科學教育學刊
1996, 第四卷第一期, 1-30

EJ51-1996-1

交互式多媒體教學系統對高中學生學習細胞生理之研究

謝祥宏[1] 耿正屏[2] 湯清二[2]
[1] 國立彰化師範大學 科學教育研究所
[2] 國立彰化師範大學 生物學系

（投稿日期：84 年 5 月 15 日，接受日期：85 年 3 月 4 日）

摘要：本研究是以高中生物課本中有關細胞生理之內容（擴散、滲透、主動運輸、吞噬、胞飲等概念）先進行概念分析，發展前測工具，以了解學生學習狀況；並透過晤談、文獻蒐集，發掘學生之迷思概念。並整合交互式多媒體教學設計的理論、認知心理學及建構主義，以發展交互式多媒體教學教材。所有參與本研究之學生，均已在學校學習過細胞生理教材。因此，本研究之實驗組學生以交互式多媒體教學系統復習細胞生理概念，而控制組學生則自行閱讀課本中有關細胞生理之內容。藉此探討學生透過 IMI 教材復習與控制組自行閱讀，兩者學習成效之差異。由研究結果顯示：本研究所發展之 IMI 教材（實驗組）復習效果顯著高於自行閱讀書面教材（控制組）。再根據統計分析顯示，本軟體對於滲透概念之學習幫助最大。而對不同邏輯思考能力的學生而言，IMI 教材對於形式操作期與具體操作期的學生具有顯著的幫助。本軟體設計上之另一特色爲能記錄學生學習路徑，藉以了解學生之學習型態。結果發現學生的學習型態分做五型：L型、V型、倒V型、W型及超W型，以L型佔最多，其次爲W型。而學習型態與邏輯思考能力間有顯著的關係。形式操作期與具體操作期學生學習型態以L型佔最多，而過渡期學生的學習型態則以W型佔最多。

關鍵詞：交互式多媒體、細胞生理、學習型態

壹、緒論

最近幾年的科學教育研究顯示學生具有不完整或不正確科學概念的現象，而這些現象是分佈在各個年齡層中 (Westbrook & Marek, 1991; Marek, Cowan & Carallo, 1994) 。對大部分的教師而言，都渴望學生能理解科學概念，但是，並非所有的教師都認爲這是一件容易達成的事。從認知的觀點而言，學習是學習者主動建構、了解新舊知識之關係及聯結的過程 (Simmons, 1991) 。 Smith (1991) 認爲學習科學，並非僅僅是增加一些資料使它聯結在一起，學生的先前知識常常與他們即將要學的科學概念不一致。而這些先前概念會阻礙學生的學習，因此，一些學者提出概念改變的模式，以促進學生之學習。

在生物科的教學上，常常遭遇到在實驗時有太多的變因影響某一現象，無法一一控制而進行實驗操作 (Mintz, 1993) 。在利用動物進行活體實驗的重要性，被加以重新評估 (Kinzie, Strauss & Foss, 1993; Sewell, Stevens & Lewis, 1995) 。基於上述原因，有一些學者提出利用電腦模擬、互動式影碟方式呈現，以替代無法進行、需長時間及具危險性的實驗。再者，針對生物科學習困難的研究發現「概念在生物學上的組織層次」及「概念的抽象層次」，是學生學習困難的主因 (Lazarowitz & Penso, 1992) 。鄭湧涇 (1982) 指出推理能力與生物科的學習有顯著的關係存在。倘若教師以較抽象化、符號化的方式教學，則僅有形式操作期的學生能眞正理解並學習。而在具體操作期的學生，由於在抽象思考、演繹思考上遭遇困難，因而學習成就低落。因此，多位學者提出利用電腦模擬一些抽象性概念，以促進學習之可行性建議 (Friedler, Amir & Tamir, 1987) 。

傳統的電腦輔助教學 (Computer-Assisted Instruction, CAI) 是指將教材輸入電腦，使學習者與電腦所呈現的訊息進行刺激與反應間聯結，並應用回饋作用產生增強，從而建立新的知識 (蔣德勉， 1988) 。在這種觀點下，認爲學習是刺激與反應的聯結，是以行爲學派的觀點設計。但是，從認知的觀點而言，學習是一個與學習者心智活動有關的主動 、 積極 、 及目標導向的過程 (郭重吉， 1988) ，絕非上述以行爲學派取向之 CAI ，所憑藉之刺激與反應間增強作用所能說明。 Simmons (1991) 認爲教師應提供不同的學習環境，以促進學習者能加深認知的活動，而電腦所建構的微型世界 (Microworld) ，足以作爲具體模型與抽象思考模型的橋樑。再者，最近建構主義的基本主張：「知識是由人類建構出

來的，並不是由人類發現而得」。

基於對學習觀點的改變，影響了電腦輔助教學的設計理念。一種強調學習者主動建構的設計方式的教材，因應而生。Tergan (1993) 認爲設計學習情境有助於概念的改變。因此，本研究之研究理念，乃在於從教學多元化及個別化學習的觀點，嘗試開發另一種學習教材——交互式多媒體教學 (Interactive Multimedia Instruction, IMI) 教材提昇學習效果，並探討學生使用本研究所發展之 IMI 教材情形，作爲將來設計多媒體輔助教材之參考。

貳、研究目的

本研究之目的在於探討學生透過本研究所發展之 IMI 教材，學習「細胞生理概念」之情況。基於上述研究目的，本研究之待答問題爲：一、實驗組（利用 IMI 方式）學習細胞生理概念之成效，是否與控制組（自行閱讀書面教材）具有顯著差異？二、本研究所發展之 IMI 學習教材，對細胞生理中哪一個概念學習具有顯著的幫助？三、不同邏輯思考能力的學生，透過本研究所發展之 IMI 教材，學習細胞生理成效之差異如何？四、學生在學習 IMI 教材時的學習型態有哪些？與邏輯思考能力是否有關？

參、文獻探討

科學教育的對象「學生」具有個別差異的特性，而且影響學習的因素又有很多。 因此，設計 IMI 教材做爲學生學習生物概念，所涉及的因素甚多。一般而言，學生在學習之前，「頭腦並非一張空白的紙張」，這是我們常聽到的一句話。此話的含意是學生的先前知識，深深影響學習成效。再者，學習者的特質不同，其學習偏好亦不同，學習的成果亦不同。 而且， IMI 教材本身具有的特性、設計方式、適用範圍、限制，亦深深影響其成效。 因此，要使 IMI 教材提升其概念改變成效，則必得對這些變因深入分析探討。以下就互式多媒體教學 (IMI) 的意義、交互式多媒體教學的理論基礎、相關實證性研究加以探討。

一、交互式多媒體教學 (IMI) 的意義

交互式多媒體教學是一種教學設計的模式，以電腦整合各種的教學資源爲中心。而 IMI 教材與其他 CAI 最大的不同就在於交互性 (Interaction) 的設計。最

初所謂交互性，乃指有機體間活動 (Jonassen, 1988) 。在 IMI 中，它表示學習者與電腦間活動之互動層次而言。 Schwier 和 Misanchuk (1993) 則根據教學上師生交互作用的性質，重新將交互作用修改成三個層次（圖 1 ），並檢核這些層次中交互作用的功能，及列舉這些層次中交互作用的形式。這三個層次的意義如下：(1)反應 (Reactive) 層次的交互作用——對一個出現的刺激或一個問題產生反應。(2)主動反應 (Proactive) 層次的交互作用——強調學習者建構及產生活動，學習者處於選擇或對存在的結構反應，並開始產生獨特的建構方式。並在設計者強迫的限制下，達到熟練。(3)互動 (Mutual) 層次的交互作用——此種交互作用已特化成人工智慧或虛擬實體之設計 (Virtual reality design) 。

在學習者與電腦產生交互作用的功能上，不外是達成確認訊息、調控學習進度、駕馭訊息、探討活動、精熟內容。爲達此種交互作用功能，則得透過一些互動的方式如：移動滑鼠、鍵盤輸入、碰觸螢幕、虛擬界面等，使得學習者與電腦能進行溝通，而達到交互作用的目的。在本研究強調互動的前提下，如何提昇互動層次、互動多化，將是必要的考量。

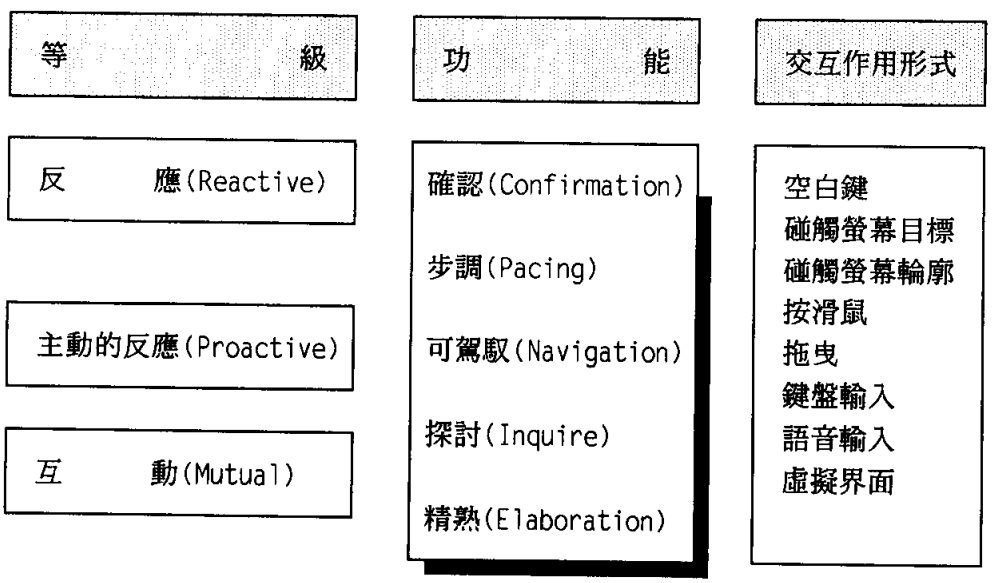


圖 1 ：多媒體交互作用等級 (Schwier & Misanchuk, 1993)

二、交互式多媒體教學 (IMI) 的理論基礎

任何電腦輔助學習教材的設計，均有其理論基礎，作爲導引的方向。而不同的理論基礎，能呈現類似或單一的建議作爲實施時之參考。例如：教學時提供學習者多次練習的機會，被認爲是源自行爲學派之增強理論或深度處理 (Depth of processing) 之認知學派的理論。但是本研究在設計 IMI 時，採用多重理論爲基礎。其主要原因乃基於學習內容之本質和學習者之特色考量 (Schwier & Misanchuk, 1993) 。以下就設計 IMI 軟體所需具備的三大學派，行爲學派、認知學派及建構主義，逐一加以討論。

㈠行爲學派觀點

IMI 與傳統教學、及 CAI 之設計，最大的不同就是在於交互作用。傳統上教學上之交互作用，深受行爲學派中增強原理 (Reinforcement) 影響，此時的互動，被視爲刺激—反應—增強間的關係，互動的目的在於形成某種行爲。知識的獲得（或複雜行爲），被認爲是經由一連串簡單行爲之串連。 Schwier 和 Misanchuk (1993) 認爲以行爲學派爲取向的教學互動應包括：強迫的進度設計、明顯的反應、立即的回饋、強調結果的知識、電腦控制學習順序、重視激勵及確認。從這些強調的互動形式，明顯的看出以「行爲學派」的觀點所設計的電腦輔助學習軟體，是以預先設計好的學習過程，透過「回饋」及「增強」，使將學的知識或預達到的行爲產生聯結。

因此，在教學設計中若採用反覆練習，是受增強理論的影響。但是這種設計取向，在學習的過程中學習者所能控制程序的很少。

㈡認知學派觀點

Schwier 和 Misanchuk (1993) 認爲認知學派取向觀點強調了解內在心智運作及訊息是如何被選擇、察覺 (Perceived) 、處理 (Processed) 及提取 (Retrieved) 。從認知的觀點而言，個體是訊息的協調者，教學的角色是激勵有意義的從事內容，及刺激學習者努力於加深訊息處理層次。依認知的觀點而言，知識可以被表徵成命題 (Proposition) 、產生 (Production) 、心像 (Image) 或基模 (Schemata) 。訊息處理的過程，可以被視爲不斷編碼、提取知識的過程。此種過程包括：⑴精緻化 (Elaboration) ，指使用已有的知識增加、擴大及修改新的訊息。 例如：可用比喻的方式說明蛋白質的合成元件，就如同建築工人。⑵組織 (Organzation) ，

是將內在訊息形成一個較大單位。(3)擴大活化 (Spread of activation)，是指將相關的命題聯結在一起之過程。

Hannafin (1989) 認爲提供開放性問題、預測及形成假說、實際的反應、及小組間合作討論 (Cooperative dialogue) 等活動，能提升 IMI 中認知的活動，因而有助於有意義活動的層次及內容處理深度。

因此，若以認知學派的觀點設計，則所進行的活動，應著重在於學習者內在歷程、心智運作，不只是讓學習者僅是操縱按鈕做判斷、或選擇。例如進行實驗活動時，除了呈現結果之外，亦可在呈現結果之前讓學生預測，以加深內在認知歷程。

㈢建構主義觀點

建構主義的觀點認爲行爲學派和認知學派取向，是以客觀哲學的立場 (Objective philosophical stance) 爲觀點。抱持這種觀點的學者認爲有一客觀獨立於世界的眞理存在，教育的角色在於使學習者發現眞理。而相對於建構主義，所強調的眞理是內心主動建構出來，是個體從知覺經驗，建構出個人所謂的眞理（郭重吉， 1992 ）。這種觀點鼓勵學習者主動建構上課所學到的意義，遠甚過於被動地接受上課所呈現的訊息。

因此，以建構主義觀點設計，所強調的是學習者主動建構的學習歷程，重視學習者之先前知識與新知識衝突的產生，因而建立的有意義的學習。

分析上述三大學派的理論，對於 IMI 的設計具有重大啓示。首先，就 IMI 整合「多媒體」的特性而言，所觸及的將是認知學派中，訊息的處理、編碼及轉換的過程。如何不使畫面的訊息，造成認知負荷，將是考量重點。若以多媒體本身之聲、光效果，引發學習動機，則符合行爲學派之刺激—反應—增強，以建立學習行爲的理論。再者，就 IMI 所強調的「學習者與電腦間交互作用」，則涉及建構主義中「學習者主動建構活動」的觀點。而在以學習者控制的前提下，高層次的互動將是考量的重點。若以知識獲得而言，學習者之先前知識如何與新知識產生衝突，以產生有意義的活動，將是設計 IMI 必要的考量。綜合以上所敘述的三個派別，就設計 IMI 而言並非獨立的，是綜合不同的學派，才能產生更大的潛力。

三、相關實證研究

本研究強調人與電腦間交互作用的重要，而模擬是所有電腦輔助教學系統中，最具交互作用特性 (Borsook & Higgin-botham Wheat, 1991)。而要使 IMI 教材提升其概念改變成效，則必得對「細胞生理」概念學習困難之因素深入分析探討。因此，以下就以電腦模擬應用在教學與學習，及學生學習「細胞生理」概念困難之研究以討論。

㈠電腦模擬應用在教學與學習上之研究

Mintz (1993) 調查學生經由電腦模擬中研究生態系的學習情形，重點在於：提出假說、控制變因、評估對資料的整合能力。研究樣本取自城市區域的學校 9 位 14-15 歲的學生（ 4 位男生及 5 位女生），進行每週兩次，每次一小時的課程，一共六小時。而每一位受試者旁邊，將有一位觀察者在旁幫忙處理瑣碎的事，並做現場記錄。研究工具則採用由 Mintz 等人年所發展之 ECO-LIFE 電腦模擬教材。在模擬時可以改變族群的數目及食物的量，先由學習者預測其結果，再由電腦呈現出結果之模擬。在這種以自然界生態系上的問題爲基礎下，發展出探究的作業 (Inquiry assignments)。學生將被要求提出假設、設計實驗、對於獨立的變因給予數值，最後進行模擬實驗。結果顯示電腦模擬對提升探究工作具有顯著效果。並提昇學生的興趣和動機。由適當的引導，學生遵循探究程序，提出假說、進行實驗、觀察和記錄資料、做出結論等程序 (Mintz, 1993)。

Robert 和 Steve (1992) 利用互動式電腦模擬教演化的理論。學生扮演捕食者的角色，必須在 18 秒內盡可能的用滑鼠點取蛾以殺死它，而存活下來的蛾則產生下一代。經驗上在教授演化理論時，學生很容易接受後代的變異是隨機的，而不易由教學中傳達變異是非隨機的。第二種混淆是既平常且難克服的是關於演化的目的。很多學生不願放棄拉馬克有機體的概念—「用進廢退」。因此，Robert and Steve 設計以圖爲主之電腦模擬實驗，以作爲探究的例子。結果利用此種方式模擬各種顏色的蛾，它對學生具有很大的吸引力，因此，它適合作爲表徵生物課程。再者，這項模擬的實驗可將資料加以儲存，並繪成圖表作爲討論 (Robert & Steve, 1992)。

Hameed 、 Hackling 和 Garnett (1993) 以概念改變爲基礎，設計電腦輔助學習軟體 (CAI package)，企圖探討學生在化學平衡上迷思概念的轉變。研究設

計主要是採用電腦模擬造成認知衝突，以提昇學習者調適 (Accommodation) 。研究以 30 位 12 歲學過化學平衡的學生爲樣本，進行前測、實驗處理（電腦輔助學習）、後測，及延宕測驗等程序。並進行相依樣本之前測與後測、後測與延宕測驗之 t-test 。結果 T 檢定結果達顯著差異，顯示以概念改變設計之 CAI 具明顯的概念改變效果。

單文經、鍾邦友 (1993) 認爲學習某概念時要像處於該情境中，學會如何應用週邊的資訊和工具，才是眞正的學習。而要眞正處於該情境中的方法爲：⑴直接在實際中學習，但是時間有限。⑵以人工佈置情境，但是，所費人力物力可觀推廣性不大。⑶以 IMI 進行情境模擬，除了無上述問題外，尙具有將長時間的情節，濃縮表現出來的優點。更可進行在眞實情境中，無法安排的實驗情境。以 CTGV (1992) 數學解題系列爲例具有以下特性：⑴情境設計方式，強調身歷其境、遭遇問題、分析、解決問題。⑵注重全面性思考，每一個故事結束後給予一個問題，而與此問題相關之問題，需由學生自行產生，不同於教科書中，重點在於訓練運算與解題之技巧。⑶資料檢索與工具提取便捷，在情境中自行摸索、利用相關資訊以解決問題。

在傳統的自然科教學中，強調經由「實驗」的學習過程中，學生可獲得概念的學習及操作技能的學習理念下，對於生物上複雜性很大，難以在實驗室操作時， Mintz (1993) 的「電腦模擬」不啻提供了一個好的學習環境。從這篇研究中可以深深體會到模擬對於探究技巧 (Inquiry) 的培養，具有很深的啓示。尤其，在生物學上須長時間才能看出影響的概念（生態學）、多因子對生態之影響，採用模擬方式具有很好的學習效果。對於操縱和控制變因、提出假說方面的技能，有顯著幫助。再者，由 Robert 和 Steve (1992) 的研究，採用強調互動的設計方式、 Hameed *et. al.*, (1993) 採用概念改變方式設計及單文經、鍾邦友 (1993) 強調情境學習，均顯示其成效，大大的支持本研究的設計方式。

㈡「細胞生理」概念困難之研究

有關細胞生理概念（擴散、滲透、吞噬和胞飲）學習困難的研究，都偏重在擴散與滲透，但在研究上爲了顧及教材之完整性，仍以高中教材中之「細胞生理」爲研究主題。以下就擴散、滲透這兩個概念之相關研究加以探討。

Marek 、 Cowan 和 Carallo (1994) 的研究指出，高中學生僅有 1.8% 的學生眞正了解擴散， 62.5% 的學生爲作答或對擴散現象產生迷思概念。而曾千虹

(1992) 對國中、國小及高中學生所作的研究，亦顯示學生具有「細胞外的物質往內移動的現象，稱爲滲透；而細胞內的物質往外移動的現象稱爲擴散」的迷思概念。在相關研究上 Westbrook 和 Marek (1991) 研究亦指出，不管如何教學生擴散的概念，迷思概念依舊持續。大一學生與七年級的學生，具有同樣多的迷思概念。

Friedler *et al.*, (1987) 以 500 個高中二年級學生對滲透先前概念 (Preconception) 和迷思概念進行研究，並經由五種不同的評量工具顯示：(1)最常對滲透現象的解釋是「一種朝平衡濃度之渴望或驅力」。(2)很多學生很難利用「水分子濃度」的概念。(3)大部分的學生很難了解「水分子保持移動的動態平衡」。(4)學生很難了解滲透現象在植物生理中的關係。(5)很多學生很難領悟溶液、溶劑濃度、及數量的關係。(6)學生常常在執行實驗時，並沒有眞正了解基本的原理。最後由晤談發現：(1)學生發現要對於一個某一個現象，發生的過程解釋「爲什麼」時是非常困難的。(2)學生無法正確的區分「擴散」和「滲透」。(3)大部分的學生無法正確定義「濃度」的概念，以及約三分之一的學生，在了解溶液時遭遇困難。(4)三分之二的學生不瞭解滲透與植物細胞的關係。再者，學生對於原生質離、膨壓、水勢、滲透壓、滲透勢不熟悉。大多數的學生相信，基於達到濃度平衡的需要，是引起水移動的原因。此爲目的論、神人同形論的例證。同樣地，大部分的學生誤認爲「當達到濃度平衡時，水分子將停止移動」。

Zuckerman (1994) 以解決滲透的問題爲中心，企圖透過解決問題的過程，了解學生有關滲透之正確概念及不正確的概念。從研究發現影響滲透解題的概念包括：水分子之隨機運動和水分子在半透膜兩邊之運動、及滲透壓與滲透平衡的關係兩個概念。

從文獻中 Marek *et al.*, (1994) 、 Zuckerman (1994) 和 Westbrook 和 Marek (1991) 的研究，發現細胞生理擴散與滲透概念，確有其學習上之困難值得加以研究克服。尤其本研究從學習多元化與教學多元化的角度，發展交互式多媒體教材是一項嶄新的嘗試。

肆、研究設計

一、研究樣本

本研究採用準實驗研究法中，不相等實驗組與控制組設計。因本研究的內容「細胞生理」涵蓋高中生物一、二年級，因此以高二自然組學生爲研究對象，而且這些學生均已學過有關本研究之細胞生理主題。研究方式爲將學生分成控制組與實驗組，以考驗其學習效果。在樣本取得上有一些限制。如：學校意願、學校特性（有無自然組）、教師配合度、交通等因素。爲考量時間因素，以中部地區縣市的高級中學爲母群體。又爲考量代表性問題，以彰化地區選取 1 所、臺中縣選取 1 所、雲林和南投各選取 1 所（表 1 ）。 每校抽取一班學生爲實驗組（利用 IMI 教材）與控制組（利用書面教材）。爲求研究對象能涵蓋具體操作期，因此，選擇曾修習過高中生物背景之西螺農工（一般高中生均已是過渡期以上，而無具體操作期）。

二、研究工具

㈠前、後測工具

本研究透過紙筆測驗、晤談及文獻蒐集，找出學生在細胞生理上（擴散、滲透、主動運輸、吞噬、胞飲）之迷思概念。本工具的編製，以高中基礎生物（全一册）及第一册有關細胞生理的概念與內容，以此製成雙向細目表，以作爲內容效度的依據（郭生玉， 1994b ），並依此細目命題 。 再經兩位專家就題目之學

表 1 ：交互式多媒體教學 (IMI) 軟體受測樣本一覽表

縣　市	選取學校	選取班數	人 數
彰　化	彰化高中	1 班	43
臺 中 縣	大甲高中	1 班	53
雲　林	西螺農工	1 班	46
南　投	南投高中	1 班	35
合　計	4 校	4 班	177人

理、敘述加以討論，將不妥處加以修改。本測驗工具一共經過兩次預試，最後成形。並用 SP 表分析難度、鑑別度。 難度以 0.4 ～ 0.8 爲標準，鑑別度以 0.2 以上爲基準刪除不良試題（郭生玉， 1994b ）。在第一、二次預試時包含較多的開放性試題（調查五項概念了解程度、五大概念解釋、實驗題），以蒐集學生概念了解程度及另有想法。最後以封閉型問題是非題 10 題，選擇題 20 題，形成最後的前後測測量工具（謝祥宏， 1995 ）。此外在文獻中 (Westbrook & Marek, 1991; Marek *et al.*, 1994; Zuckerman, 1994; Odom & Barrow, 1995) 等多學者的研究，對學生擴散、滲透方面迷思概念有深入研究，均是作爲發展前後測工具的參考。前後測結果利用 SPSSPC 統計軟體，測得信度 0.85 (Cronbach α =.85)。在開放性問題中分析學生之迷思概念，並由文獻中整理出本研究範圍內之迷思概念（表 2 ）。

㈡邏輯思考能力測驗

本測驗沿用鄭碧雲 (1990) 修改自 Roadrangka 、 Yeany 和 Padilla 所編之邏輯思考能力測驗 (The Group Assessment of Logical Thinking, GALT) ，作爲評鑑學生邏輯思考能力之指標。該項測驗有 12 題，每題 1 分。 得分 0-4 分爲具體操作期， 5-7 分爲過渡期， 8-12 分爲形式操作期。本測驗之內容分爲六個分測驗（鄭碧雲， 1990 ）：第 1,2 題爲守恆測驗、第 3,4 題爲比例推理、第 5,6 題爲控制變因、第 7,8 題爲機率推理、第 9,10 題爲相關推理、第 11,12 題爲組合邏輯。每一題均詢問選擇該答案之原因，只有在兩者皆正確的情形下，該題才算得一分。而第 11 題需對 9 項、第 12 題需對 20 項才算得一分。經統計分析，得知邏輯思考能力測驗之庫李信度 (KR20) 爲 .83 。本研究之樣本邏輯思考能力分佈人數如表 3 。

三、控制組與實驗組教材之發展

㈠控制組教材

控制組教材是以高中生物教科書中全一册及第一册中，有關細胞生理之內容，全部摘錄成書面教材。

㈡實驗組教材

根據 Mintz (1993) 的研究發現電腦模擬能提供動態的模型系統，使一般難觀測的抽象性概念，一一呈現在學生面前。因此，本研究之課程軟體設計，除了

表 2 ：有關學生細胞生理之迷思概念（謝祥宏，1995）

一、擴散

1.擴散現象到達分子均勻分佈時，分子不再碰撞。

**2.物質顆粒由濃度高到濃度低移動，乃因物質分子擁擠，需要更多的空間，因此向低濃度區域移動，直到達到平衡（濃度相同）才停止移動。

3.分子群由密度大向密度小的一方移動。

4.細胞內的物質往外移動的現象，稱爲擴散。

二、滲透

*1.水分子爲了達到平衡，而有目的的滲透。

*2.不同量的水比不同濃度的水更能產生滲透。

*3.除非半透膜兩邊的濃度相等，否則不會達到滲透平衡。（因葡萄糖一直進入，半透膜內水不斷進入，直到平衡才停止）。

4.在滲透平衡時，水分子停止穿過半透膜。

5.以滲透平衡的觀點判斷，用水分子、葡萄糖分子滲透之有無，去判斷滲透壓之有無。

6.先下降後上升，葡萄糖釋放出膜外，使膜內水濃度升高，而外界水又進入，因而水上升。

7.因水位不等、壓力不同，爲達平衡所以有滲透壓。

8.用目的論解釋，膜內濃度增加。因葡萄糖分子進入膜內，膜外水分子濃度上升，水分子也進入膜內，導致水上升。有滲透作用，也有滲透壓，因爲要達平衡必有滲透壓。

三、主動運輸

1.不明白主動運輸本質，誤認爲缺氧時可透過主動運輸方式，加快氧氣的交換。

四、吞噬和胞飲

1.對於吞噬、胞飲之區別，容易淆混。

* Zuckerman (1994)

** Odom和Barrow (1995)

表 3 ：實驗組與控制組邏輯思考能力測驗分佈一覽表

組　別	具體操作期	過 渡 期	形式操作期
控 制 組	20	10	46
（百分比）	（45%）	（43%）	（44%）
實 驗 組	24	13	58
（百分比）	（55%）	（57%）	（56%）
合　計	44	23	104
（百分比）	（100%）	（100%）	（100%）

基於上述理論外主要採用下列方式：⑴概念改變之教學模式 (Conceptual change model, C.C.M,) 先讓學習者觀察一些現象，再要求學習者比較異同、預測、及呈現微觀世界的狀態，最後應用新的概念解釋 (Hameed *et al.*, 1993) 。⑵情境模擬 (Simulation) 模擬實驗室觀察現象、並操作儀器、預測及呈現動態模型。⑶高交互式設計：學習者控制（讓學習者有更多的選擇權）、高互動性（立即的反應非線性的訊息處理、適應性、回饋、選擇）、互動方式多元化（移動滑鼠、拖曳物體、滑鼠感應區）、適時回饋、⑷學習過程之紀錄：爲了深入了解學生在學習本軟體時之學習路徑，本軟體設計成可以完全記錄學生學習過程，如：記錄學習者所使用某一主題之時間、選用頻率、學習順序、作答情形等，以分析學生經由本軟體學習之模式，作爲進一步設計電腦輔助軟體之參考。以下就本研究中五大概念設計方式加以分析（表 4 ）。

由表 4 設計方式分析表，顯示擴散與滲透兩大概念，皆是採用「概念改變模式」及「實驗模擬」方式設計。讓學生先前經驗與將學習概念產生認知衝突，再加以概念澄清，最並經由操作「模擬實驗」了解抽象概念的運作機制。而主動運輸概念，則採用動態模型方式，模擬主動運輸機制。在涉及過程性的概念「吞噬」、「胞飲」時，則採過程解說、動態過程模擬等方式設計。

IMI 軟體設計過程：

1. 教材分析——針對高中基礎生物（全一册）及第一册有關細胞生理的概念，列出概念摘要，作爲設計腳本之參考。

表 4 ：細胞生理中五大概念設計方式分析表

概　念	主　要　設　計　方　式
擴　散	. 概念改變模式(C.C.M) . 擴散實驗操作與模擬
滲　透	. 概念改變模式(C.C.M) . 設計實驗、選擇滲透實驗中半透膜中液體種類、預測結果，最後模擬微觀現象
主動運輸	. 動態模擬主動運輸之載體功用
吞　噬	. 吞噬過程之解說、動態過程模擬
胞　飲	. 胞飲過程之解說、動態過程模擬

2. 依設計理念、學生迷思概念、困難分析撰寫腳本（表 5 ）。在設計的過程中採用 Boehm 所提出之螺旋式生命週期模式 (Spiral life cycle model)（羅倫新， 1994 ）。經此不斷的修正，使軟體達到最高效果。

表 5 ：交互式多媒體教學 (IMI) 腳本設計摘要表

概　念	設 計 方 式	具　　體　　流　　程
1. 擴散	・C.C.M ・Simulation	步驟 1　呈現六種日常生活現象 步驟 2　判斷哪些是擴散 步驟 3　由判斷中產生矛盾（與心中想法不同） 步驟 4　學生選擇微觀現象之特寫 步驟 5　擴散實驗之操作（變因）
2. 滲透	・C.C.M ・Simulation	步驟 1　呈現三種日常生活現象 步驟 2　判斷哪些是滲透 步驟 3　由判斷中產生矛盾（與心中想法不同） 步驟 4　學生選擇微觀現象之特寫 步驟 5　滲透實驗裝置之操作介紹 步驟 6　滲透實驗之模擬 ・學生選擇實驗變因（半透膜內外之物質） ・電腦依學生設計實驗判斷 步驟 7　預測水柱上升或下降 步驟 8　模擬微觀現象（產生認知衝突） 步驟 9　現象的解釋
3. 主動運輸	・動態模型	模擬細胞經由載體，把物質運輸至細胞內的過程解釋細胞利用此種方式運輸物質之特點。
4. 吞噬	・過程模擬	將吞噬過程分爲主要三個步驟，伸出僞足、形成食泡、食泡漸漸消失。 模擬此三個過程，由學生透過選擇的方式，觀察此三個過程。 學生在過程中所遇到的不清楚的詞，可以在不懂的詞句上，按滑鼠左鍵立即獲得更深入之動畫解說。
5. 胞飲	・過程模擬	將胞飲過程分爲主要三個步驟，形成凹溝、形成食泡、食泡漸漸消失。 模擬此三個過程，由學生透過選擇的方式，觀察此三個過程。 學生在過程中所遇到的不清楚的詞，可以在不懂的詞句上，按滑鼠左鍵立即獲得更深入之動畫解說。

3. 本軟體之評鑑

本軟體之效度，乃採專家效度。由資深之軟體設計專家、資深之教師、學科專家負責評鑑，並經學生初步不斷試用修改而完成。評鑑則依據腳本設計摘要、學科知識及學生試用反應等部份，加以修改最後完成本軟體。

本研究所採用之軟體以 Authorware Professional 2.0 ，作爲整合性製作工具，主要是具有整合圖形、文字、聲音、影像、動畫之功能，並具有產生十種人與電腦互動的形式，非常符合本研究強調高互動 (Interactive) 的軟體設計。尤其該軟體爲一種以物件導向 (Object orient) 、流程圖之設計方式，非常適合日後軟體之製作與修改。在動畫模擬之設計上則以 Corel Draw! 4.0 及 Animator Pro 1.3 爲工具。在硬體上爲配合多媒體製作環境，基本配備爲 486DX-66 16MB RAM 、 CD-ROM （二倍速）、聲霸卡及 600MB 硬碟。

四、研究程序

依據研究目的之待答問題，本研究以「量」的研究法爲主，並用晤談方式了解學生學習情形。在量的研究法上，因受樣本選取、安排、人力時間限制，本研究採用準實驗研究法中不相等實驗組控制組設計（郭生玉， 1994a ），探討學生透過 IMI 教材學習「細胞生理」概念與控制組僅是閱讀課本有關「細胞生理」教材，兩者之成效差異。並且經由程式所記錄的學習路徑，分析學生在學習 IMI 教材時之學習模式，作爲將來設計修正之參考。

主要的研究步驟如下：

第一階段：實驗處理前

1. 找出學生有關細胞生理（擴散、滲透、主動運輸、吞噬、胞飲）之迷思概念，作爲設計交互式多媒體教學 (IMI) 設計之基礎。
2. 發展前、後測測量工具。根據高中基礎生物、高中生物第一册，就有關細胞生理之部份進行概念分析，做成雙向細目表。
3. 蒐集文獻，找出有關交互式多媒體教學 (IMI) 之理論基礎，作爲設計之依據。
4. 發展 IMI 課程軟體、程式設計。

第二階段：實驗處理

5. 進行團體之前測、邏輯思考能力測驗。

6. 進行實驗處理：一組爲控制組，全組一起閱讀書面教材約一小時；另一組爲實驗組，輪流上機使用 IMI 教材時間約爲 1 小時。
7. 進行後測：實驗處理後經四週後進行後測，其中實驗組 (IMI 教材) 於使用完 IMI 教材後進行使用意見問卷調查及晤談。
8. 資料分析。
9. 撰寫論文。（研究流程見圖 2 ）

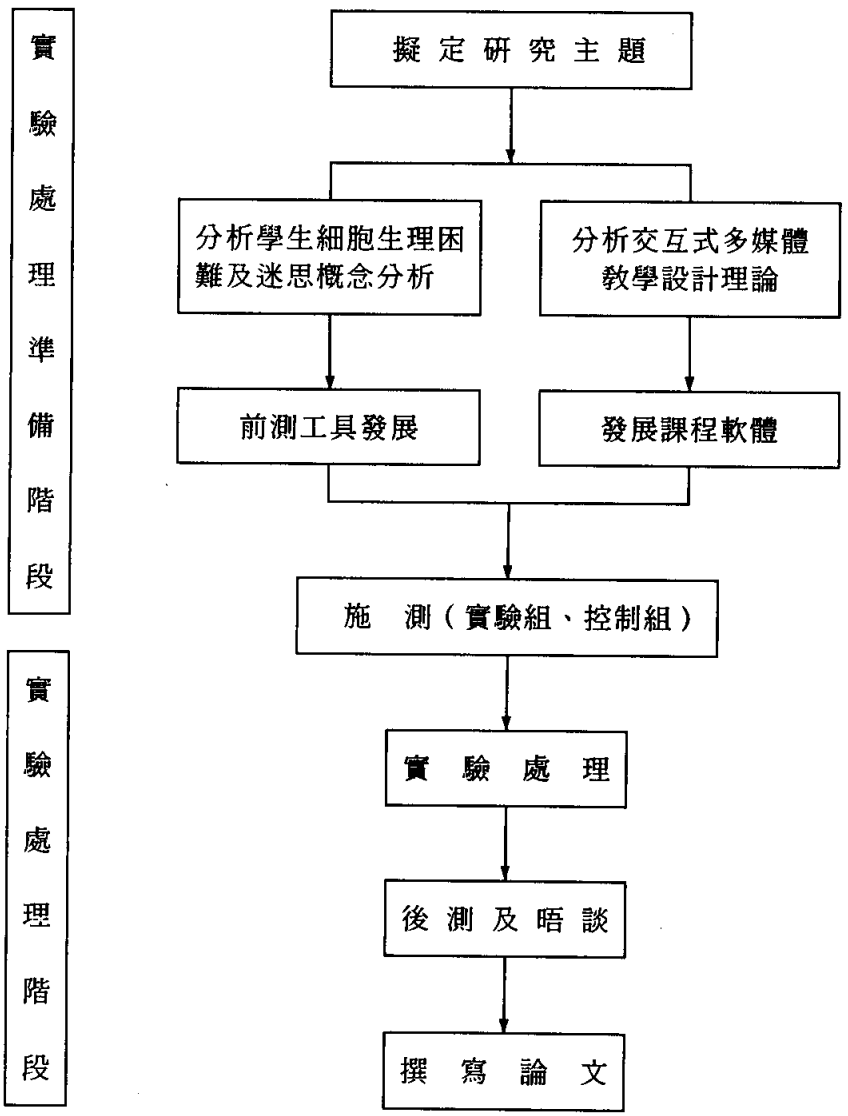


圖 2 ：研究流程

伍、結果與討論

本研究的目的在於探討學生透過交互式多媒體教學 (IMI) 教材，學習「細胞生理概念」之成效及其相關因素探討。因發展電腦輔助學習教材，作爲學生學習的教材具有其限制。在鄭湧涇 (1982) 、 Lazarowitz 和 Penso (1992) 的研究指出，學生在生物概念的學習困難與推理能力有關。而根據 Oliver 和 Okey (1986) 所做研究發現，邏輯思考能力與學生在電腦模擬環境下之操作有很大關係。因此，本研究另一項目爲探討學生之邏輯思考能力與學生在利用電腦教材學習時是否有關。初步獲致以下結果：㈠實驗組（ IMI 教材）的學習效果大於控制組（書面教材），㈡ IMI 教材對學生學習滲透概念效果最好，㈢以形式操作其和具體操作期的學生，學習 IMI 教材較有顯著效果。㈣學生學習的型態，有L 、V 、W 、超W型，並與學生的邏輯思考能力有關。依研究目的本節分下列三項加以陳述：㈠交互式多媒體教學之學習成效比較。㈡不同概念主題學習成效之差異。㈢學習過程分析。

一、交互式多媒體教學與非交互式多媒體教學之學習成效比較

前測平均實驗組爲 17.16 ，控制組爲 17.55 ，經 t-test 檢定前測分數在實驗組與控制組之差異，發現並無顯著差異 (T = .48, p = .63 > .05) （表 6 ），因此，在實驗處理前實驗組與控制組所具有的細胞生理知識，沒有顯著差異。在邏輯思考能力測驗上 (GALT) ，實驗組平均爲 7.39 ，控制組平均爲 6.97 ，經 t-test 檢定發現並無顯著差異 (T = − .88, P = 0.378 > .05) （表 6 ），因此，實驗組與控制組之邏輯思考能力並無顯著不同。

表 6 ：實驗組與控制組前測、邏輯思考能力比較比較

	組 別	人數	平 均	標準差	t 值	P
前測	控制組	80	17.55	5.40	.48	.63
	實驗組	97	17.16	5.19		
邏思輯考	控制組	80	6.97	3.15	− .88	.38
	實驗組	97	7.39	3.10		

在後測成績上，實驗組平均 18.36 ，控制組平均 14.53 。就 t-test 而言，後測成績在兩組間具顯著差異，因而，交互式多媒體教學 (IMI) 確有顯著效果。但我們懷疑前測影響後測之結果，因此，以前測當共變量，邏輯思考成績、交互式多媒體教材當自變項，進行二因子共變數分析 (ANCOVA) ，考驗兩組成效差異是否達顯著水準。由表 7 結果顯示不同的學習方式 (IMI 教材、課本教材) 與邏輯思考能力間具有顯著的交互作用存在 ($F = 2.44$, $P = .04 < .05$) (圖 3) ，顯示 IMI 教材是否能有效提升學習效果，端視學生之認知水準而定。因此進一步進行單純主要效果比較，結果顯示在教材之差異 ($F = 12.16$, $P = .000 < .001$) 及邏輯思考能力測驗上 ($F = 15.41$, $P = .000 < .001$) ，均達到顯著水準 (表 8) 。表示不同的教材對不同邏輯思考能力的學生，在學習成效上的高低，端視何種邏輯思考能力而定。

由單純主要效果考驗，發現不同的教材對具體操作期 ($F = 5.74$, $P < .05$) 與形式操作期學生 ($F = 12.80$, $P < .01$) 的學習效果，達到顯著差異 (表 8) 。再由調節後的平均數 (表 9) 得知，在具體操作期中，實驗組 (IMI) 教材的學習效果 ($M = 12.01$) 大於控制組 (課本教材) 的學習效果 ($M = 9.31$) 。同樣地，在形式操作期中，實驗組 (IMI) 教材的學習效果 ($M = 14.25$) 大於控制組 (課本

表 7 ：實驗組與控制組後測之共變數分析比較

變異來源	SS	DF	MS	F	P
共變量 (前測)	270.58	1	270.58	50.97	.000
主要效果	225.93	3	75.31	14.18	.000 **
GP(教材)	64.58	1	64.58	12.16	.001 **
GALT(邏輯)	163.68	2	81.84	15.41	.000 **
交互作用					
GP X LOG	25.96	2	12.98	2.44	.040 *
解釋量	1118.88	6	186.48	35.13	.000
殘差(組內)	870.52	164	5.30		
總 和	1989.41	170	11.70		

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$,

註：SS= sum of square, DF= degree of freedom, MS= mean's sum of square, GP= group, GALT= The Group Assessment of Logical Thinking.

教材）的學習效果 (M = 12.56)。

由單純效果考驗發現不同邏輯思考能力的學生，在使用 IMI 教材與非 IMI 教材之成效具有顯著差異（表 8 ）。經共變數事後比較分析（表 9 ）發現在具體操作期與形式操作期、過渡期與形式操作期，在 IMI 的教材學習成效上具顯著差異。由調節後平均數得知 IMI 教材之學習成效，形式操作期 (M = 14.25) 大於過渡期 (M = 11.99)，而過渡期與具體操作期 (M = 12.01) 的學習成效並無顯著差異。

表 8 ：實驗組與控制組後測之單純主要效果分析摘要表

變異來源	SS	DF	MS	F	P
邏輯思考能力(GALT)					
控制組	122.07	2	61.04	11.50	.000 *
實驗組	160.09	2	80.05	15.08	.000 *
教材(GP)					
具體操作期	39.73	1	39.73	5.74	.018 *
過渡操作期	.00	1	.00	.00	.993
形式操作期	88.53	1	88.53	12.80	.000 *
殘差(組內)	870.53	164	5.31		

* P < 0.05

表 9 ：不同邏輯思考能力 (GALT) 在實驗組、控制組教材學習成效 Scheffe 法事後比較

組別	層次	具體操作期	過渡期	形式操作期
控制組	調節後平均數（人數）	9.31 (20)	11.93 (10)	12.56 (46)
	具體操作期	———		
	過渡期		———	
	形式操作期	*		———
實驗組	調節後平均數（人數）	12.01 (24)	11.99 (13)	14.25 (58)
	具體操作期	———		
	過渡期		———	
	形式操作期	*	*	———

* P < 0.05

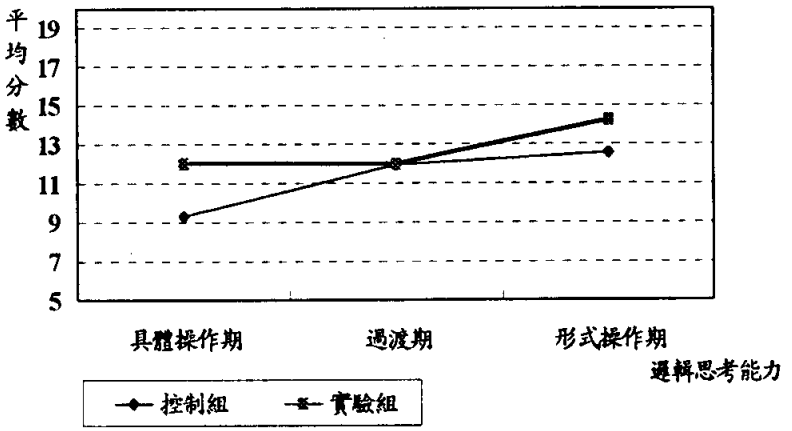


圖 3 ：不同教材與邏輯思考能力之交互作用圖。

從統計結果得知，就整體而言本軟體 (IMI) 確實具有此成效（表 7 ）。但此種教材卻與學生的邏輯思考能力產交互作用，亦即教材是否有效視學生的邏輯思考能力而定。因此，就不同邏輯思考能力的學生而言，本教學軟體 (IMI) 對具體操作期及形式操作期的學生具有顯著的學習效果（表 9 ）。而在不同邏輯思考能力的學生而言，不管是在實驗組或是控制組上的學習成效，均具有顯著差異。此點說明了學生學習「細胞生理」生物教材時，學習成效與學生之邏輯思考能力很有關，這項結果與 Oliver 和 Okey (1986) 、 Friedler *et al.*, (1987) 、 Lazarowitz 和 Penso (1992) ，所作的調查相同。但就實驗組與控制組比較，仍然是實驗組比控制組較能提升學習成效。

二、不同概念主題學習成效差異

就上一節而言， IMI 教材對學生的學習確實有幫助。但是，到底對學生學習哪一類概念有效呢？這是值得探討的問題。就五大概念（擴散、滲透、主動運輸、吞噬和胞飲）之前後測得分差異之平均數，進行多變量變異數分析 (MANOVA) （表 10 、 11 ）。由變異數分析檢定發現， IMI 教材對學生學習五大概念間的成效具有顯著差異 ($F = 11.76,\ p < .001$) 。

再進行五大概念學習成效之事後比較，結果滲透與主動運輸、吞噬和胞飲概念之學習成效具有顯著差異（表 12 ），而擴散與吞噬、胞飲個概念間的學習成效，亦達顯著差異。再由前後測差異平均數，得知 IMI 教材在滲透概念之學習成

效 (M = 1.65) 大於擴散 (M = 0.74) 、主動運輸 (M = 0.54) 、吞噬 (M = 0.33) 和胞飲 (M = 0.72) 之學習成效。

表 10 ：實驗組教材在五大概念之前、後測得分差異之比較摘要表

概念	前測		後測		前後測差異
	平均數	標準差	平均數	標準差	後測－前測
擴散	5.46	1.34	6.23	1.54	0.74
滲透	4.48	2.17	6.04	2.44	1.65
主動運輸	1.75	1.08	2.28	1.01	0.54
吞噬	4.64	1.79	5.00	1.55	0.33
胞飲	1.66	0.92	2.39	1.10	0.72

表 11 ：實驗組教材在五大概念之前、後測得分差異之多變量 (MANOVA) 比較摘要表

變異來源	SS	DF	MS	F	P
組間（五大主題）	87.01	4	21.75	11.76	.000***
組內（誤差）	159.10	86	1.85		
總和	246.11	90			

***P < 0.001

表 12 ：實驗組教材對五大概念學習成效之 Scheffe 法事後比較摘要表

概念	擴散	滲透	主動運輸	吞噬	胞飲
平均數	.78	1.16	.39	.35	.36
擴散					
滲透					
主動運輸		*			
吞噬	*	*			
胞飲	*	*			

* P < 0.05

由變異數分析考驗五大概念之學習成效，發現 IMI 教材對學生學習擴散、滲透、主動運輸、吞噬、胞飲等概念，具有顯著差異（表 11 ）。經事後比較發現對滲透概念的學習，比其他四大概念更具顯著的效果。

三、學習過程分析

學習過程的了解，是本研究所關心的另一個研究問題。唯有分析學生在學習過程所採用的學習方式、所花的學習時間、操作的頻率，方能發展出對學生學習有幫助的軟體。根據本研究所設計之電腦學習路徑、頻率記錄資料，本節就學習型態、學習時間、模擬實驗操作過程等項目，分析學習過程。

㈠學習型態 (learning patterns) 分析

本研究的目的之一是要了解學生在使用 IMI 軟體之學習型態（路徑）爲何，並藉此深入之了解，以作爲設計、修正之參考。根據電腦記錄資料，將每一個概念主題編碼（編碼方式見附錄一），並將其繪成關係圖（圖 4 ）。在分析方法上參考吳鐵雄 (1994) 、 Dori 和 Yochim (1990) 所作研究加以修正，將學生的學習路徑初步分成 L 型 (Linear type) 、 V 型 (Victorious type) 、倒 V 型 (Up side-down victorious type) 、 W型 (Wave type) 和超W型 (Super wave type) ，以符合本研究之需求。本研究之學習型態分析方法，簡述如下：

* 學習路徑型別說明

L ：直線型，係指循序漸進學完整個學習篇（實力挑戰篇）後就進入實力挑戰篇（學習篇）。

V ：V型，係指進入學習篇學完全部教材後，才進入實力挑戰篇。最後發現實力挑戰篇有困難，又回去學習篇復習。

倒V ：倒V型，係指先進入實力挑戰篇考驗實力，再進入學習篇學習。最後，返回實力挑戰篇復習。

W ：W 型，進入學習篇（或實力挑戰篇）學完部份教材後，就進入實力挑戰篇考驗實力，再返回學習篇學習未學部份的教材。如此週而復始往返。

超W ：倒W型，未學完教材就跳至另一教材，造成在某一教材停留次數小於 2 ，因而比W型更加劇烈，形成鋸齒狀。

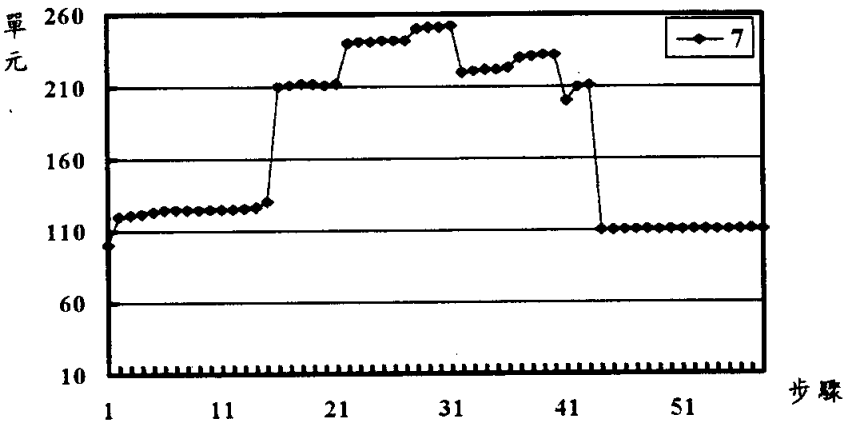


圖 4 ：學生利用交互式多媒體學習之學習型態過程圖（倒Ｖ型）。

根據上述分析方法，將學生之學習型態資料整理，並依此統計各個學習型態次數及百分比，結果如表 13 。根據表 13 學習型態以Ｌ型所佔比率 47.9% 最高，其次爲Ｗ型佔 22.9% 、Ｖ型佔 16.7% 。超Ｗ型及倒Ｖ型最低。由此結果顯示學生在本研究所設計的 IMI 軟體學習時，將近一半的學生爲直線型方式學習。也就是學完整個學習教材後，在進行實力挑戰之考驗。另有近四分之一的學生以學完某部份教材後，進入該部份之實力挑戰內容，爲一種交叉學習型態。

但是，上述五種學習型態與邏輯思考能力是否有關呢？因此，以卡方考驗兩種變項相關（表 14 ），結果顯示學生學習型態與邏輯間具顯著相關 ($x^2 = .44$, $p < .05$) 。由表 14 過渡期的學習型態則以Ｗ型最多。

由學習過程分析顯示，學生在使用本軟體學習細胞生理概念時，所採用的學習型態有Ｌ、Ｖ、倒Ｖ、Ｗ和超Ｗ等五種。所分析的四種學習型態，大致與 Dori 和 Yohim (1990) 所分析的學習型態種類相近。從表 14 結果顯示以Ｌ型的學習型態佔最多 (47.9%) ， 由此可知學生以循序漸進方式學習，在學完一個主題後，再進入另一個主題。

表 13 ：交互式多媒體教學學習型態分析一覽表

學習型態	Ｌ 型	Ｖ型	倒Ｖ型	Ｗ 型	超Ｗ型
人 數	46	16	4	22	8
百 分 比	47.9%	16.7%	4.2%	22.9%	8.3 %

表 14 ：交互式多媒體教學學習型態與邏輯思考能力的分佈一覽表

期別	型別					總次數
	L	V	倒V	W	超W	
	次數(%)	次數(%)	次數(%)	次數(%)	次數(%)	
具體操作期	10	6	0	0	2	18
	10.0%	6.0%	.0%	.0%	2.0%	18%
過渡期	6	4	4	8	0	22
	6.0%	4.0%	4.0%	8.0%	.0%	22%
形式操作期	30	10	2	14	4	60
	30.0%	10.0%	2.0%	14.0%	4.0%	60%
總次數	46	20	6	22	6	100
百分比	46.0%	20.0%	6.0%	22.0%	6.0%	100.0%

Chi-Square 值＝.44, P=.01168 < .05

根據 Dori 和 Yohim (1990) 的研究發現成就高的學生以採用循序漸進方式（L型）最多，而學習成就較低者以採跳躍方式（超W）最多。顯示學生在電腦上學習教材的型態，與學生的學習成就有很大的關係。因此，本研究以學生邏輯思考能力與學習型態求其相關，發現達顯著相關（表 14 ）。結果發現形式操作期與具體操作期以L型最多，而過渡期則以W型最多。此種結果，倘若以細胞生理概念的整體學習成效而言——對形式操作期與具體操作期最有效（表 8 ），則發現學習成效較好者其學習型態爲L型。由此顯示採用循序漸進方式學習（L型），其學習成就較高；而採跳躍方式的學習型態（W型），其學習成就較差。這項結果與 Dori 和 Yohim (1990) 所作的結果一致。

㈡選擇頻率分析

傳統的電腦輔助教學軟體對於學生的學習過程一無所知，本研究克服此種問題，將學生所學習內容名稱加以記錄，最後加以統計分析學生在五大概念的學習頻率（表 15 ）。由表 15 顯示學生在擴散與滲透的學習頻率最高。爲了比較學生在學習細胞生理的過程中，是否在不同概念間的學習頻率有所差異，以多變量 (MANOVA) 考驗五大概念間學習頻率。由表 16 顯示學生在學習五大概念間的學習頻率具顯著差異 ($F = 56.33, P < .01$)，因此，再進行由薛費 (Scheffe) 事後比較。由表 17 發現學生在擴散與滲透的學習頻率與主動運輸、吞噬、胞飲差異

達顯著水準。由平均數得知，擴散與滲透的學習頻率大於其他三者。此外，胞飲之學習頻率亦大於吞噬，且達顯著水準。

選擇頻率關係到學生所學習內容的多寡，由表 13 、表 14 顯示學生在五大概念的選擇頻率上具顯著差異，而且以擴散及滲透選擇頻率最高。而這種結果，顯示學生在此不斷的反覆操作實驗。由電腦記錄之學習過程發現此種現象爲學生經由不斷操作「模擬實驗」所造成。

表 15 ：交互式多媒體教學軟體在五大概念之使用率分析摘要表

概　念	擴　散	滲　透	主動運輸	吞　噬	胞　飲
選用頻率 (Mean)	14.2	14.6	8.3	6.6	8.3
標準差 (SD)	.75	.883	.557	.405	.470

表 16 ：交互式多媒體教學軟體在五大概念之使用率多變量 (MANOVA) 分析摘要表

變異來源	SS	DF	MS	F	P
組內（受試者內）	10299.17	99	104.03		
組間（概念）	5618.77	4	1404.69	56.33	.000***
殘差	9874.83	396	24.94		

***p < .001

表 17 ：五大概念學習頻率事後比較摘要表

類　別	吞　噬	胞　飲	主動運輸	擴　散	滲　透
平均頻率	6.60	8.26	8.30	14.20	14.68
吞　噬					
胞　飲	*				
主動運輸					
擴　散	*	*	*		
滲　透	*	*	*		

*p < .05

陸、結論與建議

本研究的目的在於發展一套交互式多媒體教學 (IMI) 系統， 作爲輔助學生學習細胞生理，並考驗其成效。以大甲高中、西螺農工、彰化高中和南投高中等四個學校，每校一班做爲研究對象。獲致以下結論：

一、結論

㈠根據統計分析得知，實驗組（採用研究所發展之 IMI 軟體）的學習成效，顯著高於對照組（採用書面教材）。顯示本研究所發展之軟體，對於輔助學生學習有其貢獻。

㈡對細胞生理中五大概念而言，由統計分析顯示，本研究所發展之軟體對於滲透之概念學習幫助最大。但每一個概念的學習成效，均是實驗組 (IMI 教材) 的學習成效優於控制組 (使用書面教材) 。

㈢對不同邏輯思考能力的學生而言，利用本研究所發展的軟體學習細胞生理概念，其學習學習成效獲致以下結論：⑴對整體細胞生理概念而言，本研究所發展之軟體對形式操作期與具體操作期有顯著的幫助。⑵就五個分概念而言，擴散、滲透、主動運輸及吞噬五向概念的學習成效，均是形式操作期學生之學習成效優於具體操作期。

㈣學生的學習型態分做五型，即Ｌ型、Ｖ型、倒Ｖ型、Ｗ型和超Ｗ型。以Ｌ型佔最多，其次爲Ｗ型。

㈤學習型態與邏輯思考能力間具有顯著的關係。形式操作期與具體操作期學生學習型態以Ｌ型佔最多，而過渡期學生的學習型態則以Ｗ型佔最多。

二、建議

本研究所發展之 IMI 軟體，從學習整合性編輯軟體—— Authowware 、課程軟體（腳本）之設計、程式設計、繪圖等，大多由研究者獨立完成。因此，深深體會軟體之發展必須結合多種專家，才能設計出符合學習者的軟體。所以建議軟體之發展需有程式設計師、學科專家、心理學、美工專家，方能勝任其職以達克竟其功。此外，本研究僅從前後測工具評量 IMI 之學習成效，若要深入了解 IMI 對學習成效有幫助之「潛在因子」，建議採用質的研究方式深入探討，如此方能

對於未來開發高互動的多媒體電腦輔助教材有所幫助，也爲「學習多元化」、「教學多元化」時代的來臨，貢獻一份心力。

參考文獻

1. 郭生玉（ 1994a ）：《心理與教育研究法》。臺北：精華書局。
2. 郭生玉（ 1994b ）：《心理與教育測驗》。臺北：精華書局。
3. 郭重吉（ 1988 ）：從認知觀點探討自然科學的學習。《教育學院學報》，13 ，351-378 。
4. 郭重吉（ 1992 ）：從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。《科學發展月刊》，*20*(5) ，548-570 。
5. 單文經、鍾邦友（ 1993 ）：情境式電腦輔助學習的理念與設計原則。國立教育資料館，17 ，24-32 。
6. 蔣德勉（ 1988 ）：電腦輔助教學的發展。《電腦輔助教學論叢 CAI 專題特輯㈡》。
7. 羅倫新（ 1984 ）：《多媒體設計》。臺北：松崗電腦圖書資料股份有限公司。
8. 鄭湧涇（ 1982 ）：皮亞傑認知發展與生物科學習的關係。國科會七十一年科學教育研討會論文，23-27 。
9. 鄭碧雲（ 1990 ）：《國中資賦優異學生科學過程技能與其相關因素之研究》。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
10. 謝祥宏（ 1995 ）：《交互式多媒體教學系統對高中學生學習細胞生理概念之研究》。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
11. 鐘樹椽（ 1993 ）：互動性在電腦輔助教學設計上之必要性。《教學科技與媒體》，12 月，15-20 。
12. Borsook, T. K., & Higginbotham-Wheat, N. (1991). Interactivity: what is it and what can it do for computer-based instruction? *Educational Technology, 31*(10), 11-17.
13. Burwell, L. B. (1991). The interaction of learning styles with learner control treatments in an interactive videodisc lesson. *Educational Technology, 31*(3), 37-42.

14. Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1992). The Jasper series as an example of anchored instruction: theory, program description, and assessment data. *Educational Psychologist, 27*(3), 291-315.
15. Dori, Y. J. & Yochim, J. M. (1990). Leraning patterans of college students using intelligent computer-aided instruction. *Journal of College Science Teaching, 20*(2), 99-103.
16. Friedler, Y., Amir, R., & Tamir, P. (1987). High school students' difficulties in understanding osmosis. *International Journal of Science Education, 9*(5), 541-551.
17. Hameed, H., Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1993). Faciliting conceptual change in chemical equilibrium using CAI stragey. *International Journal of Science Education., 15*(2), 221-230.
18. Hannafin, M. J. (1989). Interaction stragies and emerging instructional technologies Psychological perspective. *Canadian Journal of Educational Communication, 18*(3), 167.
19. Jonassen, D. H. (1988). *Instructional designs for microcomputer courseware.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
20. Jonassen, D. H. (1991). Evaluting Constructivistic learning. *Educational Technology*, 31(9), 28-33.
21. Kinzie, M. B., Strauss, R., & Foss, J. (1993). The effects of interactive dissection simulation on the performance and achievement of high school biology student. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(8), 989-1000.
22. Lazarowitz, R., & Penso, S. (1992). High school students' difficulities in learning biology concepts. *Journal of Biological Education, 26*(3), 215-223.
23. Marek, E. A., Cowan, C. C., & Carallo, Ann M. L. (1994). Students' misconceptions about diffusion: how can they be eliminated? *The American Biology Teacher, 56*(2), 74-77.
24. Mintz, R. (1993). Computerized simulation as an inquiry tool. *School*

Science and Mathematics, 93(2), 76-80.

25. Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college after a course of instruction. Journal of Research in Science Teaching, 32*(1), 45-61.*
26. Oliver, R., & Okey, J. (1986). Using computer simulations to promote achievement and transfer. *Research in Science Education, 16*, 191-198.
27. Robert, C., & Steve, H. (1992). Industrial melanism in moths: an interactive computer simulation to demonstrate evolutionary theory. *Journal of Biological Education, 26*(1), 34-36.
28. Schwier, R. A., & Misanchuk E. R. (1993). *Interactive multimedia instruction.* Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publication.
29. Sewell, D. E., Steven, R. G., & Lewis, David J. A. (1995). Multimedia computer technology as a tool for teaching and assessment of biological science. *Journal of Biological Education, 29*(1), 27-32.
30. Simmons, P. E. (1991). Learning science in software microworlds. In S. M. Glynn, R. H. Yeany & B. K. Britton, (eds.). *The Psychology of Learning Science*, 241-256. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
31. Smith, E. L. (1991). A conceptual change model of learning science.In Glynn S.M., Yeany, R. H. & Britton, B. K., (eds.). *The Psychology of Learning Science.* NJ: 6Hillsdale, 43-64.
32. Tergan, S. O. (1993). Designing learning environments for conceptual change: a cognitive approach. *Proceeding of the 1993 Internal Conference on computers in education*, 174-179.
33. Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(8), 649-660.
34. Zuckerman, J. T. (1994). Problem solvers' conceptions about osmosis. *The American Biology Teacher, 56*(1), 22-25.

The Study of Learning Cell Physiology by Using Interactive Multimedia Instruction System

Shyang-Horng Shieh[1] Jen-Peng Keng[2] Ching-Erh Tang[2]

[1]Graduate Student, Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education.

[2]Departmet of Biology, National Changhua University of Education.

Abstract

The purpose of this study was to develop a Interactive Multimedia Instruction (IMI) System for students to learn, and assesses the efficiency of the IMI system on learning Cell Physiology (diffusion, osmosis, active transport, phagocytosis & endocytosis). In order to understand what the student learned about, we used concept analysis and pretest measurments. Then we integrated the design theory of IMI, cognitive psychology and constructivism to develop IMI Courseware. All students have already learned about Cell Physiology before this sutdy. We divided the studemts into two groups. The experimental group used the IMI system to learn, and the control group was without IMI system. The result of this study was that there was a statistically significant difference between the experimental group and control group ($P < .001$). It indicated that IMI system had significant help for students' learning Cell Physiology. The most efficient learning of Cell Physiology concepts by IMI system was osmosis. Upon the whole concept of Cell Physiology, the sutdent on concrete operational stage and those on informal perational stage were a statistically significant difference on achievement test. To analyze the learning patterns of the students who learned Cell Physiology by IMI system, there were five types of learning patterns. They were linear type(L), V(victorious type(V), upsidedown victorious type of V, wave type(W), super wave(s-W). Most of the students' learning patterns was linear type(L), and the second was wave type(W).

Key word: Interactive Multimedia Instruction(IMI), Cell Physiology, Learning Pattern

科學教育學刊第四卷第一期

勘 誤 表

頁次/行次	原 文	更 改
30/01	...to develop a Interactive Multimedia Instruction...	...to develop an Interactive Multimedia Instruction...
30/02	...and assesses the efficiency of the IMI...	...and assessed the efficiency of the IMI...
30/07	All students have already learned...	All students had already learned...
30/08	We divided the studemts into two groups.	We divided the students into two groups.
30/15	...and those on informal perational stage were...	...and those on informal operational stage were...
93/01	摘要：在推動科學教育...	___在推動科學教育...
93/01-15	整段爲15級字	整段爲17級字 （整段不是摘要，而是全文的開始）