個腦部區域專司一種功能的事。因此，傳統左腦主管邏輯，右腦管創意的

說法受到近代許多質疑。Ornstein 與 Sobel (1987)在其大腦醫學研究結果中指出幾乎沒有任何事是單靠左半腦或右半腦就能執行的。他們的研究促使教育界省思如何同時教導學生的左右半腦。洪蘭教授也一再強調大腦是左右同步發展的，腦的可塑性遠過我們的想像，用進廢退的現象也存在左右腦開發與學習裡。千萬不要迷信所謂的右腦開發，或者一味的讓孩子接受單一才藝或學科的訓練，刻意的打造孩子的強勢智能。「天才皆有瘋狂的心靈？」第 45 期的《科學人》期刊列出了許多知名藝術家受到某種精緻的瘋狂侵襲的例證：如梵谷與舒曼的精神疾病與其作品之創意表現有極大關係；著名的科學家愛因斯坦也被後人指出他有讀寫障礙等。天才或白痴、藝術家或瘋子，往往是一體兩面，有得有失的。教育工作者應了解人類大腦的發展與演化全是爲了適應生活，所以教育不在培育單方面的天才而是開發孩子的心智，而是讓其生命更有意義與價值(吳楸椒、張宇樑，2006；Armstrong, 2002)。

(四) 在 Dr. Johnn 所著的 *The Myth of the First Three Years*(王淑娟譯，2004)一書中一再爭議唯有針對某些特定發展才受所謂關鍵期的影響，而且關鍵期相當複雜，是因人因各項發展與環境而定，並非一定落於零至三歲間。例如神經科學家對猴子做的剝奪視覺經驗的例子：如果小猴子從一出生眼睛即被動手術，六個月後，那隻被剝奪視覺經驗的眼睛將永遠失明。這研究顯示視覺發展系統蘊含奇妙之敏感期；然而許多研究指出對於一些個人、團體與文化交互所建構而成的經驗之行爲與特徵則較無特定關鍵期之限制。例如學習第二外語越早越好的迷思早已被諸多研究打破，不管是語音、語意、或文法的關鍵期似乎座落於不同年齡階段，且因個人與環境因

素差異甚巨。不管眾多研究間的結果是否達成一定的共識，我們該歡欣越來越多的神經科學之研究提供不同的結果與證據在解釋人類的大腦。正因這些爭議與矛盾更讓我們不得不讚嘆大腦的複雜性、獨特性與可塑性。撇開關鍵期與非關鍵期的迷思，比了解「何時」學更有意義的議題：「如何學」，才是教育界與全人類更應關注與努力的。基於經驗對大腦的重要性與大腦終其一生的可塑性來看：接受教育永遠都不嫌晚，學習能令人刮目相看。

(五) Gardner(1993)所提出的多元智能可能是大腦皮質獨立模組的例子，在每一種智能底下可能仍有許多分支的模組；而這些獨立運作的模組將影響個體智力的發展。在傳統的教育制度下，智慧被定義為一種測驗學生語言的與邏輯數學推理能力的成績。Gardner (1983/1998)的多元智慧理論打破行之多年的世人對智慧的定義，將智慧定義為“ability to solve problems or fashion products valued by a society”(一種在該文化與社會中有價值性之解決問題的能力或創造之產品)。他的理念提供世人重新省思智慧的定義與意義，同時促使教育工作者突破傳統的課程設計與教學原則，以發展學生多元智能成長的教育。這個目前被台灣及世界各國廣為討論和引用的教育理論便是根基於 Brain-based educational theory。諸多的研究證據證明了多元智慧在教育上的正向效益，例如：Cheng, Krechevsky 和 Isberg (1998)曾在 *Project Zero Framework* 中指出 Gardner 的多元智慧理論運用於教學中能強化學生的強勢智慧同時輔助其弱勢智慧的發展。另外，在研究中他們發現當學生在學習時，智慧不是以單獨孤立的狀態存在而是為了解決問題而互相支援的，這也同時呼應了大腦學習的機制。再者，Greenhawk (1997)的實

驗教學研究顯示結合 MI 教學的理念與策略，一年之後學生的學習成就在數學、閱讀、社會科學、與寫作各方面提升了 20%。以上證據再次證實了 Brain-based educational theory 與多元智慧論是多麼息息相關，對實際課程與教學的影響又如此重要啊！綜合上述，傳統對智力的定義似乎與大腦學習的機制與原則相違背，誠如 Gardner 所言 “It’s not how smart you are-but rather how you are smart (Gardner, 1993).” 教育工作者該謹記：每一個人的大腦都是獨一無二的，教育的重點不在於重視學生有多聰明，而在了解學生的聰明才智何在、進而激發與鼓勵其自我發揮其獨有之智能。

(六) 統整課程的教學根植於大腦研究的結果。人的生活經驗從未以單獨孤立的形態存在(Lawler-Prince, Altieri, & Cramer, 1996)。Krogh 和 Slentz (2001)論證了傳統的分科課程，在過分重視專門單一的知識下，會令一個正努力認識與學習真實世界與世界中的事物的小孩子困惑不已。對幼兒與兒童而言，課程是一切生活的總合。學習可以發生在家裡、遊戲場、隨時隨地(Krough & Slentz, 2001)。Lawler-Prince et al. (1996) 也強力支持幼童的學習必須以其生活經驗為中心。同時他們強調當幼兒與兒童學習新知識與訊息時，學習是全面性的、無法被切割成單一科目的。統整課程的精髓強烈呼應了大腦的研究：人類大腦的功能是高度分化的、但在學習與訊息處理時卻是統整地、環環相扣的、不可分化的一個整體(Armstrong, 1998; Caine & Caine, 1997; Sylwester, 1995)。這再次證明了知識與知識間愈緊密且相關的連結愈能促進人類的學習。換句話說，分科的知識愈被統整，學習將更有意義、更有效率。再則，統整課程不只是學科之間知識的統

整而已，更重要的是，它強調的是全腦的開發與全人的教育，也就是美國學前教育專家 William (1999)所提出的「全人教育哲學(whole-child philosophy)」在強調有效的課程應統整地且均衡地啓發幼兒與兒童認知的、情緒的、及身體的全能力。

肆、以大腦知識與研究為基礎的教學原則與策略

教育人員如果關注於最近關於大腦如何學習方面的研究，將對於最有效地進行學習的一些條件和環境方面，得到令人振奮的想法與具體之策略原則。現今教育人員對於大腦研究方面最大的挑戰，已不是在於解剖學上大腦功能的了解，而是在於了解人腦的潛能和廣闊的複雜性。我們目前對於情緒的角色、壓力和學習的威脅，以及記憶系統和動機等方面的發現，正挑戰著傳統教育上的一些基本假設。當教師們在瞭解大腦的組織功能與教育理念之後，更重要的是如何運用這些知識於課程的設計與教學的進行中。美國五名知名學者致力於大腦研究與教育的結合，分別為 Geoffrey Caine & Renate Nummela Caine、Robert Sylwester、Eric Jensen、Patricia Wolfe 與 Marian Diamond，他們出版了多本書籍連結醫學與教育的知識，一起為揭開和啓發人腦的神秘黑箱而努力。以下摘要與分析這五位學者提出以大腦知識與研究為基礎之教學原則與策略，並將之統整為五大要項，讓我們站在傳統教育的框架之外，重新建構教學的理念，並引導我們選擇合適的教學計畫和策略。

一、環境規劃與安排

大腦發展和個體與環境及他人的交互作用有關，學習吸引了全部的生理機能。

學習跟呼吸一樣自然，它可能被抑制或促進。外在環境的改變，如：壓力和威脅、和平、挑戰、快樂及滿足對大腦所產生的影響是不同的。事實上，大腦神經實際的連結是受到學校和生活經驗的影響。因此以大腦為基礎的教學，必須完全整合壓力管理、食物營養、運動、藥物教育和其他健康方面的知識，進入學習的歷程之中(Caine & Caine, 1990; Caine & Caine, 1997)。提到環境中的理想的教學情境，Jensen (1995,1998)認為學習情境攸關老師教學略與課程結構也影響學生學習過程與結果，學習環境中的許多因素都影響學生的學習，教師應注意到：座位的安排的彈性、善用音樂、富可操作的教具、環境中多元顏色的刺激、充足自然的光線、適量的植物栽種、適度嗅覺的刺激、空氣中正負離子的平衡、具體經驗的提供與有限度的使用科技媒體教學產品等。

Diamond 是神經科學家任教於加州大學神經科學醫學院，1998 年與 Hopson 出版了 *Magic Trees of the Mind* 一書，引發神經科學界與教育界熱烈的討論回響。她也十分強調豐富的學習環境(enrichment)是啓發孩子大腦發展最佳的途徑，但豐富的學習環境並非是過多知識的灌輸與技巧的訓練，她認為的「豐富的學習環境」必須包含下列十個要點：(一)一個穩定的與正向的感情支持的來源；(二)提供足夠的蛋白質，維生素，礦物質和卡路里的營養飲食；(三)全方位的刺激各種感官(但不需要同時刺激每一種)；(四)提供一個令人愉悅的學習氣氛，避免過度的壓力；(五)在他的發展階段提供新穎與難易適中的挑戰；(六)提供豐富的社會性互動的學習活動；(七)在心智，肢體，審美，社會，和感情各方面，引發廣泛技能的發展和興趣；(八)給孩子選擇並允許他們有修正的

機會；(九)營造有趣的學習氣氛以提升孩子探索與增加學習的樂趣；(十)鼓勵孩子成爲一個主動的參與者而不是一個被動的觀察者

人腦對於意義的追尋是天生的，一個人之所以爲人重在搜尋自我的價值與意義。大腦對意義的探尋不會被停止，只能被轉移和聚焦，大腦是意義的製造者。對於教育的啓示：教育必須提供一個穩定、熟悉的學習環境，同時也要能滿足大腦對於新奇事物的好奇心(Caine & Caine, 1990; Caine & Caine, 1997)。

二、課程內容

大腦對於意義的探尋乃是經由圖像的建構而發生。大腦同時是個科學家和藝術家，當事件發生時，他會企圖去分辨和了解事件的型態，並給予符號表達出屬於他自己的，獨特的且具創造性的型態。Caine & Caine(1990,1997)認爲學習者總是以自我獨特之方式來建構基模，我們不能停止他們的運作，只能影響他們的方向。每一個大腦同時感受和產生部份與整體。當部分或整體被忽略時，學習會遇到重大的困難。好的課程與教學可以促進學生良好的理解能力，因爲學習是累積的、是發展的。Sylwester(1995)認爲使大腦發揮最佳功能的課程內容應掌握對學生重要的資訊，以及引導學生運用多元智能解決問題，並且可以適時的運用教學科技產品於課程當中。

Jensen 在美國加州持續於 1995 年與 1998 年出版 *Brain-based Learning* 與 *Teaching with the Brain in Mind* 兩本書闡述以大腦生理機制爲基礎之學習與教學，書中除了探索大腦生理的結構與剖析學習的機制外，還特別提醒教育工作者重視與把握大腦學習的機制，省思其反應之重要

的學習原則以設計適切的課程與教學。教師應當欣賞學生大腦學習的獨特性，進而了解學生多元的特質與學習方式、提供多元與富彈性的課程內容與教學模式。性別平等之學習與身體動覺與肢體運動對學習的重要性亦爲 Jensen 重視的焦點之一，理想的課程內容應可讓學生了解性別的生理差異、欣賞與耐心的面對性別不同所造成的學習差異、提供適合與平等的性別教育權，此外還包括讓孩子發展身體協調、重視體能教學、肢體活動幫助孩子放鬆與減壓。

Wolfe(2001)是一位資深教師與教師輔導員，雖然不是神經科學家，但身爲教育現場工作人員的她深深爲大腦學習的運作所著迷。她認爲教室就像一個實驗室，教師每天都在理論與經驗中摸索學生是如何學習？！何種教學才是有效的策略？！Wolfe 認爲教育決策需要的是更具證據化與科學化的立論，而醫學領域對大腦的理解正可提供正確與有效的教育決策的根基。在課程內容的部份，他認爲應運用問題、專題計畫和模擬經營有意義之課程最能提高孩子學習之意義和動機，提供孩子積極動腦的機會。教師可採取把握學生三種層次的學習，提供具體經驗、表徵或符號學習、抽象學習交互之學習機會，讓學生投入真實生活的解決問題，以模擬和角色扮演引發學習之意義與學生興趣等策略來達成課程的重點訴求。

三、教學計畫

學習包含有意識和無意識的處理歷程，學習被視爲一種不斷的開發與成長。教師需經由創意的隱喻和類比，詳細計畫學習的步驟，來幫助學生依他們個人的學習風格來組織知識。大腦同時完成許多功能（包含思想、情緒、想像、維持生命機能、擴展社交和文化知識等），應被視爲一

個整體的系統，包含生理的情緒的、想像的、和特質的因素同時運作。Caine & Caine(1990,1997)提出好的教學應該使各項功能皆可協調運作，而且是以理論或方法論為基礎的。當事實和技術被嵌入空間性的記憶系統時，大腦能獲得最佳的學習。教師不應排斥演講和分析的活動，而應把它們視為擴大經驗的一部分。教師應提供大量的「真實生活」的活動，諸如課堂中的示範、科學研究、田野旅行、特定經驗的視覺意象、故事、隱喻、戲劇、不同主題的交互作用等。Sylwester(1995)亦認為在教學計畫中教師可以在課程中自然的加入社會性活動、善用學生被動學習(如：直接教學)與主動學習(如：小組研究)的教學策略以及善用角色扮演、刺激與鼓勵、歌唱、遊戲、小說等素材和策略於教學中，藉此選擇足以吸引他們個別興趣的學習活動，使教學發揮促進大腦最佳化的功能。

Jensen (1995,1998)認為教師應擺脫傳統被送與死記的學習，提升學生高層次的認知發展，如合作學習、討論、提供視覺經驗與眼球運動、培養問題解決的能力等皆能促進高層次的認知發展等。並將學習概念化與意義化，透過遊戲、扮演、議題討論、親身參與和體驗增加學習之效果。此外，安排適切的時間點，採用真實評量、多元評量、形成性評量等，評量出學生真正的學習成效為何。Jensen 還提到促進學生學習之內在動機亦為教學計畫應納入設計的範圍，教師可善用獎勵、替代獎賞(設定具體之學習目標、消除威脅、塑造正向學習氣氛、增加多元回饋、鼓勵主動參與)等機制、與創造力創造學習效益，提升學生的學習效果。

Wolfe(2001) 在 *Brain Matters: Translating Research into Classroom Practice* 一書中她針對大腦研究實際運用

於實務教學的策略著墨有加，其中針對教學計畫的部份，她提出應運用視覺和聽覺增強學習，可運用以下四點教學策略達到：(一)善用視覺的工具使學生看見了訊息各層面之間的連結，這些圖形的結構和腦中用以組織訊息結構很相似：如互動式筆記、概念圖、前導組織圖等；(二)處理音樂的心智機制和腦部情緒、記憶、甚至語言等功能緊密結合，因此融合音樂訓練增強空間與時間推理(數學與科學概念的關鍵能力)是有效策略；(三)運用音樂押韻和韻律促進學習與背誦記憶；(四)透過實際書寫增強學生理解力。此外，Wolfe 還提出了一個「與腦相容的策略百寶箱」的課程原則，指出教師可以透過實際書寫增強學生理解力，亦可以透過關鍵字記憶術、位置記憶術、故事鏈記憶術以增進學生學習記憶，還可以運用夥伴式教學、活潑的複習法、與親身體驗的學習活動以增進長期記憶，進而提升整體的學習與教學成效。

四、教學資源與教具

Diamond 非常反對傳統智力測驗與太早的智力訓練，她認為對幼兒而言最重要的事是盡情的探索；她引用哈佛大學醫學中心的 Dr. Jane 的話“Children need the freedom to explore in order to maximize their brain power”，即孩子需要自由自在的探索以探試自我大腦能力的極限。太多學業知識的訓練容易造成幼兒失去學習興趣、降低學習效率、影響學習態度、甚至對自我的認知與價值造成混淆的傷害(Diamond & Hopson, 1998)。大腦需要休息，避免過度壓力、適度放鬆與休息以增加學習效果。她建議學前幼兒大腦發展的學習應符合美國幼兒教育協會(Bredenkamp, 1992)所列的適性發展的指標：

- (一) 應該鼓勵 3 歲孩子：(1)獨自和與同儕的遊戲，(2)參與室內與戶外的探索活動，盡情的跑、跳、追、騎三輪車、接球，動手做一些藝術創作、建構性的材料、拼圖等，(3)具體的操作與實驗：積木、沙、水、泡泡種子等材料(4)透過會話、故事、歌曲、韻律與歌曲學習語言與音樂的技巧。
- (二) 應該鼓勵 4 歲孩子：(1)戶外參觀教學 (2)多元豐富的學習區學習以提供孩子選擇學習，(3)提供簡單的解決問題的活動與素材，(4)透過故事、詩詞、圖畫、玩樂器、歌唱等活動發展更多的語言、音樂和藝術學習。
- (三) 應該鼓勵 5 歲孩子繼續透過遊戲學習，訓練雙手動作技能；引導他們進入符合真實生活背景的主題式的學習以統整各領域的學習。

學習同時包含集中精神的專注，其與周圍的學習的產生必須包含個體本身的注意與外在資訊的輸入。每一個刺激都會被大腦編碼、連結和符號化，每一個聲音和每一個視訊都充滿著複雜的意義。教師應該能把學生注意焦點之外的教材組織起來(如圖表、說明、佈景設計和藝術等)(Caine & Caine, 1990; Caine & Caine, 1997)。資訊被大腦以不同型態組織與儲存於記憶中。我們有兩種型態的記憶系統：空間性的記憶和機械性學習的記憶系統。過度地強調機械性的練習和知識的記憶，並不能增進學習的轉換，甚至妨礙理解的發展。適切的教材教具可以讓學生產生真實且記憶深刻的連結型態。

五、學習情緒與態度

學習因挑戰而提升，因威脅而被抑制。教師應努力去創造一個輕鬆而靈活的學習狀態。情緒對於基模的建構，佔有關

鍵性的地位。人們從蒐集某些知識與理解的模式中試圖創設意義，事實上，人們的情感因素往往是我們理解這些知識片段的關鍵。教師必須了解「學生的感覺和態度將包含在學習之中，而且決定將來的學習」(Caine & Caine, 1990; Caine & Caine, 1997)。Sylwester 在 *A Celebration of Neutrinos: An Educator's Guide to the Human Brain* (1995)一書也強調情緒常是主導學生學習動機、學習內化等之重要因素。而現今社會的許多問題之產生也歸因於情緒管理之忽略，在教學活動中教師應榮入情緒管理的議題，以結合健康與情緒；教導學生適當控制與紓解自我情緒，並鼓勵他們表達說出自己的情緒。在教學過程中應避免給學生過多的壓力，多進行合作教學，鼓勵學生在合作學習中貢獻自己所長。每個人的大腦是世上獨一無二的組織，每一個孩子是獨特的，教師應多面向的察覺，運用不同的教學策略以滿足不同學習型態孩子的學習需求。

Jensen (1995,1998)非常重視影響學習態度的相關因素，他認為教師需引發孩子「學習如何學習」的內化學習動機、確立學習之目標與方向、善用心智繪圖之思考策略、並促進學生個人自我效能信念、學習適時的壓力調適與放鬆。此外，潛移默化的學習氣氛也是十分重要的學習要點，教師應教導學生自我思考的技巧、妥善控制教師正向之權威與可信度、堅持注意教師自我行為與信念之一致性、塑造正向和諧的學習氣氛、激發學習者的自我期望等策略皆可視為影響學習態度的重要因素。再者，提供孩子選擇與多樣性的學習機會、運用「建議、提問、說明」策略與學生互動、提供非正式與教舒適的座位安排、以激發最理想的自我學習動機等都是使學生學習狀態與情緒維持良好的原則。

五位學者皆認為學習情緒管理、適切的表達情緒是當今大腦教學的重點，教師應該有計畫的在課程中融入情緒教育的議題，可行的策略包括鼓勵學生：表達情緒、肢體活動與創造活動、公開說出自己的看法、參與新奇有趣的學習活動、建立合作與夥伴關係互相分享、以師徒制之學習方式向專家學習、進行富挑戰性之專題計畫等。

綜觀以上五位學者對符合大腦發展與學習的教學原則與策略多有共識，他們都認為早期經驗影響大腦發展甚巨，而幼兒教育若能提供有效的課程與教學則重要的影響孩子一輩子的學習。有鑑於此，幼兒教育工作者需自我省視與改進課程設計與教學策略，以達成符合幼兒大腦發展與學習的需求，讓孩子們更快樂與有效率的學習。

伍、結語

若將我們的大腦比喻為電腦的硬體，那人類複雜的心智活動與展現的行為便可喻為電腦的軟體。若說神經科學家研究的是人類大腦的構造與功能，那教育便是影

響孩子心智活動與行為發展的重要因素。人類越瞭解大腦就越不得不讚嘆大腦的高複雜性、可塑性與獨特性，不得不戒慎恐懼教育究竟在孩子的大腦發展中扮演什麼樣的推手。世界教育的潮流已邁向更科學化的「了解人如何學習」與如何有效率的「教」的世紀；為了孩子的學習與國家的發展，台灣怎能不迎頭趕上？！

在醫學上，有幾項腦部造影技術能提供人類窺視學習時大腦的活動狀況，但這樣的儀器貴重、取用不易，往往很難運用於瞭解學生在教室中真實的學習反應。事實上，學校是孩子最自然呈現學習的地方，老師也是與孩子學習最密切的夥伴；老師若具有敏銳的觀察力、擁有大腦與學習的相關知識，便可以成為孩子學習中最天然的實驗室裡的 fMRI(功能性核磁共振造影：腦部造影技術之一)。除了瞭解孩子是怎麼學習之外，教師更需思考大腦相關知識與研究所意含的教育理念，發展科學化、證據化的教學原則，為孩子量身訂做更適合的課程。

(本文收件於 96 年 8 月，錄取於同年 10 月)

參考文獻

- 中時電子報(2004.03.26.)：下顎基因小突變，人與猿分道揚鑣。中國時報國際新聞。台北：作者。
- 吳榕椒、張宇樑(2006)：孩子大腦發展的阻力或助力—你扮演什麼角色?!。幼教資訊，182，10-14。
- 洪蘭(2004)：讓孩子的大腦動起來。台北：信誼。
- 葉重新(1999)：心理學。台北：心理。
- 曾志朗(2002)：『大腦，認知與行為科學』之主題研究。中研院語言所籌備處。
- 潘淑滿(2003)：質性研究：理論與應用。台北：心理。
- Armstrong, T. (1994). *Multiple intelligences in the classroom*. 李平(譯)(1997)。經營多元智慧：開展以學生為中心的教學。台北：遠流。
- Armstrong, T. (1998). The unique brain: evidence and implication. *Brain Studies for Teachers* [Online]. Retrieved November 12, 2002, from University of Idaho, College of

- Education Web Site: <http://oscar.ed.uidaho.edu/brain/indexfr.html>
- Armstrong, T. R., Teresa, J. K., & Porter, C. (2002). Summarizing concepts about teacher education, learning and neuroscience. *Journal of educational practice*, 2 (1), 9-13.
- Armstrong, T. R. (2002). *Could a limbic curriculum mitigate human frailty?* Unpublished notes.
- Armstrong, T. (1996). Developing a new philosophy for education. *Brain Studies for Teachers* [Online]. Available: <http://oscar.ed.uidaho.edu/brain/indexfr.html> [1998].
- Association for Supervision and Curriculum Development (2005). *Educational topics: Brain and learning*. Retrieved December 28, 2005 from <http://www.ascd.org/portal/site/ascd/index.jsp/>
- Begley, S. (1996, February 19). Your child's brain. *Newsweek*, 55-62.
- Blakemore, C. (1977). *Mechanics of the mind*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bredenkamp, S., & Rosegrant, T. (1992). *Reaching Potentials: Appropriate Curriculum and Assessment for Young Children*. Washington, D.C.: National Association for the Education of Young Children.
- Caine, R., & Caine, G. (1990). Understanding a brain-based approach to learning and teaching. *Educational Leadership*, 48 (2), 66-70.
- Caine, R., & Caine, G. (1997). *Education on the edge of possibility*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Chen, J. Q., Krechevsky, M., Viens, j., & Isberg, E. (1998). Building on children's strengths: The experience of project spectrum. New York: Teachers College Press.
- Claverie, J. M. (2001). What if there are only 30,000 human genes? *Science*, 291 (5507), 1255-1257.
- Coggins, P. E. (2002). Corpus callosum variation in gifted and talented pre-adolescent children. University of Idaho College of Graduate Studies. Ph.D. Dissertation, Spring, 2002.
- Diamond, M., & Hopson, J. (1998). *Magic trees of the mind: How to nurture your child's intelligence, creativity, and healthy emotions from birth through adolescence*. New York: Penguin Putnam Inc.
- Drake, S. M. (1998). *Creating Integrated Curriculum*. California: Corwin Press.
- Eisenberg, L. (1995, November). The social construction of the human brain. *American Journal of Psychiatry*, 1563-1575.
- Ellison, R. C., Sincer, M. R., Moore, L. L., Nguyen, U. D., Garrahe, E. J., & Marmor, J. K. (1995). Current caffeine intake of young children: Amount and sources. *Journal of the American Dietetic Association*, 97 (7), 802-804.
- Friedman, S. L. & Cocking, R. R. (1986). *Instructional influences on cognition and on the brain*. In Friedman, S. L., Klivington, K. A., & Peterson, R. W. (Eds.), *The brain, cognition, and education* (pp.319-343). Orlando, FL: Academic Press.

- Gardner, H. (1983/1998). *Frames of mind: The theory of multiple intelligence*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences: The theory in practice*. NY: Basic Books.
- Gazzaniga, M. S. (1998). Organization of the human brain. *Science*, 245 (17), 947-952.
- Gerrig, R. J. & Zimbaro, P. G. (2000). *Psychology and life*. 游恆山(譯)(2002)。心理學導論。台北：五南。
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. 洪蘭(譯)(2004b)。大腦總指揮：一位神經科學家的大腦之旅。台北：遠流。
- Goodman, L. S. (1980). *Goodman and Gilman's the pharmacological basis of theapeutics*(6th ed.). New York: Macmillan Publishing Company.
- Greenfield, S. A. (1997). *The human brain: A guided tour*. 陳慧雯(譯)(1998)。大腦小宇宙。台北：天下遠見。
- Greenhawk, J. (1997). Multiple intelligences meet standards. *Educational Leadership*, 55(1),62-64.
- Hannaford, C. (1995). *Smart moves*. Arlington, VA: Great Ocean Publishing Co.
- Howard, P. (1994). *Owner's manual for the brain*. Austin, TX: Leornian Press.
- Hudspeth, W. J. & Pribram, K. H. (1990). Stages of brain and cognitive maturation. *Journal of Educational Psychology*, 82 (4), 881-884.
- Hutchinson, M. (1994). *MegaBrain power*. New York: Hyperion Books.
- Jacobs, W. J. & Nadel, L. (1985). Stress-induced recovery of fears and phobias. *Psychological Review*, 92 (4), 512-531.
- Jensen, E. (1995). *Brain-based learning*. CA: the Brain Store.
- Jensen, E. (1998). *Teaching with the brain in mind*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- John, S. (2000). *Cortical functions*. 楊大和、饒怡君(譯)(2003)。大腦的皮質功能。台北：五南。
- John, T. B. (1999). *The myth of the first three years*. 王淑娟(譯)(2004)。三歲，真的定終生嗎？台北：信誼。
- Kempermann, G. H., Kuhn, G., & Gage, F. (1997, April). More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature*, 38, 493-495.
- Krogh, L. S. & Slentz, L. K. (2001). *The Early Childhood Curriculum*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lawler-Prince, D., Altieri, L. J. & Cramer, M. (1996). *Moving Toward an Integrated Curriculum in Early Childhood Education*. Washington, D.C.: National Education Association of the United States.
- LeDoux, J. (1992). Brain mechanisms of emotions and emotional learning. *Current Opinion in Neurobiology*, 2 (2), 191-197.
- LeDoux, J. (December 20, 1993). Emotional memory systems in the brain. *Behavioral Brain Research*, 58 (1-2), 69-79.

- LeDoux, J. (1994). Emotion, memory, and the brain. *Scientific American*, 270 (6), 50-57.
- LeDoux, J. (1996). *The emotional brain*. New York: Simon and Schuster.
- Lenord, T. K., Watson, R. R., & Mohs, M. E. (1987). The effects of caffeine on various body systems: A review. *Journal of the American Dietetic Association*, 87 (8), 1048-1053.
- Lerner, E. J. (1984). Why can't a computer be more like a brain? *High Technology* (August), p.34-41.
- Lewin, K. (1935). *A Dynamic Theory of Personality*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Mariaemma M. W. & Victoria M. K. H. (1999). Discover your child's learning style :Children learn in unique ways. CA: Rosevill publisher.
- National Research Council [NRC] (2000). *How people learn: Brain, mind, experiences, and school* (expanded ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Ostrandar, S. & Schroeder, L. (1991). *SuperMemory*. New York: Carroll and Graf Publishers.
- Pert, C. (1997). *Molecules of emotion*. New York: Charles Scribner's Sons.
- Rozanski, A. (1998). Mental stress and the induction of silent ischemia in patients with coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, 318 (4/21), 1005.
- Schnackenberg, R. (1973). Caffeine as a substitute for schedule II stimulants in hyperkinetic children. *American Journal of Psychiatry*, 130, 796-798.
- Sternberg, R. J. (2002). *Pathway to psychology* (2nd ed.). 鄭昭明(譯)(2003)。普通心理學。台北：雙葉書廊。
- Sylwester, R. (1995). *A Celebration of Neutrinos: An Educator's Guide to the Human Brain*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- National Research Council (2000). *How people learn: Brain, mind, experiences, and school* (expanded ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Ornstein, R. & Sobel, D. (1987). The hearing brain and how it keeps us healthy. NY: Simon and Schuster.
- Thatcher, R. W. (1991). Maturation of the human frontal lobes: physiological evidence for staging. *Developmental Neuropsychology*, 7(3), 397-419.
- Witelson, S. (1990). Structural correlates of cognition in the human brain. In A. Scheibel & A. Wechsler(Ed.), *Neurobiology of higher cognitive function*. NY: The Guilford Press.
- Williams, L. (1999). Determining the early childhood curriculum: the evolution of goals and strategies through consonance and controversy. *The Early Childhood Curriculum: Current Findings in Theory and Practice*. NY: Teachers College Press.
- Wolfe, P. (2001). *Brain Matters*. 梁雲霞(譯)(2004)。大腦教與學。台北：遠流。
- Wolfe, P. (2001). *Brain Matters: Translating research into practice*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Wu, S. C. (2003). *Taiwan kindergarten and second grade teachers' knowledge, dispositions, and use of integrated curriculum*. Unpublished doctoral dissertation, University of Idaho, Moscow, ID, U.S.A.

Applying “Brain-Based Educational Theory” in Reconstructing Curriculum and Instruction —Starting from Early Childhood Education

Su-Chiao Wu

Department of Early Childhood Education
National Chiayi University

Yu-Liang Chang

Institute of Teaching Art,
MingDao University

Abstract

The relationship of brain and mind has been researched, and the achievements of the past century have been remarkable in every way to reveal the mystery of human brains. Accordingly, only keep renewing people’s knowledge of their brains constantly, human beings can go deep into the reflection of their lives and the value of being alive. Recently, brain-based educational theory, which has been first conceptualized in the United States, is discussed and applied extensively worldwide. Its theory and philosophy, according to the brain research, are to provide the support and development of instructional principles and strategies for the current educational reform. Consequently, a competent educator should understand human brains’ functions and their learning progress in depth and know significant factors on the development of children’s minds and brains in order to design appropriate curriculum and instruction for every single and unique child. This study reviews and summarizes concepts relating to the human brain that speak to vidual uniqueness derived from neuroscience and educational research of the past several decades. Centering on the window of opportunities, Early Childhood Education, three main themes are discussed: “exploring the physiological foundation of brain-based learning and human behaviors”, “rethinking the implication of brain-based research in early childhood education”, and “reconstructing instructional principles and strategies based on the brain knowledge and research”. All these efforts are to ensure that the knowledge of the brain research will provide the pathway of rethinking and renewing the curriculum and instruction for all children in improving their learning.

Keywords : Brain-based Educational Theory, Brain-based Learning, Early Childhood Education, Curriculum and Instruction