

皮亞傑認知發展與生物科學學習的關係

國立臺灣師範大學生物系 鄭湧涇

最近二十餘年來，在科學教育的改革運動中，瑞士的生物學家皮亞傑（Piaget, J., 1896～1980）所提出的人類認知發展的理論，一直扮演了極其重要的角色。科學教育學者們不但在課程設計、教材編排、學習理論等各方面，考慮並採用其學說，而且在教學診斷和教學策略的設計方面，亦儘量講求配合學生的認知發展狀況，以期能有效的達成教學目標。那麼究竟學生的認知發展與自然科學的學習之間，有何種關係存在？其關係的密切性又如何呢？國內外的科學教育家們最近幾年來，已經對這些問題做了相當程度的探討，而且也揭露了些許事實，這些事實，在科學教學上，頗具參考價值。因此本文擬就前述的研究結果，略述其對科學教學，尤其是生物科教學方面的啓示，俾供國內生物科教師教學的參考。

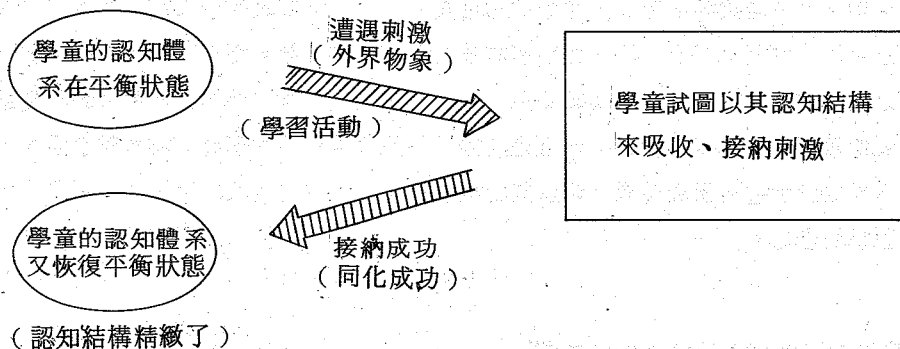
一、認知發展的生物學本質

根據皮亞傑的認知發展理論，人類在其成長的過程中，均循一定的順序逐漸發展其認知能力。就認知結構的發展言，皮氏將其分成四個階段，即所謂「感官動作期」（Sensorimotor stage）、「前操作期」（Pre-operational stage）、「具體操作期」（Concrete-operational stage）和「形式操作期」（Formal-operational stage）。學童通常要在到達具體操作期之後，方能藉具體物象之助，進行簡單的邏輯操作（Logical operation）；而必須在進入形式操作期之後，方能進行抽象思考（Abstract thinking）、演繹推理（Deductive Reasoning）、比例推理（Proportional Reasoning）等比較複雜的心智操作。這些心智操作能力，均源自其既有之認知結構（Schema），而認知結構的形成，則與：(1)個體成熟度（Maturation），(2)親身經驗（Physical experience），(3)社會傳播活動（Social transmissions），以及(4)平衡化（Equilibration）等四種生物歷程或活動有關。^(5,6,9)成熟意指個體的自然成長和神經系統的發育；親身經驗則指生物體（人）對外界刺激或物象產生反應所累積的經驗；社會傳播活動事實上是指個體與他人之間的交互作用和意見的溝通而言。因此，就生態學的眼光來看，親身經驗和社會交互作用事實上就是某一個體與其周遭無機和有機環境（物象）的交互作用。至於平衡化的過程則包括「同化」（Assimilation）與「調適」（Accommodation）兩種作用，兩者皆為自發（Active）的過程，因此應是一種「自我協調」（Self-regulation）或稱「自動

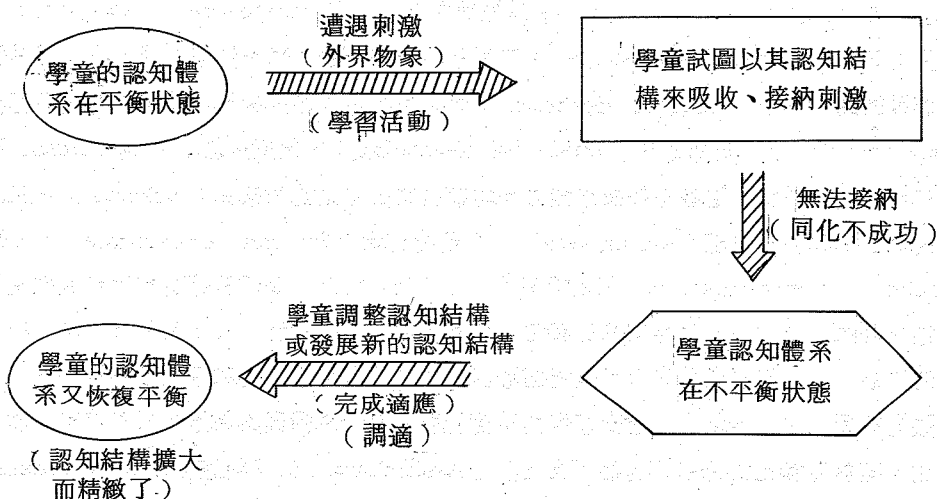
協調」(Auto-regulation) 的作用。這是人類對於環境刺激的反應方式，就生理學的觀點而言，也就是一種維持「恒定性」(Homeostasis) 的作用。

當學童與外界物象接觸或者在學習過程中面對教師所安排的各種探討活動時，他便會很自然的以其既有的「認知結構」來衡鑑這些現象。其能領悟、接納者，便予以吸收同化，納入其認知體系，使其認知結構更形精緻，這個過程是為「同化」。而其不能理解、接納者，他便會設法調整其認知結構，使新的認知結構能夠接納這些物象，然後將之吸收併入其認知結構，也就是說，他的認知結構擴大了，這個過程稱為「調適」。經由同化和調適兩種過程，學童的認知結構便會不斷的擴大而且日益精緻。其實，就生物學的觀點來看，調適的作用就是一種「適應」(Adaptation)，亦即調整自己適應環境之意，在皮氏的理論中，這兩個過程的交互運作稱為「平衡化」(Equilibration)。上述過程，可以簡圖摘示如下：

1. 「同化」的過程



2. 「調適」的過程：



就上述歷程來看，今日的生物教學強調「探討」、「發現」，重視「學生活動中心」實有其切要性，因為這類學習活動能夠提供學生充分的交互作用和刺激，使學生有機會進行認知結構的調適，進行「自我協調」，也因此有助於促進其認知結構的精緻和擴展，亦即有助於科學概念的學習和形成。

二、推理能力發展與生物科學學習的關係

最近幾年來，許多學者們的研究均發現，推理能力的發展與科學概念的學習和形成有極為密切的關係^(2,8)，生物科的學習亦然^(7,10)。而無可諱言的，概念的學習亦是生物科教學的重要目標之一，因此，推理能力的發展與生物科的學習應有相當密切的關係存在。根據國內外最近多次研究的結果，學生生物科學業成績與推理能力發展之間的積差相關係數值（ r 值）約達 0.4 至 0.8 不等^(8,10)，這個現象顯示學生推理能力的發展與生物科的學業成績之間有極顯著的正相關存在。雖然相關係數值並不能代表兩者之間的因果關係，不過至少我們可以瞭解，推理能力對於生物科的學習成就有相當程度的預測力。

上述的結果除了闡明推理能力發展愈高的學生，其生物科學業成績亦佳之外，也可能意指今日國內的生物科教學，有偏於需要學生進行複雜的形式操作推理的可能。因為假若教師使用的教學方式，趨向於抽象化、符號化（Symbolic），則只有能進行形式操作思考的形式操作期學童，方能真正理解並形成概念而完成其學習，至於那些只能進行具體操作推理的學童，由於在抽象思考：演繹思考方面遭遇困難，因而無法理解教師的教學內容，學業成就自然低落。所以，以上的研究結果，假若以這個觀點來看，可能意味著今日我國國中階段的生物科教學，在教學方式上有加以檢討的必要。檢討的重點應該是，假若我們在教法上，儘可能適應學生的推理能力發展，提供具體的物象，讓學生經由具體的交互作用（指與物象、同學或教師間的交互作用）來完成其學習，則其學習成就是否仍舊與使用抽象、符號式的教法相同？

此外，假若我們將科學概念的學習，依其所需的心智歷程，分成「具體概念學習」和「形式概念學習」兩大類時（具體概念學習指對於現象、原理、原則和定律等的理解；形式概念學習指必須應用原理、原則和定律於其他狀況的學習成就），則一般說來，尚未發展形式操作推理的學童，通常較能理解具體概念，而無法真正理解形式概念；而已發展形式操作推理的學童則可以同時理解具體和形式的概念。換句話說，就概念理解言，要求具體操作期的學童，以進行抽象思考的方式來學習形式概念，幾乎是不可能的事。也因此，我們可以比較肯定的建議，除了在設計課程時，科學概念的發展需要配合學童推理能力的發展之外，同時在教學時，亦應儘量藉具體物象之助，使形式概念的學習方式具體化，來幫助學習。這個事實，也說明了探討教學的意義和價值，因為探討教學能提供學生與環境物象充分的交互作用，並藉實際的具體經驗來完成概念學習。

三、生物概念內容成就與推理能力的相關性

由於生物科涵蓋的內容範圍 (Content area) 頗廣，各內容範圍之主要概念 (Key concepts) 的學習是否與推理能力之發展有關，其相關性如何，頗值得詳加探討。假若我們將推理能力分為「具體操作推理」 (COR) 和「形式操作推理」 (FOR) 時，初步的研究結果發現，COR 與具體和形式概念的學習成就之間的相關分別達 0.36 和 0.38；而 FOR 與具體和形式概念的學習成就之間的相關則分別達 0.44 和 0.48。這些結果顯示，在概念學習上，FOR 能力的發展佔了比較重要的角色，亦即 FOR 能力對於具體和抽象概念的學習，均具有較 COR 能力為高的預測力。

在內容範圍的學習成就與各項推理能力的相關研究方面，結果亦頗具參考價值。假若以統計上的顯著水準來衡量其相關性，其相關關係約可分為三級， $p < 0.05$ 為「顯著相關」， $p < 0.01$ 為「極顯著相關」，而 $p < 0.001$ 則為「高度顯著相關」，則其初步研究結果如下：

內容範圍 (概念領域)	相 關 程 度		
	顯著 ($p < 0.05$)	極顯著 ($p < 0.01$)	高度顯著 ($p < 0.001$)
生物形態和構造	VR, PR, SR *		
植物生理	Con.		VR, PR, SR, CV
動物生理	HR, CV	Con.	PR
生殖和遺傳		Con. VR, PR	CV
分 類		PR	
演 化	Con, PR		
生 態	Con, VR, SR, CV,	PR	
實驗操作技能	Con. VR	PR, CV	

* Con 守恒推理 (Conservation)

VR 速度推理 (Velocity Reasoning)

PR 比例推理 (Proportional Reasoning)

HR 假設推理 (Hypothetical Reasoning)

SR 三段推理 (Syllagistic Reasoning)

CV 變因控制 (Control of Variables)

上表的結果，明顯表示各項推理能力的發展與生物學各內容範圍的學習之間，呈現不同程度的相關性；其中 PR 對於各內容範圍的相關性均很高，而 HR 則較低。

四、結論和啓示

由於學童必須要在到達形式操作階段之後，才能發展「形式操作推理能力」 (FOR)，而我國國

中一年級學生的認知發展，大部分尚未達形式操作期，因此在抽象思考、比例推理和變因控制等思考方面，頗有困難。此時假若在生物科的教學上，教師採用的教學方式有需要學生進行形式操作推理的趨勢時，往往便會造成記憶學習，而無法理解較為複雜的概念。因此，我國國中一年級的生物科教學，應在可能範圍內，儘量提供學生與環境進行交互作用的機會，俾能誘發其「自我協調」，使其認知結構不斷擴大並益趨精緻而有助於概念學習，並減低「記憶性學習」的可能性，而達到「學習遷移」(Transfer of Learning)的教學目標。

由此觀點來看，在生物科教學時，強調探討、採用學生活動為中心等能提供足夠交互作用的教學方式，應有其理論上的實證意義；也證明演講式、灌輸式的教學，不但不合理，而且容易造成「假學習」，而無法形成明確概念。這個事實，也提供了教學時，應儘量以適當妥切的軟硬媒體來輔助教學的理論基礎，因為，將抽象、複雜的概念，以具體的媒體呈現出來，幫助學生完成推理思考，對於學習的成功大有裨益。

當然，假若在課程設計時，就能兼顧學生推理能力的發展狀況，將生物學上的主要概念依一定的層次來排列；並且，任教的教師在教學方式及其他基本能力上，亦有相當的認識，教學目標的達成便可預期。因此，任何在科學教育上的研究，均可能也應該落實在實際教學的工程上，如課程設計、師資訓練和教學方法上的改進，才具實際意義，也更能鞭策我國的科學教育改革，脫離牛步。 □

五、參考文獻

1. 江新合，師院附中國二學生推理能力發展及其家庭環境因素探討。科學教育月刊 49：22～29，1982。
2. 李銘正，國民中小學自然科學實驗課程對學生認知能力之影響。教育學院學報 4：351～375，1979。
3. 林邦傑，國中及高中學生具體運思、形式運思與學業成就之關係。中國測驗學會測驗年刊 28：23～32，1981。
4. 吳武雄，國中學生認知發展學科學及數學課程學習之相關研究。教育學院學報 6：257～281，1981。
5. 黃湘武，皮亞傑認知心理學與科學教育。科學教育雙月刊 37：12～17，1980。
6. Duckworth, E., Piaget rediscovered. *J. Res. Sci. Teaching*, 2:172～175, 1964.
7. Lawson, A. E., Developing formal thought through biology teaching. *The Am. Biology Teacher*, 37(7): 411～420, 1975.
8. Lawson, A. E., and J.W. Renner, Relationships of science subject matter and developmental levels of learners. *J. Res. Sci. Teaching*, 12(4): 347～358, 1975.
9. Piaget, J., Cognitive development in children: Piaget Development and Learning. *J. Res. Sci. Teaching*, 2: 176～186, 1964.
10. Marek, E. A., Correlations among cognitive development, IQ, and Achievement of high school biology students. *J. Res. Sci. Teaching*, 18(1): 9～14, 1981.