科學教育學刊
2024, 第三十二卷第二期, 125-162
DOI:10.6173/CJSE.202406_32(2).0001

Contemporary Journal of Science Education
2024, 32(2), 125-162

應用視覺引導策略提升大學生科學概念學習歷程之圖文訊息整合

李育叡　周文己*
國立彰化師範大學　生物學系

摘要

本研究目的為探討融入視覺引導策略對科學概念圖文訊息整合之影響。本研究設計兩種不同圖文整合需求度之課程(高整合需求度、低整合需求度)，並分別融入三種不同的視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)，藉此探討不同視覺引導策略下對於學生學習成效的影響，並進一步探討三種視覺引導策略在高整合需求度與低整合需求度的學習材料中的學習成效是否具有差異。研究對象為60名本科非自然相關學科之大學學生，並於實驗過程中輔以眼動儀蒐集學生的眼動資料，以瞭解學生在學習過程中的注意力分布與眼動行為。研究結果顯示，在低整合需求度課程中，三組的學習成效與圖文掃視次數皆無顯著差異；而在高整合需求度課程中，顏色組在學習成效上顯著高於空間組，且顏色組的圖文掃視次數也顯著高於空間組與對照組。研究結果指出，在低整合需求度概念上，可能因元素相互作用性較低，是否加入視覺引導策略對於學習成效不會產生太大的影響；而在高整合需求度概念上，相較於空間鄰近性的視覺引導策略，使用顏色標示的視覺引導策略可顯著提升圖文訊息整合的效果，顏色標示可增加學生圖文訊息之間的掃視次數，進而進行圖文間訊息的對照及整合以達成更佳的學習成效。

關鍵詞：眼動、視覺引導、圖文訊息整合

壹、前言

當科學學習的內容中，同時以文字和圖片來呈現時，學生需要將來自文字及圖片的訊息進行良好的整合，才能完整的瞭解該學習內容，因此在科學學習中具有圖文整合的能力對學生來說是必要的，然而這卻不是件容易的事。科學學習內容中的概念，並非全部都有一致的圖文整合需求度。有些內容例如食物中的養分與能量、本能與反應、生物間的互動，較可以由單一訊息管道來學習，因此對於圖文整合的需求度相對較低；有些內容中則涉及了與空間相關的概念，例如消化系統中的器官位置、順序，或是泌尿系統、循環系統，甚至是神經系統等，這些內容較難單獨以文字或是圖片來學習，則其對

*通訊作者：周文己，chouwenchi@cc.ncue.edu.tw；ORCID：0000-0002-1651-1599
投稿：2024/1/15，修訂：2024/6/25，接受：2024/6/29，線上出版：2024/08/28

於圖文整合的需求度隨之提高。當然，無論是高、低圖文整合需求度的學習內容，都需要一定的圖文整合能力，不過在圖文整合需求度越高的概念中，如果學生無法順利完成圖文訊息整合，就越容易導致學習困難。研究者推測學生對圖文訊息整合的困難，在於無法順利於適當的時間點，將注意力有效、準確地轉移至圖片和文字間相對應的位置。因此研究者希望融入視覺引導策略，來幫助學生進行圖文整合。同時，先前的研究並沒有比較不同視覺引導策略，在不同圖文整合需求度之內容中的適配程度，且以往關於視覺引導策略的研究方法，大多都只以學習成效為衡量標準，未深入探討視覺引導策略如何改變學生的注意力分布。

在文獻回顧中，研究者發現：一、設置視覺標示；二、依空間鄰近原則編排，是很有效的視覺引導策略。因此本篇研究希望透過上述兩種引導策略來引導學生的注意力，使學生減少不必要的認知負荷與訊息處理中斷的可能，幫助學生進行圖文整合，進而達到減少學習困難、增進學習成效的目標。除此之外，本研究還欲比較此兩種策略在不同整合需求度的概念中，是否具有不同的成效，並將藉由蒐集眼動數據，進一步瞭解視覺引導策略是否真的影響學生的認知歷程。據此，本研究之研究目的為探討以視覺引導策略協助學生進行不同需求度的圖文訊息整合對於學習成效的影響。比較圖文整合需求度較高的課程(高整合需求度課程)與圖文整合需求度較低的課程(低整合需求度課程)，分別在一般教科書的組別(對照組)、以容易吸引選擇性注意力的相似性特徵設置之標示(顏色組)，或以空間鄰近原則(空間組)編排下，其學習成效的差異。根據研究目的，本研究之研究問題如下：

一、在不同視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)下，學生於人體消化概念之總體學習成效是否具有差異？

二、在不同視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)下，學生於人體消化概念中的「高整合需求概念」與「低整合需求概念」之學習成效是否具有差異？

三、不同圖文整合需求度之課程中，在不同視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)下，其眼動指標與認知歷程是否具有差異？

貳、文獻探討

一、認知負荷與圖文訊息整合

「認知負荷理論」在早期被稱為「心智工作理論」，Sweller (1988)將此理論應用於教育領域的研究中，開始探討學習者在學習內容及認知結構的交互作用，此後，越來越多學者投入相關的研究，而形成了認知負荷理論的基本架構(Cooper, 1990; Feinberg & Murphy, 2000; Kirschner, 2002; Lavie et al., 2004; Sweller, 1988, 1994; Sweller et al., 1998)。Sweller等(1998)提出認知負荷理論具有下列之基本假設：(一)工作記憶(working memory)的容量是有限的：對於外界訊息的接收，必須依賴工作記憶對外界訊息進行更深入的認識與理解，並在理解後保留，使之轉換為長期記憶；(二)長期記憶(long-term memory)的容量是沒有限制的：所謂的長期記憶是指保持訊息長期不忘的永久記憶，而長期記憶的容量是無限的；(三)長期記憶中之內容主要以基模(schema)的型態儲存：基模是指能將多個的資訊元件依據需要組織整合為單一元件的認知結構。基模除了在長期記憶中具有儲存及組織資訊的功能外，亦可降

低工作記憶區的負荷；(四)基模運作自動化(schema automation)是基模建構的重要過程：藉由充分的練習可以將基模之運作自動化，進而降低工作記憶之負荷。而認知負荷也可因其產生的原因區分為下列不同之類型：(一)內在認知負荷(intrinsic cognitive load)：其來源為學習材料本身的內容及學習者本身的程度，或是兩者的交互作用。以學習材料本身的內容而言，如果內容具有較高的複雜性以及難度，那麼學習者會有較高的內在認知負荷。以生物學的光合作用為例，光合作用是一個複雜的過程，包括光反應以及碳反應，光反應與碳反應中包括了一系列的專有名詞以及生化反應，例如葉綠體、類囊體、電子傳遞鏈、氧化磷酸化反應等等。光合作用的過程涉及了多個互相連接的步驟和反應，這對學生要理解整個光合作用過程是一個挑戰，這當中使用到的專有名詞也需要學生進行理解以及記憶，此外，光合作用的過程是微觀和抽象的，比如電子傳遞鏈中的電子轉移和能量的轉換。這些學習材料中的複雜性和抽象性都是造成學習者產生內在認知負荷的來源。而在學習者本身程度而言，需要考慮的是個人的先備知識，如果在進行學習的過程中，若個人的先備知識中已經建立起某些外界訊息的基模時，所產生的內在認知負荷會降低。(二)外在認知負荷(extraneous cognitive load)：教材的呈現與組織方式的不同，或是教學技巧的缺失都會對學習者造成外在的認知負荷，這種外在認知負荷與學習材料本身的難度無關，而是與材料的呈現和組織方式有關，是當教學技巧或是教材在呈現及組織上造成學習者無法專注於該學習的內容上，而對認知造成負荷。例如教「DNA複製」的概念時，DNA的結構以及參與酵素的功能都是學生需要理解的內容，如果學習材料使用了學生難以理解的DNA結構圖而無法呈現出DNA雙股的特性，或是使用了結構不明或是描述不清的文本內容來說明各酵素的功能，都有可能造成外在認知負荷。此外，DNA複製的概念中還包含了順序性的過程，如果學習材料無法清楚呈現DNA複製過程中的順序性，例如各酵素應該在哪一階段產生何種功能以推進DNA複製的過程，這些都可能造成外在認知負荷而導致學生無法理解DNA複製的概念。又或者是當老師使用科技輔助教學時，學生因為不熟悉系統的操作練習，造成在實際學習的過程中其重點並不是放在內容的學習上，而是放在系統操作的練習，上述這些因為教材的呈現或是教學技巧所造成的認知負荷，都可稱為外在的認知負荷。(三)增生認知負荷(germane cognitive load)：在教學過程中，學習者經由教學材料的引導，將其注意力由與學習無關之訊息內容轉向與學習相關或有助於協助其建構認知基模的內容。與外在認知負荷相比，增生認知負荷雖然也會對學習者造成認知負荷，但是增生認知負荷對於學習者卻有著正面的幫助，能促使學習者將注意力投注於相關的訊息內容，因而促使其投注較多的認知努力(cognitive effort)於認知基模建構(Sweller et al.)。綜合上述所言，在學習材料之設計及發展過程中，如何降低學生的外在認知負荷及提升增生認知負荷將是影響學生學習成效的關鍵。

在概念學習過程中，其學習材料的內容往往是以圖片結合文字的方式呈現，先前的研究指出使用圖片結合文字解釋概念內容將有助於降低學生的外在認知負荷並提升學生的學習成效。在多媒體學習中，R. E. Mayer (2005)提出了多媒體學習認知理論，其中包括三個基本假定，首先是「雙通道」(dual

channels)，人類訊息處理系統具有兩個獨立的訊息處理通道，一個用於處理視覺和空間資料(如圖形、圖像和文字)，另一個用於處理語言和聲音訊息(如口語或書面文字)。第二為「有限容量」(limited capacity)，每個通道的處理能力都是有限的，每個通道在任何給定時間內只能有效處理有限量的訊息內容，當訊息量過大時，可能會超過這些通道的處理能力而導致認知負荷增加。第三為「主動處理」(active processing)，R. E. Mayer的理論認為有效學習需要學習者在主動且有意義地處理訊息並建構知識，包含將接收的訊息組織成有意義的知識結構，並將其與先前的知識整合。這種處理涉及到多個認知過程，如選擇(從呈現的材料中選擇相關訊息)、組織(將選擇的訊息組織成結構化的知識框架)和整合(將新組織的知識與現有的知識基礎融合)。R. E. Mayer也依據多媒體學習認知理論提出一系列設計多媒體學習教材時的設計原則。根據R. E. Mayer的多媒體學習認知理論，對於科學概念的學習來說，結合文字與圖像的學習材料比僅使用文字的學習材料更能促進學生的學習效果，此現象稱為多媒體效應(multimedia effect)。當學習材料結合了文字和圖片，學生可以利用視覺和聽覺兩個通道來處理訊息，這有助於更深層次的理解和記憶(D. Mayer, 2001; R. E. Mayer, 2005)。此理論強調設計多媒體教學材料時需要考慮人類心智的認知過程，相較於只用文字，將文字和圖像整合在一起可以通過促進如選擇相關訊息、組織語言和圖像表達，以及整合先前知識等過程，來增強有意義的學習(D. Mayer; R. E. Mayer; R. E. Mayer et al., 2005; R. E. Mayer & Moreno, 2003)。此外，R. E. Mayer的多媒體學習認知理論也指出當學習材料以文字與圖像呈現時，也需要考慮兩者在空間中的關係，根據空間鄰近原則(spatial contiguity principle)，當相關的文字和圖像訊息在頁面呈現時若是彼此互相靠近，學習者較不需要耗費認知資源在頁面上進行視覺搜尋，因而更有可能同時在工作記憶中維持這些訊息，此外，學生也可運用其餘的認知資源關注其他內容，以獲取更多訊息，進而提高學習成效。相對地，如果文字和圖像訊息相距較遠，學習者則需要耗費更多認知資源去尋找相關的文字和圖像訊息，這會降低在工作記憶中同時維持這些訊息的可能性，從而降低學習效果(R. E. Mayer, 2002, 2005)。Gross等(2017)的研究探討在大學生肌肉骨骼解剖課程中使用文字以及圖片的學習課程對於學習人體肌肉骨骼解剖學概念的學習成效。研究對象為參加密西根大學運動科學課程的學生，包括來自運動科學專業和其他學科的學生，大部分為二年級，參與者總數為231名。研究結果指出，與單獨使用文字相比，在解剖學課程中使用圖片結合文字的學習課程對學生的學習成效有顯著的正向影響。Schweppe等(2015)的研究探討使用文字搭配圖片的整合學習以及單獨使用文字材料進行學習時，兩種方式在學習的短期成效以及長期成效是否具有差異。此研究共包含兩個實驗，研究對象皆為大學在學學生，這些學生參與實驗以換取課程學分。實驗一共有110名學生參與，實驗二有147名學生參與。研究結果顯示，當學生使用結合文字和圖片的材料進行學習後，無論是短期學習還是經過延宕測試，其學習效果都比僅使用文字材料要好。Wennås Brante等(2013)的研究在學習材料中設計了「僅有文本」和「文本加圖片」兩種情況，這兩種情況被用來展示相同的藝術概念，研究目的之一是為探討兩種不同設計的學習材料對於學習者理解內容和學習成效的影響。研究對象是來自瑞典兩個主要城市的46名年輕成人，這46名研究對象於近期完成了K-12

教育並在大學或學院級別繼續學習。研究結果指出，當使用文字搭配圖片的學習材料時，圖片有助於學習者提高文字內容描述的回憶程度，因此，當學習材料使用文字搭配圖片時，圖片的角色以及功能是作為視覺輔助工具來幫助學習者更好地記憶學習內容。此外，van Genuchten等(2012)的研究探討不同類型的任務(概念性、因果性和程序性任務)在使用文本和圖片進行學習時是否存在多媒體效應。研究對象為65名大學生，他們在實驗中隨機被分配到「僅有文本」或「文本加圖片」的多媒體學習任務中。研究結果指出，當學習材料同時使用文字和圖片時，文字和圖片可產生互補的作用，使學生可以結合兩種表徵形式的特定優點，進而獲得更完整的訊息並提升學習成效。Leopold等(2015)的研究主要目的是探討策略指導對於從文本和圖片中學習的影響。研究的對象是德國112名11年級的高中生。研究結果發現，相較於單獨閱讀文字材料，若學生使用結合文字和圖片的學習材料時，在學習過程中學生能夠在文字和圖片之間建立對照與連結，因而提升學生的概念學習成效。此外，在多媒體學習中，也常會使用訊號(signaling)來協助學生進行學習，訊號是指在學習材料中使用提示(或稱為線索)來引導學習者的注意力，使其專注於學習材料中的關鍵要素。訊號可以是顏色編碼(color coding)、標籤(labels)或是箭頭指示(arrows)等形式，以顏色編碼為例，通常會將文本中的關鍵字和圖中的對應位置使用同一個顏色進行編碼呈現，訊號存在的角色及目的是為了有效提升學習效果並促進知識的吸收和理解(Alpizar et al., 2020)。Jian (2019)的研究即是探討訊號原則(signaling principle)在多媒體學習中的有效性，以及年輕讀者在使用多媒體學習材料時所涉及的認知過程，並探討整合訊號策略與閱讀指導是否能提升學生的理解和學習效果。研究對象為89名國小六年級學生，這些學生被隨機分至三組並閱讀帶插圖的科學文本，三組內容分別為：學習材料含有訊號(標示組)、學習材料不包含訊號(無標示組)以及學習材料含有訊號並結合閱讀指導(標示+閱讀指導)。研究結果顯示單獨的訊號原則不能很好地適用於年輕讀者，在沒有閱讀策略指導的情況下，材料中的訊號無法顯著提高學習成效。研究指出閱讀指導對於訊號效應的必要性，特別是對於較年輕的學習者，訊號必須與明確的閱讀策略訓練互相結合才能對學習產生助益。綜合上述在圖文整合學習的相關研究，可發現歷來多針對高中生及大學生進行，這些研究通常著重於如何透過圖文整合的教學策略，增強學生對於學習材料的理解能力以及學習成效，研究結果也顯示圖文整合學習對此年齡層學生的學習有著顯著的正面影響。而從Jian的研究結果發現，在學習材料中只有訊號的介入對於年輕學生來說是不夠的。這可能是由於年輕學生在圖表閱讀能力上有限，因而在解讀圖表訊息方面存在困難。這代表即使圖表中包含了有效的訊號，學生也可能無法理解這些訊號的意義和用途，因此需要額外的閱讀策略和指導來幫助他們解讀這些訊號內容。根據上述研究結果，高中生和大學生的圖表閱讀能力比國小學生來得成熟，使得圖文整合這類學習策略在他們身上能發揮更好的效果，因此，本研究中選擇以大學生作為研究對象，期望透過不同視覺引導策略能有助於學生進行圖文訊息整合。

從上述文獻與研究可發現，當學習材料能夠有效整合文字以及圖像的訊息時將有助於提升學生的學習成效，由此可知，圖像及文字的整合在科學學習的歷程中實是不可忽略的重要因素。然而，也有不少研究結果顯示，僅管學習材料使用了圖像搭配文字的方

式呈現，但圖片與文字的整合需求也會影響學生的學習成效。圖文整合需求指的是在學習過程中，學習者需要從文本和圖像中提取和結合訊息的程度。圖文整合需求可能受到「概念複雜度」和「圖文關聯性」所影響，以下分別探討此兩個因素對於圖文整合需求的影響。影響圖文整合需求的其一因素是學習材料中的概念複雜度，包括學習內容中所隱含的結構複雜性、程序複雜性及變量數量等因素(Schnotz et al., 2011)。結構複雜性指的是學習材料中所呈現不同元素的數量及配置，例如圖片中所具有的物件、符號、線條等元素。結構複雜性高時，學生需要能夠辨識和解釋這些圖像元素之間的關係，並將這些圖像訊息與文本中的說明互相對應與結合，因此若是結構複雜性較高的內容也對學生的圖文訊息整合能力有較高的需求。程序複雜性指的是學習內容中所描述的過程或步驟的數量及複雜程度，學生需要理解過程程序中每一步驟所涉及的動態變化，而學習材料程序複雜性高的情況下，學生需理解步驟以及步驟之間的關係，並能與文字所描述的步驟變化進行對照，因此，若程序複雜性較高也會增加學習者進行圖文整合過程中的認知負荷。最後，變量數量指的是在學習材料中圖片和文本中所呈現的獨立變量的數量，例如物件的顏色、形狀、大小等等，也可能是文本中所描述的不同概念內容。而這些獨立變量的數量即代表學習者在學習過程中用來理解相關內容時所需要處理的訊息數量，因此，當變量的數量增加時，意味著學習者在圖文整合的過程中也需要投入更多的認知資源。當學習材料或任務內容含有較高的結構複雜性、程序複雜性或是較高的變量數量時，學習者需要從文字和圖片中提取並融合大量訊息，並需要運用更多的認知資源來組織和整合來自圖文之間的訊息。相對地，若是學習材料或任務內容只需學習者處理有限的文字和圖片訊息，這些材料或任務的圖文整合需求即被認為是較低的。影響圖文整合需求的另一可能因素是圖文之間的關聯性，即圖像與文字之間的相互關係。Klein等(2019)的研究探討了在多媒體學習課程中使用圖片搭配文字對科學概念學習的影響。研究結果指出，雖然多媒體學習認知理論主張使用圖片搭配文字的學習材料會比只單獨使用文本的學習材料更加有效，但圖片有可能會使學生不太深入思考或是質疑科學文本的內容，因此造成學生誤解相關的訊息或是忽略了文本當中自相矛盾的地方，研究結果更進一步指出，當圖片的表面特徵與科學概念相衝突時，圖片也可能對學習產生不利影響。因此，當圖像和文字兩者呈現了完全無關甚至彼此矛盾的資訊時可能會影響學習者進行圖文訊息的整合。此外，先前有些研究指出圖像和文字之間若呈現彼此相關而可互相補充的訊息時，將有助於提升學習者的學習成效。Ainsworth (2006)的研究探討了多重表徵系統的有效性，並提出多重表徵的不同功能，其中之一即為補充功能(complementary functions)。Ainsworth認為當圖與文提供不完全相同但可彼此互補的訊息時，不同表徵能提供獨特的視角和細節而減少訊息的冗餘性，如此一來可以避免學習者處理重複訊息所造成的認知負荷，因而能使學習者更加專注於新訊息的理解。例如，圖表可以顯示數據趨勢，而文本可以提供對這些趨勢的詳細解釋和背景訊息，這種訊息之間的互補性可促使學習者在不同表徵之間建立連結並進行深度思考和理解。Vekiri (2002)也提出類似的觀點，Vekiri認為當圖像和文字訊息相互具有關聯且同時呈現時，學習者可透過圖像和文字之間進行互相解釋因而產生有意義的連結以增強訊息處理，從而顯著提高學習

者的理解和記憶效果。此外，在Khine與Liu (2017)的研究中分析了科學教科書，研究結果指出科學教科書中的圖像和文字表徵之間可以互補並進行相互解釋，進而幫助學生更好地理解複雜的科學概念。此外，Schmidt-Weigand與Scheiter (2011)研究了空間訊息在多媒體學習中的作用。實驗採用二因子的實驗設計，第一個因子為內容呈現方式，分為兩種，一種是只使用文字，另一種是使用文字加圖像的方式呈現；第二個因子為文本中所包含的空間訊息程度，分別為高空間程度訊息文本和低空間程度訊息文本，兩者主要差異在於文本中對於空間訊息描述的詳細程度不同，高空間程度訊息文本包含豐富的空間方位和動態描述，並明確說明在此空間中的運動方向和在空間中的交互作用，這將有助於學習者在心中建構出關於此空間的心智模型；相對地，低空間程度訊息文本則刪減或簡化了這些空間方位和運動的描述，使得文本中包含較少空間方位和動態描述的細節。研究結果顯示，使用文字加動畫的學習者比只使用文字的學習者表現更好，當內容呈現方式只使用文字時，學習者會產生較高的認知負荷。此外，研究結果進一步指出，使用低空間程度訊息文本時有較明顯的多媒體效應，而在高空間程度訊息文本時則沒有這種效應，顯示當文本包括較低程度的空間訊息，也就是對空間關係或細節的描述較少時，使用文字加上圖像的方式所產生的多媒體效應對學習成效具有正向影響，圖像能夠補充文本中缺乏的空間視覺訊息，學習者可藉由圖像的輔助有效避免產生認知負荷進而增強學習效果。而在高空間程度訊息文本時則沒有明顯的多媒體效應，Schmidt-Weigand與Scheiter認為在高空間程度訊息文本的情境下，由於文字已經詳細地提供了空間訊息，在此情況下，擁有同樣豐富空間訊息的動畫可能產生了「冗餘效應」(redundancy effect) (R. E. Mayer, 2002)。儘管在此研究中動畫在實際上並沒有妨礙學習，但當文本中已存在豐富且詳細的空間訊息時，動畫中所包含的空間訊息對學習者而言可能並沒有直接的幫助，學習者可能在過程中選擇性地忽略某些動畫中的空間訊息以避免冗餘效應所帶來的潛在認知負荷，此研究結果也和前文Ainsworth的研究發現一致。透過上述研究結果得知，學習材料中包含的文本和圖像訊息之間的關聯性可能影響學習者訊息整合的歷程，當文字和圖像兩者之間關聯性較低，而較少相互依賴時，文字和圖像可能獨立提供訊息，學習者對於圖文訊息整合需求也較低，無需進行深入的圖文訊息整合便能理解內容；而當文字和圖像兩者之間具有較高的關聯性而可提供彼此互補的訊息時，此時對於圖文訊息整合的需求較高，學習者於學習過程中需透過圖文訊息整合的歷程使圖像和文字訊息之間產生有意義的連結並進而互相解釋以理解學習內容。

Schnotz等(2014)研究學生在學習生物學和地理學概念時整合文字和圖片訊息的策略，並讓學生回答三個不同複雜程度的概念測驗問題。研究結果發現文字和圖片整合的難度對學生的學習成效確實有影響，當面對較困難的題目時，學生對圖片的利用會顯著下降，這可能是因為學生缺乏適當的圖片處理策略或者不知道如何整合文字和圖片的訊息。Schüler (2017)的研究中使用眼動追蹤來研究學生在學習過程中是否能夠有效整合文字和圖片訊息並建構出心理表徵。實驗組的學習材料中呈現不一致的文字與圖片訊息，對照組的學習材料則呈現了一致的文字與圖片訊息。研究結果顯示，與一致性的訊息相比，當文字的圖片呈現出不一致的訊息時，會使得訊息整合的難度提高。而在眼動

行為上也會反映出訊息整合過程中的處理困難，當面對不一致的文字和圖片訊息時，實驗組的學習者在文本以及圖片上的凝視時間(fixation duration)顯著長於控制組，這表明他們在嘗試觀察、分析並解決文本與圖片之間的矛盾訊息，以試圖整合文本和圖像中的訊息內容。此外實驗組學習者在文本與圖片之間的轉換次數比控制組更多，這表示實驗組學習者在文字跟圖片間來回檢查，試圖建立更好的連接和一致性。Eitel等(2013)的研究指出，與純文字相比，若文字和圖片同時顯示，可促進學習者對於學習內容的回憶和理解，並加快文本處理速度，研究結果也進一步指出，圖片能使學習者產生一個空間性的心理架構而協助學習者更快地處理有關空間結構的文本內容，換句話說，當文本內容含有空間結構的訊息時，圖片與文字並存的需求提高，圖文整合需求亦隨之增加。

綜合上述內容，當學習材料同時包含文字和圖像時可以更有效地利用我們的認知資源。根據多媒體學習認知理論，人類的訊息處理方式可以分為兩種主要路徑：視覺和聽覺。當學習材料結合文字和圖像時，能夠同時活化這兩種訊息處理的路徑，進而提高訊息處理的效率和效果，因此，當學習材料結合文字和圖像時，相較於僅使用文字，有助於降低學習者的認知負荷並進而提升學習成效。此外，許多研究也指出，當學習材料結合文字和圖像時，文字和圖像之間的整合程度也會影響學習成效，當文字和圖像所呈現的訊息緊密相關且容易整合時，學習者可以更容易地在兩者之間建立連結，進而提高理解和記憶。如同前面文獻的研究結果所指出，如果學習材料中所呈現的內容複雜性較高，例如具有較高的結構、程序複雜性或是較多的變量時，會使得文本和圖像之間的整合難度增加(Schnotz et al., 2011)，又或者當學習材料中文字與圖像所呈現的訊息不一致而造成兩者關聯不明確時，也會使得圖文訊息整合的歷程產生困難(Schüler, 2017)，學習者可能需要花費更多的認知資源來理解文字和圖像之間的關聯，而導致認知負荷增加，當認知負荷過高時，學習者的注意力和記憶能力可能會受到影響，因而影響學習成效。

二、視覺注意力與視覺引導策略

視覺注意力的選擇性並非是一種簡單的過程，而是一個複雜且多層次的認知功能，當中涉及了對視覺資訊的解析和處理。而在科學概念學習的歷程中，當學生將注意力投入到學習材料時，其實選擇性地關注以及處理學習材料中大量資訊的一小部分。這種視覺注意力的選擇性過程可以在指令的指導下或根據特定任務的需求來自由控制(de Koning et al., 2009; Pettersson, 2000)。視覺選擇性注意力是一種調節視覺感知的能力，以便根據當前的任務提升目標處理的效率(Carrasco, 2011)。視覺注意力的選擇在很大程度上取決於視野中存在的刺激之物理特徵，且刺激物之間的關聯性也會極大地影響我們注意力的分布(Moores et al., 2003; Theeuwes, 1993)。此外，視覺搜尋被認為是視覺選擇性注意力下的一個重要理論，也是選擇性注意力相關研究中最成功的典範(Krummenacher et al., 2010)。Müller與Krummenacher (2006)的研究中指出，如果先前的搜尋目標擁有某些特定的視覺特徵，當我們的注意力集中在此特徵或相似的特徵時，我們接下來的注意力會被自動而有效地導引至下一個具有相同或相似特徵的目標上。換句話說，如果目標與先前的目標具有相同的視覺特徵，比如顏色、形狀甚至尺寸時，這會使得目標物的處理變得更為簡單，注意力會經由相似特徵的導引而簡化目標的處理進而提升視覺搜尋與

訊息處理的效率，這也說明了注意力在視覺搜尋過程中的動態調節能力，也有助於理解我們的注意力如何在眾多刺激中快速辨識和處理目標物(Krummenacher et al.; Müller & Krummenacher)。此外，Yeh等(2019)的研究進一步強調了視覺環境中元素間相似性的作用。他們指出當干擾物彼此更加相似時，目標物更容易被辨識，而目標物與干擾物之間的差異增大時，尋找並辨識目標物也會變得更加容易。這些發現有助於我們理解視覺注意力如何在不同的視覺環境中調節，以及如何在複雜的視覺場景中有效地工作。綜合上述，視覺注意力的選擇性是一個複雜且動態的過程，涉及到對視覺訊息的細緻分析和處理。從教科書學習到日常生活中的視覺搜尋，這種注意力的調節機制對於我們有效地處理視覺訊息至關重要。它不僅影響我們如何專注於特定任務，還影響我們如何從環境中篩選出相關訊息。這種選擇性注意力調節機制使我們能夠在繁忙的視覺環境中保持有效和準確的認知處理。而在科學學習歷程中，學生進行圖文訊息整合時需要視覺注意力的選擇性處理(Ho et al., 2014; Mason, Tornatora, & Pluchino, 2015)，若學習材料可以有效引導學生注意力並協助學生進行圖文訊息整合時，將有助於提升學生的學習成效。而在先前的研究中，在圖文訊息中設置對應的視覺標示以及依空間鄰近原則編排圖文內容都可有效引導學生的注意力。

(一)設置視覺標示

先前研究主張視覺標示能夠影響視覺注意力以及認知過程，其基本假定認為視覺標示可將注意力引導至標示所突顯出的材料內容上，進而導致對這些材料內容產生更深度的認知處理(Ozcelik et al., 2010)。多媒體學習研究表明，若學生可以通過交互標示來辨識出不同表徵形式之間的連結，則具有多種表徵形式(特別是書面文字和圖片)的學習對理解更有幫助(Schnotz & Bannert, 2003)。訊號原則的相關研究即是一種視覺標示在多媒體課程中的應用。研究指出若是學習材料可以透過訊號，例如顏色來強調相關內容時，將能夠有效引導學生的注意力並協助學生進行圖文訊息整合。先前的研究發現，顏色編碼(Kalyuga et al., 1999)或圖片標記(Mason et al., 2013)可以幫助學生連結文字和圖片呈現的訊息。為了促進書面文本和靜態圖片的整合，可以使用顏色編碼通過賦予它們相同的顏色來突顯出文本和圖片元素之間的對應關係(R. E. Mayer, 2005)。先前的研究顯示在兩種表徵形式中使用交互式顏色編碼時便於搜索相應的語句和圖示元素，標示(顏色編碼)組的表現明顯優於無顏色組且所需的學習時間縮短(Kalyuga et al.)。Richter等(2016)進行了一項後設分析來評估在多媒體課程中使用訊號原則，例如使用顏色編碼突顯相關內容時對於學習成效的影響，並進一步探討多媒體學習中使用訊號強調文字與圖片對應關係時對圖文訊息整合的影響。分析結果支持使用訊號原則的有效性，特別是對於先備概念較低的學習者而言有極大的幫助。先備概念被視為成功使用多媒體學習的關鍵因素，對於有意義的學習而言，從文本和圖片中獲取的新訊息必須與先備概念整合成一個連貫的心智表徵，然而，低先備概念的學習者可能無法辨識文本和圖片之間的對應關係，因此無法適當地整合圖片與文字中的訊息。而訊號的使用可以作為一種促進圖文訊息整合的方式，有助於低先備概念的學習者更好地整合圖文訊息，且有助於促進新訊息與現有知識的整合，並提高他們對學習內容的理解，進而提升學習成效。此外，研究也顯示視覺標示可以促進文本和圖像兩種表徵模式之間的對應

元素進行交互比對，進而有助於學生組織及整合圖文訊息，因為視覺標示突顯了關鍵訊息並在兩種表徵類型的對應元素之間建立了關聯(Mason et al.)。根據Seufert與Brünken (2006)的觀點，視覺標示被視為有助於在平面結構上形成連貫性，例如，顏色之類的平面特徵，在沒有以語意指出相對應性質時，可被用於突顯潛在的對應關係。Marrelli與Jadeski (2019)研究探討了在人類解剖學概念學習過程中使用顏色或標籤突顯圖像中重要訊息對於學習成效的影響，結果顯示使用顏色或標籤等視覺標示突顯重要解剖結構時，有助於提升學生的概念學習成效。Beege等(2021)的研究表明，通過使用視覺提示來強調以連結文本與圖像中的關鍵訊息時，可以幫助學習者更好地理解和記憶學習內容。Richter等(2018)的研究探討多媒體課程中使用訊號原則對文本和圖片之間對應關係的有效性，以及這些訊號如何支持多媒體學習。這些學生使用了兩種不同版本的數位多媒體教科書：一是基礎版，只提供從文本或圖片中選擇和組織訊息的訊號；二是擴展版，加入了額外的多媒體整合訊號，如顏色編碼和指示性參照，以協助整合來自文字和圖片的訊息。研究結果顯示，對於先備概念較低的學習者而言，使用擴展版的學習效果比使用基礎版更好。然而，對於先備概念較高的學習者來說，額外的多媒體整合訊號反而對學習成果產生不利影響。Richter等認為這種反轉效應可能是由於高先備概念的學習者在含有較多多媒體整合訊號的擴展版中會產生較高的外在認知負荷。研究結果主張，在多媒體學習課程中的訊號原則，可能會因學習者的先備概念程度不同而產生不同的學習影響。

(二)依空間鄰近原則編排

已有研究發現，良好的圖文編排方式能夠有效地引導學生的注意，並提高學生的學習效果(Schnotz & Rasch, 2005)。當需要兩個或更多訊息來理解某個概念時，就會出現注意力分散效應，如果這些訊息在空間上或時間上彼此相距遙遠，通常會導致學習效果降低(Kalyuga et al., 1999)。在這種情況下，由於需要組合不同的訊息來源，外部的認知負荷會增加(Ayres & Sweller, 2005)。在Holsanova等(2009)的研究也表明，空間布局的差異會對讀者的行為產生重大影響，並提出數據證實，若是將圖形和文字的距離增加，讀者可能將兩種訊息解釋為獨立的來源。因此，他們會傾向於選擇其中一個訊息(例如：圖形)，而忽略另一個訊息(例如：文字)。這與Sweller等(1998)的觀點一致，即與空間整合的資料相比，若兩個訊息來源的距離增加，則學習者會更容易忽略某些特定訊息。Makransky等(2019)研究了多媒體學習中空間鄰近效應的機制。他們發現將文字與相應的插圖緊密結合，相較於將文字放在插圖底部，可以顯著減少外在認知負荷並提高學習遷移測驗(transfer test)的分數。顯示使用空間鄰近效應將文字和圖片緊密結合的學習材料可以提高學生的學習成效。在Florax與Ploetzner (2010)的研究中，也探討了圖片標記與空間鄰近原則和文本分割的關係。此研究招募大學生參與了有關人類神經系統訊息處理的學習。研究結果表明，以空間整合形式從文本和圖片中學習的學生在保留文本訊息方面的表現優於從連續文本和未標記圖片中學習的學生。研究結果還表明，文本分割以及在較小程度上給圖片加上標籤也可以促進學習效果(Florax & Ploetzner)。根據上述有關

空間鄰近原則的研究，研究者認為將對應的文字與圖片置於空間中鄰近的位置有助於學生在觀看文本的過程中將注意力分配在對應的位置而有助於學生進行圖文整合。此外，Beege等(2019)的研究中透過兩個實驗操控圖片和文字標籤之間的空間距離(高、中、低)並探討在多媒體學習中相關表徵的空間鄰近性效應對學習成效的影響。研究結果顯示，空間鄰近性對學習成效具有顯著影響。與先前的研究相比，中等距離條件在實驗一中具有最高的學習遷移效果，在實驗二中則有最高的保留測驗(retention test)分數。顯示在教學設計中，中度適當的空間鄰近性可以最大化學習成效，而過高或過低的空間鄰近性都可能不利於學習。研究進一步指出，當學習材料的複雜性增加時，適當的空間鄰近性對學習效果的正面影響更為明顯，中等的空間距離條件對於複雜學習材料來說，似乎提供了最佳的學習效益，這可能是因為它既避免了過分集中可能引起的認知負荷，也避免了學習材料過度分散而導致的資源分散。這樣的設計使得學習者在處理高複雜度的訊息內容時，能夠更有效地整合圖像和文字訊息，進而促進學習理解。

綜合上述的研究，學生對圖文訊息整合的困難，在於無法順利的在適當的時間點，將注意力有效、準確地轉移至圖片和文字間相對應的位置，因此，若是能夠透過設置視覺標示，例如使用訊號原則將相似性的顏色編碼作為圖文間對應的標示，理論上可以引導視覺注意力並突顯文本和圖片元素之間的對應關係進而有效地幫助學生整合圖文訊息，使注意力依序轉移至下一項目，解決因圖文整合不佳導致的學習困難。此外，在上述有關空間鄰近原則的研究指出，若將對應的文字與圖片置於空間中鄰近的位置，將有助於學生在觀看文本的過程中，將注意力分配並對應於圖片中訊息的相對位置而有助於學生進行圖文訊息整合。然而，上述關於在文本中設置視覺標示與依空間鄰近原則編排的相關研究中，皆忽略了視覺標示或空間鄰近原則對於不同圖文整合需求度的效果。因此，在本研究中，除了研究在不同視覺引導策略下對於學生學習成效的影響外，另一研究重點是探討不同的視覺引導策略在高整合需求度與低整合需求度的學習材料中的學習成效是否具有差異。

三、眼動追蹤

人類的認知訊息處理歷程中由視覺獲得八成以上的訊息，眼球運動也是認知過程中最為重要的感官訊息來源。近年來，隨著眼球追蹤技術的成熟，已經有許多研究結合眼球追蹤技術探討在不同任務中學習者的眼動行為與認知處理歷程的關連。目前眼動儀被廣泛使用，主要用在閱讀、圖像知覺、注意力等訊息處理主題上。在注意力的研究中，注意力可被區分為兩種形式，分別是內隱性注意力(covert attention)及外顯性注意力(overt attention)。內隱性注意力是指在不伴隨眼睛移動的情況下，將注意力集中於視野中某個位置的能力。這意味著即使視覺焦點保持不動，個體仍然能夠在心理上將注意力轉移到視野中的其他區域，因此注意力所在的位置不必然會與眼睛凝視位置相同。而外顯性注意力則是指通過眼睛的顯著轉動來定向注意力，當注意力轉移到一個新的視覺目標時，通常會伴隨著眼睛直接朝向該目標的移動，在此情況下，外顯性注意力通常伴隨著眼睛、頭部甚至身體的轉向以將視線直

接對準注意的目標(Findlay & Gilchrist, 2003; Henderson, 2003)。此外，根據注意力的前運動理論(premotor theory of attention) (Rizzolatti & Craighero, 1998)，外顯性注意力可以視為注意力和眼動或頭部轉向等明顯身體動作之間的直接關聯，是當我們將視線直接轉向一個物體或位置時所展現的注意力形式，可被視為是動作規劃過程的一部分。具體來說，當我們的大腦規劃一個動作，如轉動頭部或眼球以查看特定的物體，這樣的規劃不僅僅是簡單的身體動作，它還同時調節我們的注意力在動作之前先轉移到目標上，這種注意力的調整是由於動作的規劃，而不是動作本身。這表示即使動作還未發生，注意力的轉移已經根據預期的動作被調整好了，通過預先將注意力轉向即將觀察的對象，大腦可以更快地辨識和反應於關鍵的視覺刺激，這增強了我們對環境的感知能力。然而，使用前運動理論來解釋外顯性注意力仍然存在些許爭議，例如外顯性注意力依賴於眼動系統的活化，但並非所有研究結果都支持這一觀點。有些研究發現，即使在眼動被阻止的情況下，參與者仍能表現出外顯性注意力的效果，這表明外顯性注意力似乎不一定需要眼動系統的活化(Hanning & Deubel, 2020; Smith & Schenk, 2012)。因此使用前運動理論解釋外顯性注意力有可能過於簡化注意力的複雜性，需要未來更進一步的研究加以釐清。另外，當注意力位於一個特定位置時，此時的注意力狀態是投入(engage)的狀態，如果我們需要將注意轉移到一個新的位置時，必須從現有的位置解除投入狀態(disengaged)，並且將注意力移動(moved)到新的位置後重新投入。這個投入→解除→移動→投入的循環過程是注意力系統的特性(Findlay & Gilchrist; Posner & Petersen, 1989)。而根據注意力系統的循環特性，Henderson (1996)發展了序列性注意力模型，並且提出了四個基本假定。第一，在每一次凝視開始時，注意力會分配給位在凝視中心的刺激物。第二，當凝視的刺激物被辨識時，注意力會分配給新的刺激物。第三，當注意力從一個視覺目標轉移到另一個時，與之相關的眼動也會被規劃和執行，以便眼睛能夠轉向新的目標位置，因此注意力的轉移是眼動生成過程的前奏。第四，注意力分配到新位置時，會使得新位置的訊息被進行深度處理。因此，我們進行概念處理時，當注意力轉移到所欲處理的訊息時，與之相關的眼動行為也會生成，以便眼球能夠轉向至某些特定的訊息進行深度的處理(Shepherd et al., 1986)。另外，先前的研究指出，人眼主要包含了兩種基本的運動現象：凝視(fixation)和掃視(saccade)。Land與Nilsson (2012)的研究發現眼球運動的視線並非平滑的移動，而是在某個位置上短暫停留後，再快速的移到下一個位置，根據眼球運動的特性，我們把短暫停留的眼動行為稱為凝視，指的是當人們接受資訊或進行編碼時，眼球相對靜止不動的行為，凝視的眼動行為是將影像投射在中央窩進行更細部的視覺處理(Wedel & Pieters, 2008)，而快速移動的眼動行為則稱為掃視，掃視是一個很快速的動作，並且發生在兩個不同的凝視動作之間，掃視的目的是為了讓眼球移動到下一個凝視點，並投射某一個區域到中央窩(Rayner, 1998, 2009; Wedel & Pieters)。

眼動追蹤技術可以探討讀者閱讀時的注意力分布、凝視區域以及所使用的策略，更重要的是能掌控讀者對整個訊息處理的歷程(Poole & Ball, 2006)。閱讀時的眼動型態和反應時間，反映了讀者對文字認知及語言理解的歷程，透過眼動行為的分析可推論人類內在心智運作的情形(Rayner, 1998)。有許多學者認為，學習者的眼動行為，例如眼

球凝視點個數(number of fixations)、凝視時間、視線軌跡(scan-path)與學生的學習歷程有所關連，而可進一步反映學習者的認知歷程(Just & Carpenter, 1976a, 1976b; Rayner, 1998)。Ryabchikova等(2009)也指出當需要處理的訊息越多或是越複雜時，我們的眼動次數會隨之上升。此外，根據先前的研究，平均凝視時間(mean fixation duration)此一眼動指標可反映出學習者在處理訊息時的認知歷程，並且可作為任務或是學習內容對於學習者而言是屬於困難或是容易的指標之一。Andrzejewska與Stolińska (2016)的研究指出平均凝視時間與任務難度之間存在顯著的相關性。研究結果顯示，當任務難度增加時，平均凝視時間也隨之增加。這是因為學習者在面對困難任務時，需要更多的時間來處理和理解資訊，因此，平均凝視時間可以作為評估任務難度的有效指標。此外，Jian與Ko (2017)的研究指出，平均凝視時間越長，通常反映解碼關鍵區(Area Of Interest, AOI)中的文字或是圖片的訊息越困難，或是具有較深的處理程度。因此，眼動的相關行為可以作為認知歷程的指標，這些眼動資料可以進一步瞭解個體在接收視覺訊息時的內在認知歷程。本研究計畫利用眼動儀來記錄受試者觀看課程時的各種眼動數據，在進行前會先定義AOI，以便根據各AOI進行數據分析。本研究期望透過各指標的數據分析瞭解不同引導策略對受試者的眼動行為有何影響，並探討受試者閱讀課程時的認知歷程。Özçelik等(2010)的研究使用了眼動追蹤探討顏色訊號對多媒體學習的影響，在此研究中所使用的顏色訊號是指在教學材料中改變某些項目的顏色來引導注意力，研究參與者為40名大學生，隨機分配到訊號組和非訊號組並分別接受帶有訊號提示和不帶訊號提示的多媒體學習教材。研究結果顯示訊號組在遷移測驗和配對測驗(matching test)的表現優於非訊號組，這表明顏色訊號有助於提高學習者的應用能力。然而，在保留測驗中，兩組之間沒有顯著差異。而在眼動數據上，結果顯示顏色訊號能夠顯著引導學習者的注意力，使他們在相關訊息上有著更長的凝視時間，並且有著較高的凝視次數。此外，此研究也測量學生第一次注視到相關標籤所需的時間來評估視覺搜索的效率，結果發現訊號組找到相關標籤的時間顯著短於非訊號組，代表顏色訊號能提升視覺搜索的效率，協助學習者快速找到對應目標。Jamet (2014)的研究探討了視覺提示對多媒體學習的影響，並記錄參與者在學習材料有視覺線索和沒有視覺線索下的眼動行為。學習材料包括靜態圖表和口語解釋，在有視覺線索的情況下，當口語解釋中提到某一項目時，該項目會改變顏色作為視覺線索。研究結果發現，學習者在這些被提示的視覺元素上的凝視次數顯著增加。此外，使用視覺線索的學習者在內容面板上的凝視次數顯著增加，凝視總時間也顯著長於未使用線索的學習者，同時視覺線索的使用也降低了學習者在進度條和目錄列表等較不相關區域的凝視時間。在此研究中進一步分析學習者在項目被口語解釋提及之前就已經將視線轉移到相關項目上的眼動行為，以瞭解學習者是否有預測性凝視策略(anticipatory fixation strategies)，結果發現使用視覺線索的學習者展現了更多的預測性凝視行為，顯示他們能夠更有效地預測即將出現的學習元素，從而提前調整視線，這有助於提升學習成效。另外，先前也有研究使用眼動技術探討空間鄰近性效應對於學習的影響。Altan與Cagiltay (2015)的研究使用教學動畫和眼動追蹤技術探討多媒體學習中的空間鄰近性效應對於學習的影響。研究對象為12名參與者，參與者隨機分為空間組和非空間組，並使用

眼動儀記錄其眼動數據。研究結果顯示空間組與非空間組之間在學習成效、文字AOI和圖像AOI的總凝視時間、凝視次數上沒有顯著差異，但空間組在文字AOI的平均凝視時間顯著高於非空間組，這表明空間組參與者對關鍵文字投入了更多的時間與注意力。Johnson與Mayer (2012)透過三個不同的實驗來探討多媒體學習中的空間鄰近性效應，並使用眼動追蹤技術進一步瞭解學習過程中的認知處理與學習成果之間的關係。學習者隨機分派至整合組(多媒體教材的文字部分被放置在與相對應的圖表部分靠近的位置)與分離組(文字被呈現為圖表下方的一段段落，與圖表部分有一定的空間距離)，研究結果顯示整合組的參與者在遷移測驗中的表現較好，且眼動結果顯示出整合組具有較頻繁的訊息整合轉換和訊息相應轉換的眼動行為。訊息整合轉換是指學習者在學習期間從文字區域到圖表區域或從圖表區域到文字區域之間的眼動轉換次數，而訊息相應轉換是指學習者從特定的文字片段直接轉向與之相對應的圖表部分的轉換次數，此兩種眼動指標顯示整合組的參與者在文本與相關圖像之間進行積極的訊息以及認知整合。

眼動追蹤技術是瞭解學習者視覺注意力分布的重要工具。這種技術對於分析多媒體學習過程中的學習成效尤為重要，綜合上述研究結果，可以發現顏色訊號在多媒體學習材料中扮演著關鍵角色，它能夠吸引學習者的注意力，並有助學習者區分出關鍵訊息。而透過眼動追蹤技術，研究者能夠精確地測量學習者對特定顏色訊號的注意程度以及其對於學習所帶來的影響。另外，空間鄰近性原則指出，在學習材料中將相關的學習元素在空間上靠近放置可促進學習成效，而透過眼動追蹤技術可進一步瞭解學習者在此學習過程中的眼動路徑。在多媒體學習領域，視覺引導策略如顏色訊號和空間鄰近性一直被認為對增進學習有顯著影響。雖然過去這些策略分別被研究以理解其如何個別促進認知過程並確定了這些策略各自的效益，但很少有研究將這兩種策略進行直接比較，因此，本研究設計了兩個實驗組，一組使用顏色訊號，另一組使用空間鄰近性設計，並在過程中輔以眼動儀記錄眼動數據，以探討不同的視覺引導策略對於學習的影響。同時，在本研究中，我們期望透過眼動指標進一步瞭解學習者在不同學習材料中的認知過程，以瞭解在圖文整合歷程中，學習材料與內容是否會對學習者造成不同的難易程度，以及學習者在不同的視覺引導策略的圖文整合歷程中對於圖文訊息是否會具有不同的處理深度。參考上述相關研究中所進行的眼動行為分析，本研究將會根據AOI中的凝視點紀錄，進行下列三種眼動指標的分析。

(一)總凝視時間(total fixation duration)：所有凝視點之持續時間加總而得。當總凝視時間越長，表示需要越多心力和認知資源去處理閱讀的訊息，能夠反映訊息的整體難度(Holmqvist et al., 2011)。

(二)平均凝視時間(mean fixation duration)：總凝視時間與凝視點個數相除所得到的指標。平均凝視時間越長，代表任務或是學習內容對於受試者的困難程度增加，或是反映解碼AOI中的文字或是圖片的訊息越困難以及認知處理的程度較深(Andrzejewska & Stolińska, 2016; Jian & Ko, 2017)。

(三)圖文間掃視次數(number of saccades)：將課程中每一頁分別劃出圖片區及文字區，若受試者的兩連續凝視點之前一凝視點在文字區，下一凝視點在圖片區

域，則計為一次的文字到圖片掃視次數；反之，若受試者兩連續凝視點之第一個凝視點落在圖片區，且第二個凝視點落在文字區，則計為一次的圖片到文字掃視次數；將文字到圖片掃視次數與圖片到文字掃視次數加總，即為圖文間掃視總次數。此指標反映圖文整合的認知歷程，圖文間掃視次數可協助我們瞭解學習者的圖文訊息整合過程(Holsanova et al., 2009; Johnson & Mayer, 2012)。

參、研究方法

本研究以普通高中選修生物中的消化章節為主要內容，並將其分為高整合需求度概念、低整合需求度概念，兩者再各以三種視覺引導策略做編排，分別是與一般教科書相同(對照組)、顏色標示(顏色組)、空間鄰近原則(空間組)。研究對象為60名本科非自然相關學科之大學學生，分為三組，各組分別接受其中一種視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)之高、低整合需求度課程。在課程開始前學生會進行消化概念成就測驗前測，課程結束後進行後測，以分析其學習成效，並利用眼動追蹤技術分析眼動指標，探討學生注意力分配。本章共分為五節，分別就本研究之研究對象、研究架構、實施程序、研究工具及資料蒐集與分析做詳細說明。

一、研究對象

60名主科非自然相關學科的大學學生，隨機分為三組，每組各20人。三組學生分別接受：(一)對照組之高整合需求度課程、低整合需求度課程；(二)顏色組之高整合需求度課程、低整合需求度課程；(三)空間組之高整合需求度課程、低整合需求度課程。各組皆採用抗衡設計(counterbalance design)，每一組中有10人先進行高整合需求度課程，結束課程後再進行低整合需求度課程；其餘10人則先進行低整合需求度課程，結束課程後再進行高整合需求度課程。

二、研究架構(圖1)

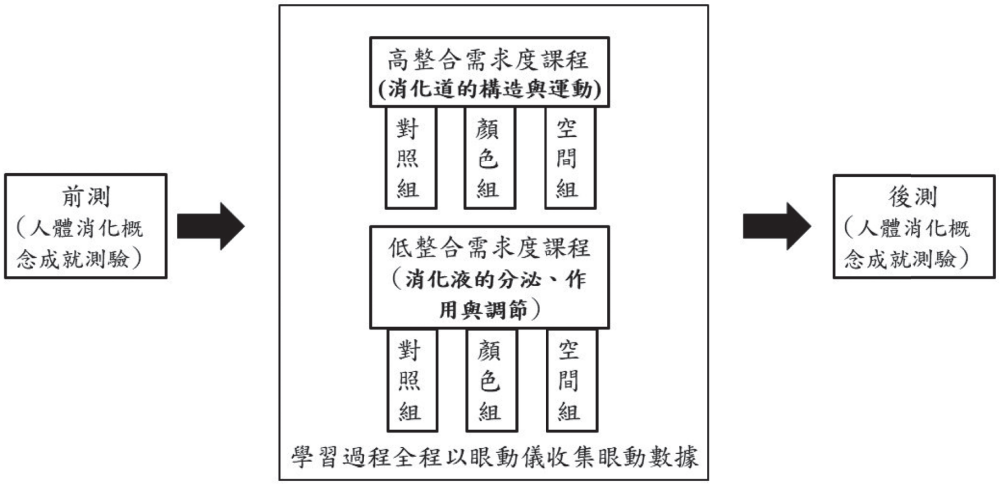


圖1：研究架構圖

三、實施程序(圖2)

首先要求學生完成消化概念成就測驗前測，以瞭解其先備知識。而後將課程呈現在配備有眼動儀的電腦上。請分配到不同引導策略的學生，進行眼動追蹤的校正，再依先後分別閱讀高整合需求度或低整合需求度課程的教材內容。各課程完成後即進行該課程的後測，後測與前測題目內容相同。課程頁面採用自動播放模式，固定每頁停留時間，時間長度為20 ~ 40秒不等。每頁固定停留時間是在預試階段邀請五位受試者觀看頁面，並以五位受試者在每一頁所需的觀看時間作為正式施測各頁面固定時間的參考依據。學生可在每頁的限制時間內重複閱讀其內容，直到頁面跳轉。

四、研究工具

(一)高整合需求度之學習內容，以「消化道的構造與運動」為例

此概念的教學建立在學生必須對器官的位置、型態與構造有所理解及組織，才能建構出功能運作的具體概念(陳美如，2013)。在Çuçin等(2020)的研究中，他們利用繪圖的方式檢驗了學生對於消化系統概念的學習困難，並列出了學生所繪的圖案類型，例如：從嘴開始並在袋狀胃／腸中結束單端結構形式；從口中以兩條不同管道的形式繪製消化系統；消化系統以胃(分為液體和固體形式)的形式分為胃後兩部分；消化系統的吸收是從胃到腎臟的過渡；與腎臟和腸有關的消化系統圖；以膀胱末端畫消化系統。從中可以發現學生對於器官順序、連貫關係和實際位置此類與空間關聯的內容似乎較容易出現另有概念，而圖片可以提高學生的理解能力，也有助於空間能力較弱的人理解文字中明確的空間關係(Pazzaglia, 2008)。在「消化道的構造與運動」中，學習內容具有較高的概念複雜性，當中所涉及的結構和程序都較為複雜，例如消化道中兩個或多個構造之間的相對大小、位置、功能以及當中的動態關係。此外學習內容中所呈現的圖像和文字訊息之間彼此具有關聯，學生不僅僅只是從圖像和文字之中提取訊息，而是需要更進一步將圖像和文字之間的訊息進行互補以建立包括消化過程或不同構造間的系統性連結。以消化道中的「咽」為例，當中除了提到了「軟腭」、「舌根」與「會厭」等構造的相對位置外，更強調的是當食團接觸到咽時，這三個構造之間如何進行合作以及動態的運作以順利讓食團離開咽並送入食道。學生在理解此一概念時，需要將圖像和文字之間的訊息進行互補才能夠理解當中不同構造間的位置關係以及動態變化等複雜概念，因此這類概念對於圖文訊息整合的需求程度也較高，學生需要運用更多的認知資源來組織和整合來自圖文之間的訊息才能完整理解學習材料的內容。因此本研究嘗試給予不同的視覺引導策略，觀察在此類圖文訊息整合需求較高的情況下，是否能經由視覺引導策略協助學生

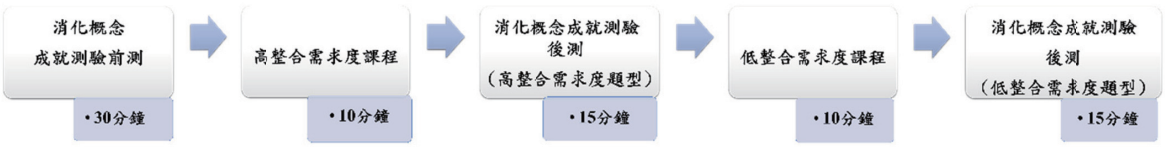


圖2：施測流程圖

更容易或是更有效地整合圖文訊息並提升學習成效。

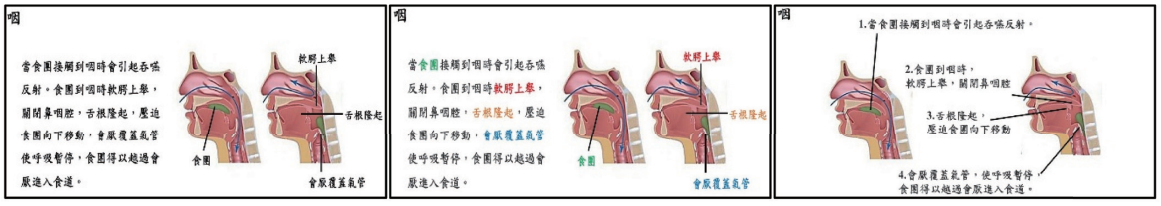
(二)低整合需求度之學習內容，以「消化液的分泌、作用與調節」為例

這部分的內容主要著重在各消化腺以及消化液的功能與調節，因在敘述上多以各消化腺為出發點，說明其所分泌的消化液為何、含有何種成分、會將養分如何分解，以及如何調節消化液的分泌。以唾腺為例，學習內容中涉及較少的結構以及動態程序，因此概念複雜度較低，此外，學習材料中的文字和圖像中可用於互補的訊息較少，學生只透過圖像或是只透過文字描述即可對唾腺的概念內容有初步理解。雖然圖像和文字間可用於互補的訊息較少，但此概念中仍然具有少量的空間訊息，透過圖像能夠呈現人體三大唾腺的相對位置，有助於學生將文本中所提到的不同唾腺對應到圖像中的相對位置以瞭解這些唾腺的分布情形，因此，這類型的概念對於圖文整合還是有所需求，但相對來說較低。因此若將「消化道的構造與運動」定義為高整合需求度之學習內容，即可相對地視「消化液的分泌、作用與調節」為低整合需求度之學習內容。

(三)融入視覺引導策略之課程

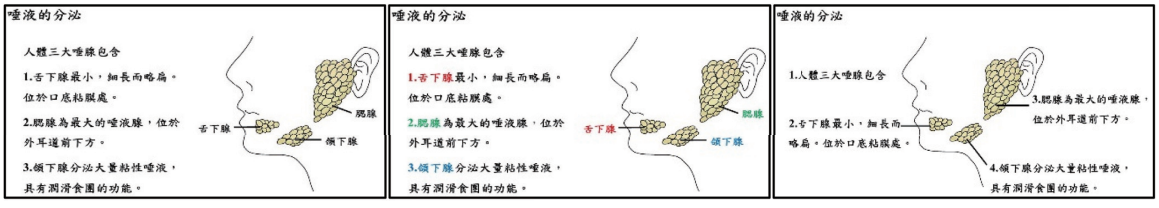
高整合需求度課程，內容為「消化道的構造與運動」，低整合需求度課程，內容為「消化液的分泌、作用與調節」，兩者皆參考南一版高中選修生物上冊第六單元第一章之內容。各課程分別採用三組視覺引導策略編排，第一組為對照組，第二組為顏色組，第三組為空間組(圖3、圖4)。課程內容之程度與編排邀請兩位生物教育專家進行確認，以確保課程之內容效度。

1.對照組使用一般教科書形式(不特別融入視覺引導策略)，採用圖片和文字分開排列。由於文字與圖片在空間上分開呈現，因此在圖片上加入標籤以及引線，但在文字說



(a)對照組　　(b)顏色組　　(c)空間組

圖3：高整合需求度課程「消化道的構造與運動」之課程內容



(a)對照組　　(b)顏色組　　(c)空間組

圖4：低整合需求度課程「消化液的分泌、作用與調節」之課程內容

明中無加入顏色標示，如圖3(a)、圖4(a)所示。

2.顏色組加入視覺標示引導策略，採用圖片和文字分開排列，由於文字與圖片在空間上分開呈現，因此在圖片上加入標籤以及引線，並在相對應的文字加入相同顏色的標示，如圖3(b)、圖4(b)所示。

3.空間組加入空間鄰近原則引導策略，參考先前空間鄰近性相關研究進行設計(Florax & Ploetzner, 2010)，將文字分段並將對應的圖片與文字於螢幕中相近的位置呈現，文字內容用引線直接標註於圖片上的相關位置，而不另外加入文字標籤進行構造名稱的標示，如圖3(c)、圖4(c)所示。

(四)概念成就測驗

人體消化概念成就測驗：以南一版教材中「消化道的構造與運動」、「消化液的分泌、作用與調節」內容為參考，列出與本研究相關之概念主題，分別製成雙向細目表，作為內容效度的依據，再由雙向細目表進行試卷的命題。測驗為求專家效度，由兩位生物教育專家以及一位資深生物教師審閱。信度分析則採用Cronbach's α方法，測量題目間作答的內在一致性。消化概念成就測驗卷共50題，分為高整合需求度題型與低整合需求度題型兩部分，各25題。因高整合需求度題型中含2題括約肌相關題目，在課程中並未提供足夠資訊供學生解題，故刪題；因低整合需求度題型中含4題鑑別度過低，不列入計算。因此消化概念成就測驗分數計算依據共包含44題單選題，每題有四個選項，答對得1分答錯得0分，總分共計44分，其中包含23題高整合需求度題型與21題低整合需求度題型。整體消化概念成就測驗後測之Cronbach's α值為.82。

(五)眼動儀

使用外接的桌上型眼動儀，型號為Gazepoint GP3 HD，取樣率為150 Hz。GP3 HD會放置在距學生眼球60公分處，同時以下巴架固定受試者頭部，使其盡量不移動，減少資料的偏誤。在課程開始前會先請學生觀看螢幕上的九個白點，以捕捉學生眼球位置來進行眼動的校正，校正完畢後進入課程。課程中若眼球在同位置的停留時間超過100毫秒，GP3 HD即會將之記錄為凝視點，反之，若在同處停留低於100毫秒，則其將被視為掃視途中經過的位置(Brand et al., 2021)。

五、資料蒐集與分析

(一)為探討不同圖文整合需求度之課程，在利用不同視覺引導策略後，對學習成效的影響，利用成對樣本*t*檢定分析各組的消化概念成就測驗前測及後測平均分數。

(二)使用單因子共變數分析探討不同視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)，對學生在不同圖文整合需求度課程之學習成效是否具有差異。

(三)使用單因子變異數分析比較不同圖文整合需求度之課程，在利用不同視覺引導策略後，其總凝視時間、平均凝視時間(總凝視時間／總凝視次數)、圖文間掃視次數之間是否具有差異。

肆、研究結果

本研究主要根據消化概念成就測驗分數與眼動數據之蒐集進行統計分析，藉此瞭解利用不同的視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)協助學生進行圖文訊息整合對學習成效的影響。以及使用不同視覺引導策略(對照

組、顏色組、空間組)時，對學生在不同圖文整合需求度課程之學習成效是否具有差異？另外比較三組的圖文間掃視次數，藉以瞭解在不同視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)下，其眼動指標與認知歷程是否具有差異。此部分共分為三節，分別為各組學生學習成效分析、不同圖文整合需求度內容之學習成效分析、各組眼動指標分析與眼動質性分析。

一、學生於人體消化概念總體學習成效之分析

為瞭解學生閱讀不同視覺引導策略編排之課程對學習成效之影響，分別以成對樣本*t*檢定對學生在消化概念成就測驗前測、後測的得分進行分析，並以單因子共變數分析比較對照組、顏色組、空間組之消化概念成就測驗後測分數，以下分述說明。

(一)消化概念成就測驗前測、後測分數比較

使用成對樣本*t*檢定分析對照組、顏色組、空間組學生的消化概念成就測驗前測及後測分數，結果如表1。

由表1可知，利用成對樣本*t*檢定分析對照組學生的消化概念成就測驗前測分數及後測分數，結果顯示對照組學生的後測分數(M = 31.35，SD = 6.65)優於前測分數(M = 23.05，SD = 5.74)且前、後測分數間具顯著差異(t = -7.89，p < .001)；利用成對樣本*t*檢定分析顏色組學生的消化概念成就測驗前測分數及後測分數，結果顯示顏色組學生的後測分數(M = 32.65，SD = 4.63)優於前測分數(M = 21.75，SD = 4.46)且前、後測分數間具顯著差異(t = -12.66，p < .001)；利用成對樣本*t*檢定分析空間組學生的消化概念成就測驗前測分數及後測分數，結果顯示空間組學生的後測分數(M = 29.20，SD = 7.00)優於前測分數(M = 22.40，SD = 5.10)且前、後測分數間具顯著差異(t = -6.81，p < .001)。

(二)對照組、顏色組與空間組間消化概念成就測驗後測分數比較

以單因子共變數分析比較對照組、顏色組與空間組三組學生之消化概念成就測驗之後測分數以瞭解閱讀不同視覺引導策略編排之課程的學生，其學習成效是否有所差異，結果如表2。

表1：三組學生消化概念成就測驗前測、後測分數成對樣本*t*檢定結果

	前測		後測			
組別	平均數	標準差	平均數	標準差	t	p
對照組(N = 20)	23.05	5.74	31.35	6.65	-7.89	< .001
顏色組(N = 20)	21.75	4.46	32.65	4.63	-12.66	< .001
空間組(N = 20)	22.40	5.10	29.20	7.00	-6.81	< .001

表2：三組學生消化概念成就測驗後測分數之單因子共變數分析結果

組別	平均數	標準差	F	p	事後檢定
對照組(N = 20)	31.35	6.65	4.32	.018	顏色組 > 空間組
顏色組(N = 20)	32.65	4.63			
空間組(N = 20)	29.20	7.00			

由表2可知，在消化概念成就測驗後測分數中，對照組後測分數(M = 31.35，SD = 6.65)、顏色組後測分數(M = 32.65，SD = 4.63)及空間組後測分數(M = 29.20，SD = 7.00)，三組組間達顯著差異($F_{(2, 56)}$ = 4.32，p < .05)，表示三組間的消化概念成就測驗後測分數之調整後平均數之間具有顯著差異，進一步進行事後檢定，顯示消化概念成就測驗中，顏色組學生的後測分數顯著優於空間組的後測分數。

二、學生於人體消化概念中的「高整合需求度概念」與「低整合需求度概念」學習成效之分析

為瞭解不同圖文整合需求度之內容，是否適用不同的視覺引導策略，將消化概念成就測驗分為高整合需求度題型(23題)，及低整合需求度題型(21題)，分別以成對樣本t檢定對學生在消化概念成就測驗高整合需求度題型、低整合需求度題型之前測及後測分數進行分析，並利用單因子共變數分析，比較閱讀不同視覺引導策略編排之課程的學生，在消化概念成就測驗高整合需求度題型及低整合需求度題型之後測分數，以下分述說明。

(一)消化概念成就測驗高整合需求度題型前測、後測分數比較

使用成對樣本t檢定分析對照組、顏色組、空間組學生的消化概念成就測驗中，高整合需求度題型之前測及後測分數，結果如表3。

由表3可知，利用成對樣本t檢定分析對照組學生的消化概念成就測驗中高整合需求度題型之前測分數及後測分數，結果顯示對照組學生的高整合需求度題型後測分數(M = 16.80，SD = 3.12)優於前測分數(M = 12.00，SD = 3.01)且前、後測分數間具顯著差異(t = -6.24，p < .001)；利用成對樣本t檢定分析顏色組學生的消化概念成就測驗中高整合需求度題型之前測分數及後測分數，結果顯示顏色組學生的高整合需求度題型後測分數(M = 17.15，SD = 2.37)優於前測分數(M = 10.65，SD = 2.91)且前、後測分數間具顯著差異(t = -10.45，p < .001)；利用成對樣本t檢定分析空間組學生的消化概念成就測驗中高整合需求度題型之前測分數及後測分數，結果顯示空間組學生的後測分數(M = 15.55，SD = 3.43)優於前測分數(M = 11.90，SD = 2.51)且前、後測分數間具顯著差異(t = -6.09，p < .001)。

(二)對照組、顏色組與空間組間消化概念成就測驗高整合需求度題型後測分數比較

以單因子共變數分析比較對照組、顏色組與空間組三組學生之消化概念成就測驗中高整合需求度題型之後測分數，比較閱讀不同視覺引導策略編排之課程的學生，其高整合需求度題型的學習成效是否有所差異，結果如表4。

由表4可知，在消化概念成就測驗高整合需求度題型的後測分數中，對照組後測分數(M = 16.80，SD = 3.12)、顏色組後測分數

表3：三組學生消化概念成就測驗高整合需求度題型前測、後測分數成對樣本t檢定結果

組別	前測		後測		t	p
	平均數	標準差	平均數	標準差		
對照組(N = 20)	12.00	3.01	16.80	3.12	-6.24	< .001
顏色組(N = 20)	10.65	2.91	17.15	2.37	-10.45	< .001
空間組(N = 20)	11.90	2.51	15.55	3.43	-6.09	< .001

(M = 17.15，SD = 2.37)及空間組後測分數(M = 15.55，SD = 3.43)，三組組間達顯著差異($F_{(2, 56)}$ = 3.40，p < .05)，表示三組間的消化概念成就測驗後測分數調整後平均數之間具有顯著差異，進一步進行事後檢定，顯示消化概念成就測驗中，顏色組學生的後測分數顯著優於空間組的後測分數。

(三)消化概念成就測驗低整合需求度題型前測、後測分數比較

使用成對樣本t檢定分析對照組、顏色組、空間組學生的消化概念成就測驗中，低整合需求度題型之前測及後測分數，結果如表5。

由表5可知，利用成對樣本t檢定分析對照組學生的消化概念成就測驗中低整合需求度題型之前測分數及後測分數，結果顯示對照組學生的低整合需求度題型後測分數(M = 14.55，SD = 3.89)優於前測分數(M = 11.05，SD = 3.47)且前、後測分數間具顯著差異(t = -7.00，p < .001)；利用成對樣本t檢定分析顏色組學生的消化概念成就測驗中低整合需求度題型之前測分數及後測分數，結果顯示顏色組學生的低整合需求度題型後測分數(M = 15.50，SD = 3.05)優於前測分數(M = 11.10，SD = 2.73)且前、後測分數間具顯著差異(t = -7.39，p < .001)；利用成對樣本t檢定分析空間組學生的消化概念成就測驗中低整合需求度題型之前測分數及後測分數，結果顯示空間組學生的後測分數(M = 13.65，SD = 4.22)優於前測分數(M = 10.50，SD = 3.27)且前、後測分數間具顯著差異(t = -4.34，p < .001)。

(四)對照組、顏色組與空間組間消化概念成就測驗低整合需求度題型後測分數比較

以單因子共變數分析比較對照組、顏色組與空間組三組學生之消化概念成就測驗中低整合需求度題型之後測分數，比較閱讀不同視覺引導策略編排之課程的學生，其低整合需求度題型的學習成效是否有所差異，結果如表6。

由表6可知，在消化概念成就測驗低整合需求度題型的後測分數中，對照組後測分數(M = 14.55，SD = 3.89)，顏色組後測分數(M = 15.50，SD = 3.05)及空間組後測分數(M = 13.65，SD = 4.22)，三組的消化概念成就測驗低整合需求度題型之後測分數調整後平

表4：三組學生消化概念成就測驗高整合需求度題型後測分數之單因子共變數分析結果

組別	平均數	標準差	F	p	事後檢定
對照組(N = 20)	16.80	3.12	3.40	.040	顏色組 > 空間組
顏色組(N = 20)	17.15	2.37			
空間組(N = 20)	15.55	3.43			

表5：三組學生消化概念成就測驗低整合需求度題型前測、後測分數成對樣本t檢定結果

	前測		後測			
組別	平均數	標準差	平均數	標準差	t	p
對照組(N = 20)	11.05	3.47	14.55	3.89	-7.00	< .001
顏色組(N = 20)	11.10	2.73	15.50	3.05	-7.39	< .001
空間組(N = 20)	10.50	3.27	13.65	4.22	-4.34	< .001

均數之間無顯著差異存在($F_{(2, 56)}$ = 1.29，p = .284)。

三、眼動指標與眼動質性分析

為瞭解不同圖文整合需求度之課程，在不同視覺引導策略(對照組、顏色組、空間組)下，其眼動指標與認知歷程是否具有差異，利用單因子變異數分析分別比較在高整合需求度課程、低整合需求度課程中，三組的總凝視時間、平均凝視時間(總凝視時間 / 總凝視次數)及圖文間掃視次數是否具有差異，並呈現眼動歷程示例，以下分述說明。

(一)高整合需求度課程中三組學生之眼動分析

依據全體學生在分別閱讀對照組、顏色組、空間組之高整合需求度課程時，所蒐集之眼動數據，進行單因子變異數分析，比較三種視覺引導策略對於學生在閱讀高圖文整合需求度內容的過程中，各項眼動指標是否有所差異。在高整合需求度課程中，有兩位分別為對照組、顏色組學生之眼動數據在蒐集過程中出錯，以致於沒有完整眼動數據紀錄，故對照組樣本數 = 19；顏色組樣本數 = 19；空間組樣本數 = 20。

由表7可知，利用單因子變異數分析三組在高整合需求度課程中的總凝視時間，對照組(M = 408.76，SD = 30.15)、顏色組(M = 414.09，SD = 28.37)與空間組(M = 409.54，SD = 38.31)之間，三組間並無顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 0.148，p = .863)。利用單因子變異數分析三組在高整合需求度課程中的平均凝視時間，對照組(M = 208.41，SD = 36.75)、顏色組(M = 207.03，SD = 31.61)與空間組(M = 217.15，SD = 50.34)之間，三組間亦無顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 0.360，p = .699)。

由表8可知，利用單因子變異數分析三組學生在高整合需求度課程中圖文間的掃視總次數，結果顯示，在圖文間掃視總次數上，對照組(M = 187.37，SD = 55.26)、顏色組(M = 220.89，SD = 46.92)、空間組(M = 165.60，SD = 43.54)三組之間具有顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 6.35，p < .01)，且事後檢定顯示顏色組圖文

表6：三組學生消化概念成就測驗低整合需求度題型後測分數之單因子共變數分析結果

組別	平均數	標準差	F	p
對照組(N = 20)	14.55	3.89	1.29	.284
顏色組(N = 20)	15.50	3.05		
空間組(N = 20)	13.65	4.22		

表7：三組學生閱讀高整合需求度課程之總凝視時間／平均凝視時間單因子變異數分析

眼動指標	組別	N	平均數	標準差	均方	F	p
總凝視時間(s)	對照組	19	408.76	30.15	158.01	0.148	.863
	顏色組	19	414.09	28.37			
	空間組	20	409.54	38.31			
平均凝視時間(ms)	對照組	19	208.41	36.75	591.65	0.360	.699
	顏色組	19	207.03	31.61			
	空間組	20	217.15	50.34			

掃視總次數顯著大於對照組圖文掃視總次數以及空間組圖文掃視總次數。利用單因子變異數分析三組學生在高整合需求度課程中文字到圖片的掃視次數，結果顯示，在文字掃視到圖片的次數上，對照組(M = 93.11，SD = 27.41)、顏色組(M = 110.16，SD = 23.90)與空間組(M = 84.90，SD = 22.18)之間具有顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 7.26，p < .01)，且事後檢定顯示顏色組文字到圖片的掃視次數顯著大於對照組文字到圖片的掃視次數以及空間組文字到圖片的掃視次數。利用單因子變異數分析三組學生在高整合需求度課程中圖片到文字的掃視次數，結果顯示，在由圖片到文字的掃視次數上，對照組(M = 94.26，SD = 28.09)、顏色組(M = 110.74，SD = 23.61)、空間組(M = 80.70，SD = 21.91)之間具有顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 5.33，p < .01)，且進行事後檢定顯示顏色組圖片到文字的掃視次數顯著大於對照組圖片到文字的掃視次數與空間組圖片到文字的掃視次數。

(二)低整合需求度課程中三組學生之眼動分析

依據全體學生在分別閱讀對照組、顏色組、空間組之低整合需求度課程時，所蒐集之眼動數據，進行單因子變異數分析，比較三種視覺引導策略對於學生在閱讀低圖文整合需求度內容的過程中，各項眼動指標是否有所差異。在低整合需求度課程中，兩位顏色組學生之眼動數據在蒐集過程中出現錯誤，以致於沒有完整眼動數據紀錄，故對照組樣本數 = 20；顏色組樣本數 = 18；空間組樣本數 = 20。

由表9可知，利用單因子變異數分析三組在低整合需求度課程中的總凝視時間，對照組(M = 176.22，SD = 11.76)、顏色組(M = 177.85，SD = 8.56)與空間組(M = 175.77，SD = 16.28)之間，並無顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 0.238，p = .871)。且利用單因子變異數分析三組在低整合需求度課程中的平均凝視時間，對照組(M = 207.03，SD = 38.55)、顏色組(M = 208.41，SD = 35.33)與空間組(M = 216.82，SD = 52.79)之間亦無顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 0.298，p = .743)。

由表10可知，利用單因子變異數分析三組學生在低整合需求度課程中圖文間的掃視總次數，結果顯示，在圖文間掃視總次數上，對照組(M = 62.95，SD = 14.92)、顏色組(M = 75.33，SD = 21.09)、空間組(M =

表8：三組學生閱讀高整合需求度課程之圖文掃視次數單因子變異數分析

眼動指標	組別	N	平均數	標準差	均方	F	p	事後檢定
圖文間掃視次數(總次數)	對照組	19	187.37	55.26	15066.30	6.35	.003	顏色組 > 對照組 顏色組 > 空間組
	顏色組	19	220.89	46.92				
	空間組	20	165.60	43.54				
圖文間掃視次數(文到圖)	對照組	19	93.11	27.41	3215.39	7.26	.008	顏色組 > 對照組 顏色組 > 空間組
	顏色組	19	110.16	23.90				
	空間組	20	84.90	22.18				
圖文間掃視次數(圖到文)	對照組	19	94.26	28.09	4402.71	5.33	.002	顏色組 > 對照組 顏色組 > 空間組
	顏色組	19	110.74	23.61				
	空間組	20	80.70	21.91				

表9：三組學生閱讀低整合需求度課程之總凝視時間／平均凝視時間單因子變異數分析

眼動指標	組別	*N*	平均數	標準差	均方	*F*	*p*
總凝視時間(s)	對照組	20	176.22	11.76	22.38	0.238	.871
	顏色組	18	177.85	8.56			
	空間組	20	175.77	16.28			
平均凝視時間(ms)	對照組	20	207.03	38.55	555.54	0.298	.743
	顏色組	18	208.41	35.33			
	空間組	20	216.82	52.79			

表10：三組學生閱讀低整合需求度課程之圖文掃視次數單因子變異數分析

眼動指標	組別	*N*	平均數	標準差	均方	*F*	*p*	事後檢定
圖文間掃視次數(總次數)	對照組	20	62.95	14.92	922.11	3.03	.057	
	顏色組	18	75.33	21.09				
	空間組	20	63.35	16.16				
圖文間掃視次數(文到圖)	對照組	20	31.30	8.28	314.74	4.03	.023	顏色組 > 空間組
	顏色組	18	37.83	10.28				
	空間組	20	30.25	7.95				
圖文間掃視次數(圖到文)	對照組	20	31.65	6.98	173.54	2.15	.126	
	顏色組	18	37.50	11.11				
	空間組	20	33.10	8.65				

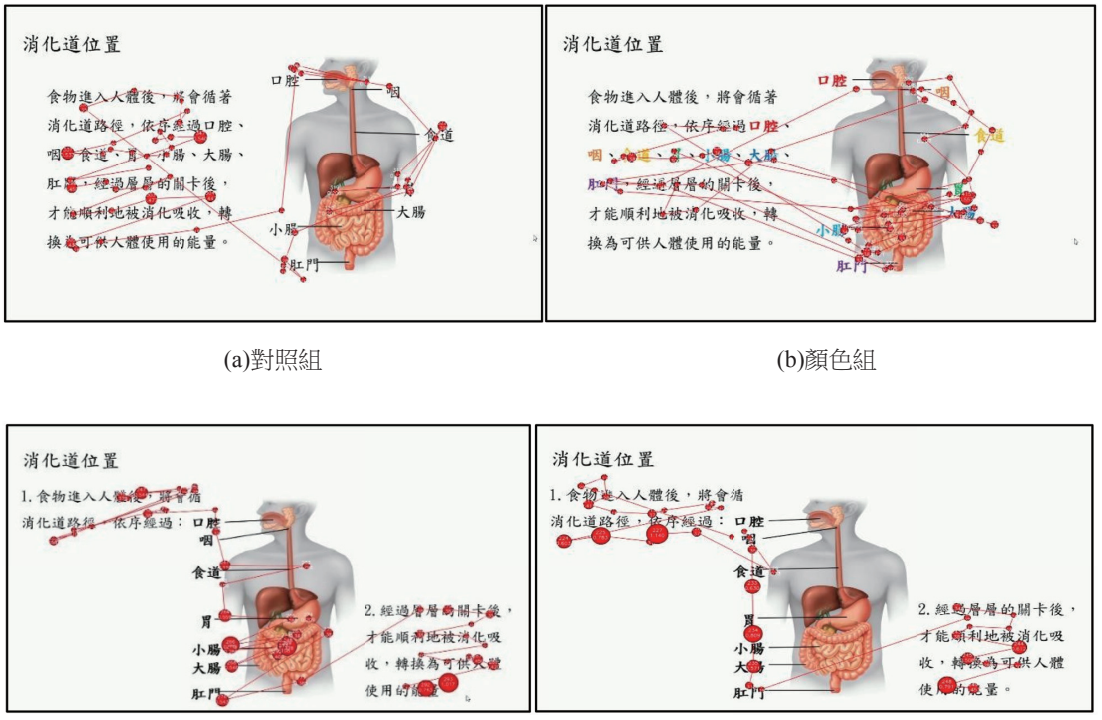
63.35，*SD* = 16.16)三組之間，不具有顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 3.03，*p* = .057)。利用單因子變異數分析三組學生在低整合需求度課程中文字到圖片的掃視次數，結果顯示，在文字掃視到圖片的次數上，對照組(*M* = 31.30，*SD* = 8.28)、顏色組(*M* = 37.83，*SD* = 10.28)與空間組(*M* = 30.25，*SD* = 7.95)之間，具有顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 4.03，*p* < .05)，且事後檢定顯示顏色組文字到圖片的掃視次數大於空間組文字到圖片的掃視次數。利用單因子變異數分析三組學生在低整合需求度課程中圖片到文字的掃視次數，結果顯示，在由圖片到文字的掃視次數上，對照組(*M* = 31.65，*SD* = 6.98)、顏色組(*M* = 37.50，*SD* = 11.11)、空間組(*M* = 33.10，*SD* = 8.65)之間亦不具有顯著差異($F_{(2, 55)}$ = 2.15，*p* = .126)。

(三)不同視覺引導策略編排之課程中眼動歷程示例

從學生的眼動軌跡我們可以發現，對照組學生傾向於先閱讀完文字，再接續圖片標籤與圖片本身的對照，如圖5(a)。而顏色組則似乎更偏好在閱讀文字的期間，同時進行與圖片標籤以及圖片本身的相互對應，如圖5(b)。至於空間組的眼動模式在組內的表現較為分歧，部分學生依據空間鄰近效應進行多次的圖文間掃視，如圖5(c)，然而也有部分學生傾向只進行各文字區之間的閱讀，而忽略了圖片本身的訊息處理以及文字與圖片間的對應，如圖5(d)。

伍、討論與結論

學習者在閱讀時可能需要額外的引導，



(a)對照組 (b)顏色組

(c)空間組-1 (d)空間組-2

圖5：眼動軌跡示例

諸如標示之類的教學技術來對應文本和圖片中的相關元素，以便從多媒體中進行有意義的學習(R. E. Mayer & Moreno, 2003)。在文獻回顧中，研究者發現顏色標示與空間鄰近性皆是過去研究所認為可達成良好成效的視覺引導策略，因此本篇研究欲比較是否在不同性質的概念中，有各自適合的視覺引導策略，以下兩小節分別以低整合需求度概念、高整合需求度概念的研究結果進行討論，並在第三節提出總結，第四節提出未來建議。

一、低整合需求度課程眼動資料與學習成效

利用成對樣本*t*檢定分析三組學生在消化概念成就測驗低整合需求度題型的前、後測得分，結果顯示對照組、顏色組、空間組的後測分數皆顯著優於前測分數，此結果表示不論低整合需求度課程是透過傳統方式編排或是利用顏色標示編排、利用空間鄰近性的原則編排，均可提升學生低圖文整合需求度概念之學習成就。在學習成效方面，三組學生消化概念成就測驗後測分數的單因子共變數分析結果顯示，對照組、顏色組及空間組三組之間在低整合需求度課程中的學習成效無顯著差異。進一步分析眼動數據，結果發現三組在低整合需求度課程的總凝視時間與平均凝視時間並無顯著差異，總凝視時間可以反映資訊的整體難易度(Holmqvist et al., 2011)，此結果表示對於學生來說，無論是否利用顏色標示編排或是空間鄰近原則編排，低整合需求度課程的訊息整體難易度都無顯著差異。且平均凝視時間可能反映的是學生

處理訊息的深度(Jian & Ko, 2017)，此結果表示閱讀三組低整合需求度課程的學生之間，對資訊的認知處理程度並無差別。

另一方面在低整合需求度課程的圖文間掃視次數上，只有自文字掃視到圖片的次數，顏色組顯著大於空間組，在圖片到文字的掃視以及總次數上則三組間皆無顯著差異。此結果表示在三組學生所閱讀的課程中，與空間組相比，利用顏色標示的排版更有利於學生進行自文字到圖片的對照，不過在圖片到文字的對照以及整體而言，三組並沒有顯著的差異。根據先前的研究，當學習材料的元素相互作用較低時，只能觀察到較小的空間鄰近性之效果(R. E. Mayer, 2005)，此結果可能表示較低的圖片與文字間元素相互作用，可能導致除了空間鄰近性效果確實會減弱以外，顏色標示的視覺引導作用同樣較不明顯。此外，先前有些研究指出當學習者進行科學圖文閱讀時，會傾向以文字驅動閱讀的過程。Hannus與Hyönä (1999)的研究探討了圖示在科學教科書學習過程中的角色，研究的結果顯示，圖示能夠提高對有圖示文字內容的學習，但對於非圖示的文字內容則無明顯幫助。此外，Hannus與Hyönä研究中的一個重要發現是學習過程主要由文字驅動，學生在學習時，很少注視圖示，他們的注意力主要集中在文字上，即使圖示存在，學生也傾向於將它們作為輔助工具，而不是主要的學習資源。這表明在科學教科書的學習中，文字訊息是主導學生學習過程的主要因素。Schnotz等(2014)的研究也指出類似的結果，在建構初始心智模型時，學習者的閱讀方式主要也是由文本驅動，而圖像內容是作為輔助內容。根據Schnotz與Bannert (2003)的圖文整合理解模式(Integrated model of Text and Picture Comprehension, ITPC)，在建構命題表徵和心智模型的階段時，當學習內容中包含大量或是複雜訊息時顏色訊號作為視覺引導可協助學習者快速辨識文字和圖像中的訊息。綜合上述內容，在本研究中，學習者的學習過程可能也是由文字開始驅動，而顏色訊息提供了清晰的視覺引導，因此學習者容易將注意力先集中於文字，並透過顏色訊號的引導連結到相對應的圖片訊息中，因此在研究結果顯示只有文到圖掃視次數於顏色組大於空間組，其他則沒有顯著差異。

綜合上述結果，三組視覺引導策略的低整合需求度課程難易度一致，且三組學生的認知處理深度沒有差異，同樣的三組在學習成效上亦無顯著差異。根據先前的研究，在一些對於圖文整合需求度較低的概念中，增加視覺提示並無法提升學生的學習成效，且多餘的標示等教學技術提供的指導訊息，可能會導致不必要的工作記憶負荷，甚至可能導致學習成果下降(Richter et al., 2016, 2018)。因此研究者推測三組在低整合需求度課程中的學習成效沒有差異，可能是由於低整合需求度課程中圖片與文字間的元素相互作用較低，導致學生對於視覺引導的需求度減少，此部分可能反應在三組於低整合需求度課程中的圖文掃視總次數同樣沒有顯著差異上。結果指向並非所有的概念內容都對於視覺提示有所需求，雖本研究中三組不同引導策略編排之課程在學生閱讀的難易度上並無顯著差異，然若無審慎評估即於所有的課程加入一致的引導策略，非但無法使學生有更佳的學習表現，更有可能因認知負荷的增加，而對學生的學習造成反效果。

二、高整合需求度課程眼動資料與學習成效

在高整合需求度課程中，以成對樣本*t*

檢定分析三組的消化概念成就測驗前、後測分數，結果顯示三組的後測分數皆顯著優於前測分數，此結果表示不論高整合需求度課程是透過傳統方式編排或是利用顏色標示編排、利用空間鄰近性的原則編排，均可提升學生高圖文整合需求度概念之學習成就。而利用單因子共變數分析，三組在消化概念成就測驗的後測表現，結果顯示顏色組顯著優於空間組，此結果表示在三組課程中，與空間組相比，利用顏色標示的排版更有利於學生理解需進行高度圖文訊息整合的資訊。

進一步分析眼動數據，結果發現三組在高整合需求度課程的總凝視時間與平均凝視時間並無顯著差異，總凝視時間可以反映資訊的整體難易度(Holmqvist et al., 2011)，此結果表示對於學生來說，無論是否利用顏色標示編排或是空間鄰近原則編排，高整合需求度課程的訊息整體難易度都無顯著差異。且平均凝視時間可能反映的是學生處理訊息的深度(Jian & Ko, 2017)，此結果表示閱讀三組高整合需求度課程的學生之間，對資訊的認知處理程度並無差別。而在顏色組的圖文間掃視總次數、文字到圖片掃視次數與圖片到文字掃視次數，皆顯著高於空間組與對照組，此結果表示在三組學生所閱讀的課程中，與透過傳統方式編排、以空間鄰近性編排相比，利用顏色標示的排版更有利於引導學生進行自文字與圖片間的來回對照。

在本研究中，顏色組的學習成效在高整合需求度課程有顯著較佳的學習成效，與先前的研究相符(Kalyuga et al., 1999)。即通過諸如顏色之類的訊號顯示突出表示形式之間的對應關係可能幫助圖文整合(van Gog, 2014)。研究者認為較高的圖文掃視次數，其在眼動數據上的體現意義與先前研究中所認為的相同，即顏色等標示可將注意力轉移到關鍵概念上，同時強調重要訊息(Lorch et al., 1995; Rickards et al., 1997)，且能進而幫助學生進行較佳的圖片、文字間訊息整合。從圖5(b)顏色組的眼動軌跡示例中，我們也可以看到顏色組學生更傾向於在閱讀相關文本的同時與其對應的圖片區域做對照。因此研究者推測本研究中顏色組較佳的學習成效源於顏色的標示能引導學生在理解文本的過程中進行良好的圖文訊息整合，且此歷程也體現在更多次的圖文間掃視次數上。

Schnotz與Bannert (2003)的ITPC認為圖像和文字的訊息是通過兩個獨立的系統個別處理，一個是專門處理語言的語文系統，另一個是處理非語言物件和圖像的非語文系統。當處理文字訊息時，學習者從文本中提取訊息並透過語義的選擇及處理形成命題表徵，而在處理圖像訊息時，學習者透過知覺建立圖像的心理表徵，並在工作記憶中形成圖像的心智模型，當文字和圖像訊息通過各自的通道處理後，這些命題表徵以及心智模型會在工作記憶中進行交叉參照和整合，學習者需要在這些不同的表徵和心智模型間進行轉換和整合，以達到更深層的理解。根據ITPC，有效的多媒體學習應該支持學習者在建構和整合階段有效地處理訊息。而在本研究中使用顏色訊號作為視覺引導，在建構命題表徵和心智模型的階段時可協助學習者快速辨識文字和圖像中的訊息以及其可能的對應關係，從而降低尋找和對應訊息時的認知負荷，特別是在學習內容中包含大量或是複雜訊息時，顏色訊號提供了清晰的視覺路徑，可協助學習者在建構命題表徵和心智模型有效地提取與處理對應的文字和圖像訊息。此外，顏色也有助於後續的訊息整合階段，當命題表徵以及心智模型會在工作記憶中進行交叉參照和整合時，一致的顏色可以

作為在此過程中訊息整合的橋樑，協助學習者形成更加連貫和完整的知識結構。綜上所述，當學習內容擁有較高複雜性而具有較高的圖文訊息整合需求時，使用顏色訊號作為視覺引導工具，不僅促進了有效的訊息處理，還有助於形成更深層次的理解和記憶。因此，合理的顏色應用是一種有效的設計策略，尤其是在設計多媒體學習材料和環境時，顏色扮演了視覺引導和訊息整合中的雙重角色。

此外，值得注意的是，在高整合需求度課程中，顏色組的圖文間掃視次數多，顯示以顏色作為視覺引導策略能增加學生圖文訊息整合的頻率，然而，在概念成就測驗高整合需求度題型的結果顯示，顏色組的分數雖顯著高於空間組，但與對照組相比並沒有達到顯著差異。對於此一現象，先前的研究也呈現出相似的結果。Mason, Pluchino與Tornatora (2015)的研究結果顯示，實驗組學生在文字到圖片的轉換次數和從圖片到文字的轉換次數等眼動指標顯著高於對照組的學生，顯示實驗組學生具有較佳的圖文訊息整合能力，然而兩組學生在概念學習成效上並沒有顯著差異。Mason等推論眼動指標顯示出學生在視覺上能夠更好地整合文本和圖片訊息，這為學習成效的提升提供了有力的前提，但這種整合並不一定能夠完全反映於概念性學習的深度轉移，當中可能需要更多的認知處理和策略指導。此外，Johnson與Mayer (2012)的研究中也發現類似的研究結果。研究結果顯示，實驗組學生在文字和圖表之間進行的眼動轉換次數較多，以及從文字到相應圖表部分的轉換次數也較多，這表明實驗組學生在學習過程中，能更有效地進行圖文訊息整合。然而，實驗組在概念學習測驗表現雖高於對照組，但並沒有達到統計顯著。Johnson與Mayer認為實驗組雖然展現出較佳的圖文訊息整合，但這不一定能夠直接轉化為學習成效的提升，並進一步推論這可能是因為對照組的學習者依然能夠將相應的文字與圖像訊息進行整合，但是這些整合的過程並不像實驗組發生在單次的圖文掃視，有可能是透過在一系列的凝視過程來完成。因此，即使實驗組的學習者在整合文字和圖形方面進行了更多的眼動探索及轉換，但這並不一定必然會導致較高的學習成效，對照組的學習者有可能透過不同的認知路徑而達到相似的學習成果。綜合上述，本研究的研究結果和先前的研究結果類似，顏色組學生的圖文掃視次數雖然顯著高於對照組，然而對照組學生也許有著不一樣的圖文訊息整合路徑或是認知策略而能達到相似的學習效果，這需要留待未來進行更深入的研究。

另一方面，先前的研究發現，與圖文分離呈現的學習材料相比，依空間鄰近原則編排的學習材料能帶來更好的學習效果(Clark & Mayer, 2023)，本篇研究結果顯示，在高整合需求度課程中，空間組在課程後，其概念成就測驗後測分數顯著高於前測分數，表示空間組課程具有學習效果，然而，研究結果也顯示空間組概念學習成效顯著低於顏色組，但與對照組無顯著差異，顯示在高整合需求度課程中，空間組的視覺引導策略對學生學習具有其他的潛在效應，使得空間組的視覺引導效果不如顏色組的視覺引導效果來得好。根據先前的研究顯示，基於空間鄰近原則的需求，連續的文本段落無法在空間上彼此靠近顯示，因為他們必須被安排在圖片的相關部分中，這可能導致學生在文字段落間的訊息處理出現困難，且若各段落間若能照自然的閱讀順序擺放，則成效應較佳(Beege et al., 2019)。另一篇研究結果顯示，空間鄰近

原則並非是圖片與文字越相鄰其效果越好，不相關的內容間不應過於接近，因為在不相關的內容之間進行微切換的可能性會隨著距離越接近而增加，導致空間鄰近性失敗，因此中等距離應該是學習的理想選擇(Doherty, 2016)。除此之外，在Florax與Ploetzner (2010)的研究結果中顯示，以「空間整合形式」從文本和圖片中學習的學生在保留文本訊息方面的表現優於「連續文本+未標記圖片」學習的學生，顯示出空間鄰近效應的確有助於學習，然而，當比較「空間整合形式」的組別與「分割文本+標籤圖片」組的學習成效時，發現兩組並沒有顯著差異，這個結果與本研究中對照組和空間組的比較結果相似。透過Florax與Ploetzner的研究結果推論在設計空間鄰近性的學習材料時，可能需要進一步考慮標籤在組別之間帶來的額外效果及可能的影響，或許當融入空間鄰近性效應的學習材料加入標籤後，會產生不同的學習效果，這有待未來進行系統性的研究以釐清標籤在空間鄰近性學習材料中所產生的影響。

綜合上述，研究者認為本篇研究結果顯示空間組視覺引導效果不如顏色組的視覺引導效果，而無法展現過去研究在空間鄰近性上取得的效益，原因可能有以下幾點：(一)因圖片呈現之故(請參閱圖3、圖4)，無法按照學生閱讀的自然習慣放置，例如由左至右、由上到下，導致視覺搜索的需求增加，而視覺搜索需求增加會消耗大腦中的某些處理資源(Kalyuga et al., 1999)，導致更少的處理資源分配給學習(Sweller et al., 1998)，因此這樣的編排可能反而增加學生的認知負荷，且搜索各段落文字間正確的順序，也可能占據了部分的處理資源，這可能也是為什麼空間組在圖文掃視次數上也較低的原因。(二)各段落的文字若須與圖片更為接近，則無可避免地也會使各段落文字彼此接近，可能使學生在不相關的內容之間進行微切換，也可能造成文字間在空間上更為鄰近，誘使學生選擇優先閱讀完各段落文字，如圖5(d)所示，反而失去空間鄰近性的優點。值得一提的是R. E. Mayer (2002, 2005)的研究中也曾主張，當文本在非常短的時候(只有幾個詞)，空間鄰近原則將是最有效的，這可能也是本篇研究在空間組未取得成功的潛在原因，不過須注意這項假設仍待更多的研究來證實。(三)在本研究中，空間組學習材料的圖片上並無包括標籤，這可能對於學習者在圖文整合過程中進行訊息對照產生影響，因此使得空間鄰近性的效應不明顯。先前Johnson與Mayer (2012)的研究中探討了空間鄰近性學習材料的設計以及對於學習的影響，其中一組的設計同時融入了標籤以及空間鄰近性原則的設計，在此研究中的學習內容是關於煞車與制動原理。在材料設計上，先提供受試者關於煞車系統中各部位構造的圖示，並於各構造加入名稱標籤進行標示，另外一張圖則呈現踩下煞車後，各構造之間的作用關係，並使用空間鄰近性設計將文字說明放置於對應構造上。但在Johnson與Mayer的研究中並沒有進一步比較以及闡述當空間鄰近性設計有或沒有加入標籤時，是否會產生不同的學習效果以及影響，或許未來融入空間鄰近性原則的設計時，可以使用此一方式加入標籤提供學習者進行訊息參照，並進一步考慮標籤在空間鄰近性學習材料中所產生的影響，這有待未來更進一步的研究加以釐清。

三、結論

本研究結果認為顏色標示在圖文訊息整合上扮演了有利的推手，在高圖文整合需求度的概念上，顏色標示可經由增加學生在圖

文間掃視的次數進而達成更佳的學習成效，再者，本研究結果顯示空間鄰近性的視覺引導效果不如顏色標示的視覺引導效果，則可能是受限於文字段落的安排與圖片間過於接近，並未位於更加適當的中等距離，以及各段落間無法以自然閱讀順序放置，可能使視覺搜索需求增加而導致學生產生額外的認知負荷，使得學習成效未能達到與顏色組相同優秀的表現。此外，在低整合需求度的概念上，本研究結果認為當學習材料整合需求度較低時，課程中圖片與文字間的元素相互作用性也較低，因而導致學生對於視覺引導的需求度減少，進而使顏色標示及空間鄰近性等視覺引導策略的效果較不明顯。

四、未來建議

(一)在高圖文整合需求度概念的呈現上，可以加入顏色標示來幫助學生更好的進行圖文間的訊息整合。

(二)在低圖文整合需求度概念的呈現上，或許應避免多餘的標示或編排，以減少占據學生不必要的認知資源，導致學習成效不彰的可能性。

(三)在空間鄰近性的編排上，可以嘗試在同一時間內只依順序播放其中一個段落的文字以及圖片，以減少文字間的視覺搜索與干擾。

誌謝

本研究感謝科技部經費補助(MOST 109-2813-C-018-030-H；MOST 110-2511-H-018-006-)，並經審查委員提供寶貴意見，在此特致謝忱。

參考文獻

陳美如(2013)。**電腦多媒體運用與國中生生物學習的相關研究**。未出版之碩士論文。國立臺灣師範大學。

[Chen, M.-J. (2013). *The study on the relationship between computer multimedia application and biology learning of the junior high school students* [Unpublished master thesis]. National Taiwan Normal University.]

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*(3), 183-198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Alpizar, D., Adesope, O. O., & Wong, R. M. (2020). A meta-analysis of signaling principle in multimedia learning environments. *Educational Technology Research and Development*, *68*(5), 2095-2119. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09748-7

Altan, T., & Cagiltay, K. (2015). An eye-tracking analysis of spatial contiguity effect in educational animations. In P. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and collaboration technologies: second international conference, LCT 2015* (pp. 3-13). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20609-7_1

Andrzejewska, M., & Stolińska, A. (2016). Comparing the difficulty of tasks using eye tracking

combined with subjective and behavioural criteria. *Journal of Eye Movement Research*, *9*(3), Article 3. https://doi.org/10.16910/jemr.9.3.3

Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The split-attention principle in multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 135-146). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.009

Beege, M., Nebel, S., Schneider, S., & Rey, G. D. (2021). The effect of signaling in dependence on the extraneous cognitive load in learning environments. *Cognitive Processing*, *22*(2), 209-225. https://doi.org/10.1007/s10339-020-01002-5

Beege, M., Wirzberger, M., Nebel, S., Schneider, S., Schmidt, N., & Rey, G. D. (2019). Spatial continuity effect vs. spatial contiguity failure. revising the effects of spatial proximity between related and unrelated representations. *Frontiers in Education*, *4*, Article 86. https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00086

Brand, J., Diamond, S. G., Thomas, N., & Gilbert-Diamond, D. (2021). Evaluating the data quality of the Gazepoint GP3 low-cost eye tracker when used independently by study participants. *Behavior Research Methods*, *53*(4), 1502-1514. https://doi.org/10.3758/s13428-020-01504-2

Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, *51*(13), 1484-1525. https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.012

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2023). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (5th ed.). John Wiley & Sons.

Cooper, G. (1990). Cognitive load theory as an aid for instructional design. *Australasian Journal of Educational Technology*, *6*(2), 108-113. https://doi.org/10.14742/ajet.2322

Çuçin, A., Özgür, S., & Güngör Cabbar, B. (2020). Comparison of misconceptions about human digestive system of Turkish, Albanian and Bosnian 12th grade high school students. *World Journal of Education*, *10*(3), 148-159. https://doi.org/10.5430/wje.v10n3p148

de Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2009). Towards a framework for attention cueing in instructional animations: Guidelines for research and design. *Educational Psychology Review*, *21*, 113-140. https://doi.org/10.1007/s10648-009-9098-7

Doherty, P. E. (2016). A study of the effects of spatial contiguity and hierarchically structured headings in a shipboard operating and maintenance manual. *WMU Journal of Maritime Affairs*, *15*(1), 97-125. https://doi.org/10.1007/s13437-015-0090-4

Eitel, A., Scheiter, K., & Schüler, A. (2013). How inspecting a picture affects processing of text in multimedia learning. *Applied Cognitive Psychology*, *27*(4), 451-461. https://doi.org/10.1002/acp.2922

Feinberg, S., & Murphy, M. (2000). Applying cognitive load theory to the design of web-based instruction. In *IPCC/SIGDOC'00: Proceedings of IEEE professional communication society international professional communication conference and proceedings of the 18th annual*

ACM international conference on computer documentation: Technology & teamwork (pp. 353-360). Institute of Electrical and Electronics Engineers. https://doi.org/10.1109/IPCC.2000.887293

Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active vision: The psychology of looking and seeing*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198524793.001.0001

Florax, M., & Ploetzner, R. (2010). What contributes to the split-attention effect? The role of text segmentation, picture labelling, and spatial proximity. *Learning and Instruction*, *20*(3), 216-224. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.021

Gross, M. M., Wright, M. C., & Anderson, O. S. (2017). Effects of image-based and text-based active learning exercises on student examination performance in a musculoskeletal anatomy course. *Anatomical Sciences Education*, *10*(5), 444-455. https://doi.org/10.1002/ase.1684

Hanning, N. M., & Deubel, H. (2020). Attention capture outside the oculomotor range. *Current Biology*, *30*(22), R1353-R1355. https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.09.054

Hannus, M., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low- and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, *24*(2), 95-123. https://doi.org/10.1006/ceps.1998.0987

Henderson, J. M. (1996). Visual attention and the attention-action interface. In K. Akins (Ed.), *Perception* (pp. 290-316). Oxford University Press.

Henderson, J. M. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(11), 498-504. https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.09.006

Ho, H. N. J., Tsai, M.-J., Wang, C.-Y., & Tsai, C.-C. (2014). Prior knowledge and online inquiry-based science reading: Evidence from eye tracking. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *12*(3), 525-554. https://doi.org/10.1007/s10763-013-9489-6

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press.

Holsanova, J., Holmberg, N., & Holmqvist, K. (2009). Reading information graphics: The role of spatial contiguity and dual attentional guidance. *Applied Cognitive Psychology*, *23*(9), 1215-1226. https://doi.org/10.1002/acp.1525

Jamet, E. (2014). An eye-tracking study of cueing effects in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, *32*, 47-53. https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.11.013

Jian, Y.-C. (2019). Reading instructions facilitate signaling effect on science text for young readers: An eye-movement study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*(3), 503-522. https://doi.org/10.1007/s10763-018-9878-y

Jian, Y.-C., & Ko, H.-W. (2017). Influences of text difficulty and reading ability on learning illus-

trated science texts for children: An eye movement study. *Computers & Education*, *113*, 263-279. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.06.002

Johnson, C. I., & Mayer, R. E. (2012). An eye movement analysis of the spatial contiguity effect in multimedia learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *18*(2), 178-191. https://doi.org/10.1037/a0026923

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976a). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, *8*(4), 441-480. https://doi.org/10.1016/0010-0285(76)90015-3

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976b). The role of eye-fixation research in cognitive psychology. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, *8*(2), 139-143. https://doi.org/10.3758/BF03201761

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, *13*(4), 351-371. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0720(199908)13:4<351::AID-ACP589>3.0.CO;2-6

Khine, M. S., & Liu, Y. (2017). Descriptive analysis of the graphic representations of science textbooks. *European Journal of STEM Education*, *2*(3), Article 6. https://doi.org/10.20897/ejsteme/81285

Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, *12*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00014-7

Klein, P., Küchemann, S., van Kampen, P., Doughty, L., & Kuhn, J. (2019). Picture bias in upper-division physics education. In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Ed.), *Frontiers and advances in positive learning in the age of information (PLATO)* (pp. 135-142). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26578-6_11

Krummenacher, J., Müller, H. J., Deubel, H., Wolfe, J. M., & Humphreys, G. W. (2010). Editorial: Visual search and selective attention. *Vision Research*, *50*(14), 1301-1303. https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.05.026

Land, M. F., & Nilsson, D.-E. (2012). *Animal eyes* (2nd ed.). Oxford University Press.

Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(3), 339-354. https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.3.339

Leopold, C., Doerner, M., Leutner, D., & Dutke, S. (2015). Effects of strategy instructions on learning from text and pictures. *Instructional Science*, *43*(3), 345-364. https://doi.org/10.1007/s11251-014-9336-3

Lorch, R. F., Jr., Lorch, E. P., & Klusewitz, M. A. (1995). Effects of typographical cues on reading and recall of text. *Contemporary Educational Psychology*, *20*(1), 51-64. https://doi.

org/10.1006/ceps.1995.1003

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Role of subjective and objective measures of cognitive processing during learning in explaining the spatial contiguity effect. *Learning and Instruction*, *61*, 23-34. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.12.001

Marrelli, K. M., & Jadeski, L. C. (2019). The effects of image type and signaling on learning in human anatomy: Schematics versus dissection-based cadaveric photographs. *The FASEB Journal*, *33*(S1), 606.3. https://doi.org/10.1096/fasebj.2019.33.1_supplement.606.3

Mason, L., Pluchino, P., & Tornatora, M. C. (2013). Effects of picture labeling on science text processing and learning: Evidence from eye movements. *Reading Research Quarterly*, *48*(2), 199-214. https://doi.org/10.1002/rrq.41

Mason, L., Pluchino, P., & Tornatora, M. C. (2015). Eye-movement modeling of integrative reading of an illustrated text: Effects on processing and learning. *Contemporary Educational Psychology*, *41*, 172-187. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.01.004

Mason, L., Tornatora, M. C., & Pluchino, P. (2015). Integrative processing of verbal and graphical information during re-reading predicts learning from illustrated text: An eye-movement study. *Reading and Writing*, *28*(6), 851-872. https://doi.org/10.1007/s11145-015-9552-5

Mayer, D. (2001). The long-term impact of health on economic growth in Mexico, 1950-1995. *Journal of International Development*, *13*(1), 123-126. https://doi.org/10.1002/jid.764

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. *Psychology of Learning and Motivation*, *41*, 85-139. https://doi.org/10.1016/S0079-7421(02)80005-6

Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31-48). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004

Mayer, R. E., Hegarty, M., Mayer, S., & Campbell, J. (2005). When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *11*(4), 256-265. https://doi.org/10.1037/1076-898X.11.4.256

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, *38*(1), 43-52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6

Moores, E., Laiti, L., & Chelazzi, L. (2003). Associative knowledge controls deployment of visual selective attention. *Nature Neuroscience*, *6*(2), 182-189. https://doi.org/10.1038/nn996

Müller, H. J., & Krummenacher, J. (2006). Visual search and selective attention. *Visual Cognition*, *14*(4-8), 389-410. https://doi.org/10.1080/13506280500527676

Özçelik, E., Arslan-Ari, I., & Cagiltay, K. (2010). Why does signaling enhance multimedia learning? Evidence from eye movements. *Computers in Human Behavior*, *26*(1), 110-117. https://

doi.org/10.1016/j.chb.2009.09.001

Pazzaglia, F. (2008). Text and picture integration in comprehending and memorizing spatial descriptions. In J. F. Rouet, R. Lowe, & W. Schnotz (Eds.), *Understanding multimedia documents* (pp. 43-59). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73337-1_3

Pettersson, R. (2000). Graphic symbols—Design and meaning. In R. E. Griffin, W. J. Gibbs, & V. S. Williams (Eds.), *Natural vistas: Visual literacy & the world around us*. International Visual Literacy Association.

Poole, A., & Ball, L. J. (2006). Eye tracking in HCI and usability research. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopedia of human computer interaction* (pp. 211-219). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-59140-562-7.ch034

Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1989). *The attention system of the human brain* (Technical Report #89-1). Washington University.

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, *124*(3), 372-422. https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372

Rayner, K. (2009). The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*(8), 1457-1506. https://doi.org/10.1080/17470210902816461

Richter, J., Scheiter, K., & Eitel, A. (2016). Signaling text-picture relations in multimedia learning: A comprehensive meta-analysis. *Educational Research Review*, *17*, 19-36. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.12.003

Richter, J., Scheiter, K., & Eitel, A. (2018). Signaling text-picture relations in multimedia learning: The influence of prior knowledge. *Journal of Educational Psychology*, *110*(4), 544-560. https://doi.org/10.1037/edu0000220

Rickards, J. P., Fajen, B. R., Sullivan, J. F., & Gillespie, G. (1997). Signaling, notetaking, and field independence-dependence in text comprehension and recall. *Journal of Educational Psychology*, *89*(3), 508-517. https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.3.508

Rizzolatti, G., & Craighero, L. (1998). Spatial attention: Mechanisms and theories. In M. Sabourin, F. Craik, & M. Robert (Eds.), *Advances in psychological science, Volume 2: Biological and cognitive aspects* (pp. 171-198). Psychology Press.

Ryabchikova, N. A., Bazyian, B. H., Poliansky, V. B., & Pletnev, O. A. (2009). Role of saccadic eye movements in cognitive processes. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, *147*(1), 11-14. https://doi.org/10.1007/s10517-009-0462-x

Schmidt-Weigand, F., & Scheiter, K. (2011). The role of spatial descriptions in learning from multimedia. *Computers in Human Behavior*, *27*(1), 22-28. https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.007

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, *13*(2), 141-156. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8

Schnotz, W., Ludewig, U., Ullrich, M., Horz, H., McElvany, N., & Baumert, J. (2014). Strategy shifts during learning from texts and pictures. *Journal of Educational Psychology*, *106*(4), 974-989. https://doi.org/10.1037/a0037054

Schnotz, W., & Rasch, T. (2005). Enabling, facilitating, and inhibiting effects of animations in multimedia learning: Why reduction of cognitive load can have negative results on learning. *Educational Technology Research and Development*, *53*(3), 47-58. https://doi.org/10.1007/BF02504797

Schnotz, W., Ullrich, M., Hochpöchler, U., Horz, H., McElvany, N., Schroeder, S., & Baumert, J. (2011). What makes text-picture-integration difficult? A structural and procedural analysis of textbook requirements. *Ricerche di Psicologia*, *1*, 103-135. https://doi.org/10.3280/RIP2011-001006

Schüler, A. (2017). Investigating gaze behavior during processing of inconsistent text-picture information: Evidence for text-picture integration. *Learning and Instruction*, *49*, 218-231. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.03.001

Schweppe, J., Eitel, A., & Rummer, R. (2015). The multimedia effect and its stability over time. *Learning and Instruction*, *38*, 24-33. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.03.001

Seufert, T., & Brünken, R. (2006). Cognitive load and the format of instructional aids for coherence formation. *Applied Cognitive Psychology*, *20*(3), 321-331. https://doi.org/10.1002/acp.1248

Shepherd, M., Findlay, J. M., & Hockey, R. J. (1986). The relationship between eye movements and spatial attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *38*(3), 475-491. https://doi.org/10.1080/14640748608401609

Smith, D. T., & Schenk, T. (2012). The premotor theory of attention: Time to move on? *Neuropsychologia*, *50*(6), 1104-1114. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.01.025

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, *12*(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, *4*(4), 295-312. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5

Sweller, J., van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, *10*(3), 251-296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205

Theeuwes, J. (1993). Visual selective attention: A theoretical analysis. *Acta Psychologica*, *83*(2),

93-154. https://doi.org/10.1016/0001-6918(93)90042-P

van Genuchten, E., Scheiter, K., & Schüler, A. (2012). Examining learning from text and pictures for different task types: Does the multimedia effect differ for conceptual, causal, and procedural tasks? *Computers in Human Behavior*, *28*(6), 2209-2218. https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.06.028

van Gog, T. (2014). The signaling (or cueing) principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 263-278). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.014

Vekiri, I. (2002). What is the value of graphical displays in learning? *Educational Psychology Review*, *14*(3), 261-312. https://doi.org/10.1023/A:1016064429161

Wedel, M., & Pieters, R. (2008). Eye tracking for visual marketing. *Foundations and Trends® in Marketing*, *1*(4), 231-320. https://doi.org/10.1561/1700000011

Wennås Brante, E., Holmqvist Olander, M., & Nyström, M. (2013). Exploring the impact of contrasting cases in text and picture processing. *Journal of Visual Literacy*, *32*(2), 15-38. https://doi.org/10.1080/23796529.2013.11674708

Yeh, L.-C., Yeh, Y.-Y., & Kuo, B.-C. (2019). Spatially specific attention mechanisms are sensitive to competition during visual search. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *31*(8), 1248-1259. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01418

科學教育學刊
2024, 第三十二卷第二期, 125-162
DOI:10.6173/CJSE.202406_32(2).0001

Contemporary Journal of Science Education
2024, 32(2), 125-162

Enhancing the Integration of Picture and Word Information in Undergraduate Students' Science Learning Through the Application of Visual Guidance Strategies

Yu-Jui Li and Wen-Chi Chou*
Department of Biology, National Changhua University of Education

Abstract

This study explores the impact of incorporating visual guidance strategies on integrating picture and word information in science learning. This study developed two courses with varying degrees of integration requirements (high- and low-integration requirement courses). It integrated three distinct visual guidance strategies (control, color-mark, and spatial contiguity) into each. The study aimed to examine the impact of different visual guidance strategies on learning and to investigate further the effectiveness of these strategies in courses with varying levels of integration. The participants were sixty undergraduate students not majoring in natural science-related subjects. During the experiment, an eye tracker was used to collect students' eye movement data to understand their attention distribution and eye movement behavior during the learning process. The study results revealed that there were no significant differences in learning outcomes and the number of saccades among the three groups in the low-integration requirement courses. In the high-integration requirement courses, the learning outcomes of the color-mark group were significantly better than those of the spatial contiguity group, and the number of saccades in the color-mark group was also significantly higher than that in the control and the spatial contiguity groups. The study suggests that visual guidance strategies may not significantly impact learning outcomes in low-integration requirement courses where the interactivity of elements is relatively low. However, using color as a visual guidance strategy in high-integration requirement courses can significantly enhance picture and word information integration. The color-mark strategy significantly increases the number of saccades between picture and word information, allowing students to compare and integrate the information, consequently leading to better learning outcomes.

Key words: Eye-Movement, Visual Guidance, Picture and Word Information Integration

* Corresponding author: Wen-Chi Chou, chouwenchi@cc.ncue.edu.tw; ORCID: 0000-0002-1651-1599
Received: 2024/1/15, Revised: 2024/6/25, Accepted: 2024/6/29, Available Online: 2024/08/28