科學教育學刊
2010, 第十八卷第六期, 521-546

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(6), 521-546

探討圖形表徵與視知覺學習偏好對生物辨識學習之影響

林玉雯[1]　黃台珠[2]　劉嘉茹[3]

[1]樹人醫護管理專科學校
[2]國立中山大學　通識教育中心
[3]國立高雄師範大學　科學教育研究所

(投稿日期：民國99年6月22日，修訂日期：民國99年9月9日，接受日期：民國99年11月19日)

摘要：本研究旨在探討不同類型的圖形表徵與視知覺學習偏好對生物辨識學習之影響，以求達到促進生物圖形表徵辨識之教學目的。以某醫專三個班級159位學生爲研究對象，研究設計共四階段：一、前測：以視知覺學習偏好問卷及血球圖形表徵辨識測驗施測；二、實驗處理：不同班級各別施以真實彩色、描繪黑白及描繪彩色血球圖形表徵的教學；三、後測：以階段一之血球圖形表徵辨識測驗再次施測；四、晤談：針對三個班級高、低分組各取2位(共12位)進行半結構晤談。研究方法爲量化、質性並重，量化部分採比較判斷法、相依*t*考驗、單變項共變數(ANCOVA)及One Way-ANOVA分析。質性部分爲考量12位半結構晤談學生的晤談內容與前、後測資料，以建構出圖形表徵辨識歷程。結果顯示：(1)高、低分組學生學習前之視知覺學習偏好分別傾向直覺式和分析式；(2) 3種圖形表徵對於辨識成效均達顯著；(3)高、低分組學生分別傾向循環式和線性之辨識歷程；(4)描繪圖形表徵可以有效改善低學習成效學生的認知負載。本研究亦據此針對教學設計與未來研究提出一些建議。

關鍵詞：視知覺學習偏好、圖形表徵、辨識學習

壹、研究背景與重要性

生物圖形表徵爲生物學科重要的學習媒介之一，其蘊含生物多樣性與微觀的學科概念。倘若學生可針對生物圖形表徵進行辨識，則能順利理解單元內容及提升學習成效，反之則否(林玉雯、劉嘉茹、黃台珠，2007)。由於生物學的終極目標爲增進對生物多樣性的了解，且學生辨識同一物種之多樣性圖形表徵時，其視知覺與認知系統間具交互影響之特性(Mayr, 1996)。因此，若欲提升生物學習成效，則須從生物圖形表徵辨識與視知覺學習偏好進行研究方能克盡其功。

一、生物圖形表徵辨識良窳足以影響生物學習成效

生物教科書包含各式各樣圖形表徵，教師常藉助圖形表徵的使用與說明來表達複雜的生化反應或學科概念，換言之，學生辨識成效良窳將影響學習成效。但「何謂良好的生物圖形表徵？」、「學生如何辨識生物圖形表徵？」、「學生如何借助生物圖形表徵的辨識達到學習的目的？」……等問題，應爲生物領域所需探討卻一直被忽略的部分。

對於低學習能力的學生而言，利用圖像進行教學的方式可以達到輔助學習的效果(林淑菁，2002；Weidenmann, 1989)，但是目前學校課程和科學文本多集中在文字，教師亦慣用文字傳遞科學知識，造成多數學生不慣於利用圖形表徵學習，造成圖形無法作爲有效的教學資源。此外，圖形表徵運用不當亦有可能造成學習者的「學習退卻」並降低學習成效(Roth, Pozzer-Ardenghi, & Han, 2005)。爲解決上述困境，可從學生的生物圖形表徵辨識歷程進行探究，進而達到提升生物學習成效的境界。

二、視知覺學習偏好為圖形表徵辨識的關鍵變因之一

視知覺爲大腦接收視覺訊息後對資訊進行操弄整合的能力，當能正確解讀視覺訊息時，個體方能對外界做出適當的動作行爲反應(康台生、呂靜修，2008)，而Arnheim (1969)在“Visual Thinking”中提到所有的思考活動皆以感官知覺爲基礎，認爲視知覺不僅是對刺激材料的紀錄，也與心智活動有關。換言之，視覺表徵具有等同於不需言說的視覺語言的象徵意義與概念，藉由視知覺及認知系統間交互作用，可達到交流、思考和幫助學習的功能。

Kozhevnikov, Kosslyn與Shephard (2005)亦指出認知風格是以個體處理資訊的偏好模式來分類，其中認知作業主要依賴圖像者爲視覺導向，謂之「視知覺認知風格」。由此可知：視知覺學習偏好會在個人辨識圖形表徵過程中，因視覺訊息刺激，進而以個人獨有的思考或心理傾向來進行圖形表徵辨識，亦即視知覺學習偏好與圖形表徵辨識具高度相關。

三、現有生物圖形表徵辨識與視知覺學習偏好研究的不足

雖然生物圖形表徵辨識對生物概念學習相當重要，不過國內對生物圖形表徵及視知覺學習偏好進行的研究並不多見。截至2010年6月23日止，透過國家圖書館碩博士論文資訊網檢索，國內科學教育類碩、博士論文並無以「生物圖形表徵」或「視知覺學習偏好」爲研究主題；改採「生物」相關詞彙檢索，僅作爲廣納參考之用，但非本研究著力之方向；放寬檢索資格以「圖形表徵」或「視知覺」爲關鍵詞或出現於摘要的論文雖有34與53篇，但其研究主題或內容多半爲數學教育、視覺傳達設計、心理學、工業設計或應用藝術領域，國外相關研究部分亦僅限於圖文表徵如何結合而已(Roth et al., 2005)。綜上可知，學生如何辨識圖形表徵之相關研究在科學教育領域是值得進一步探討的研究議題。此外，研究者在醫專的教學經驗發現：生物圖形表徵辨識會對學生未來臨床實務辨識能力造成影響，且其大多對血球圖形表徵的辨識與學習感到困難，此乃血球無法以肉眼直接觀察，必須藉助顯微鏡方能看清真實構造所致。面對此特性，教學現場多以不同類型圖形表徵作爲學習媒介，掌握其結構與特徵，以協助日後的病理判讀。

縱然圖形認知與辨識歷程具教育上的

意義與價值，可惜過去研究對此部分的了解實遜於語文的認知歷程(汪曼穎、王林宇，2006)。且由於此種對圖形表徵辨識歷程與其認知作用不足的原因，導致生物課程設計者、教師與學生三者之間對於科學文本所出現之圖形表徵的認知不同，進而產生「各自解讀」現象，讓原本應爲教學利器的圖形表徵失去功效，更甚者成爲迷失概念的根源。

四、研究目的與問題

根據前述研究背景說明，將研究架構以圖1表示，試圖了解學生的視知覺學習偏好、不同類型圖形表徵對圖形辨識的影響及生物圖形表徵歷程與特性，進而提供生物課程設計者和生物教師對於生物圖形表徵的使用指引與解說，以求提高學生的學習成效。對應研究問題如下：

1. 不同視知覺學習偏好的學生其生物圖形表徵辨識學習成效有何差異？
2. 不同類型的生物圖形表徵對圖形辨識學習有何影響？
3. 不同生物圖形表徵辨識學習成效的學生其辨識歷程與差異爲何？

貳、文獻探討

研究者試圖利用不同表徵方式的血球圖形進行研究，以求達到了解學生之生物圖形表徵辨識學習情形。以下僅將本研究關注的內容加以說明，包括「圖形表徵與生物圖形表徵相關研究」、「圖形表徵辨識相關理論與限制」和「圖形表徵辨識與視知覺學習偏好的關係」三大部分。

一、圖形表徵與生物圖形表徵相關研究

對概念學習而言，圖形通常蘊含大量訊息與概念內容，另具描繪與事物有關的空間及視覺特性、整合與補充課文內容……等性質(Hegarty & Just, 1989; Larkin & Simon, 1987; Schnotz, 2002)，換言之，圖形表徵爲協助學生從教材中快速了解及建構概念的有效工具，反觀口語訊息則是較難說明概念的整體架構，須用複雜與大量語法或文字方能詳盡說明。對教學而言，雖然圖形表徵具上述優點，但使用之際須考量學生的認知負荷，以免使用不當造成干擾或誤導，加上目前許多教科書並非極度重視文本內圖形的呈現(Höffler & Leutner, 2007; Schnotz &

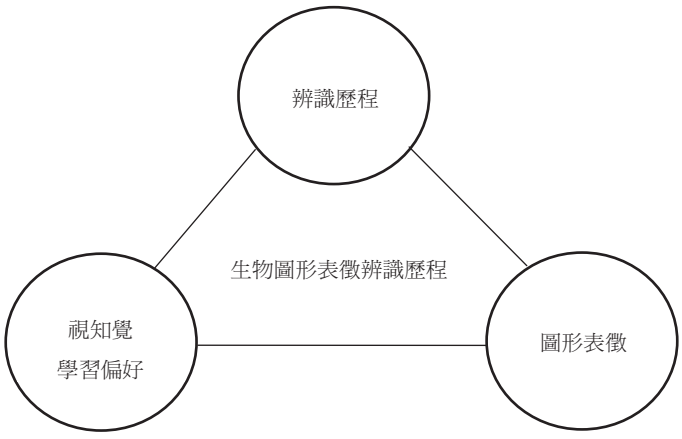

圖1：研究架構

Bannert, 2003)，因此圖形表徵的使用雖具提升教學成效的潛力，但若使用不當亦可能出現反效果。

對生物教學而言，生物圖形表徵亦能連結課文內容、提升思考層次(Pozzer & Roth, 2003; Roth et al., 2005)，例如：以真實圖形描述玫瑰花時，學生所涉及的思考層次便比描繪圖形要來的更具體，亦即圖形越詳實則思考層次較具體，反之思考涉及的抽象度更高。Bleich, Ledford, Orrill與Polly (2006)研究指出教科書應用真實圖片或彩色描繪圖形時，因其色彩鮮明、擬真度較高的特性，短時間內雖可幫助學生產生深刻印象，但對學習內容的建構性質反而不易掌握。其次，透過國家考試指定教科書之分析，發現劉又彰等(2007)出版之《新編生物學》，共計四類插圖的百分比例依序為：描繪黑白46.1%、描繪彩色30.4%、真實彩色17.7%與真實黑白5.9%，顯然其分布比例有所不同。因此，圖形表徵的類型亦為生物學習領域所應重視的變因。

二、圖形表徵辨識相關理論與限制

昔日心理學學者曾對圖形表徵辨識與其歷程進行研究，但範圍僅限於簡單幾何圖形或符號辨識，研究重點偏重受試者的反應時間，極少針對圖形表徵辨識或圖形表徵對學習的影響進行探討，重要研究成果如下：

(一)辨識理論部分

「辨識」即是將外界訊息與個人長期記憶中所存訊息相互比較，比較過程順利則可辨識該物，反之則否。截至目前為止似乎並無一種理論可完全解釋辨識的歷程(鄭麗玉，2009)，若以各家學說解釋立場觀點不同進行分類，則可歸納成：對知覺組織深入研究與貢獻的完形心理學派、從描述型態著手的四種理論及由訊息處理方向著手的理論三大類。

1. 完形組織法則

完形心理學家對知覺組織的現象，提出系統的理論解釋，歸納出許多法則，稱為完形組織法則，其中最重要的包括：接近法則、相似法則、連續法則和閉合法則四種。

2. 描述型態取向

描述型態取向四種主要理論有模印比對論、特徵分析論、結構描述論及原型論(詳如表1)。重要內容如下：

由表1可知原型論比模印比對論、特徵分析論和結構描述論有彈性，因為只要相似，不需一模一樣就能被辨識。從上述討論看來，型態辨識是相當複雜的歷程，似乎沒有一個理論能完全包含其各層面而解釋清楚，且理論間常互補有無相輔相成。

表1：描述型態取向四種主要理論

描述型態取向之理論	摘要	辨識成效
模印比對論	其標準相當僵化，不能有一絲絲不同，否則就無法被辨識出進入的型態。	低
特徵分析論	主張事物皆由一些基本的特徵組成，只好符合這些基本特徵的刺激就能被辨識。	⇩
結構描述論	以特徵分析論為基礎，進一步描述特徵之間的關係，使得辨識更加準確。	⇩
原型論	認為在長期記憶中貯存了許多事物的最典型例證稱為原型。指出能否被辨識，就視它和原型的相似程度而定。	高

3. 訊息處理取向

就辨識的訊息處理而言，可區分「由下而上」與「由上而下」二類，前者指：由感覺輸入的訊息進行辨識；後者指：由人腦已儲存訊息進行辨識，此二類辨識交互作用，並由大腦重組訊息以進行分析辨識(Weldon & Roediger, 1987)。一般而言，辨識初期以由下而上的訊息處理爲主，辨識後期以由上而下的訊息處理爲主，但此二者並非絕對不變。假若外界輸入的感覺訊息較充分，則辨識更加依賴感覺訊息的直接作用，此時的由上而下處理減弱；相反，當外界輸入的感覺訊息不充分或遭受干擾時，由上而下的處理就相對重要。

(二)辨識歷程部分

Sternberg (1969)於實驗室情境中得出線性且單向五階段辨識過程(表2)，依序爲：編碼、比較、決定、轉譯與組織與反應，特點如下：1. 編碼：此階段主要受測試項目清晰程度(例如：外形、色彩及感覺)影響；2. 比較：此爲核心階段，主要受到測試項目複雜程度與記憶組大小影響，例如：連續存在勝過同時間的平行式並存；3. 決定：主要受比較階段影響，進而影響受試者做出決定的時間，例如：決定某刺激物是否爲非目標物所需時間大於決定某刺激物是否爲目標物的時間；4. 轉譯與組織：此階段主要受測試項目出現的相對頻率所影響；5. 反應：此階段爲受試者的回答。雖然Sternberg指出辨識階段的線性過程，並清楚說明每個階段的特點，可惜此結論是否適用於生物圖形表徵的辨識？又是否會因受試學生的視知覺認知風格的差異而有所不同？諸多問題尚須相關實徵研究的探究方能證實。

(三)辨識學習部分

圖形辨識須具備二要件才能發生，一是外界特定形狀的刺激，二是與此形狀有關的知識與經驗，此兩者交互作用後可產生圖形辨識，進而促進某些知識的獲得。此外，善於辨識的專家更能兼顧形狀的精確性與抽象性，亦即更爲深入的知覺細節(鄭昭明，2004；Tanaka, Curran, & Sheinberg, 2005)。由此可知：對於實際的生物學習而言，學習者對於圖像表徵的了解與處理不僅是一項基本的心智功能，學習者更應掌握不同描繪圖形的形狀與細節，進而超越圖形表面意涵，達到融會貫通圖形表徵所隱藏的意義。其次，若圖形辨識的物件是受試者所熟悉的，無論是整體或局部的內容，受試者的辨識成效表現都很好(Hayward, Rhodes, & Schwaninger, 2008)，此亦可說明具相關知識與經驗者將有助於辨識。

表2：心理學辨識階段之實驗室操作與其對圖形表徵辨識學習之啓示

階段名稱	實驗室的操作	對本研究圖形表徵辨識學習之啓示
編碼	清晰程度	視知覺收錄，首重專心，常以個人觀點出發且受認知風格影響以致產生選擇性知覺，並將刺激型式轉換成內在心理表徵。
比較	記憶組大小	以既有的基模爲基礎，新舊訊息前後交互作用找尋關聯性，進行心理運思。
決定	是或不是	目標導向之重要訊息的確認，對學後保留與學習遷移有關鍵性的影響。
轉譯與組織	相對的頻率	統整調和之內在歷程。
反應	回答	最後形式的呈現，以應外界需求。

有效學習發生於學習者收到互補的訊息，而互補訊息包括視覺性的資訊和敘述性的描述(Alessi & Trollip, 1991)，前者屬處理心像表徵的非語文系統並具空間及連續的特性，而後者屬處理語文表徵的語文系統並具序列性質。此外，二元編碼理論主張當學習者接收到外界的語文和非語文表徵時，會進入各自的系統進行運作，而此兩系統雖各自獨立運作，但會利用參考性連結互相連接(Paivio, 1986)。可惜此類研究對於學生處於圖形表徵占大多數的學習情境時，是否同樣出現相同的二元編碼系統的運作？亦或是文字系統活動遭受壓抑？此等問題，尚未有更深入的探究，此為可再加強之處。

綜上所述，雖然圖形表徵辨識已引起諸多學者的興趣與探究並獲致豐碩的研究成果，但此類研究情境多半限於實驗室的控制情境，研究方法是以反應時間快慢為考量，研究成果發現辨識機制傾向單向線性的歷程。然而對應教學現場而言，生物圖形表徵辨識處於真實教學現場，屬一種師生雙向互動、視知覺認知風格干擾的複雜情境，欲將前述相關理論與成果直接應用於多變且互動的辨識情境將會有所不足。故此，本研究遂嘗試自行建構合宜的工具進行研究，試圖連結昔日心理學辨識相關理論與生物圖形表徵辨識間的缺口。

三、圖形表徵辨識與視知覺學習偏好的關係

(一)視知覺相關理論

視知覺包括大小恆常性、顏色恆常性、似動現象及填補的視知覺現象(葛列格里，1997／翟錦春、張芬芬譯，2006)，而完形心理學則主張人類對視覺圖像的認知並非僅是各自獨立部分的集合，而是經比對、分析知覺所組織的形態與輪廓，所形成具圖形特徵屬性的符碼(張春興，2003)。Quinn, Burke與Rush (1993)指出「知覺」有接近、類似、連續、閉合及整體五種法則，對圖形辨識而言，此五種法則可幫助學生抽離圖形相關要素，再經比對分析而形成圖形特徵屬性的符碼。Kozhevnikov等(2005)是以處理資訊的偏好模式來分類認知風格，並歸納出個體在解決問題時會傾向語文或視覺模式。視覺模式分為物件或空間導向，物件導向易產生清晰生動且細膩的心像(例如：顏色及明暗等物件屬性)，而空間導向易掌握物件的空間關係和轉化的心像。

(二)學習偏好相關理論

Bruner (1960)指出學習時之思考模式分為直覺式與分析式，並具有相互補充的性質。此外，Vosniadou (1994)探討學生對自然現象解釋的研究指出，學生在解釋自然現象時有下列數種模式：1. 初始模式：以日常生活經驗的觀察為主，且不受成人科學模式影響，是一種直觀及經驗的信念；2. 綜合模式：基於觀察的經驗中，依文化背景及科學解釋，所做的調和表徵而建構一種新概念；3. 科學模式：與科學觀點一致，是科學家所建立的科學模式。比照上述兩看法，獲知學生在學習時是具有學習偏好的存在，即採用直覺式之思考模式時，會採取類似初始模式的方式，同樣的，若採用分析式之思考模式時，則會採取傾向綜合模式或科學模式的方式。

(三)視知覺學習偏好對於圖形表徵辨識的影響

十九世紀初，神經解剖生理學已經了解視網膜會不斷傳輸訊息至大腦中樞作整體彙整，再因個人的視覺觀點不同而產生不同的

認知。對於視知覺的認知過程而言，McKim (1980)認爲此過程有二步驟，第一爲認知一個粗略的整體圖樣，第二則依個人需要及興趣進行整體圖樣分析。個人所認知的圖樣會大幅影響人們後續的對應動作，例如：循規蹈矩思考者偏向處理第一個見到的圖樣，富創造力思考者偏向藉由不同圖樣的重組以尋求突破(劉立行、沈文英，2001)。

雖然視知覺對思考具影響力，然而並非所有的圖形表徵引發的視知覺均具正面效能，例如Cook (2006)研究指出：在科學教室內進行觀念溝通時視覺表徵有其重要性，但對學習而言，並非所有表徵均具正面效果，由於現象可能是不同學生所持不同的視知覺學習偏好所造成，此亦爲本研究的重要目的之一。

綜上文獻得知：學生的圖形表徵辨識歷程爲學習成效關鍵因素之一，而視知覺學習偏好則會影響圖形表徵辨識學習。面對生物教學常使用圖形表徵傳達生物構造、形象與相關科學概念的特性，圖形表徵與視知覺學習偏好對生物辨識學習之影響的研究有其重要性，並能將上述相關理論與研究成果拓展至真實的生物教學情境中。

參、研究方法

一、研究對象

(一)研究對象背景

研究對象爲南部某醫專一年級三個常態編班班級(甲班54人、乙班52人、丙班53人，計159名，男女合班)，此乃圖形表徵辨識能力爲醫專學生所需具備的重要專業能力所致。研究之際，學生正值修習醫專基礎共同科目的生物學，因其入學成績相近，多以考取醫事專業證照爲目標，故學生的同質性頗高，並經組內迴歸係數同質性考驗結果，未達顯著(F = 0.47, p = .63)，表示三組迴歸線的斜率相同，符合共變數迴歸係數同質性之假定。

(二)半結構晤談個案學生的選取

爲深入了解學生的辨識歷程，研究者對此三個班級進行二次圖形表徵辨識測驗，並參照吳明隆(2005)的作法，每次均依成績高低順序取各班得分前33%學生爲高分組、得分最低的後33%爲低分組。確定三班學生二次圖形表徵測驗得分組別後，再於三班中選取「高學習成效」(代號：H，意指從前測的低分組轉變成後測的高分組)與「低學習成效」(代號：L，意指前測與後測均爲低分組)學生各2位(甲班爲例：甲H1、甲H2；甲L1、甲L2)，計12位進行半結構晤談。此外，選取晤談學生的前測成績均屬低分組，如此可消除學生先備知識差異所造成的學習成效良莠之影響。12位半結構晤談個案學生均具備充分表達想法、與研究者互動頻繁及溝通良好之特質，如此晤談資料應可呈現其生物圖形辨識歷程。

二、教材設計

(一)教材設計理念

採用血球圖形表徵爲研究之學習材料。對血球相關概念而言，學生尚未看過血球、缺乏實際感官經驗，大多止於聽過、讀過紅血球、白血球、血小板與其基本生理功能而已。爲了結合微觀的圖形表徵及深度的文字敘述，以探究不同類型的圖形表徵對學生辨識之影響，研究者在同一份血球教材文字講義中分別搭配三種最爲常見之不同類型的圖形表徵(真實彩色、描繪黑白和描繪彩色)，然後對每個班級使用一種類型的血球圖形表

徵教材進行教學。其設計理念在於探索如何安排有限的教學時間及如何運用最適當的學習教材，以提升學生的學習成效。

(二)教材內容

每一類型血球圖形表徵均包括：嗜中性白血球、嗜酸性白血球、嗜鹼性白血球、紅血球、淋巴球和單核球，計六種血球。教材內容之呈現以單核球爲例(乙班使用之描繪黑白圖形表徵)，說明血球圖形表徵如何搭配文字講義的說明，示例如表3。

(三)教學活動

相關之教學活動於一般課室內進行，圖形表徵以電腦簡報軟體配合單槍投影呈現，文字講義以紙本發給學生參照學習。不同班級各別施以真實彩色、描繪黑白及描繪彩色血球圖形表徵的教學。最後，並於研究資料收集完備之際，安排三個班級輔以研究中未曾使用之真實彩色血球圖形表徵以進行補充教學，善盡研究倫理之責。

三、研究工具

研究工具計三種，並依研究進行分成二大部分。第一部分主要評估學生視知覺學習偏好及其辨識成效，包括：工具一「生物圖形表徵辨識之視知覺學習偏好問卷」、工具二「血球圖形表徵辨識測驗」。第二部分爲工具三「血球圖形表徵辨識半結構晤談大綱」。工具一、二收集量化資料，工具三收集質性資料，內容如下：

(一)生物圖形表徵辨識之視知覺學習偏好問卷

工具一旨在理解學生視知覺學習偏好是否有群體趨勢與個別差異，研究者採用Lin, Liu與Huang (2008b)所發展的生物圖形表徵辨識之視知覺學習偏好問卷，乃根據學生開放式問卷填答內容分析進而歸類視知覺學習偏好的類型，並依據Hill (1953)分析有關美國介入韓戰之態度所設計的七個敘述句方式，亦選擇七個學生最常出現之視知覺學習偏好類型的敘述句，以編製工具的初稿。效度方面是由學生試答與題意修改，並經二位科學教育專長博士及一位實務經驗豐富的生物教師之專家審視等步驟建立內容效度，使量表修訂後確能反應生物圖形表徵辨識之視知覺學習偏好；信度分析部分是將參與判斷的受試者隨機分成兩組進行分析，接著計算兩組所得的量尺相關係數爲 .80來代表判斷一致性信度(吳裕益，2007)。其理論基礎奠基於Thurstone (1938)的研究證明可將語文刺激量度化以進行研究與分析。開放式問卷與修訂示例如下：

(1)開放式問卷：

你最常用來辨識生物教科書中圖形表徵內容的方式爲何？

(2)敘述句修訂示例：

修訂前敘述句①：圖形內物件都有其各自組成的屬性或特徵，要辨識就是要先分析它們的屬性或特徵，例如形狀。

表3：血球圖形表徵搭配文字講義之示例

描繪黑白圖形表徵(乙班)	文字講義內容
	單核球(monocytes：佔白血球3 ~ 8%)：直徑12 ~ 15 μm，有一個偏離中心馬蹄狀或腎形的細胞核；會衍變爲巨噬細胞，吞噬作用佳；是血液中最大的細胞。

協同研究者指出修正的原因：是什麼樣的特徵呢？因爲許多特徵也是屬性導向。

修訂後敘述句①：圖形內物件都有其各自外觀形狀，要辨識就是要先分析它們的形狀特徵。

1. 使用簡述

個案需對所有可能的題目配對進行刺激強度的差異作比較，由個案指出關於辨識生物圖形表徵時比較贊同的敘述句。七種敘述句兩兩配對共得7 × (7－1) / 2 = 21種情況，每位個案學生進行上述21種比較判斷，分別指出比較贊同的敘述句，填寫評定量表的方式爲當個案學生認爲橫列敘述比直行敘述重要時，在空格打勾。

2. 工具內容

茲將生物圖形表徵辨識敘述句題號及內容陳述如下：

(1) 圖形內物件都有其各自外觀形狀，要辨識就是要先分析它們的形狀特徵。
(2) 圖形內容會依分割成幾個局部與整體兩個層面來辨識。
(3) 和圖形相關的過去知識與經驗將有助於辨識。
(4) 圖形內物件的相對位置記清楚後，有助於辨識。
(5) 注意到圖形內物件的相對大小比例，才能有效辨識。
(6) 我會想像圖形內的物件像什麼，來幫助辨識。
(7) 圖形內物件顏色的不同或深淺的差異，有助於辨識。

3. 分析原理

要計算每個敘述的量表值，需先得到下列三個矩陣：

(1) F矩陣：將得到的結果，按敘述句的個數分成七橫列七直行，分別登記某一敘述比另一敘述句更贊同的次數。

(2) P矩陣：F矩陣的次數表，若將每一次數除以每一比較判斷的總次數，則可得一相對次數(relative frequency)p_{rf}，而形成P矩陣。

(3) Z矩陣：比率值p_{rf}可再轉換爲標準常態分配的標準分數z_{rf}，查出每個p值的z值之後，就可將P矩陣轉換爲Z矩陣。

Z矩陣中每個敘述句的平均數即可當作各敘述句的量表值，由於Thurstone量表一般被認爲是等距量尺，故其零點的設置可以是任意的，因此可以調整各敘述句的平均數使其從零開始。這七個量表值間有等距的性質存在(如果實際資料符合前述理論模式；吳裕益，2007)。量表值愈大表示該敘述句愈能表示出生物圖形表徵辨識之視知覺學習偏好的傾向。

(二)血球圖形表徵辨識測驗

採Lin, Liu與Huang (2008a)所發展的血球圖形表徵辨識測驗，提供學生前後測的成績，以利三種不同圖形表徵與辨識成效間關係的探討。效度方面：內容係依據教科書分析及教學實務經驗，改編血球圖譜及網頁資料，經由二位科學教育專長博士及一位實務經驗豐富的生物教師共同檢視、討論與修正之專家審視以建立內容效度，進而歸納整理出三種最爲常見的血球圖形表徵(真實彩色、描繪黑白及描繪彩色)。此外，爲檢測學生學習遷移情形，工具二加入一種本研究不曾使用的真實彩色血球圖形，分爲四部分如下：1-6題是甲班配搭使用、7-12題是乙班配搭使用、13-18題是丙班配搭使用、19-24題爲三個班級均未曾使用過的真實彩色血球圖形，圖形表徵分配與信度分析如表4，計159名學生作答之總測驗內部一致性信度爲

.92，各分測驗的Cronbach's α係數皆在 .77以上，顯示血球圖形表徵辨識測驗之內部一致性信度良好。

1. 測驗使用簡述

血球圖形表徵測驗題項以簡報軟體配搭單槍投影呈現，四類型血球圖形表徵均包括：a. 嗜中性白血球、b. 嗜酸性白血球、c. 嗜鹼性白血球、d. 紅血球、e. 淋巴球和f. 單核球，計六種血球，每一題項之作答方式由學生依照a. ~ f. 六種代碼擇一填入。工具內容詳見表5。

2. 分析原理

應用SPSS 12.0統計軟體，以相依*t*考驗、單變項共變數及One Way-ANOVA等考驗分析不同類型圖形表徵對辨識成效的影響。

(三)血球圖形表徵辨識半結構晤談大綱

1. 發展目的

爲探討學生的生物圖形表徵辨識歷程，因而設計生物圖形表徵辨識半結構晤談大綱，藉此剖析個案學生生物圖形表徵辨識的歷程與特點。並運用Sternberg (1969)於實驗室情境中得出之線性單向五階段辨識歷程爲分析依據，期能從中梳理高、低辨識成效學生之差異。

2. 發展過程

半結構晤談大綱主要由研究者挑選醫專現行與血球辨識有關的內容，商請二位生物教師、二位科教專家共同審閱與檢視，並以二位五專部二年級學生進行預試，進而修正半結構晤談大綱其中題意不清或敘述不妥之處。使用之際，研究者鼓勵個案學生將本身所持與圖形辨識有關的想法或概念暢所欲言，並避免研究者個人想法或解釋出現。

表4：血球圖形表徵測驗題庫分配表與信度分析

試題 歸類	真實彩色 (甲班使用)	描繪黑白 (乙班使用)	描繪彩色 (丙班使用)	真實彩色 (未曾使用)
題號	1-6	7-12	13-18	19-24
題數	6	6	6	6
信度(Cronbach's α)	.78	.78	.81	.77

表5：血球圖形表徵辨識之教材與測驗內容

	a. 嗜中性白血球	b. 嗜酸性白血球	c. 嗜鹼性白血球	d. 紅血球	e. 淋巴球	f. 單核球
真實彩色(甲班)						
描繪黑白(乙班)						
描繪彩色(丙班)						
真實彩色(三班未用)						

若個案學生的回答內容有遺漏，研究者請求其再進行澄清，若個案學生停頓時，研究者以「請再多說一點」、「你剛才說的是……」、「然後呢？」等訪談技巧促其表達內心真正想法。

3. 工具內容

最終的半結構晤談大綱共有7題，例如：真實血球圖形表徵的教學中學到什麼有助於辨識？描繪血球圖形表徵的教學中學到什麼有助於辨識？與血球細胞相關的過去知識與經驗有哪些有助於辨識？真實與描繪不同血球圖形表徵的教學，對於學習圖形表徵辨識產生何種差異？每一血球辨識試題出現時，如何辨識圖形表徵中所呈現的是何種血球？當下如何判斷與作決定？對於生物圖形表徵的教學有任何建議嗎？半結構晤談的實施原則爲從最具體題幹進行提問(例如：學到什麼)，逐漸擴展到抽象複雜的題幹(例如：如何辨識)。

4. 資料歸檔的代碼

研究者將半結構晤談所得語音資料轉錄成逐字稿，代碼示例：s11H101：s代表個案學生；11代表一年甲班；H1代表編號1之高成效學生；01代表晤談內容引用段落。

5. 資料分析信度檢核

爲校正受試者的主觀偏差與符合信度之考驗，採「三角校正法」進行資料的檢證：

(1)編碼依據及信度考驗

將口語資料轉錄成逐字稿，針對語意內容進行辨識歷程階段的分析與分類以進行「主軸式編碼」(表6)，並由研究者(R1)、一位科學教育專長教授(R2)及一位實務經驗豐富的生物教師(R3)協同檢視研究分析之結果，若有意見相左之處，進一步針對論點相左之處進行溝通、磋商，以達意見一致，盡量使分析結果趨向客觀。茲列舉說明研究之信度考驗(表7)。

所有晤談資料均依照此示例逐句分析，藉此獲得個案學生生物圖形表徵辨識歷程的關鍵階段及特性。

(2)資料的校正

將測驗填答內容、晤談資料、課室觀察紀錄和晤談實地札記進行比對，以檢驗個案學生想法是否具一致性。假若資料比對差異極大時，則透過晤談以校正學生的主觀偏差。

表6：生物圖形表徵辨識階段之編碼項目

本研究修正之階段名稱	判準說明
編碼或編碼╳	是否清楚解析且記憶圖形表徵之特徵與異同。
比較或比較╳	是否啓動視知覺輸入與既有基模間交互作用。
決定關鍵區或決定關鍵區╳	是否能夠精煉訊息以建構圖形表徵關鍵區。
轉譯與組織「--」	是否啓動統整調和之內在歷程。
反應	最後答案的呈現。

註：「╳」表未能完成該階段；「--」表本研究之研究法幾乎難以達到。

表7：信度考驗之舉例說明

語料	研究者注釋R1	協同研究者R2	協同研究者R3
甲H1：例如：成馬蹄形的核就是單核球。記住後，看到就知道了。(s11H103)	例句中出現「成馬蹄形的核」與「看到就知道了」，且甲H1的確藉由語言表示知道如何辨識單核球的重要特徵，因此可歸納爲[編碼]與[決定關鍵區]階段。	■同意 □不同意	■同意 □不同意

最後，工具三與工具一和工具二所收集的資料相互比對，分析結果爲後續建構個案學生的生物圖形表徵辨識歷程的重要依據。

四、研究設計

本研究依據圖形表徵與視知覺學習之相關文獻所提出的理論基礎與觀點，應用適當的研究工具，對某醫專學生予以施測，並選取具代表性個案學生進行半結構晤談，進而收集與分析資料。爲達成上述研究設計，研究流程共分四階段(圖2)，說明如下：

階段一：先對三個班級進行前測，包括視知覺學習偏好(工具一)與血球圖形表徵辨識測驗(工具二)。

階段二：三個班級各經歷3小時相同的學習情境，唯一不同的是各班所使用的血球圖形表徵辨識教材均配搭不同類型的血球圖形表徵。

階段三：於完成階段二的隔日，針對三個班級以階段一之血球圖形表徵辨識測驗(工具二)再次施測。

階段四：各班選取高、低成效個案學生在安靜的研究室進行約40分鐘的晤談。

上述四階段中，階段一和三用以釐清學習前與學習後的差異，階段二安排相同的課室物理情境下，使用三種不同圖形表徵並比較辨識成效的差異，階段四用於理解與建構學生的生物圖形表徵辨識歷程與特點。

肆、研究結果

研究者使用生物圖形表徵辨識之視知覺學習偏好問卷、血球圖形表徵辨識測驗及血球圖形表徵辨識半結構晤談大綱三個工具，以了解個案學生視知覺學習偏好、不同圖形表徵對於圖形辨識運作的影響及高低成效學生生物圖形表徵辨識歷程。詳細結果如下：

一、高、低成效學生之視知覺學習偏好具分析式與直覺式二種傾向

研究者使用生物圖形表徵辨識之視知覺學習偏好問卷，對159位研究對象進行施測，藉由比較判斷法量度化程式分析，發現群體學生呈現的視知覺學習偏好強弱的題號

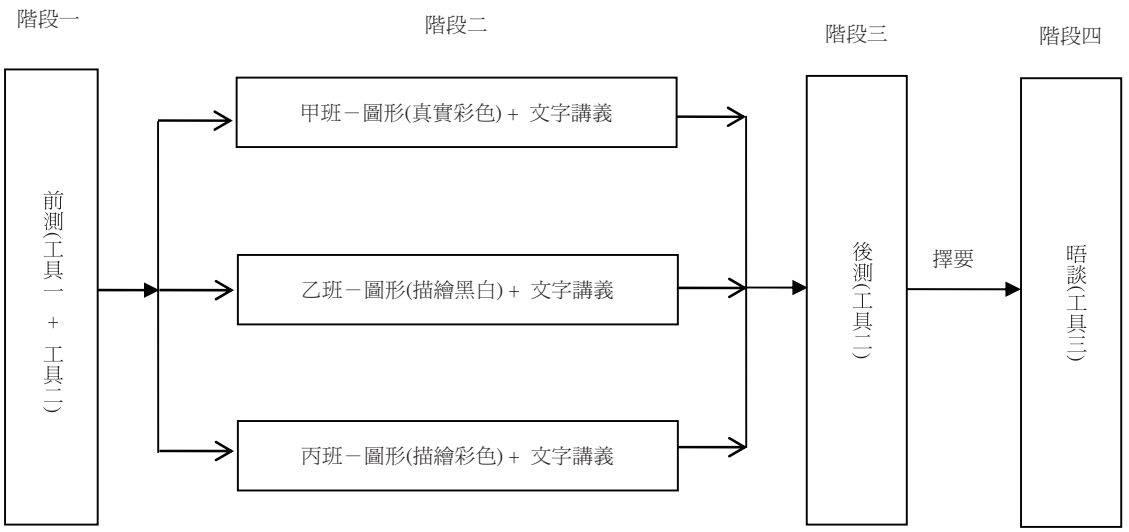

圖2：研究流程

順序爲6、1、3、7、4、2、5 (表8)。進一步檢視敘述句所陳述的內容屬性發現，題號4、2、5屬分析式學習偏好，題號6、1、3、7屬直覺式學習偏好(表9)，由此可知：學生在血球圖形表徵教學之前，明顯的可分爲分析式與直覺式兩種不同類型的視知覺學習偏好，即多數低辨識成效學生慣於透過圖形內容的形狀特徵等外顯屬性之直覺式偏好進行學習，亦可發現高辨識成效學生則多傾向內隱屬性之分析式學習偏好進行學習。

例如：乙H1屬高辨識成效學生，傾向於題號4、2、5分析式偏好陳述句，而乙L1屬低辨識成效學生，傾向於題號6、1、3、7直覺式偏好陳述句(如圖3)。相較Vosniadou (1994)探討小學生對自然現象解釋的研究發現：低成效學生尚多停滯於初始模式，而高成效學生則已轉換至綜合模式或科學模式的結論頗爲一致。

此外，若受試學生圖形表徵視知覺學習偏好傾向慣用陳述句4、2，則其辨識成效表現大多良好並擅於使用科學名詞詮釋所見的圖形。相較之下，低辨識成效學生較常從日常生活經驗中應用直覺印象(例如：形狀、感覺、特徵……等)辨識所見圖形，但無論學生的視知覺學習偏好爲何種傾向，對圖形表徵辨識歷程初期的「編碼」階段均造成影響。以乙L1爲例，當研究者於半結構晤談中提問其是否記憶血球圖形表徵的內容時，乙L1雖可說出所發現的多樣特徵，但卻無法說明表徵內容。當研究者配合圖形表徵繼續提問時，乙L1多半以直觀的視覺感受所能覺察的特徵爲回答內容，其中混以生活物件爲連結的記憶內容。由此可知，乙L1使用直覺式編碼策略，包括[多樣形貌]、[特徵覺察]和[連結生活]，並無法轉移或併用分析式編碼方式。

研究者：在血球圖形表徵辨識的時候，你是如何分辨血球之間的差異？

乙L1：太多要記的，很散沒有規則性很難分耶，所以一下子就忘了。[多樣形貌]

研究者：嗯！那麼請你直接看著血球圖形表徵說說看吧！

表8：視知覺學習偏好之比較判斷法量度化分析結果

敘述句題號	量尺值	序位
6. 我會想像圖形內的物件像什麼，來幫助我辨識	.41	1
1. 圖形內物件都有其各自外觀形狀，要辨識就是要先分析它們的形狀特徵	.28	2
3. 和圖形相關的過去知識與經驗將有助於辨識	.26	3
7. 圖形內物件顏色的不同或深淺的差異，有助於辨識	.17	4
4. 圖形內物件的相對位置記清楚後，有助於辨識	.12	5
2. 圖形內容會依分割成幾個局部與整體兩個層面來辨識	.11	6
5. 注意到圖形內物件的相對大小比例，才能有效辨識	.00	7

表9：敘述句題號與視知覺學習偏好類型之列表

直覺式傾向(低成效)	分析式傾向(高成效)
6. 1. 3. 7.	4. 2. 5.

甲 H1

	1	**2**	3	**4**	5	6	7
1	O	**V**		**V**		V	
2		O		**V**			
3	V	**V**	O	**V**		V	
4				O			
5	V	**V**	V	**V**	O	V	
6		**V**		**V**		O	
7	V	**V**	V	**V**	V	V	O

乙 H1

	1	**2**	3	**4**	5	6	7
1	O			**V**	V	V	
2	V	O		**V**			
3	V	**V**	O	**V**			
4				O			
5		**V**	V	**V**	O	V	
6		**V**	V	**V**		O	
7	V	**V**	V	**V**	V	V	O

甲 L1

	1	2	3	4	5	**6**	**7**
1	O	V	V	V		**V**	**V**
2		O				**V**	**V**
3		V	O			**V**	**V**
4		V	V	O	V	**V**	**V**
5	V	V	V		O	**V**	**V**
6						O	
7						**V**	O

乙 L1

	1	2	3	4	5	**6**	**7**
1	O		V			**V**	**V**
2	V	O		V	V	**V**	**V**
3		V	O	V	V		**V**
4	V			O		**V**	**V**
5	V			V	O	**V**	**V**
6			V			O	**V**
7							O

圖3：個案學生填題內容示例

乙L1：單核球的核長得很像一隻蠶寶寶，而且很大顆[連結生活]；淋巴球就是外面一圈沒有一點一點的，裡面有一個很大的圓圈圈……。[特徵覺察](s12L103)

相較於乙L1，當乙H2面對相同提問時使用細胞構造專有名詞、關鍵差異，並於歸類統整後以有順序的內容回答。由於個案學生的先備知識與學科能力頗爲接近，因而此種現象的關鍵差異應爲乙H2具有使用分析式編碼策略的能力，其中包括[基本結構]、[差異覺察]及[排序統整]三項。

研究者：在血球圖形表徵辨識的時候，你是如何分辨血球之間的差異？

乙H2：觀察細胞核形狀、細胞核所佔的比例。[基本結構]

研究者：很好！還有呢？請你直接看著血球圖形表徵說說看吧！

乙H2：我會去記圖不一樣的部分，例如：嗜酸和嗜中一個是雙葉，另一個是多葉[差異覺察]；彼此長得很

像的會一起記，再依序仔細去記內部的構造，我主要是記它有沒有顆粒，嗜酸、嗜中、嗜鹼三個先一起記，接著是淋巴球和單核球二個一起記……。[排序統整](s12H203)

綜上所述，學生辨識歷程中的「編碼」階段，會因視知覺學習偏好的差異而呈現不同的編碼策略(如表10)。

二、不同類型的圖形表徵對圖形辨識之影響

(一)血球圖形表徵辨識測驗的統計分析

將三個班級圖形表徵辨識前後測差異以相依樣本*t*考驗進行分析，均達顯著差異(表11)。研究者再依照Rosenthal (1991)建議，以表11所得之標準差爲分母，計算相依樣本前後測效果量，以判斷統計的顯著性是否具有實質意義，得知效果量依序爲1.49、1.50及1.27 (表11)，皆在Cohen (1988)高效果量判準d = .80以上。研究顯示真實彩色、描繪黑白與描繪彩色三種圖形表徵均具有增進學生學習圖形辨識的功效。

其次，設定前測爲共變量，後測作爲依變項，由迴歸係數同質性考驗結果如表12所示，其F值未達顯著(F = 0.47, p = .63)，符合迴歸係數同質性之假定，繼續進行共變數分析。後測之共變數分析摘要如表13所示，控制前測的影響，比較三個班級後測的差異，調整後的平均值爲：甲班(M = 64.99) > 乙班(M = 62.99) > 丙班(M = 56.77)，但是沒有達到顯著差異(F = 1.81, p = 0.17)。此結果表示，使用「真實彩色」、「描繪黑白」及「描繪彩色」三種不同的圖形表徵對學生的學習成效沒有顯著的差異。

接著，檢視不同班級間在四種圖形表徵類別的辨識成效是否有差異，結果發現以描繪黑白圖形表徵爲依變項時(乙班上課用；表14)達顯著(F = 3.35, p < .05)，且三個班級樣本數不相等，故繼以雪費法(Scheff's method)事後比較(表15)得知，乙班與丙班在

表10：圖形表徵辨識學習之編碼策略

圖形表徵辨識階段名稱	視知覺學習偏好	編碼策略
編碼	直覺式傾向	多樣形貌
		連結生活
		特徵覺察
	分析式傾向	基本結構
		差異覺察
		排序統整

表11：血球圖形表徵辨識測驗後－前測差異之相依樣本*t*考驗與效果量分析

後測－前測	平均值	標準差	標準誤平均值	*t*值	自由度	*p*值	效果量
甲班	34.57	23.12	3.24	10.68***	50	.000	1.49
乙班	33.17	22.16	3.13	10.59***	49	.000	1.50
丙班	27.31	21.58	3.02	9.04***	50	.000	1.27

***p < .001

表 12：迴歸係數同質性考驗摘要表(n = 150)

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F檢定	p值
迴歸係數同質性	472.19	2	236.09	.47	.63
(班級*前測) 誤差項	72570.91	144	503.97		

*p < .05

表13：共變數分析摘要表(n = 150)

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F檢定	p值
共變項(前測)	10603.10	1	10603.10	21.19	.00
班級間(不同圖形表徵)	1805.69	2	902.84	1.81	.17
誤差	73043.10	146	500.30		

*p < .05

表14：血球圖形表徵辨識測驗之單因子變異數分析(不同班級)

		平方和	自由度	平均平方和	F檢定	p值
真彩圖 (甲班用)	組間	.23	2	.11	1.47	.23
	組內	12.01	157	.08		
	總和	12.24	159			
描黑圖 (乙班用)	組間	.53	2	.27	3.35	.04*
	組內	12.41	157	.08		
	總和	12.94	159			
描彩圖 (丙班用)	組間	.01	2	.01	.07	.94
	組內	11.95	157	.08		
	總和	11.96	159			
真彩圖	組間	.01	2	.00	.03	.97
	組內	11.72	157	.08		
	總和	11.72	159			

*p < .05

表15：雪費法事後比較分析

依變項	(I) 班級	(J) 班級	平均數 差異	標準誤	p值	95%信賴區間	
						下界	上界
描黑圖 (乙班用)	甲	乙	-.11	.05	.13	-.23	.02
		丙	.03	.05	.85	-.10	.16
	乙	甲	.11	.05	.13	-.23	.23
		丙	.14*	.05	.04	.01	.26
	丙	甲	-.03	.05	.85	-.16	.10
		乙	-.14*	.05	.04	-.26	-.01

*p < .05

血球圖形表徵辨識測驗的描繪黑白圖形表徵部分之班級間比較有顯著差異，乙班描繪黑白圖形表徵辨識得分優於丙班。即丙班接受描繪彩色圖形表徵學習後，在描繪黑白圖形表徵辨識的得分，確實比乙班差；同時，數據也顯示，雖然乙班使用描繪黑白圖形表徵進行學習，但在描繪彩色圖形表徵辨識的得分與丙班並無顯著差異。

經上述數據得知，就真實情境中學生的圖形表徵辨識能力表現而言，真實彩色、描繪黑白與描繪彩色三種圖形表徵均具有增進學生學習圖形辨識的功效。此外，在血球圖形表徵辨識測驗——描繪黑白圖形表徵部分得分之班級間比較具有顯著差異，即乙班在此題型的得分優於丙班。

(二)真實彩色與描繪黑白圖形表徵對辨識的影響

1. 真實彩色血球圖形表徵具多樣性較不易辨識

學生對於真實彩色圖形表徵的初始視覺感受較佳，但此為視覺感官效果所致，對於圖形辨識並未有正面的幫助，因為此種圖形所蘊含多樣性訊息，讓學生不易掌握真實彩色圖形表徵所欲表達的關鍵概念。研究者亦發現真實彩色的血球圖形易造成個案學生辨別混亂、認知負荷過重及注意力分散……等情形，反而不利於圖形辨識初始的學習，無論高、低辨識成效學生均會出現此種現象。

> 甲H1：真實彩色血球圖形表徵的變化很多，所以數量要多，很多張不一樣的，才能一一記清楚特徵。(s11H102)
>
> 甲L2：真實彩色的血球圖形真實卻很混亂複雜，因為同樣的細胞並沒有長得一模一樣，只要角度不太一樣，會以為是不一樣的細胞，短時間很難套用在血球辨識的活動。(s11L202)

鑑此，生物的課程設計應考量學生視覺認知負荷，學習之初不應以真實彩色圖形表徵作為關鍵核心概念教學的媒介，而應將其視為具有激發視覺感官效果特性的引起學習動機利器。Roth等(2005)亦曾發現野鳥觀察者處於複雜的野外情境時，對於要迅速辨識所見鳥類咸感困難的情形相似，此乃因為觸目所見事物提供過多訊息所致。此一發現亦符合Cook (2006)指出教師應使用難易合宜與易於連結概念的學習內容、避免過多學習材料造成認知負載。

2. 描繪黑白血球圖形表徵因特徵明顯而利於辨識

對於多數初學者而言，黑白描繪圖形較具協助建立血球基本組成與初步整體概念的能力，此乃學生在學習過程中若先借助黑白描繪圖形表徵作為圖形表徵辨識中介階段的橋接基礎，將有助於進階至更複雜的真實彩色圖形表徵辨識。以乙H2和乙L2為例：

> 乙H2：描繪黑白的血球圖形比較好判斷，比較明顯，黑白對比大(沒有細胞核就白白的)，特徵清楚。(s12H202)
>
> 乙L2：描繪黑白的血球圖形標示清楚明顯容易回憶、形狀比較好記，顏色深淺分明，斑點搶眼。(s12L202)

上述現象導因於黑白描繪圖形表徵的黑白對比大、較明顯、清楚及易判斷等特性，進而幫助學生找出圖形表徵中的關鍵訊息所

致，例如：細胞質內顆粒的有無及相對大小，就凸顯重要結構的特徵而言，黑白描繪圖形表徵具更大的優勢。

3. 不同圖形表徵間的參照連結有助關鍵區的建構

學生藉由圖形表徵學習，高辨識成效學生會不斷精煉所得訊息，再透過不同圖形表徵之間的參照連結進而建構圖形表徵的關鍵區。值得注意的是，個案學生可於此過程窄化知覺域、強化相關圖形結構及弱化不相干訊息成爲背景，而此種現象即爲決定個案學生具備高低辨識成效能力的關鍵。而低辨識成效的學生，由於無法形成圖形表徵辨識的關鍵區，停滯於未經統整的直覺性訊息中，因而無法產生有效辨識的窘境。舉例說明如下：

> 乙L1：描繪黑白的血球圖形比較單純，比較容易懂，且好記，但是有時候當我看到真實彩色的圖形時，有時不知道他們是相同的東西，會傻眼。(s12L102)
>
> 丙H1：描繪圖形跟真實圖形是有差距的，光看描繪圖形的話，若看到真實圖形有時候會聯想不起來，所以需要再看真實的圖形，會比較容易懂，描繪圖形和真實圖形要搭在一起，找出共同的特色，印象會比較深刻。(s13H102)

Roth (2004)亦指出理解知覺不僅是被動的對所輸入視覺圖形產生辨識而已，而是一種持續發展與建構的過程，在此過程中，當圖形－背景變換時，認知歷程亦發生改變。

三、高、低成效學生的圖形表徵辨識歷程與差異之比較

圖形表徵辨識歷程除了具備建構關鍵區的階段外，歷程中亦存在其他不同功能的階段。研究者比較學生質性資料差異，並依照高、低辨識成效學生不同的視知覺學習偏好差異推論真實學習情境下的辨識歷程，結果如下：

(一)高辨識成效學生呈現完整的循環式辨識歷程之趨勢

具有分析式視知覺學習偏好的高辨識成效學生常在辨識過程中呈現完整且循環的辨識歷程(圖4)，且其「編碼」和「比較」階段間常有交互作用出現，故此二階段之間以雙箭號表示。相較之下，Sternberg (1969)所主張的五階段單向式辨識歷程已不足以解釋生物的血球圖形辨識歷程，應再於「反應」之後加入「修正」階段以形成不斷循環、精緻化的辨識歷程以凸顯個案學生於辨識歷程中具有自我修正、逐步成長的能力。研究者亦發現「修正」階段涉及學生企圖重新搜尋及提取資源連結與自我監控的作爲，故可視爲學習歷程中最爲可貴之處。以三位個案學生之晤談資料爲例：

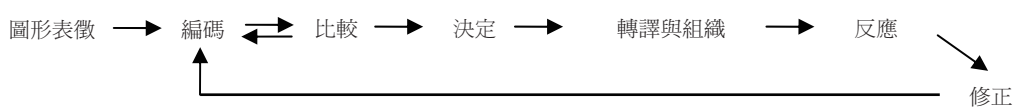

圖4：高成效學生傾向循環式之辨識歷程(以乙H1爲例)

甲H1：我會回想老師血球教過的內容有那些[編碼]，還有其它書籍看到的內容。(s11H103)

乙H1：出現的血球與看過的圖很像[編碼][比較]，可以直接浮現是那一顆血球[決定]；如果一時想不起來，看到題目時會一顆接一顆從腦中叫出來比對[編碼][比較]，不對就排除消掉。(s12H103)

丙H2：用假的圖辨識效果沒有比較差，文字特徵記起來[編碼]，圖形特徵上課時也記起來，圖跟文字一起出現去搜尋[比較]，搭不起來就從頭又想一次[修正]。(s13H203)

參照Payne與Wenger (1998)認爲辨識既依賴從感覺輸入的訊息(由下而上處理)，也依賴人腦已經儲存的訊息(由上而下處理)的主張而知：圖形表徵辨識歷程亦是由下而上與由上而下交互作用歷程，不僅依賴外部輸入的感覺訊息，且也受到個人假設、期待及推理等內部機制的作用。

(二)低辨識成效學生呈現線性且不完整的單向辨識歷程之趨勢

低辨識成效學生面對不同圖形表徵時，偏好使用日常生活經驗的直覺印象(例如：形狀、顏色、感覺……等)作爲辨識依據，若將其辨識過程所涉及的不同編碼階段予以排列，則會呈現線性且單向的辨識歷程(圖5)，此類學生在辨識過程中會出現跳躍的特性，即學生大多無法完整經歷辨識過程的所有階段。以三位個案學生之晤談資料爲例：

甲L2：每一顆都好像[編碼╳]，會搞混，很難去分辨那一個是那一個[比較╳]，把它猜完就是了[反應]。(s11L203)

乙L1：我不會判斷呀[比較╳]，根本不知道那是什麼[決定╳]，只好用猜的，或依據我所知道的去回答[反應]，像描繪的血球圖形中有一顆像檳榔[編碼]，很可愛！我比較能記住它。(s12L103)

丙L1：因為都長的很像[編碼╳]，每張都很辛苦一直想[比較╳]，最先看的是顏色吧[編碼]！(s13L103)

由於低辨識成效學生的視知覺學習偏好大多傾向直覺式，故無法正確辨識圖形表徵所提供的訊息或暗示，其中與無效編碼或無法決定關鍵區有關。上述三位學生均表示判斷上的困難與猜測回答的事實，對於圖形表徵細節無法體會，當其進行圖形辨識任務時只是刺激與猜測的關係，僅存在某部分組成與線性特性之歷程，更遑論後續應用。此類學生需教師使用其它教學策略協助，否則將出現學習欠佳的窘況。其具體表現可由上述低成效學生經圖形表徵學習後，始終無法由低分組提升至中高分組之事實獲得證實。

圖形表徵 --▶ 編碼 --▶ 比較╳ --▶ 決定╳ --▶ 轉譯與組織╳ ⟶ 反應

圖5：低成效學生傾向線性單向之辨識歷程(以甲L2爲例)

註：實線箭號表示效果明顯；虛線箭號與╳表示該階段不全或無效。

(三)圖形表徵辨識歷程具有循序但可循環的特性

研究發現：無論低辨識成效的線性單向歷程或高辨識成效的循環式歷程，其歷程均爲圖4的部分或全部階段。此外，由於「決定關鍵區」階段涉及學生對於外界多元訊息的取捨，因而比「決定」一詞更能詮釋生物圖形表徵辨識歷程中建構關鍵區的重要性。詳細內容如下。

1. 生物圖形表徵辨識歷程以「編碼」爲起點，視知覺學習偏好對其影響甚鉅；且學生經判斷後，亦可藉由「修正」再次進入此階段。
2. 「編碼」和「比較」階段間具交互作用，主要功能爲確認下一階段圖形關鍵區的內容。「編碼」以由下而上的訊息處理爲主，與學生的視知覺學習偏好類型有關；「比較」以由上而下的訊息處理爲主。由於「編碼」和「比較」之間的交互作用肇因於知覺導向與概念導向不斷交互影響所致，故以雙箭頭標示。
3. 「決定關鍵區」主要經不同表徵間的參照連結而建構出圖形表徵關鍵區並決定辨識歷程的進行，其要素包括訊息選取與組織，因而成爲辨識歷程的關鍵。
4. 「轉譯與組織」階段所具備的認知功能與工作記憶類似，除可藉由外在感官經驗協助內隱的認知運作之外，更可根據內隱認知活動所建立的相關概念作爲解釋外在經驗現象的依據。
5. 編碼、比較、決定關鍵區、轉譯與組織、反應與修正六階段構成圖形表徵辨識歷程，此歷程循序但可跳躍，即學生有此傾向但不一定會依序所有的階段(Lin et al., 2008a)。循環式圖形表徵辨識歷程中，前階段與視知覺有關，後階段與大腦概念建構有關。

以甲H2半結構晤談資料爲例：

研究者：請問你圖中這顆是什麼血球？
甲H2：單核球。[反應]
研究者：請問你如何辨識出來的？
甲H2：因為具有腎形的細胞核[決定關鍵區]，我會把它特徵記起來。這顆還好，其它的血球有時會一時反應不過來，沒辦法辨識，會一直想一直想。[比較]
研究者：請問你會一直想什麼？
甲H2：像這一題，嗜中、嗜酸、嗜鹼先刪掉，留下紅血球、淋巴、單核球。再繼續比較細胞核的差異，因為細胞核是腎形而不是圓形[決定關鍵區]，就認出它了。[反應]
研究者：當你發現考試的圖和平時練習辨識的圖有落差時，你如何作決定？
甲H2：不會呀！特徵記起來以後，不管怎麼變我應該都有辦法認出來。[決定關鍵區]
研究者：若看到真的比較難辨識的血球圖形呢？
甲H2：這時候會重新回憶所記憶的圖形特徵，有時也會回想文字講義中的說明，再一次搜尋可能是那一顆血球。[修正](s11H203)

上述結果符合耿正屏(1991)主張的「概念發展具有以原先概念爲基礎、接受外來刺激、內在統整與新概念形成四個階段」的說

法，亦與Vosniadou (1994)主張學習者的知識架構會出現「豐富」或「修正」的現象相契合。此種圖形表徵辨識歷程具備漸進修正歷程，並可逐步不斷地豐富的特質。綜言之，本研究綜理之生物血球圖形表徵的辨識循環歷程(如圖6)，可將Sternberg (1969)所提的辨識歷程五階段進一步推演並得到更適用於生物教學情境的結論。

伍、研究結論與建議

一、研究結論

藉由對生物圖形表徵辨識歷程的探討，分析高、低成效學生的視知覺學習偏好，進而讓教師了解學生之不同思考模式，據此調整教學方式以改善學習成效，並對後續研究方向提出建議。重要結論如下：

(一)教學時應注意學生視知覺學習偏好對於圖形表徵辨識歷程的影響

對於圖形表徵辨識歷程而言，視知覺學習偏好具關鍵影響力，因此教師應於生物教學前對學生所持視知覺學習偏好進行檢視與考量，即教師應理解學生個別差異，再培養學生的圖形辨識歷程由直覺式朝向分析式偏好演進，逐步引導學生專注於圖形表徵的關鍵區並做出正確辨識決定，如此應可增加學習成效。教師若能幫助學生調整、轉換不同的視覺學習偏好，應能促發學生進行有效編碼，例如：原爲[多樣形貌]、[特徵覺察]和[連結生活]的直覺式編碼策略，進而併用分析式之編碼方式，包括：[基本結構]、[差異覺察]及[排序統整]，以利辨識歷程的運作。此與Pozzer-Ardenghi與Roth (2005)認爲「理解圖形表徵在科學教學的角色，不僅要討論設計的方法，還需要知道學習者之不同理解狀況」的看法類似。

(二)描繪圖形表徵比真實圖形表徵更能協助生物圖形辨識學習

真實彩色、描繪黑白及描繪彩色三類圖形表徵對學生圖形表徵辨識成效而言均達顯著，此與Larkin與Simon (1987)認爲「圖形表徵對學習概念是一種強而有力的工具，可協助從一堆資料中獲得新觀點或了解複雜的問題」的觀點相似。其次，後測中乙班的描繪黑白圖形表徵題型得分優於丙班，顯示描繪黑白圖形表徵具備突顯重要結構特徵的優勢，於教學中可應用於較難辨識的血球辨識(例如：嗜中性、嗜酸性及嗜酸性白血球)。

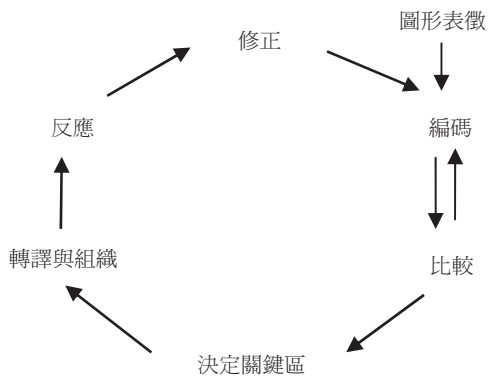

圖6：生物圖形表徵辨識歷程之模式圖

最後，因本研究的取樣族群多屬中低學習成效學生(P-R值偏後段)，研究獲得的不同描繪圖形表徵對於學習產生不同的影響，而非所有的圖形表徵均能產生正面效益的發現，將有助於改善中低學習成效學生的辨識能力，Höffler與Leutner (2007)亦持有相似看法，認爲圖形或動畫的輔助教學設計需考量學生的認知負荷。

(三)應用六階段循環式的圖形表徵辨識歷程以提升學生圖形辨識能力

由於腦內運作可分爲各種訊息處理階段，因此學生經由圖形表徵的視覺刺激後，縱然於短時間內完成辨識，但其過程絕非僅止於輸入和輸出而已，倘若其中任一環節出現偏誤，將導致錯誤的辨識結果。研究者發現個案學生圖形表徵辨識歷程具有循環式特性，其六階段依序爲編碼、比較、決定關鍵區、轉譯與組織、反應和修正，而且學生可能出現此循環的全部或部分階段，其循環情形亦可能因辨識成效的高低不同而有所差異。換言之，圖形表徵辨識歷程雖循序但可循環，即學生亦可藉由「修正」階段再次進入此歷程。教師可依據學生在此六階段的個別表現予以診斷與引導，使其完成循環式圖形表徵辨識歷程的學習。相較於Sternberg (1969)由實驗室情境中得知辨識之五階段歷程，本研究結果更能合宜地詮釋真實情境下圖形表徵辨識的歷程。

(四)生物圖形表徵辨識之理想教學順序

研究發現三個班級的後測表現顯著優於前測，此結果呼應許良榮(1996)指出圖形可輔助課文中一些抽象與複雜概念的學習。雖然多數學生開始喜好真實彩色的血球圖形表徵，但於辨識之際咸感描繪黑白要比真實彩色血球圖形表徵更易辨識，其原因爲描繪黑白圖形表徵更能凸顯重要特徵所致。生物教科書中的真實圖形表徵雖能表現物體鮮明的影像，但建構的性質通常因而消失，反而造成學生學習上的障礙。故了解圖形表徵在辨識上的作用，必須兼顧圖形產生的方式和學生接受的方式。對於初學者，教師應以描繪黑白圖形作爲建構複雜或整體性概念的媒介，此一結果符合Schnotz (2002)主張：若圖形選的好，可以支援內在的視覺感知，進而形成表徵或模型。此外，Gerjets與Scheiter (2003)研究指出：可藉更有效的教學設計以降低外在認知負荷，其作法包括教材呈現方式、教材設計或教學活動本身。針對中低學習成效學生，本研究提出理想的圖形表徵教學順序供生物教師參考，其順序爲：先用描繪黑白圖形表徵進行解釋，讓學生掌握重要結構，再使用真實彩色圖形表徵以促使學生進行不同圖形表徵之間的比較與精緻化，催化學生聚焦於圖形表徵的關鍵區，進而建構正確的概念與形式。此一結論符合林淑菁(2002)認爲「教師需考量合理的圖像運用方式，方能發揮其輔助學習效果，特別是低學習能力學生」的主張。

二、研究建議

本研究以血球圖形表徵爲研究主題，外推至生物相關圖形表徵時僅限於類似內容。雖然獲得上述四項結論，但對於辨識歷程中每一階段的變因與交互作用，並未有完整的討論，尚待後續研究進行探討，以作爲未來詮釋個案學生差異的基礎。此外，爲落實應用圖形表徵在教學實務上，建議可針對不同科學圖形、不同年級或不同學習成效(高低：前測的高分組轉變成後測的低分組或高高：前測與後測均爲高分組)等變因進行後續研究，以求獲得更適用多數學生的結論。

誌謝

本研究的完成多承國科會補助(NSC 99-2514-S-110-001-GJ)，特此誌謝。

參考文獻

1. 林玉雯、劉嘉茹、黃台珠(2007，1月)。**生物圖形表徵的辨識與意義建構之初探——原住民與一般學生之差異**。論文發表於原住民學生數理科教／學理論與實務學術研討會。臺東市：國立臺東大學。
2. 吳明隆(2005)。**SPSS統計應用實務**。臺北市：松崗。
3. 吳裕益(2007)。**心理與教育統計學**。臺北市：雙葉。
4. 汪曼穎、王林宇(2006)。注意力分配對圖像登錄之影響及其在教學上的應用方向。**教育心理學報**，**38**(1)，67-83。
5. 林淑菁(2002)。**國小資源班學生正整數乘除文字題之圖示教學效果研究——以臺北市一國小為例**。國立臺北師範學院特殊教育學系碩士論文，未出版，臺北市。
6. 耿正屏(1991)。**我國國中學生生物科概念的發展（生物體內物質的運輸）（I）**。國科會科教專題研究報告(NSC 81011S018-03-D-S300403)。彰化市：國立彰化師範大學生物學系。
7. 康台生、呂靜修(2008)。視覺、標誌符號與表徵。**設計研究學報，創刊號**，78-89。
8. 張春興(2003)。**心理學原理**。臺北市：東華。
9. 許良榮(1996)。圖形與科學課文學習關係的探討。**教育研究資訊**，**4**(4)，121-131。
10. 葛列格里(Gregory, R. L.)著(2006)。**視覺心理學** (*Eye and brain*，翟錦春、張芬芬譯)。臺北市：五南。(原作1997年出版)
11. 劉又彰、葉富雅、許錦龍、鄭成、林怡祕、王翠霞等(2007)。**新編生物學**。臺北市：永大書局。
12. 劉立行、沈文英(2001)。**視覺傳播**。臺北市：國立空中大學。
13. 鄭昭明(2004)。**認知心理學：理論與實踐**。臺北市：桂冠。
14. 鄭麗玉(2009)。**認知心理學：理論與應用**(三版)。臺北市：五南。
15. Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (1991). *Computer-based instruction: Methods and development* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
16. Arnheim, R. (1969). *Visual thinking*. London: Faber and Faber.
17. Bleich, L., Ledford, S., Orrill, C. H., & Polly, D. (2006). An analysis of the use of graphical representation in participants' solutions. *The Mathematics Educator*, *16*(1), 22-34.
18. Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. New York: Vintage Books.
19. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
20. Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, *90*(6), 1073-1091.
21. Gerjets, P., & Scheiter, K., (2003). Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from

hypertext-based instruction. *Educational Psychologist*, *38*(1), 33-41.
22. Hayward, W. G., Rhodes, G., & Schwaninger, A. (2008). An own-race advantage for components as well as configurations in face recognition. *Cognition*, *106*(2), 1017-1027.
23. Hegarty, M., & Just, M. A. (1989). Understanding machines from text and diagrams. In H. Mandl & J. R. Levin (Eds.), *Knowledge acquisition from text and picture* (pp. 171-194). New York: North-Holland.
24. Hill, R. J. (1953). A note on inconsistency in paired comparison judgements. *American Sociological Review*, *18*(5), 564-566.
25. Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, *17*(6), 722-738.
26. Kozhevnikov, M., Kosslyn, S., & Shephard, J. (2005). Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style. *Memory & Cognition*, *33*(4), 710-726.
27. Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, *11*(1), 65-100.
28. Lin, Y. W., Liu, C. J., & Huang, T. C. (2008a, February). *The development of the blood-cell cognition test and its related study: Analyzed with IRT*. Paper presented at Conference of Asian Science Education, Kaohsiung, Taiwan.
29. Lin, Y. W., Liu, C. J., & Huang, T. C. (2008b, July). *Explore students' recognition process in graphical representations of biological concepts*. Paper presented at 39th Conference of the Australasian Science Education Research Association, Brisbane, Australia.
30. Mayr, E. (1996). What is a species, and what is not? *Philosophy of Science*, *63*(2), 262-277.
31. McKim, R. H. (1980). *Experiences in visual thinking* (2nd ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.
32. Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
33. Payne, D. G., & Wenger, M. J. (1998). *Cognitive psychology*. New York: Houghton Mifflin.
34. Pozzer, L. L., & Roth, W. -M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(10), 1089-1114.
35. Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W. -M. (2005). Making sense of photographs. *Science Education*, *89*(2), 219-241.
36. Quinn, P. C., Burke, S., & Rush, A. (1993). Part-whole perception in early infancy: Evidence for perceptual grouping produced by lightness similarity. *Infant Behavior and Development*, *16*(1), 19-42.
37. Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research*. Newbury Park, CA: Sage.
38. Roth, W. -M. (2004). Cognitive phenomenology: Marriage of phenomenology and cognitive science. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, *5*(3). Retrieved July 21, 2007, from http://www.qualitative-research.net/index.

php/fqs/article/viewArticle/570/1237

39. Roth, W. -M., Pozzer-Ardenghi, L., & Han, J. Y. (2005). Photographs in biology texts. In *Critical graphicacy: Understanding visual representation practices in school science* (pp. 83-108). Dordrecht, Netherlands: Springer.
40. Schnotz, W. (2002). Commentary: Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, *14*(1), 101-120.
41. Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, *13*(2), 141-156.
42. Sternberg, S. (1969). Memory-scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, *57*(4), 421-457.
43. Tanaka, J. W., Curran, T., & Sheinberg, D. L. (2005). The training and transfer of real-world perceptual expertise. *Psychological Science*, *16*(2), 145-151.
44. Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: The University of Chicago Press.
45. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change [Special issue]. *Learning and Instruction*, *4*(1), 45-69.
46. Weidenmann, B. (1989). When good pictures fail: An information-processing approach to the effect of illustrations. In H. Mandl & J. R. Levin (Eds.), *Knowledge acquisition from text and pictures* (pp. 157-170). Oxford, UK: North-Holland.
47. Weldon, M. S., & Roediger, H. L., III. (1987). Altering retrieval demands reverses the picture superiority effect. *Memory & Cognition*, *15*(4), 269-280.

科學教育學刊
2010, 第十八卷第六期, 521-546

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(6), 521-546

Exploring the Effects of Graphical Representation and Preference of Visual Perceptive Learning on Learning Biological Recognition

Yu-Wen Lin[1], Tai-Chu Huang[2] and Chia-Ju Liu[3]

[1]Shu Zen College of Medicine and Management
[2]Center for General Education, National Sun Yat-sen University
[3]Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

Abstract

This study aimed to investigate the effects of graphical representation and preference of visual perceptive learning on learning biological recognition in 159 medical college students from three classes. The study included: Stage 1, administration of a visual perceptive learning preference questionnaire and a recognition test for graphical representations of blood cells; Stage 2, students in different classes studied blood cells using different graphical representations (true color photographs, black-and-white drawings, and color drawings); Stage 3, the same recognition test was re-administered; stage 4, two students from high and low achievement groups in each class were interviewed. Quantitative data were analyzed using the law of comparative judgment, a paired *t*-test, ANCOVA and one-way ANOVA. Qualitative data were analyzed to infer the recognition process. The results showed: 1) before learning, high and low achievement students demonstrated analytical and intuitive learning preferences, respectively; 2) all three graphical representations significantly enhanced learning, 3) high and low achievement students tended to use circular and linear paths, respectively. Implications for practice and further research are discussed.

Key words: Visual Perceptive Learning Preference, Graphic Representations, Recognition Learning