

# 科學學習材料具體化程度 對中小學生認知學習的成效研究\*

林 清 山                      陳 李 綢

本文為有關「科學學習材料具體化程度對中小學生認知學習的成效研究」一系列兩年研究計畫的第二年研究報告。利用本研究第一年計畫中所編製的認知發展能力測驗為工具，繼續探討布魯納認知理論應用於中小生科學教育的可行性及其理論的正確性。其目的有四：(1)探討不同年級、性別及段別的國中學生認知發展能力之差異。(2)探討自編的認知發展能力測驗與紙筆式認知測驗間的關係。(3)探討不同教學策略對國小學生認知學習效果的影響。(4)探討加速學習對促進國小學生認知學習效果的可能性。

為探討本研究目的(1)，以國中一、二年級前後段男女生共240名為受試，實施認知發展能力測驗。以三因子多變項變異數分析及單變項分析處理資料的結果發現：國中二年級學生認知發展能力優於一年級生，尤其是符號表徵能力及影像表徵能力上，二年級生皆高於一年級生。男生在符號表徵及影像表徵二項能力上顯然優於女生。前段班學生不論在動作、影像及符號表徵三項能力上皆優於後段班學生。

目的(2)的研究，仍以上述240名受試為對象。經皮爾遜積差相關結果得知：本研究編製之認知發展能力測驗與紙筆式認知測驗間具有高相關，說明自編的認知發展能力測驗為一有效的認知能力測量工具。

本文目的(3)的研究，則以國小五年級學生共180名為受試。他們被隨機分成四組，每組接受一種教學策略，然後測量各組認知學習效果。經單因子變異數分析結果發現：「先動作而影像而符號組」及「先影像而符號組」二組的教學效果最佳，以「符號組」及「動作組」二組的教學效果最差。

為探討本研究目的(4)，以165名國小四年級學童為受試並將他們隨機分為二組。一組受試以國小六年級以上的數學教材，利用先動作而影像而符號的教學方式使其加速學習；另一組受試則不予以加速學習。二組受試在實驗處理後，隨即接受認知學習測驗的測量。經t考驗分析結果發現：接受「先動作而影像而符號」加速學習組的認知學習效果優於未加速學習組。同時經進一步探討四年級加速學習組與五年級不同教學策略組的認知學習效果，發現：四年級加速學習組與五年級接受「先動作而影像而符號」教學策略組之學習效果並無顯著不同，但是皆優於五年級「先影像而符號組」、「符號組」及「動作組」之學習效果。這些證據說明加速學習顯然具有可能性。

本研究上述結果，支持了布魯納認知理論的觀點：「任任學科的主要概念都可利用某種心智上真實方式，有效的教給任何發展階段的任何兒童」，也就是說教師只要能配合學生認知發展的水準，以動作表徵、影像表徵而符號表徵的順序，協助學生產生認知上的重組，學生必能學會教材所含的概念而產生真正的學習。

數學和理化等科學科目是屬於較抽象、較符號化的課程，學生要真正了解這些課程的概念和意義，最好要透過實際操作、演練和推理思考的過程；然而目前國內的數理科教學卻偏向於抽象化的符號教學，教材又未能配合學生的認知結構，因此，國中生數理科的學習效果尚未能發揮應有的水準。布魯納 (J. S. Bruner, 1960) 在「教育的歷程」一書中，曾提出一個有名的假設：「任何一門學科

\* 本研究為行政院國家科學發展委員會專案補助之計畫，謹此致謝。

，都可利用某種心智上的真實方式，有效的教給任何發展階段的任何兒童」。在某種限度內，筆者認為這句話是可以相信的。大部份國中生覺得數理等學科太艱難，事實上是因為這些科目教材出現太多的公式和深奧的術語，教學內容與學生的實際生活脫節，使他們無法真正了解公式和術語的意義和基本概念所致。依據布魯納的觀點，教師只要將教材重新用學生可以瞭解的話改編，使教材配合學生的認知結構，學生就能真正了解教材的含義和概念。如此則數理科目對學生而言，不再是艱深難學的教材，必能促進其學習效果，增進其學習興趣。基於此一看法，本研究乃以布魯納認知理論為基礎，探討布魯納認知理論應用於我國科學教育的實際效果，並提出具體有效的教學策略，以為科學教育及教材改進之參考。

本研究分二階段進行，本報告為第二階段的研究報告。第一階段重點在發展「認知發展能力測驗」以為鑑定學生的認知發展能力的工具，幫助教師了解學生認知發展的情形。此一階段的工作已於民國七十三年八月完成。然而因為第一階段研究對象偏重於國小學生，所發展出來的認知發展能力測驗是否適用於國民中學學生則有待進一步探討。尤其是國民中學前後段學生的認知能力可能有所不同，本研究在第二階段裏繼續探討其差異性，以提供國中教師參考。同時為進一步探討布魯納認知理論應用的實徵效果，本研究根據布魯納認知觀點，設計各種不同教學策略，探討各種教學策略之效果，以提供教師教學之參考。因此本研究第二階段的研究乃繼續第一階段研究而設計。

在認知發展心理學的領域中，皮亞傑 (J. Piaget) 的認知發展學說，一直深受許多學者的重視。但與他同時提倡認知發展表徵論的布魯納 (J. S. Bruner) 似乎被遺忘。而這二位學者在近幾年來的科學教育的課程及教材設計上，都有卓著的影響力。為了證實布魯納認知理論在我國中小學科學教育的效果，本研究遂以布魯納的認知發展論為基礎引用他的幾項重要概念，來進行探討本研究各項問題。

1. **認知表徵意義**：布魯納認為人類的認知發展能力是由外在的教育力量轉化知識，引導個人內在心理歷程的改變而形成的。而介於教育與內在心理歷程之間的為表徵系統。每個人的認知表徵系統即為個人認知外界事物的法則。認知表徵又分為動作表徵 (enactive representation)、影像表徵 (iconic representation) 及符號表徵 (symbolic representation) 三種模式。所謂動作表徵是指個人透過實際的動作方式，認知外界事物。影像表徵是指個人除了透過動作外，還可透過視覺，聽覺及影像來了解外界事物。符號表徵是指個人除了透過「動作」、「影像」外，尚能透過抽象符號及語言，了解周圍世界。這三種表徵也代表著認知發展的三個階段。以「動作表徵期」發展在先，其次為「影像表徵」期，再次為符號表徵期。各階段之間具有階層統整性 (hierarchical integration) 的特質，較高階段的發展特性會含攝或統合於較低階段的發展特性。不過，布魯納雖把個人的認知發展分為三個階段，但他強調三個表徵方式的劃分，主要在於認知能力與心理結構化的改變，而不在於階段的明確劃分。換言之，各階段的劃分與年齡無絕對相關。(Bruner, 1973) 這種說法與皮亞傑認為個人發展階段與年齡絕對限制的說法迥然不同。

2. **認知發展與智力發展關係** 布魯納認為個人的智力成長，雖受遺傳之限制，但是透過教育及文化環境力量可以改變智力的發展。他認為智力的發展是個人認知外界事物時所用的知識。使用知識愈熟練，個人的智力發展愈好。因此他相信認知發展與智力之間關係密切。(Bruner, 1966) 不過，在布魯納與皮亞傑都認為認知發展不只是「量」的改變，而且是「質」的改變。此種說法與一般心理測驗學者借重統計，以數量表示心智的發展的觀點不同。(Elkind, 1968) 因此，在本研究中持用布魯納認知論，編製的認知表徵能力測驗，一方面重視量的分析，亦重視質的分析。測驗方式將用個別化實驗方式進行，同時測量學生三種表徵方式。

3. **認知發展與教學策略關係** 布魯納認為認知發展的拓大與教育有密切關係。他強調教學策略，教材結構須配合個人的認知發展，如此才能幫助個人認知能力充分發展。因此他提倡使用螺旋式課程

(Spiral curriculum)，以促進學生的認知發展。他認為螺旋式課程設計時，須考慮三個因素：(一)對兒童認知發展水準的了解，(二)教材是否能轉化成學生都能理解的方式，(三)教學方式應配合兒童的認知發展。(Bruner, 1966) 所以，他認為教師只要了解兒童的認知發展階段，教材配合兒童認知發展，以兒童所能接受的認知方式予以教學，那麼必能促進他們的認知學習。布魯納認為每個人的認知發展，先由「動作表徵」方式，經「影像表徵」而發展到「符號表徵」。因此教學策略最佳方式，當然是配合著這種認知發展的歷程。

4. 認知發展與加速學習關係 布魯納與皮亞傑二位學者都認為兒童的認知發展呈階層性特質。他們也同時認為每個人認知發展不同是由於認知結構在「質」方面改變，而不是量的改變。但是二位學者對「是否可以加速認知發展」的觀點有極大衝突。皮亞傑從自然發展論觀點支持「等待成熟」及「學習預備」，而布魯納則傾向於從引導發展論觀點支持加速學習。皮亞傑認為兒童的認知發展階段受成熟及年齡因素影響，各個發展階段有固定不變的順序，不可跳級。兒童的認知發展未達到某一階段，教師不可逾越，提早加速其發展到另一階段。(Piaget, 1958)

布魯納則認為認知發展並不是自然成熟的結果，它必須靠外在力量，如教育來引導其發展。他相信教師只要依照兒童認知發展的順序，由動作表徵，影像表徵，而符號表徵方式，系統地引導學生通過這些階段，不必坐等成熟或年齡來臨才教學。因此他認為「認知發展」是可以教出來的。他甚至認為教師若消極等待兒童的成長進入學習準備度才施教，這是一種教育的浪費。(Bruner, 1966) 由於他們二者對加速學習觀點的不同，導致當代心理學者的爭論。支持皮亞傑的「等待成熟」「自然發展」說法者，有些學者認為加速發展或加速學習可能只是一種機械化記憶能力的增加，但並沒有產生真正有效的學習效果。(如 Elkind, 1971; Rohwer, 1970) 另外有的學者(Siegler and Cocking, 1977) 認為加速學習的實驗，都是以短時間來評量其實驗成效，但是認知發展是長時間連續的，這樣評量並不表示個人認知能力的增加。也有些學者從事加速學習實驗失敗者，而支持皮亞傑觀點者(如 Green field, 1966;)

支持「加速學習」的研究中，有些學者(Bloom, 1968) 認為關鍵期(Critical Period)的存在，即證明個人有最佳學習時機，透過加速學習可以使兒童在關鍵期間更快學會各種觀念，提升行為發展。另外 Mermelstein & Shulman, (1967); Kohlberg, (1968); Nyiti, (1977) 實驗顯示加速學習，可促進兒童認知發展，並且可增加兒童學習興趣。Inhelder, Sinclair & Bovet (1974) 研究結果亦發現兒童的推理能力可透過加速學習而增進。Thomas, Dudley (1981) 等人研究證實對兒童的概念，可透過加速訓練，助長其解決問題及認知能力。Siegler & Atlas (1976) Siegler, Libert & Libert (1973) 等研究皆指出青春前期學生加速其認知學習，可促使他們提早進入形式操作期。

綜合上述之研究可見得各派學者對加速學習看法皆不相同，至於加速學習的成效如何，至今仍是見仁見智說法，有待進一步之探討及研究。因此本研究亦以探討加速學習的可行性作為研究問題之一，以證明布魯納加速發展的理論應用於我國中小學生的實效。

#### 本研究目的有四：

1. 探討國民中學學生認知發展情形。根據本研究第一階段編製的「認知發展能力測驗」為工具，藉以探討國中生三種表徵能力的差異，並比較前後段國中學生認知發展的差異。
2. 探討本研究編製的認知發展能力測驗與其他紙筆式認知測驗兩種測驗之間的關係。
3. 探討不同教學策略對國小學生認知學習效果的影響。比較直接使用「符號表徵方式」的教學策略、「先影像而符號方式」的教學策略、以及「先動作、影像而符號方式」的教學策略、三者的學習效果的差異情形，藉以幫助教師瞭解那一種教學策略方能增進學生的學習效果。
4. 探討加速學習對促進國小學生認知學習效果的可能性。為進一步探討布魯納認知理論在科學教

育的實徵應用，也進行加速學習的實驗研究，藉以發現配合學生認知發展結構的途徑，並驗證加速學習的可行性。

## 方 法

### 一、研究對象：

本研究依研究的不同，研究對象亦有不同。

1. 關於目的一，亦即探討國中生認知發展的差異性、比較前後段學生認知發展能力的差異之部分，係以北市南門、仁愛、弘道、明德四所國中及北縣中和及海山二所國中一、二年級學生共 240 名為對象。詳細人數分佈如表一所示。

表一 研究目的一及二的受試分佈表

學 校	年 級 別 性 別 人 數	一 年 級				二 年 級				合 計
		前 段		後 段		前 段		後 段		
		男	女	男	女	男	女	男	女	
北 市 南 門 國 中		5	5	5	5	5	5	5	5	40
弘 道 國 中		5	5	5	5	5	5	5	5	40
仁 愛 國 中		5	5	5	5	5	5	5	5	40
明 德 國 中		5	5	5	5	5	5	5	5	40
北 縣 中 和 國 中		5	5	5	5	5	5	5	5	40
海 山 國 中		5	5	5	5	5	5	5	5	40
合 計		60		60		60		60		240

2. 目的二探討本研究編製的認知發展能力測驗與紙筆式測驗結果間的關係，仍以研究目的一的受試 240 名為主。

3. 比較不同教學策略下學生學習效果的差異（目的三），則以臺北市金華國小五年級學生 180 名為主。共分為四組，每組人數 45 名。每一組受試參與一種教學策略實驗。

4. 探討加速學習的可行性部分（目的四），以臺北市金華國小四年級學生 165 名受試為對象。其中 110 名受試為加速學習組，55 名受試為未加速學習組。

### 二、研究工具

#### 1. 認知發展能力測驗

該測驗為本研究第一年計畫裏，以布魯納認知發展理論為基礎編製而成的。整個測驗分為動作表徵、影像表徵及符號表徵三部份測驗。共有十二題，每一題代表一種科學概念，每一題目有三個子題，利用三種不同方式，即動作表徵、影像表徵及符號表徵方式呈現，以測驗三種表徵能力。動作表徵方式的材料包含實際可操作的實物；影像表徵方式材料為繪有操作步驟的圖片材料；符號表徵方式材料為呈現抽象符號及文字的卡片。

測驗實施方式採用個別測驗，每位受試須作完十二題。每題的呈現方式，先以符號表徵方式呈現

，再以影像表徵方式呈現，最後才以動作表徵方式呈現。受試必須作完每一題的三個步驟後，才再進行下一題之測驗，直到作完十二題為止。

測驗結果以動作表徵、影像表徵、及符號表徵三種分數記分，記分方式以每一題的各種表徵分數皆含有三分、二分、一分、及零分者。每種表徵分數最高分為36分。信度方面：重測信度為.56~.71（間隔三月）內部一致性係數為.54~.92之間。效度方面：與數理學業成績之同時效度為.30~.50之間，與青少年認知發展測驗之同時效度為.57~.76。本測驗同時具有高的構想效度。

## 2. 青少年認知發展測驗

該測驗為陳英豪、吳裕益等氏根據美國天主教大學思考及語言心理發展中心1970編製的「皮亞傑認知發展量表」修訂的。全測驗共分十八分測驗，每個分測驗有一個例題，三個問題共54題，一題1分，最高分54分。本測驗適用於國小三年級至高中三年級學生。信度方面，重測信度（間隔四個月）為.89。效度方面，與學業成績同時效度在.21~.80之間；預測效度在.41~.60之間，並且具有顯著構想效度。（陳英豪、吳裕益，民70）

## 3. 皮亞傑式認知發展測驗

該測驗由林邦傑氏根據美國 Sheehan (1970) 修訂之皮亞傑式認知發展測驗再修訂之，原測驗係由法國 Longeot (1962,1964) 根據皮亞傑認知發展理論設計而成，用以測驗具體運思和形式運思的能力，係由 Sheehan 引進美國加以修訂。共有四個分測驗：類別插入、命題邏輯、比例推理、組合推理。測驗結果可獲得具體運思及形式運思二部分分數。信度與效度的考驗皆甚佳。（林邦傑，民70）

## 4. 教學策略實驗教材

利用認知發展測驗中，對五年級國小學生較難的題目，如「奇數和」、「平方和」、及「立方和」等三題選為教材內容，另外再加一題「偶數和」題目，共四個數學概念作為實驗教材。然後根據布魯納認知理論觀點，設計四種教學策略呈現，即策略一：「先動作，影像而符號教學策略」；策略二：「先影像，而符號教學策略」；策略三：「只呈現符號方式教學策略」；策略四：「只呈現動作方式教學策略」。四種策略所使用的實驗內容及方式皆不相同。如附表二。

## 5. 認知學習測驗

依據教學策略實驗教材內容設計的測驗題目，包括「奇數和」題目二題，「偶數和」題目二題，「平方和」題目四題，及「立方和」題目一題。每個概念題目皆在受試接受教學策略實驗後即予施測。每個概念题目的計分，以單元為主。每個概念全答對給四分，共計十六分為滿分。分數愈高。表示受試獲得認知學習概念愈多，認知學習效果愈佳。

## 6. 加速學習材料

仍以教學策略實驗材料及內容為主，但實驗方式則採策略一：先動作、影像而符號教學方式進行。受試為國小四年級學生。

## 三、研究步驟：

1. 自臺北市南門、仁愛、弘道、明德國中及北縣中和及海山國中六所學校內，隨機抽取一、二年級，前、後段班學生為受試。

2. 本研究對象選出後，先訓練五位高年級大學生實施個別化布魯納認知發展能力測驗，由研究者指導施測方法，再由五位主試分別前往學校實施測驗。歷時八週完成此測驗。

3. 個別化測驗完成後，再利用各抽樣學校的週會及班會時間，為各校抽樣受試舉行團體式的青少年認知發展測驗，及皮亞傑式認知發展測驗，並收集各受試者七十四學年度第一學期數學、國文及理化等成績。

4. 設計教學策略實驗教材。利用已編製的認知發展能力測驗中，對五年級學生較難試題，選為教

表二 四種教學策略的實驗內容及方式

策略名稱	策略一	策略二	策略三	策略四
策略內容	「先動作、影像而符號」方式	「先影像而符號」方式	符號方式	動作方式
單元：	動作部分 影像部分 符號部分 $1 = 1 \times 1$ $1+3=4=2 \times 2$	影像部分 符號部分 $1 = 1 \times 1$ $1+3=4=2 \times 2$ $1+3+5=9=3 \times 3$ $1+3+5+7+\dots+(2n-1) =$	$1 = 1 \times 1$ $1+3=4=2 \times 2$ $1+3+5=9=3 \times 3$ $1+3+5+7+\dots+(2n-1) =$	動作部分 符號部分 只呈現 不說明 讓受試排鈕扣 ..... $1+3=4=2 \times 2$ $1+3+5=9=3 \times 3$
奇數和概念	讓受試排不同顏色鈕扣 $1+3+5=9=3 \times 3$ $1+3+5+7+\dots+(2n-1) =$	影像部分 符號部分 $1 = 1 \times 1$ $1+3=4=2 \times 2$ $1+3+5=9=3 \times 3$ $1+3+5+7+\dots+(2n-1) =$	$1 = 1 \times 1$ $1+3=4=2 \times 2$ $1+3+5=9=3 \times 3$ $1+3+5+7+\dots+(2n-1) =$	讓受試排立方塊 ..... $(甲+1) \times (甲+1)$ $\times (甲+1)$ $=$ $(甲+1) \times (甲+1)$ $\times (甲+1)$ $=$
偶數和概念	讓受試排不同顏色鈕扣 $2 = 1 \times 2$ $2+4=6=2 \times 3$ $2+4+6=12=3 \times 4$ $2+4+6+\dots+2n =$	影像部分 符號部分 $2 = 1 \times 2$ $2+4=6=2 \times 3$ $2+4+6=12=3 \times 4$ $2+4+6+\dots+2n =$	$2 = 1 \times 2$ $2+4=6=2 \times 3$ $2+4+6=12=3 \times 4$ $2+4+6+\dots+2n =$	呈現正方板 長方板及小正 方板讓受試操 作 $(甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲方+甲方+1 $=$ 甲方+2甲+1 $(甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲方+甲乙+甲乙 $=$ 甲方+2甲乙+乙方
平方和概念	呈現正方板、長方板及小正方板 讓受試實際操作 $(甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲方+2甲+1 $(甲乙) \times (甲乙)$ $=$ 甲方+2甲乙+乙方	影像部分 符號部分 $(甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲方+2甲+1 $(甲乙) \times (甲乙)$ $=$ 甲方+2甲乙+乙方	$(甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲方+2甲+1 $(甲乙) \times (甲乙)$ $=$ 甲方+2甲乙+乙方	讓受試排立方塊 ..... $(甲+1) \times (甲+1)$ $\times (甲+1)$ $=$ $(甲+1) \times (甲+1)$ $\times (甲+1)$ $=$
立方和概念	讓受試排立方塊 $(甲+1) \times (甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲 <sup>3</sup> +3甲 <sup>2</sup> +3甲+1 $(甲乙) \times (甲乙) \times (甲乙)$ $=$ 甲 <sup>3</sup> +3甲 <sup>2</sup> 乙+3甲乙 <sup>2</sup> +乙 <sup>3</sup>	影像部分 符號部分 $(甲+1) \times (甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲 <sup>3</sup> +3甲 <sup>2</sup> +3甲+1 $(甲乙) \times (甲乙) \times (甲乙)$ $=$ 甲 <sup>3</sup> +3甲 <sup>2</sup> 乙+3甲乙 <sup>2</sup> +乙 <sup>3</sup>	$(甲+1) \times (甲+1) \times (甲+1)$ $=$ 甲 <sup>3</sup> +3甲 <sup>2</sup> +3甲+1 $(甲乙) \times (甲乙) \times (甲乙)$ $=$ 甲 <sup>3</sup> +3甲 <sup>2</sup> 乙+3甲乙 <sup>2</sup> +乙 <sup>3</sup>	讓受試排立方塊 ..... $(甲+1) \times (甲+1)$ $\times (甲+1)$ $=$ $(甲+1) \times (甲+1)$ $\times (甲+1)$ $=$
教學總時間	160分	160分	160分	160分
評量方式	每一觀念認知學習測驗10分鐘共40分鐘完	同左	同左	同左
備註				

材內容，再加上有關科學概念為主題，進行教材設計及編定，並設計四種教學策略及實驗方式。

5. 自北市金華國小五年級學生中隨機抽取180名受試，進行不同教學策略之實驗工作。所有受試分為四組，每一組受試採用一種策略教學，每種教學策略實驗皆教給受試四種觀念。每一組每一種觀念的教學時間是四十分鐘，每組受試總教學時間為一百六十分鐘。每一組受試在每一種觀念教學後，再實施認知學習的測驗。

6. 自北市金華國小四年級學生隨機抽取三班，其中二班110名受試設為加速學習實驗組，另外一班55名學生為不加速學習控制組。加速學習實驗組受試接受加速學習實驗，亦即以教學策略的實驗教材及內容，以「先動作、影像而符號」的教學策略予以教學，共教予四種觀念，每一種觀念教學時間仍為四十分鐘，總教學時間共160分。每一種觀念教學後即實施認知學習測驗。不加速學習組則未予以教學，但仍實施認知學習測驗。

7. 將測驗及實驗資料進行整理、計分及統計分析工作。

#### 四、實驗處理：

在教學策略實驗中，四組受試教學策略的每一種觀念實驗程序說明如下：

(詳細內容如表二所示)

(1) 第一組受試採用「策略一」：「先動作、影像而符號」教學方式，是將每一觀念先以實際材料呈現，讓受試操作學習，然後再呈現圖片說明，最後再呈現符號材料，引導受試將實際材料與抽象符號連結學習。

(2) 第二組受試採用策略二：「先影像而符號」數學方式，將每一種觀念先呈現圖片卡說明，然後再呈現符號材料，讓受試從圖片中與符號概念連結學習。

(3) 第三組受試採用策略三：「符號」教學方式，每一種觀念直接以符號材料呈現再教學。

(4) 第四組受試採用策略四：「動作」方式教學，每一種觀念只呈現實際材料讓受試學習，然後再呈現符號材料，但主試不提供任何連結線索，只讓受試探索。

#### 五、研究設計及資料分析：

1. 比較不同年級、性別、及段別的國民中學學生認知發展能力的差異部份，採用 $2 \times 2 \times 2$ 因子的多變項變異數設計；自變項為不同年級，不同性別，及不同段別。依變項為三種表徵分數。測驗結果以三因子多變項變異數分析(MANOVA)及單變項變異數分析(ANOVA)處理。

2. 為探討認知發展能力測驗與其他紙筆式認知測驗間之關係，則以皮爾遜積差相關(Pearson product-moment Correlation)處理資料。

3. 為探討不同教學策略對國民小學生認知學習效果的影響，本研究採用等組隨機分組之實驗設計，將受試分成四組，分別採用不同教學策略教學。自變項為四種教學策略，依變項為認知學習分數。實驗結果所搜集的資料以單因子變異數分析處理。

4. 探討加速學習對促進國小學生認知學習效果的可行性之部分係採等組後測的實驗設計。將受試隨機分成兩組，即實驗組與控制組。其中自變項為有無加速學習，依變項為受試認知學習分數。結果以t考驗統計法來比較加速學習組與不加速學習組之認知學習效果的差異。另外，比較四年級加速學習組與五年級各教學策略組學生認知學習的差異時，本研究以單變項變異數分析方式處理，並以 $X^2$ 統計來考驗加速學習組與五年級各教學策略組學後次數百分比的差異，以說明學生認知學習效果。

## 結 果

### 一、不同年級、性別及段別國中生認知發展能力比較

表三為國中一、二年級前後段男女生在認知發展能力測驗上三種表徵分數之平均數及標準差。

表三 各組別之平均數及標準差

組別	類別		符號表徵			影像表徵		動作表徵	
	N	X, SD	N	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
一年級	男生	A 段	30	26.40	4.42	32.03	3.97	34.17	2.83
		B 段	30	16.00	6.15	22.70	5.16	27.20	5.71
		合	60	21.20	7.46	27.37	6.55	30.69	3.69
	女生	A 段	30	24.07	4.02	29.43	3.67	33.00	2.73
		B 段	30	14.97	7.16	20.50	6.35	25.83	5.69
		合	60	19.52	7.38	24.97	6.84	29.42	5.72
二年級	男生	A 段	30	30.47	4.62	33.57	2.92	34.90	1.62
		B 段	30	21.10	6.96	25.97	6.37	28.80	6.13
		合	60	25.79	7.54	29.77	6.24	31.85	5.42
	女生	A 段	30	29.20	4.62	32.60	3.05	34.17	1.86
		B 段	30	19.10	6.65	23.80	5.71	27.10	5.67
		合	60	24.15	7.63	28.2	6.35	30.64	5.50

另外，表四是探討不同等級、性別及段別受試在認知發展能力上的差異，以年級、性別及段別為三個自變項，以符號表徵、影像表徵及動作表徵三分數為依變項，進行三因子多變項變異數分析的結果。由表四可知，年級、性別和段別間無交互作用 ( $\Lambda = .99, P > .05$ )；年級與性別間無交互作用存在 ( $\Lambda = .99, P > .05$ )；年級與段別間無交互作用 ( $\Lambda = .99, P > .05$ )；性別與段別間無交互作用 ( $V = .99, P > .05$ )。由此可見，各年級受試不因性別、段別不同而有不同的認知表徵分數。

但是就年級主要效果言，一、二年級學生的整個認知表徵分數有顯著差異，( $\Lambda = .85, P < .01$ )。從表三結果知二年級學生整個認知表徵分數顯然高於一年級學生。就單變項分析言，一、二年級學生在符號表徵分數、影像表徵分數上皆有顯著差異，( $F = 36.44; 19.64; P < .01$ )但是在動作表徵分數上，則無顯著差異 ( $F = 4.64, P > .01$ )。另外從表三結果可知：二年級學生符號及影像表徵二項分數皆高於一年級學生。就性別主要效果言，男女生在整個認知表徵分數上有顯著差異，( $\Lambda = .96, P < .05$ ) 其中以男生認知分數高於女生。

就單變項言，男女生在符號表徵、影像表徵，二項分數上皆有顯著差異，( $F$ 分別為 5.19; 9.74;  $P < .01$ )但在動作表徵分數上則無大差別 ( $F = 4.08, P > .01$ ) 男生在符號及影像表徵分數上皆高於女生。就段別主要效果言，前後段學生在整體認知分數上有顯著差異，( $\Lambda = .53, P < .01$ )。



就單變項言，前段學生在符號表徵、影像表徵及動作表徵三項分數上顯然優於後段學生。  
( $F=165.03;185.92;140.65, P<.01$ )。

表四 各組受試認知表徵分數之多變項變異數分析

變異來源	SSCP	自由度	行列式值	$\Lambda$	單變項 符號 影像 動作
年級 (A)	$\begin{Bmatrix} 1242.15 & 768.95 & 343.53 \\ 768.95 & 476.02 & 212.66 \\ 343.53 & 212.66 & 95.00 \end{Bmatrix}$	1	$Q_A + Q_e = 3.938913400e10$	.85**	36.44** 19.64** 4.69
性別 (B)	$\begin{Bmatrix} 176.82 & 204.28 & 121.03 \\ 204.28 & 236.02 & 139.83 \\ 121.03 & 139.83 & 82.84 \end{Bmatrix}$	1	$Q_B + Q_e = 3.482315822e1$	.96*	5.190* 9.74** 4.08
段別 (C)	$\begin{Bmatrix} 5626.02 & 5035.33 & 4004.06 \\ 5035.33 & 4506.67 & 3583.67 \\ 4004.06 & 3583.67 & 2849.70 \end{Bmatrix}$	1	$Q_C + Q_e = 6.252123176e10$	.53**	165.03** 185.2** 140.65**
AB	$\begin{Bmatrix} 0.07 & -.83 & -.18 \\ -.83 & 10.42 & 2.29 \\ -.18 & 2.29 & .50 \end{Bmatrix}$	1	$Q_{AB} + Q_e = 3.35581787e10$	.99	.0022 .43 0.02
AC	$\begin{Bmatrix} .26 & 1.07 & 0.70 \\ 1.87 & 13.07 & 4.90 \\ .70 & 4.90 & 1.84 \end{Bmatrix}$	1	$Q_{AC} + Q_e = 3.353144144e10$	.99	.0076 .54 .09
BC	$\begin{Bmatrix} 2.40 & -2.40 & -4.30 \\ -2.40 & 2.40 & 4.30 \\ -4.3 & 4.30 & 7.70 \end{Bmatrix}$	1	$Q_{BC} + Q_e = 3.351456902e10$	.99	0.07 .09 .38
ABC	$\begin{Bmatrix} 12.15 & 10.80 & 6.98 \\ 10.80 & .60 & 6.20 \\ 6.98 & 6.20 & 4.00 \end{Bmatrix}$	1	$Q_{ABC} + Q_e = 3.34 600333.e10$	.99	.36 .39 .20
Qe	$\begin{Bmatrix} 7907.87 & 5095.60 & 3784.87 \\ 5095.60 & 5624.47 & 4034.43 \\ 3784.97 & 4034.43 & 4700.70 \end{Bmatrix}$	232	$Q_e = 3.335327250e10$		均 方 34.09 24.24 20.26
全體	$\begin{Bmatrix} 14967.74 & 11113.60 & 8256.79 \\ 11113.60 & 10878.67 & 7988.28 \\ 8256.79 & 7988.28 & 7742.28 \end{Bmatrix}$	239			

\*\* $P < .01$  ; \* $P < .05$

二、認知發展表徵分數與其他紙筆式認知測驗分數之相關分析

表五為一、二年級受試在各項測驗分數之平均數及標準差。



表六為國中一年級受試各項分數之相關矩陣表。表七為國中二年級受試各項分數之相關矩陣表。由表六及表七結果得知：布魯納式認知發展測驗中三項表徵分數，其內部相關在.85~.94之間， $P < .01$ ；可見本測驗具有高的內部相關。三種表徵分數分別與皮亞傑式認知發展測驗中的具體運思分數及形式運思分數求相關，發現三種表徵分數與二種運思分數之間有高相關（ $r$ 在.58~.81之間， $P < .01$ ）另外三種表徵分數與青少年認知發展測驗相關皆達顯著相關（ $r$ 分別在.66~.82之間， $P < .01$ ）。三種表徵分數中，皆以影像表徵分數與其他測驗之認知分數之相關最高。

表五 各年級受試各項分數之平均數及標準差

變 項		年 級		一 年 級 (N 120)		二 年 級 (N=120)	
		M及SD		M	SD	M	SD
布魯納式	符 號 表 徵	20.36	7.47	24.97	7.63		
	影 像 表 徵	26.17	6.80	28.99	6.34		
	動 作 表 徵	30.06	5.74	31.25	5.49		
皮亞傑式	具 體 分 數	9.11	2.14	9.63	1.83		
	形 式 分 數	8.19	4.65	10.24	4.67		
青 少 年 認 知 分 數		42.58	8.05	45.64	6.85		
學 業 成 績	國 文	85.34	13.06	83.16	15.23		
	數 學	79.26	20.37	72.87	22.63		
	自 然	80.54	19.34	73.30	20.77		

表六 國中一年級受試各項分數之相關矩陣 (N=120)

	布魯納式			皮亞傑		青 少 年 認 知	學 業			
	符 號 表 徵	影 像 表 徵	動 作 表 徵	具 體 運 思	形 式 運 思		國 文	數 學	生 物	
布魯納式 {	1.00									
{ 符 號 表 徵		.94**	1.00							
{ 影 像 表 徵		.88**	.87**	1.00						
{ 動 作 表 徵		.58**	.65**	.59**	1.00					
皮亞傑式 {										
{ 具 體 運 思		.74**	.80**	.70**	.79**	1.00				
{ 形 式 運 思		.76**	.82**	.73**	.80**	.81**	1.00			
青 少 年 認 知 測 驗		.68**	.75**	.71**	.54**	.70**	.75**	1.00		
學 業 {	{ 國 文	.82**	.79**	.73**	.64**	.76	.86**	.90**	1.00	
	{ 數 學	.80**	.78**	.73**	.68**	.73**	.86**	.89**	.93**	1.00
	{ 生 物									

\*\* P < .00

布魯納式測驗三種表徵分數與學業成績（包括國文、數學及理化三科）之彼此相關，亦達顯著相關， $r$  分別在 .63~.82 之間， $P < .01$ 。以皮亞傑式二種運思分數及青少年認知分數與學業成績之相關亦達顯著相關（ $r$  值在 .52~.86， $P < .01$ ）。

綜合以上結果，可見布魯納式認知發展測驗與其他紙筆式皮亞傑式認知測驗之間有高相關，顯示布魯納式認知測驗具有高的同時效度。而且各種認知發展測驗與學業成績有顯著相關，說明認知能力與學業成就間有密切關係。

表七 國中二年級受試各項分數之相關矩陣 (N = 120)

				布魯納式			皮亞傑		青少年認知			學期		
				符號表徵	影像表徵	動作表徵	具體運思	形式運思	青少年認知	國文	數學	理化		
布魯納式	符號表徵			1.00										
	影像表徵			.89**	1.00									
	動作表徵			.85**	.90**	1.00								
皮亞傑	具體運思			.70**	.71**	.66**	1.00							
	形式運思			.81**	.75**	.69**	.78**	1.00						
青少年	認知			.72**	.73**	.66**	.75**	.70**	1.00					
學業	國文			.63**	.64**	.65**	.65*	.66**	.52**	1.00				
	數學			.80**	.79**	.76**	.75**	.84	.68**	.80**	1.00			
	理化			.77**	.76**	.74**	.74**	.83**	.73**	.72**	.92**	1.00		

### 三、不同教學策略對國小學生認知學習的差異比較

表八為四組受試認知學習分數的平均數及標準差。表九為四組受試接受不同教學策略後，認知學習的變異數分析結果。表十則為四組平均數的 Turkey 事後考驗結果。

表八 不同教學策略組認知學習分數之平均數與標準差

組別	N · XSD	N	X	SD
動作→影像→符號		45	8.37	5.18
影像→符號		45	7.38	5.07
符號		45	3.29	2.89
動作		45	2.76	3.31

由表九結果可知，四組不同教學策略組的認知學習間有顯著差異， $(F = 19.78, P < .01)$ 。從表八結果可知以「動作、影像而符號組」認知學習分數最高 ( $X = 8.37, SD = 5.18$ )，其次為「影像而符號組」，再次為「符號組」，以「動作組」分數為最低。從表十各組常均數的事後比較中發現：「

表九 各教學策略組認知學習分數變異數分析

變異來源	SS	df	MS	F
組間	1089.84	3	363.28	19.78**
組內	3232.71	176	18.37	
總和	4322.55	179		

\*\* P < .01

表十 各組事後考驗比較 (q值)

組別	動作 ↓ 影像 ↓ 符號	影像 ↓ 符號	符號	動作
動作→影像→符號	—	1.55	7.95**	8.78**
影像→符號		—	6.40**	7.23**
符號			—	.83
動作				—

\*\* P < .01

動作、影像而符號組」與「動作組」平均數有顯著差異 (q 值為 8.78, P < .01) ; 它與「符號組」平均數亦有顯著差異 (q = 7.95, P < .01) ; 但它與「影像而符號組」平均數則無顯著差異 (q = 1.55, P > .05) 。 「影像而符號組」平均數與「符號組」及「動作組」平均數皆有顯著差異 (q = 6.40; 7.23; P < .01) 。 「符號組」與「動作組」間平均數則無顯著不同 (q = .83, P > .05) 。 這些結果說明四組受試中, 以「動作影像而符號」組及「影像而符號」組平均數最高, 以「符號組」及「動作組」平均數最低。

四、加速學習效果的比較

表十一為國小四年級加速學習組與未加速學習組, 二組受試認知學習分數的比較。由表十一結果可知二組受試認知學習分數有顯著不同 (t = 22.20, P < .01) 而且是以加速學習組平均分數顯然高於未加速學習組。由此可以說明加速學習組認知學習效果優於未加速學習組。

表十一 加速學習組與未加速學習組比較

X · SD · t	X	SD	t
加速學習組 (N=110)	9.65	4.46	20.20**
未加速學習組 (N=55)	.70	.92	

\*\* P < .01



表十二是進一步比較國小四年級加速學習組與五年級各教學策略組受試認知學習效果的結果。從表中可知：五組受試認知學習分數有顯著差異 ( $F=30.14, P<.01$ )。再就表十三事後考驗發現：四年級加速學習組認知學習分數與五年級「動作、影像而符號組」分數並無顯著不同 ( $F=2.75, P<.05$ ) 四年級加速學習組與五年級「影像而符號組」分數則有顯著不同，( $F=8.66, P<.05$ )。四年級加速學習組與五年級「符號組」及「動作組」分數之間皆有顯著差異 ( $F$ 分別為 67.95; 79.95;  $P<.01$ )

表十二 四年級加速學習組與五年級各組之變異數分析

變異來源	SS	df	MS	F
組間	2291.62	4	572.91	30.14**
組內	5417.88	285	19.01	
總和	7709.50	289		

\*\*  $P<.01$ 

表十三 四年級加速學習組與五年級各組之事後比較「F值」

	五年級 動作←影像→符號	五年級 影像→符號	五年級 符號	五年級 動作
四年級 加速學習組	2.75	8.66*	67.95**	79.75**

\*  $P<.05$  \*\*  $P<.01$ 

## 討 論

### 一、國中學生認知發展能力與年級、性別及段別間的關係

本研究第一項目的在探討不同年級、性別及段別國中學生，其認知表徵能力的差異性。由多變項變異數分析及單變項F值考驗發現，國中一、二年級學生整個認知表徵能力有顯著不同，尤其在符號表徵能力與影像表徵能力上有顯著不同。但在動作表徵能力上並無顯著差異。由此可見國中、二年級學生認知能力中，最大的差別是在影像表徵和符號能力部份。換言之，一、二年級學生雖然皆以動作表徵能力最佳，然而二年級學生在影像表徵與符號表徵等二項能力的發展顯然優於一年級學生。此項結果與筆者74年的研究結果以及與其他學者的研究結果大致符合（林邦傑，民70；李銘正，民68；Piaget, 1964），再度肯定年級與認知能力有密切關係。

至於國中男女生認知表徵能力的比較方面，就整體表徵能力言，男生有優於女生傾向；就各個能力言，男生在符號表徵、影像表徵能力顯然高於女生這二項能力。此項結果與 Almy, 1966; Graves, 1972；研究結果一致，說明男生的認知發展傾向於較複雜的邏輯概念、數理抽象概念及空間知覺。而女生在這二方面發展則較差。

再就前後段學生認知表徵能力來比較。就整體表徵能力言，前段班學生顯然優於後段班學生，由此說明智力與認知能力間仍有密切關係，支持布魯納與皮亞傑共同看法。（Bruner, 1973, Piag-

et, 1964)。就三種表徵能力言，前段班學生不論在符號表徵、影像表徵及動作表徵能力上都優於後段班學生。而且以符號表徵能力的差距最大，其次為影像表徵能力的差距，最後為動作表徵能力的差距。由此可見前後段班學生的認知方面最大差異仍為符號表徵及影像表徵能力。因此筆者認為對後段班學生的教學及教材設計，可採布魯納認知發展觀點，以螺旋式課程設計，利用實際操作方式，讓學生從做中學習獲得知識，再以影像表徵方式呈現，加強概念，最後再與符號及抽象概念連結，如此才能增進後段班學生的學習動機及學習效果。

綜合以上結果可以看出：國中學生的認知表徵能力，在年級、性別及段別差異下，是有顯著不同；但是不論年級、性別及段別不同，國中學生仍以動作表徵能力發展最佳，其次為影像表徵，再次為符號表徵能力。再度肯定布魯納所說認知發展是具有階層性的觀點 (Bruner, 1970)，也說明國中學生的認知發展仍有個別差異。依據皮亞傑觀點 (Piaget, 1972)：國中學生的認知發展應進入形式操作期，他們的成熟度足以使用較抽象一符號的概念教導之。但是我國國中生進入形式操作期時間較晚 (林邦傑, 民70)，因此對國一學生或後段班學生教學不宜一開始即給予太抽象的教材教導之，應該配合學生認知結構，提供適當教材，由淺入深，從實際操作中，獲得較深刻概念，最後再與抽象符號概念配合。如此才能增進國中學生這方面的學習效果。

## 二、布魯納式認知發展能力測驗與紙筆式認知測驗之間的關係

從本研究第二項研究結果中可知：本研究編製之布魯納式認知發展能力測驗與皮亞傑式認知測驗間皆有顯著高相關，這點說明布魯納式認知發展能力測驗具有高的同時效度。同時就認知發展能力測驗的內部相關言，彼此間亦有顯著高相關，由此可見本測驗具有高的一致性。以上結果顯示：認知發展能力測驗確實為測量國小及國中學生認知發展能力的有效工具。

本研究所編製的認知發展能力測驗同時具有三種表徵材料，能測出受試者的動作表徵，影像表徵及符號表徵三種認知能力。此種測驗方式與皮亞傑式認知發展測驗測量方式迥然不同。近年來國內學者如黃惠玲 (民69)，林邦傑 (民70)，鄭湧涇 (民70)，湯清二 (民69)，陳英豪，吳裕益 (民70) 皆致力於團體實施的皮亞傑式紙筆測驗之發展工作，並獲致許多重大的發現。然而各學者均遇到一個共同的困難，那就是團體式認知發展測驗的結果，僅能區分受試者在量方面的差異，而無法適當區分受試者在質方面的差異。換言之，測驗結果很難區分學生的認知發展階段。(陳英豪、吳裕益, 民71)。本研究編製之測驗，一方面重視量的分析亦重視質的分析，因此測驗方式採用個別化方式實施，同時測量受試三種表徵能力，以代表三個階段發展的標準。此種個別測驗方式較為精確可靠，同時能隨時掌握受試各種操作思考方式，而不似團體式紙筆認知測驗只重視形式邏輯的思考方式，忽視了操作的認知能力。

## 三、不同教學策略效果的比較

本研究的第三個目的在探討不同教學策略對國小學生認知學習效果的影響。從研究的結果中發現：以「先動作而影響而符號」的教學效果最佳，其次為「先影像而符號組」的教學效果；以「符號」組及「動作」組的效果最差。此項結果支持了布魯納的認知觀點。布魯納認為「教師如何將學習材料以最適當方式提供給學生」這個問題，並沒有特定的順序，但是與認知發展歷程有密切關係。個人的認知發展，先由動作表徵方式，經由「影像顯示」而發展到「符號表徵」，最佳的順序當然是配合這種認知發展順序。本研究結果支持：國小學生對數理教材的認知方法，依次以動作表徵，影像表徵及符號表徵的順序呈現，其認知學習最有效之說法。

不過，布魯納亦強調教學策略順序的呈現，必須先配合個人認知發展階段，再考慮個別差異及教材性質。例如有些人已達到符號表徵期階段，但仍以影像表徵方式予以動學，則學習效果未必最佳。正如本研究另一項發現：對國小五年級學生的教學策略，雖以「動作而影像而符號組」的教學效果最佳，但是以「先影像而符號」組的教學效果與「先動作而影像而符號」教學效果並無顯著不同。換言

之，對國小五年級學生言，本研究提供之教材，可直接以「先影像而符號」方式教學，學生仍可獲得有效學習。

另外，本研究亦發現大多數國小學生雖然皆以動作表徵方式為最初的認知方式，但是教學中若只提供動作操作，而不予以「圖片」或「符號」觀念的連接，那麼學生的概念學習將停留在動作表徵階段並不能獲得真正抽象化的概念。本研究中「動作組」教學效果最差，即為明證。然而對國小學生言，數理科教材仍不宜直接提供符號表徵方式予以教學。必須依照著先動作方式，再以影像表徵方式呈現，最後再與符號的概念連結的順序給予教學，如此才能獲得最好的學習效果。目前我國中小學數學及科學教育，常因升學競爭影響，教學易流於使用與學生思考模式相去甚遠的呈現方式來教學，無法配合學生的認知結構，因而使學生無法獲得真正的概念，並且降低了學生學習動機。因此，教師如何設計有利的教材結構，配合學生的認知發展階段，（從先動作表徵，影像表徵而符號表徵方式呈現教材），以促進教學效果，乃為必要的事。

#### 四、加速學習與認知發展的關係

兒童的認知發展能否達到某種程度，一般公認是受遺傳和環境兩種因素的交互影響。布魯納認為遺傳因素雖然無法改變，但是設置有利於兒童發展的情境，配合兒童認知結構，以加速兒童認知發展，却是可能的。布魯納的有名假設：「任何學科的主要概念，都能以心智上真實的方式，有效地教給任何發展階段的任何兒童。」正是說明布魯納重視教育及加速學習的觀點。

本研究的第四項結果支持了此項說法，所以配合兒童認知發展方式，從動作，影像而符號表徵的呈現順序，予以兒童加速學習的可行性是存在的。

不過，「加速學習」的觀念一直是學者所爭論之問題，有人認為「加速學習」的評量應以長期追蹤評量為主，才能說明加速學習的有效性。有人認為長期追蹤評量可能受成熟或其他因素影響，無法正確診斷學生學習結果是否受加速學習之影響。因此對加速學習的效果一直是見仁見智說法。但是本研究結果只重視根據布魯納認知學說，設計有利的教學情境和教材結構，配合著個人的認知發展方式，提早教學，加速學生的認知學習的立即效果是可能的。同時本研究更發現，加速學習對發展階段愈成熟的兒童言，其效果更好。換言之，加速學習的實施，可能須配合兒童認知發展階段及個別差異，如此才能獲得更佳的效果。

#### 參 考 文 獻

- 李銘正 (民68) 國民中小學自然科實驗課程對學生認知能力之影響。教育學院學報，第4期，351~371頁。
- 吳武雄 (民70) 國中學生認知發展與科學及數學課程之相關研究。教育學院學報，第6期，257~280頁。
- 林清山、陳李調 (民74) 布魯納認知發展能力測驗之編製及其相關研究。測驗年刊，32輯，53~66頁。
- 林邦傑 (民70) 國民及高中學生具體運思、形式運思與傳統智力之研究。中華心理學刊，第12卷，第2期，33~49頁。
- 林邦傑 (民70) 國中及高中生具體運思、形式運思與學業成就之關係。測驗年刊，第28輯，23~32頁。
- 梁恒正 (民64) 布魯納認知理論在課程組織中的應用。師大教育研究所集刊，第17輯，413~486頁。
- 黃曼麗 (民69) 國中二、三年級學生具體操作及形式操作之推理動力研究。教育學院學報，第5期，195~296頁。

- 黃惠玲 (民69) 形式運作階段的理論及測量研究。國立臺大心理研究所碩士論文。
- 陳英豪、吳裕益 (民70) 青少年認知發展測驗指導手冊。高雄，復文書局。
- 陳李綱 (民69) 學習材料具體化程度與兒童認知發展之關係。師大教育心理學報，第14期，205~220頁。
- 陳李綱 (民70) 資優兒童與普通兒童認知發展之比較研究。師大教育心理學報，第15期，215~226頁。
- 陳李調 (民74) 布魯納理論應用於中小學生認知學習的成效研究。師大教育心理學報，第18期，191~228頁。
- 湯清二 (民68) 高中學生具體操作及形式操作之推理能力研究。教育學院學報，第4期，480~493頁。
- 湯清二 (69) 高中、高職學生認知推理能力之比較研究。教育學院報，第5，頁225~233。
- Almy, M., Chittenden, E., & Miller, P. (1966). *Young children's thinking*. New York: Columbia University, Teachers College Press.
- Bloom, B. (1968). "Learning for Mastery" *Evaluation Comment*. Los Angeles: Center for the Study of Instructional Programs Univ of California.
- Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1962). *On knowing: essays for the left hand*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist*, **19**, 1-15.
- Bruner, J. S. (1965). The growth of mind. *American Psychologist*, **20**, 1007-1017.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1970). Learning and thinking. In Hamackek, D. K. *Human Dynamics: Psychology and Education*. Boston: Allyn & Bacon.
- Bruner, J. S. (1971). Needed: A theory of instruction. In Hyman, R. T. *Contemporary thought on teaching*. N. T.: Prentice-Hall.
- Bruner, J. S. (1972). Nature and use of immaturity. *American Psychologist*, **27**(8), 11-16.
- Bruner, J. S. (1973). Organization of early skilled action. *Child Development*, **44**, 667-676.
- Chiappetta, E. L. (1976) A review of piagetion studies relevent to science instruction at the secondary and college level. *Science Education*, **60**, 253-261.
- Dasen, P. (1975). Concrete Operational Development in Three Cultures. *Journal of Cross-cultural Psychology*, **6**, 156-172.
- ElKind, D. (1971). Eorly Childhood Education. *National Elementary Principal*, **51**, 48-55.
- ElKind, D. (1976). *Child Development and Education, A Piagetian perspective*. New York: Osford.
- Erik, D. CD., & Liver, V. (1981). Children's solution processes in elementary arithmetic problems: analysis and improvement. *Journal of Educational Psycho-*



*logy*, 73(6), 765-779.

- Groves, A. J. (1972). Attainment of conservation of mass, weight, and volume in minimally educated adults, *Developmental Psychology*, 2, 223-225.
- Greenfield, P. M., & Bruner, J. S. (1966). Culture and Cognitive growth. In *handbook of socialization research*, ed. D. A. Goslin., Chicaga: Rand McNally.
- Inhelder, B., Sinclair, H., & Bovet, M. (1974). *Learning and the development of cognition*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Kohlberg, L. (1968). Early education: a cognitive development view. *Child Development*, 39, 1013-1062.
- Mermelstein, E., & Shulman, L. (1967). Task of formal schooling and the acquisition of conservation. *Child Development*, 38, 39-52.
- Nyiti, R. (1977). Schooling and Conservation in Tanzania: A Lack of Effects, *Child Development*, New Orleans, March, 17-20.
- Piaget, J., Inhelder B., & Szeminska, A. (1960). *The child's conception of geometry*. New York: Basic Books.
- Piaget, J. (1964). Development and learning. *Journal of Research in science teaching*, 2(3), 176-186.
- Piaget, J. (1965). *The child conception of number*. New York: Norton.
- Piaget, J., Inhelder, B. (1969). *The psychology of child*. Routledge & Kegan Paul Inci.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evaluation from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15, 1-12.
- Rohwer, W. (1970). Implications of Cognitive Development for Education. In *Carmichael's Manual of Child Psychology*, 1, 1366-1455.
- Shulman, L. S. (1968). Psychological controversies in the teaching of science and mathematics. *Science teacher*, 35(6), 24-38.
- Siegler, R. S., Liebert, D. E., & Liebert, R. M. (1973). Inhelder and Piaget's pendulum problem: teaching preadolescents to act as scientist. *Developmental Psychology*, 9, 97-101.
- Siegler, R. S., & Liebert, R. M. (1975) Acquisition of formal scientific reasoning by 10-and 13-years old designing a factorial experiment. *Developmental Psychology*, 11, 401-402.
- Siegler, R. S., & Atlas, M. (1976). Acquisition of formal scientific reasoning by 10-and 13-years old detecting interactive patterns in data. *Journal of Educational Psychology*, 68, 360-370.
- Siegler, I., & Cocking, R. (1977). *Cognitive development from childhood to adolescence: A constructive perspective*. New York: Holt, Rinehart, and winston.
- Thomas, G. J., Dubley, H., & Carolyn, L. (1981) Teaching preadolescents to act as scientist: replication and extension of an earlier study. *Journal of Educational Psychology*, 73(5), 705-711.
- Ward, C. R., & Herron, J. D. (1980) Helping students understand formal chemical concepts. *Journal of research in science teaching*, 17, 387-400.

## THE EFFECT OF THE CONCRETENESS OF SCIENCE MATERIALS ON THE EFFICIENCY OF COGNITIVE LEARNING

CHEN-SHAN LIN      LI-CHOU CHEN

### ABSTRACT

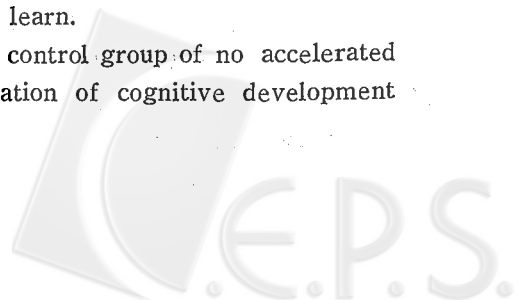
The main purpose of this study was to test J. S. Bruner's theory of representation and to find out the applicability of his theory of instruction.

In this study, a test named "Test of Cognitive Representation" was constructed according to Bruner's theory (1) to compare the cognitive development of Junior High school students in different grades, sexes and ability groups, (2) to explore the relationships between the "Test of Cognitive Representation" and the Piagetian type of cognitive development test, (3) to test the learning efficiency of different teaching strategies; and (4) to test the feasibility of acceleration of cognitive development.

The main findings were as follows:

- (1) There were significant differences among grades, sexes and ability groups in abilities of symbolic representation and iconic representation.
- (2) There were significant correlation between the "Test of Cognitive Representation" and the Piagetian type of cognitive development test. The Test of Cognitive Representation was proved to be a valid cognitive developmental instrument.
- (3) There were significant differences among different teaching strategy groups. The group who was taught by proper sequence, from enactive to iconic and then to symbolic, was superior to those who were taught to learn by symbolic representation or by enactive representation only.
- (4) The children of fourth grade were accelerated to learn mathematics concepts that were supposed to be difficult for them to learn.

The results were compared against the control group of no accelerated learning. Evidence showed that the acceleration of cognitive development was feasible.



All these findings provide positive support for J. S. Bruner's assumption that "..... any subject can be taught effectively in some intellectually honest form to any child at any stage of development."

