

從腦部位科學角度重估皮亞傑的認知論

(Brain Science And Piagetian Cognitive Theory)

歐陽鍾仁

國立臺灣師範大學物理系

前 言

1. 過渡期的學生

過渡期的學生就像一隻蛻了殼的螃蟹一樣。他們在新殼未長硬以前，很容易受到環境的傷害。介於十二～十六歲之間的青少年正好脫掉了幼年時期的“殼”，邁向成年期的里程。

這時期的學生恰似一台情緒化的滑車，對生活的體驗較為誇張。他們主動積極、精力充沛而且喜愛喧鬧。他們的一舉一動為的是要得到同儕的認同。在他們的生活中，唯一的“常數”就是不斷的變化。

2. 形成肯定的自我形象

由於上述的變化十分強烈地影響學生的生活，因此學校應該提供適當的環境來認同並容納這些變化。教師必須滿足學生在社會、情感和自我概念方面的需求，同時也必須滿足他們在學業上的需求。許多青春心理學的學者確信這是一個塑造世界觀和人生觀的關鍵時期。成功對學生形成肯定的自我概念十分重要。學業的成功決定於他們在適當的認知階段中對學習的專注。高自我概念與高學業成就交互作用。認為自己行的學生就“行”。

提供非敵對的環境使學生長成人的外殼當然重要，但這並不夠。螃蟹需要適當的環境，也需要食物，新殼才能成長。學生也需要適當的教育糧食，而只有了解一個青年的智力、生理和感情在過去的程度如何，現在如何以及預期將來可達何種程度，才能決定他最適當的教育糧食。我們若想培養這些年輕人，就必須研究他們每個階段的發展情形。

3. 身體的發展

在身體方面，學生所遭遇的不是快速成長就是根本不長。國一到高一年級的教室裏有各種身高、體裁的人。在極力想獲得群體認同和“歸屬感”的時期，一個學生若異於“標準”（每個學生事實上多少都與標準不同！），則這可能是極不愉快且受創傷的一段時期。在此

方面，就如在其他方面亦然，發育較遲緩者，尤其是男孩，似乎最為痛苦。

4. 新穎的感覺

到了青春期，性也開始發育。學生在社交中變得對異性有興趣。任何使他們覺得不適當或錯誤的情況或言論皆會引起極端的困窘。許多成人覺得這些學生過度反應。由成人的觀點來看，這些青年經常反應過度，但他們此時對感情的體驗的確比成人來得深刻，因為他們對這種新感情的經驗不如成人多。因此，並非是青年的反應不當，而是他們尚不知如何處理這些強烈的新感情。

性發育除感情因素外，另有身體的因素。第二性徵，聲音改變和青春痘皆增加青春期的困擾。結果每個青年都變得敏感、易受傷害，而對自己的身體似乎失去控制。引起身體變化的荷爾蒙也使感情的意識更敏銳，而這些變化都發生在大部份青少年的智力尚陷於幼年期的“殼”之時。在此時期，一個十四歲的女孩也許會費三十分鐘為自己塗上口紅之後，又向她九歲的弟弟要一半的冰棒吃。

了解這一系列人人必經的身體和感情變化之外，另有一項事實是今天的青少年進入思春期的年齡已比過去提早許多。唐納（J.M. Tanner）在其著作「教育與身體發育」一書中指出，一八四〇年時挪威的青少年開始思春期的平均年齡是一七·二歲，至一九五五年是大約一三·三歲。一九四〇年時美國青年的發情期大約是一三·四歲，而在一九七〇年一般兒童在一二·七歲時就情竇初開。由這些資料我們可以推斷今天的小孩受到身體和感情變化的影響也許較以前的小孩為深，只因為他們藉以適應這些變化的生活經驗比以前的小孩少。這些因素，再加上若處於一個對性和“目不斜視”普遍固執的社會文化環境，則青春期的青春就成為非常艱苦的一個時期。

壹、智力的發展

身為科學教師，最關心的就是幫助學生學習他們的物質世界。科學上使用的模型和理論非常有助於學生了解他們的世界。隨意觀察一下今天的世界，我們就不禁會有下述的想法，即人類在學習其周圍的世界方面已突飛猛進，而且已能夠利用這類知識去改變環境。此努力主要歸因於人類的智慧。因此，我們必須儘可能多了解學生的智力，了解它如何作用，如何發育，才能提供適當的飲食幫助學生“培育成年的智慧外殼”。

一、皮亞傑的研究成果

欲了解人類智力的發育如何發生最有用的模型可能就在皮亞傑（Jean Piaget，1896～1980）的著作中。皮氏是生物學家，過去五十年大部份時間都在瑞士的日內瓦研究人類智力的發育。他對嬰兒、幼童、青年、成人作臨床研究而發展出他的理論。在研究中，他

和他的同事要求人們去做幾件工作以反映不同型式的推理過程。每完成一件工作，更要求受測者解釋他們尋求解決的推理方法。將過去五十年來此類研究所得結果加以仔細分析，就形成了皮氏建立人類智力及其成長之理論基礎。

皮氏的理論假定不管文化或其他因素之影響，學習是人人皆從事的一種自然而且必須的活動。他力稱智慧並不只是由事實、數字、觀念等之獲得而形成，而是源於學習者與世界的交互作用。他相信人們把自己的經驗冠以意義而形成智慧。此理論與另一個較普遍的觀念——認為人類是因某事加諸其身而學習——正好相反；因此皮氏的理論對教師深具意義。

二、智力發育過程

皮氏的理論十分類似生物學理論，因為他視智慧為一成長過程。有機體成長時並非只是增加其構成細胞的數目和大小而已，而是細胞分化，前所未有的新形態和特徵顯現出來。有機體的嬰兒期、青春期和成年期在功能和形態上皆各不相同。生物的成長是按順序層系的，且同種生物皆然，智力的發育亦如此。由實驗研究，皮氏提出人類智力發育的四個時期，各時期思想的形態和機能各具特色，就如昆蟲經歷卵、幼蟲、蛹、成蟲四個生理時期一樣，每個時期皆不相同。人類循相同的次序，而且除因個人差異而有所波動外，皆大約在同一時間經歷這些智力發育期。茲描述四個智力發育的主要時期及其特徵如表 1-1。

表 1-1

皮亞傑時期及特徵		
皮亞傑時期	年 齡	特 徵
感覺動作期	0～2 歲	事物變成永恒；建立空間（視線之外有事物存在）；因果關係（事情可交互作用）；顯示意圖；發展手段目的之間的關係。
前操作期	2～7 歲	不能可逆思考；只能思考眼前發生之事；行為自我中心；注意力集中於事情或情況之一點；不依據公認的成人邏輯推理。
具體操作期	7～11 歲	了解數目、固體和液體量之守恒；能根據分類系統作分類；可逆思考；能邏輯地處理真實事物，對思想則不能。
形式操作期	11～15 歲	對行動採取行動；對真實和可能事物採取行動；可同時操縱多個變數；作蓋然性思考並顯現組合邏輯。

切記在每一時期中，個人是完整的。例如，三歲的幼兒也有智力。他已發展出一套豐富而且首尾一致的智慧結構去解釋世界的運行。成人看來，這一套系統當然不足以應付成人的世界，但幼兒並不知道。只有經驗愈多，遭遇無法解決的問題和挫折時，他才會發現必須放棄目前的世界觀，發展一套新的。這種“蛻殼”一生中約出現三次，我們討論的重點在十一

～十四或十五歲時的最後一次。這一次的確是青年在身體、感情和智力方面的過渡時期。圖1-3顯示成長期與年齡、心智發展的關係。

三、達成形式思考

很多人在最後一次蛻殼時似乎都遭遇困難，但必須有這番經歷智力才能達到“成年”階段作形式或抽象的思考。雖然理論上的模型指出至十五歲時應具有形式思考能力，但研究者發現不到百分之廿的十五歲青年在受皮氏測驗時能作有條理的形式思考。即使是智商一六〇的天才兒童也要到十一歲時才開始有形式推理的跡象。具體操作期的出現亦如此，即實際年齡大約七歲時才會有這一時期的跡象。以此判斷，頭腦的發育似乎自然地發生在幾段時期，因人而異。前一時期中發育的質和量對下一期的發育影響極深。

有些發現指出許多成人似乎仍停留在具體思想期。我們從事教育已屆應放棄具體推理進入抽象推理時期的青少年，必須注意我們用來幫助學生發展抽象推理能力的方法是否適合，是否會抑制他們此一階段的成長，而這種抑制可能是永久性的。

貳、腦部位科學

皮亞傑的著作皆以臨床訪問所搜集的資料為依據。他在一九三〇年代開始此項工作時，並沒有當今對腦和腦功能的研究資料可參考。但過去十年間，我們對我們的智慧機能器官已了解許多。生物科學已提供腦發育模式，而神經學也有腦半球之功能與分化的知識。頭腦接受印象、指揮學習並控制行為。我們欲了解學生，應研究這一個部位一腦。

成人的腦使用百分之廿三的全身血液，百分之廿的氧吸入量，但只佔身體重量的百分之二。它形似一顆軟的大核桃，控制我們的體溫、性情、行動和食慾。它告訴我們何時休息、何時思考，亦即指揮我們的行動和思想的控制中心。在類比方面它雖似一部精密的電腦，實際上却比電腦複雜得多。沒有電子，甚或數值模型，可以解釋為何腦能製造新知識。在電腦的微積分，輸出受輸入控制；腦則不僅輸出可大於輸入之總數，而且可能產生與輸入完全不同的輸出。

由圖1-1的頭腦圖，我們看到幾個不同的區域，那就是腦直接參與學習的新皮質，也是我們最關心的腦部位。

新皮質分成二個相似而對稱的半球，依其在腦中的位置稱為左半球和右半球。兩半球以胼胝體連接。這是一長條的纖維，是兩半球間的連接開關板。此纖維帶含有二億個以上的連接神經細胞，逐漸將兩半球連接起來。連接時需經慢速的髓鞘化或絕緣的過程。神經纖維帶構成頭腦內許多主要的連接，其四周積有脂肪質加以保護。胼胝體就是最大的一條神經纖維帶，大約在四個月時開始形成髓鞘，至十一或十二歲時完成。

腦發育期間究竟發生了什麼事？十八個月以後腦細胞的數目就不再增加。腦的大小和重量繼續增加主要是由於腦細胞軸突和樹狀突發育伸展、連接神經細胞髓鞘化以及流到新的腦組織的血液量自然的增加。這些表示腦神經細胞間相互連接的神經鍵數目亦相對增加，而腦思考過程也更為複雜。

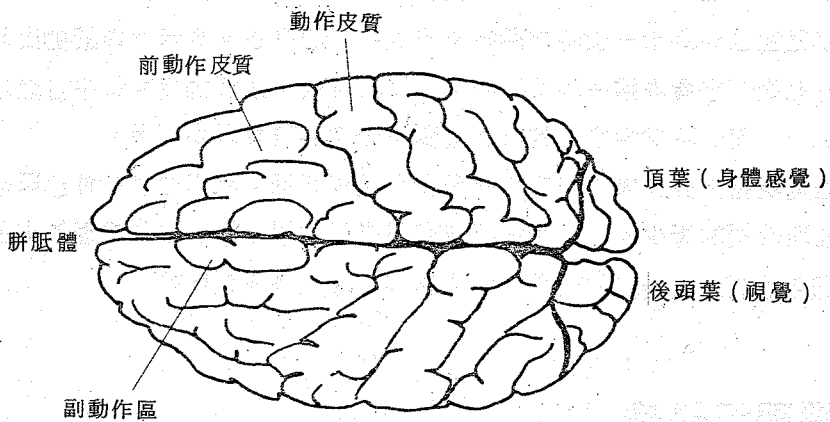


圖 1-1 人腦半球分析圖

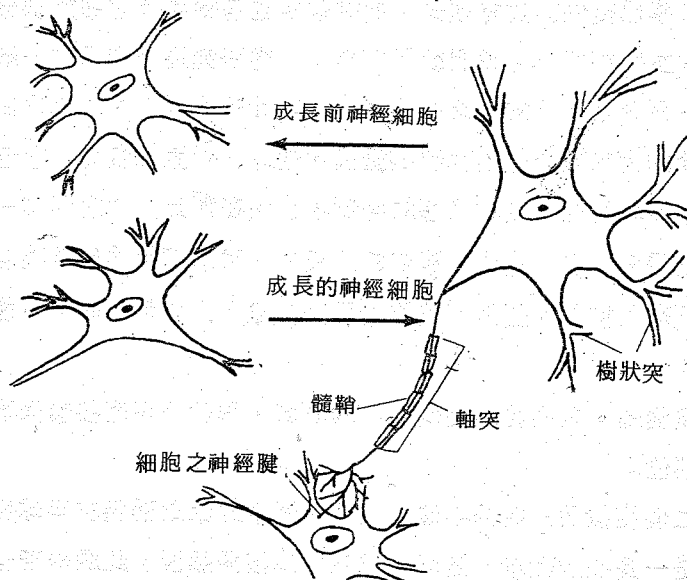


圖 1-2 腦神經細胞成長圖

出生時，神經細胞只有少許的軸突和樹狀突，即腦細胞的连接（神經鍵）很少。成人的一個神經細胞也許與多達一萬個其他的神經細胞連接。腦並非以穩定的速率成長，而是主要在五個特定的時期迸發式地增加重量和體積。此五個時期是：三～十個月，二～四歲，六～八歲，十～十二歲以及十四～十六歲。學者相信百分之八十五的人與此一成長模式脗合。

沒有一個孩童比表1-2中所列的年齡更早開始某一皮氏時期，但也並非所有的孩童皆在預測的年齡進入新的推理期，此現象長久以來一直困擾著教育學者。有些孩童進入各發育期的時間晚得多，這種推理能力的差異在各個時期都很明顯。在某一年齡，有些孩童似乎已完全具有該時期的推理能力，有些則似乎才開始。皮氏和英何德（Inhelder）發現必須將每一時期再劃分為兩個階段。兒童依其是否有開始該一時期（過渡）的跡象，或已達到該時期的成熟階段而分。每一時期因此又劃分為過渡階段和完全作用階段。

表1-2將年齡和皮氏時期與艾比斯坦（Epstein）所提之五個發育期的年齡與狀況作比較。

表 1-2

年 齡	皮 氏 時 期	發 育 期	年 齡
0～2 歲	感覺動作期	第一期	3～10 個月
2～7 歲	前操作期	第二期	2～4 歲
7～11 歲	具體操作期	第三期	6～8 歲
11～ 歲	形式操作期	第四期	* 10～12 歲
		第五期	** 14～18 歲

* 第四發育期時女性之發育兩倍於男性，而第五期時男性之發育則兩倍於女性。在此段時間（青春期），兩性之間的學術成就與學習差異最為顯著。

** 另有學說主張形式操作期有二個階段，派翠西亞·阿爾倫（Patricia Arlan）定其為“解決問題”期和“發現問題”期。十八歲以前的人沒有“發現問題”期的能力。

圖1-3為皮氏時期、腦發育期及無腦發育之停滯期的圖表。我們可看到腦發育期與皮氏時期之預估年齡關係密切。那些都是平均年齡，而人進入某一腦發育期的年齡通常有很大的差異。圖表中停滯區域表示無腦發育或發育非常遲緩的時期。無腦發育的時期中大概就無新智能的發育。以十二～十四歲的學生而論，此即表示他們若已達具體操作期的推理能力，則此時期或許就不會發展形式操作期的能力。百分之八十五以上十二～十四歲的青年頭腦實際上已停止發育。此時應致力於發展、改善前時期產生的腦網路，這種準備工作對下一期的發育也許相當重要。生理上發育的迸發並不能保證人將自動邁入下一個認知期。前一時期發育和經驗的質和量必須充足，新能力才能發展出來。

人的發育是在一生中幾個非常特別而確切的時期內邁向不同的特定目標的旅程。每個人

有其獨特的私人行程，由遺傳擬寫而由經驗，即生活，加以修改。此旅程必須按個人的時間，以自己的方法，單獨自完成。

圖 1-3 為人類發育旅程的方向圖。它指出智力與認知發展的方向。此旅程的道路很寬廣，不同人其時間與發育之相互關係亦不同，結果則一致。每一時期之發育皆以前幾個時期內神經的成長與經驗為基礎。有些人發育比別人完全：不管生命長或短，只有百分之卅以下的人達到發現問題期。

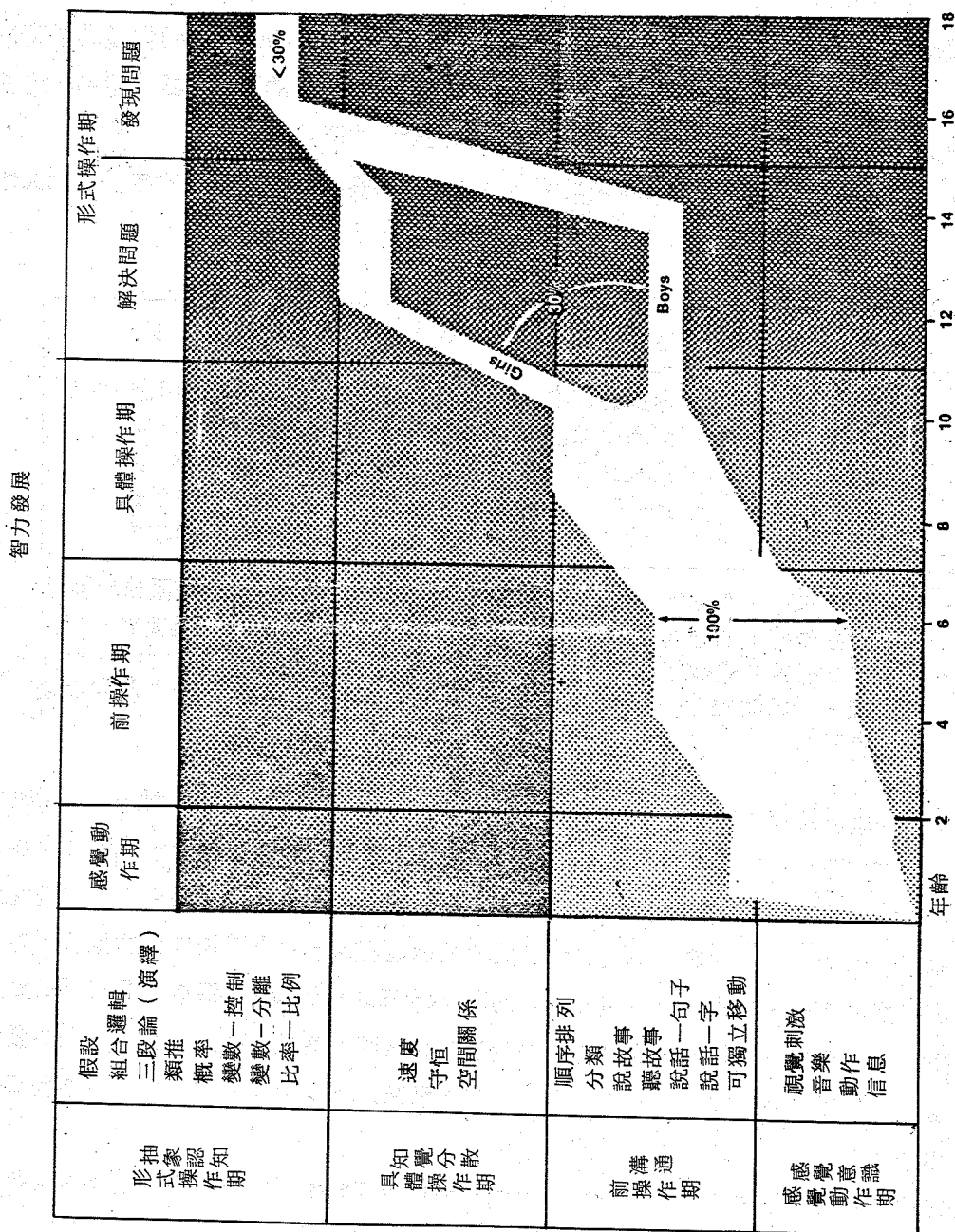


圖 1-3 腦部、智力、年齡與性別關係圖

圖 1-3 之橫軸表示神經發育迸發的大約年齡，這種迸發預示新的智力推理期即將出現。縱軸描述各個時期，並提示該時期內可促成最佳發展之經驗或“副旅行（side trips）”。由出生到十八歲各時期概述如下：

感覺動作期（感覺意識）

重心：感覺與輸入系統之發育

需要：動作、音樂／聲音、信息／觸摸和各種視覺刺激

前操作期（溝通）

重心：語言學習和身體協調

需要：聽、模仿、走／跑／跳、說話，用以發展輸出系統之人和物。

具體操作期（知覺分散）

重心：環境、探究、組織及控制

需要：具體物質之經驗以便經由知覺分散發展守恒觀念。

形式操作期（抽象認知一處理）

需要：發展假設推理、比率和比例推理、組合邏輯和反射思考之經驗

形式操作期（抽象認知一產生）

重心：發現問題並解決問題

需要：解決問題之技巧，向環境挑戰以刺激疑問

男孩和女孩在形式操作期的前期採取不同的路徑，這並不表示他們身體的發育也不同，而是此時女孩腦神經發育較多。這時她們或許能作較深入的形式推理，因此需要適當的刺激來發展這種能力。到了後期，男孩的腦發育就趕上女孩了。

每個時期的“副旅行”是用以發展新的腦潛力之經驗，此潛力若經完全發揮可進入新的推理層次。副旅行愈多，所花的時間愈多，則此人愈可能永久能夠作此層次的推理。例如，在假期旅行中去參觀博物館。花一個小時走完博物館的人也許可記得此博物館，但花數天時間仔細觀看展示品的人日後將有更多的資料可利用。我們經常置學生於刺激之中，却未給他們充裕的時間作深入的研究和最佳的發展。日後我們可能無法回到博物館去，也不能回到以前某一關鍵性的發育年齡或時期。因此在發育旅程中的適當時機儘量利用“副旅行”實為明智之舉。

對教育之啓示

停滯期所代表的教育意義十分明顯。一個教室內也許須要分成數組，教科書也應加以改編，而方法必須經過再製才能使用。在十二～十四歲期間若無腦發育現象，而百分之八十五以上的這一級學生都還是具體思考者，則中學和初中的老師在試圖以形式的方式介紹教材時將會遭到挫折，同時也會因學生無法抓住啓發新智能的教材內容而感到失敗。艾比斯坦指出

教師的這些努力對學生的教育甚至是有害的。在他的著作中有下面一段話：

“此時不斷要求青少年的頭腦去處理他們不了解却愈趨複雜的輸入可能引起對這些輸入的排斥，並可能形成否定的神經網路來分散輸入。因此，雖然接下來十四～十六歲間有腦發育可發展較複雜的認知技能，但不知有多少青少年已經形成了這種否定神經網路。他們可能因為已經如此地“失去興趣”以致事實上根本無法再發展新的認知能力。”

中學和初中有許多科學課程是在形式的階段。若此，學生便置身於混亂而無意義的教學環境。這種制度是在使學生失去興趣而步上失敗之途。教學方法便成為學生必須克服的學習障礙。

參、腦分化

在認知期中腦是如何發展的？人的腦皮質由兩個相似且對稱的部份構成。兩個半球皆經歷認知期的發展，但二者的功能互異而互補。在我們的頭裏面事實上有兩個獨立的腦。

腦分化的研究是最近的事，但是衆說紛紛，變化多端，每天都有新資料改變或修改基本的理論，這個理論為研究“學習”提供一條十分有用的途徑，同時與皮氏發育期和腦成長期皆契合。基本上，它是一個功能和過程的理論。

研究腦半球的能力最常用的方法是研究發生事故者或中風者，以及正常人，但使用特殊技術使其腦半球之一無法活動。最通用的有：瓦達（Wada）試驗，以藥物注入頸部的頸動脈使某一腦半球昏睡；電擊使一個腦半球不能活動；以及使用速讀訓練器，一次對一個腦半球顯示視覺資料。由這些研究，我們得到了腦半球的一些特徵。

腦皮質由兩個半球構成，由胼胝體連接。身體的物理控制是反側的，即腦的左半球控制身體右邊的行動，右半球則控制左邊的行動。（圖1-A）

約有百分之九十五的人其主要的語言能力位於左半球，但女性和左撇子經證明不僅左半球有語言能力，在右半球也有一些。圖1-B指出左半球中與語言有關的部位。

瓦尼克區（Wernicke's area）與聽覺聯想區關係密切，它控制書寫或口說的字之理解。博卡區（Broca's area）產生編碼信號並將其傳送到面部動作區以產生語言。

受傷或疾病引起左半球中這些區域的損傷將傷害語言機能。只有博卡區受到損傷則傷害到語言的產生，但不影響理解。只有瓦尼克區受損則傷害到語言的理解。

以上發現使研究學者假設左半球支配語言。奇怪的是最近對血液流到腦部的情形作研究，發現使用說、讀或寫的語言功能時，流到左、右兩半球的血液皆增加。這令人不解，因為大多數人右半球若受傷通常並不影響其語言功能。在知覺和智能活動方面進一步研究已能將人的兩個腦半球所認知的資料特徵描述出來，茲列出如表2-3。

兩半球間另一個基本差異在於它們處理資料的方法。左半球將各部份加以分析而構成整體；右半球則看整體並以與整體之關係的觀點研究各部份。例如，左半球研究汽車引擎的方法是分別研究各部份，如線圈、火星塞、自動調溫器等，了解各部份之後再去併成引擎。右半球則看引擎，研究各部份在整個引擎中之功能等。左半球由部份發展成系統，右半球研究各部份與系統之關係。

表 1-4 描寫兩個腦半球的資料處理系統。因為所有的人類“正常人”皆具全左右兩半球，故可用兩個半球來認知和處理資料。由此表，吾人可不難發現，當今學校在教學上應該是強調運用左腦之功能。

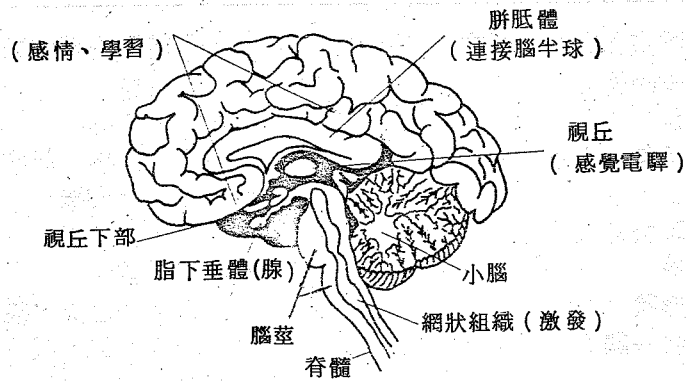


圖 1-A 腦部中線圖 (Middle Line View)

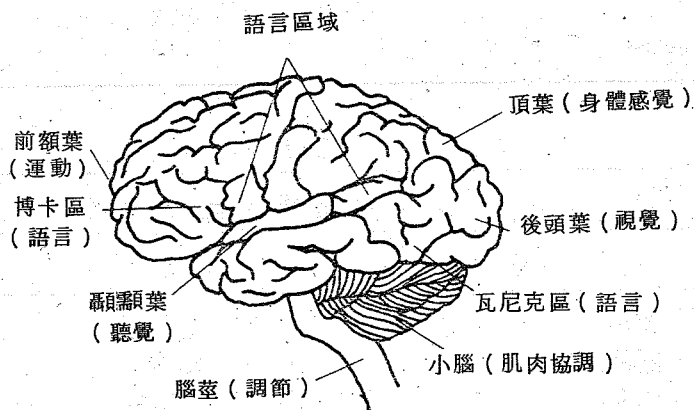


圖 1-B 腦表面圖 (Brain Surface)

最近幾年來在美國，開發了腦功能方面的知識後，引發了若干切題的教育問題：

- (1) 教育重點的極端不平衡是否會為學生製造學習的問題？
- (2) 在腦部位發展和認知發展期中右腦的能力若缺乏訓練和發展是否會阻礙腦部的發育完整性？
- (3) 是否有些問題由某一腦半球的處理能力來解決較另一半球為容易？
- (4) 是否有人較喜歡某一種處理模式，而使用此模式來處理事情比較用另一模式來得更容易？

表 1-3

人腦認知之資料	
右 半 球	左 半 球
空間、全盤、圖畫和非語言導向 1. 視覺形象—圖畫 2. 語言—言辭 a. 措辭、語氣、音調 b. 身體語言、手勢 c. 理性—圖畫符號 3. 語言—數學 a. 空間的形狀 b. 幾何形狀—關係 c. 模型 d. 關係 4. 創造力 5. 曲調 6. 循環的時間—季節 7. 功能 8. 形象—圖畫	線性、與時間有關和順序的功能 1. 抽象符號 2. 語言—言辭 a. 字母、字、拼字 b. 句子、句法 c. 讀、說、寫 3. 語言—數學 a. 數字、運算、基本事實 b. 計算：加、減等 4. 邏輯 5. 節奏 6. 線性的時間—秒、分、小時、日、星期、年 7. 定義 8. 命名

表 1-4

人腦資料處理系統比較表	
右 半 球	左 半 球
直覺的 全盤的 發散的 包括的 綜合法 多重意義	邏輯的 順序的 收斂的 排外的 分析法 作是 / 或之決定
比較的 關係的 非參考的 統合的 創造的	參考的 對或錯

肆、處理模式

我們知道有兩種基本的處理模式，這種觀念存在教育界已經許多年了，並且有許多名稱，如：歸納法對演繹法，分析法對綜合法，全盤對邏輯等。了解腦的特徵後我們就可看出這些二分法的理由了。全盤、綜合的處理好像是受右半腦的控制，而邏輯、順序的處理則由左半腦控制。大部份人似乎可用兩者之任一系統來處理資料。

最近的研究指出可能有些人喜歡某一模式遠甚於另一模式。但喜歡全盤性右模式者似乎有些困難。這些人在研究部份之前必須先看到整體，非得等到傳授完了整個章節，使所有的內容一氣呵成，否則所有的教育內容對他便沒有意義。他們對課堂上所介紹的資料了解不多，因為他們不知道這些資料是在整個系統圖案的那個部位。先介紹整體的概念似乎好些，因為左式學習者的學習效果尚合人意，而右式學習者必須先告之以目的或整體圖案，否則無法學習。這也明白的告訴我們教學應該要修改——亦即應先介紹整體概念。教者無需重新準備或大肆更變計畫，却可免除許多學生坐在課堂上聽那些不痛不癢的片斷知識。

無論左式或右式的學習者各有其優劣點，他們之間的差異無關乎好與壞。重要的是：並非每個人都以與我們同樣的方式認知，並且這種差異的存在無關緊要。傑尼士曾以對鏡子反射的臉孔的反應作實驗。看看上面畫出的兩個臉孔，那一個比較快樂？如果你問全班這個問題，你將發現並非大家都與你的看法一致，但它們實際上是同一張臉孔，第二個臉孔是第一個的像罷了。與此相仿的是古代描寫樂觀者與悲觀者對半杯水的看法不同，某人看起來是半滿，另一個人看起來是半空。像這類知覺的差異可能造成溝通上的問題，這是值得大家注意的事實。

愛因斯坦必定是個左式學習者，他“知道”事情遠比他能將這些事情用筆記錄下來早得多。他在學校時閱讀和數學特別有困難，是他的叔叔給他一些數學之謎題作，以引發他對數學的興趣。右式學習者意即你首先將全盤性的進入學習境況，在研究部份之前先抓住整個系統的圖畫。理論上兩種模式的學習者，都可學會審查資料，並使用最適合問題的處理模式。其所含之教育意義是：右式學習者對直線式先教部份也許覺得困難，他們需要先有“系統”作引導，有了系統引導後他們就可學習內容，然後如果問題需要左式的處理再切換到左式去。

介紹的模式必須適合學習者，而處理的形式也必須適合問題特質。既有這些差異，如何引導學生便需由教師自己決定。每一個人與左右模式的活動接觸，終究會發展出兩個腦半球的能力，而我們的目標是“最好”的。

伍、左右腦處理功能，知覺與皮亞傑

腦分化，知覺和處理與皮亞傑模型有何相符之處？雖然這方面的研究尚屬鳳毛麟角，但奎吳特（Rosemay kraft）使用電子腦波圖（E.E.G.）發現欲解決皮氏問題的學生右半球先有活動，作問題時只有在他們準備將問題的答案以語言表達出來時才會切換到左半球。奎吳特研究的對象主要是青春期的青少年，有些可以成功的解決皮氏的問題，有些則否。奎氏的發現強烈的表示：在左半球能對資料作線性邏輯的組織前，右半球必須要“經驗”並吸收所有與問題相關的非語言資料。

華達和戴維斯（Davis）的研究亦支持此一結論。他們對嬰兒的研究發現語言和非語言的過程反映出左右兩半球之間更深更基本的差異。他們表示嬰兒以左半球處理啼嗒聲，而以右半球處理看見的一道光。較早的實驗顯示成人亦復如此。華達和戴維斯相信左半球處理“關係之認知”或“與以前經驗之關聯”。甚至在語言期之前。人們就可以認知一個無意義的形狀與一件真實事物之間的相似處，這導致命名，而命名導致語言。語言就是創造（參考物）之過程。

華氏和戴氏強調左半球是認知刺激與過去經驗之間的關係，而非認知刺激本身。他們的發現增加了傳統上對左腦過程的定義：不僅是分析的、順序的，而且也是比較的，關係的和參考的。右半球處理以前未曾經驗過的資料，不僅是全盤性，也是非參考性和統合的。在此意味著兩個腦半球之不能協調或許可由無法完成皮氏的守恒問題而顯示出來。

我們可以推斷對過渡到形式思考的青少年而言，理想的教學安排應是對現象的具體、真實經驗總是在現象的語言化、符號化以及定量之前。這新見解有助於解釋並強化皮氏的發現。具體的刺激和資料是非語言層面的，它們可由右腦處理。右腦很難以處理語言資料。因此，如果右腦必須處理一個新刺激，此刺激就必須以右腦能處理的方式表現出來。抽象的語言資料必須經由右腦的經驗加以統合才會變得有意義。這也說明為何人們在某些方面是形式的，在其它方面又是具體的。他們不是智商不足，而是經驗不足。以語言、抽象型式介紹新的認知教材給具體操作期的學生將會使學生感到混亂與挫折。

結 語

(1) 青少年在某些方面也許像兒童或成人，但他們心智作用的差異可能比生理和感情的差異更為顯著。

(2) 皮氏智力發展模型似乎由個別的神經心理學研究得到證明，因此使皮氏的經驗模型更為有力。

(3) 最近對“人們作日常生活推理方面之差異”的研究報告指出並非所有的人皆以同一方式處理資料。

附錄：參考資料

1. Bogan, J. E. "Some Educational Aspects of Hemispheric Specialization." *UCLA Educator*, Vol. 17, No.2, Spring 1975.
2. Bradshaw, John. "Right and Left: Biology, Mythology and the Brain." *Search*, Vol. 8, No. 8, August, 1977.
3. Brown, Ann L. "Conservation of Number and Continuous Quantity in Normal, Bright, and Retarded Children." *Child Development* 44 (1973) 376-79.
4. Epstein, Herman T. "Growth Spurts During Brain Development: Implications for Educational Policy and Practice." *Education and the Brain*. NSSE Yearbook, 1978. Vol. II. University of Chicago Press, 1978.
5. Epstein, Herman T. and Toepfer, Conrad, Jr. "A Neuroscience Basis for Reorganizing Middle Grades Education." *Educational Leadership*. May 1978, p. 656-660.
6. Geschwind, Norman. "Language and the Brain." *Scientific American*, September, 1972.
7. Jaynes, Julian. *The Origins of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind*. Boston: Houghton Mifflin, 1976.
8. Johnson, Virginia. *The Effect of Right Hemisphere Activities on the Affective and Cognitive Achievement on College Earth Science Students*. Unpublished doctoral dissertation. University of Northern Colorado. 1976.
9. Kolers, Paul A. "Experiments in Reading." *Scientific American*. July, 1972.
10. Kraft, Rosemary, et al. "Hypothesis of Ontological Parallelism Between Piagetian Theory and Asymmetrical Hemispheric Brain Function Theory." *Child Development* (to be published post 1980).
11. Lassen, Niels A., Ingvar, David H. and Skinkoj, Eric. "Brain Function

- and Blood Flow." *Scientific American*. October 1978.
12. Luria, A. R. "The Functional Organization of the Brain." *Scientific American*. March 1970.
13. Shayer, M., and Kuchemann and Wylam, H. "The Distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary School Children." *British Journal of Educational Psychology*. 46: 164-173, 1976.
14. Teyler, Timothy J. "The Brain Science: An Introduction. The Neuron." *Education and the Brain*. NSSE Yearbook, 1978. Vol. II. University of Chicago Press. 1978.
15. Wada, John and Davis, Alan. *Canadian Journal of Neurological Sciences*. 4: 3, 203-207.
16. Webb, Roger A. "Concrete and Formal Operations in Very Bright Six-to Eleven-Year-Olds." *Human Development*. 17 (1974): 292-300.
17. Wittrock, M.C. "Education and the Cognitive Processes of the Brain." *Education and the Brain*. NSSE Yearbook, 1978. Vol. II. University of Chicago Press. 1978.

諧趣——猜謎遊戲

陳榮輝——國立高雄師範學院化學系

謎題：

- | | |
|---------------------|---------|
| 1. 私房錢 (打化學名詞一) | 1. 納 |
| 2. 陰溝 (打化學名詞一) | 2. 溴 |
| 3. 私訂終身 (打化學名詞一) | 3. 冷媒 |
| 4. 主考官 (打實驗用具一) | 4. 試管 |
| 5. 交惡 (打電學名詞一) | 5. 接觸不良 |
| 6. 已把相思了 (打電學名詞一) | 6. 絕緣 |
| 7. 吹皺一池春水 (打物理名詞一) | 7. 微波 |
| 8. 嫡子 (打教務名詞一) | 8. 正班生 |
| 9. 免稅 (打不正常學生活動名詞一) | 9. 罷課 |

謎底