從圖本建構心肺循環概念認知診斷工具之初探

許照紅* 許德發** 許瑞珍*
*東方技術學院食品科技系講師 **東方技術學院妝管系副教授
hung5186@yahoo.com.tw

摘 要

在人體循環系統的教學上，應用融合相關概念於其中的圖本，透過圖本閱讀的學習任務以促進概念的獲得。於是以圖本的建構引發契機，參照認知負荷理論教學設計的指導原則，排除冗餘的圖樣或文字，在圖中標示適當文字說明避免分散效應發生，建構學習任務圖本。從圖本中提出概念，作為診斷項目，經專家效度、信度分析等建立信效度，以概念得分作為圖本閱讀理解暨概念獲得成效的表徵。

關鍵詞：心肺循環概念、認知負荷理論、圖本閱讀理解

一、前言

根據調查統計，技專院校的學生群體中，除了來自普通中學之外，多數學生在入學前的高職課程中，即使是相關科系或具有生物課程經驗，並未具有循環系統單元之良好概念，大學生對於循環系統的知識亦出現另有概念（許照紅、黃台珠，2006）。生物學在非主修生物系科研究對象的課程上，被列為必修，在被要求閱讀與理解圖片、圖本時，部分學習者更是覺得束手無策，雖然認為高中職階段的循環概念學習內容略嫌簡單，但又同意心肺循環概念的重要性，於是研究者立意要將繁雜難懂的心肺循環概念，融入簡明模型圖中，以概念性問題的提出以發揮圖本的有效性。

在人體循環系統的教學上，應用融合相關概念於其中的圖本，透過圖本閱讀的學習任務以促進概念的獲得，於是以圖本的建構引發契機，參照認知負荷理論教學設計的指導原則，排除冗餘的圖樣或文字以建構適當的圖本，從圖本中提出概念，作為診斷項目，經專家效度、信度分析等建立信效度，以概念得分作為圖本閱讀理解暨概念獲得成效的表徵。

二、文獻探討

圖本以有限的表徵，表達了無限的意義，Pearson & Johnson (1978)提出三個與其所參閱的文本及讀者的基本知識有關的問題層級，有的問題十分明確，見圖如見文（圖本明確）；有的問題意涵在圖本中，經過稍加推理才能看懂（圖本意涵）；有的問題像角本一樣，只說個大概，需要你融會貫通其他知識之後，才能恍然大悟（腳本意涵）。

圖本在現世紀的學習及生活中，已經是不可或缺的訊息，用以表徵抽象原理或作用，用以指示行動方向，用以代表心情。於是在圖本並非十分明確時，如何才能真正看懂其中的意義？尤其是在學習概念知識的情況下，在圖本的閱讀與理解當中，自然就要藉助推理的能力。

在生物學的教材中，圖片的引用十分常見，而且圖文搭配說明的編排方式更是組成生物單元內容的架構。其目的是希望藉由多樣化的表徵型態來幫助學生學習生物概念，尤其在血液循環單元中，局部結構如血球的圖片到整體性的血液循環系統，無一不用圖文說明的方式來呈現（劉寶元、劉嘉茹，2006）。但是許多研究針對學生面對各種各樣圖文表徵時所產生的迷思亦多有所述及（Wandersee, Mintzes, Novak, 1993; Buckley, 2000; 邱耀德、耿正屏，1994；許朝貴，1994）。

在觀念的傳遞上，圖片、圖本、圖像等圖樣較文字或語言更為容易，在科學教學期間容易普及化，以促進概念的理解，在科學概念的理解上，具有非常重要的功能。利用圖片促進教材的學習效果，是科學教育中頗為受到重視的研究方向之一（許良榮、邱月玲，2003）。陳嘉皇（2007）認為圖像(images)是種空間事物具體表徵的關係，對於文本的理解而言已經變得越來越普遍，從許多觀點來看，它是科學學習的基礎。圖像對科學概念而言，不僅是重要的，而且還被認為對於協助將專家知識傳遞給學童而言，是有力的。江淑卿（2002）以概念構圖與圖示對兒童自然科學的知識結構、理解能力與學習反應之影響的研究中也發現，不同自然學業能力的兒童，閱讀不同表徵型式的教材後，在知識結構和理解能力上比僅閱讀文章者為佳。

在研究圖本的設計上，避免因過度複雜的概念而增加認知負荷，參考許照紅與許德發（2006）及劉芳（2002）在呼吸與循環單元中介紹「心臟，II」時的圖本進行修正，在 Stantonbury Science（2000）運輸與物質交換課程中所使用的圖解，與本研究參照知負荷理論教學設計的指導原則，排除冗餘圖樣文字的簡明扼要原則也不謀而合。

三、研究設計

研究對象為南部某技術學院四技二專學生，在強調圖本教學的環境中，發展心肺循環概念認知診斷 (Cardio-Pulmonary Circulatory Concepts Cognition Diagnosis, CPCCCD) 工具，以心肺循環結構填圖（圖 1）探看學習者對研究圖本相關結構的認識。利用結合文字標示在適當位置的圖本（圖 2）進行圖本閱讀，避免學習者出現圖文分離的分散效益，增加學習的負荷。

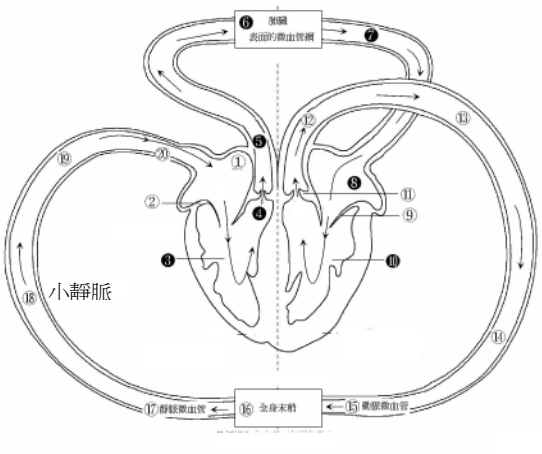


圖 1 心肺循環結構填圖

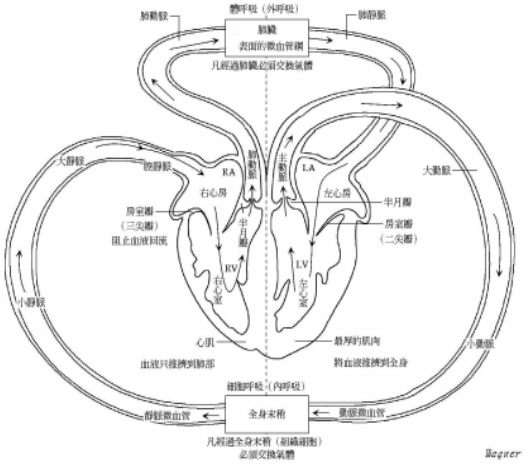


圖 2 結合相關概念之心肺循環圖本

本研究者旨在透過圖本（圖 2）圖文的意涵，發展用以探知學生心肺循環概念認知的診斷工具。以下就概念的編製、專家內容效度檢測、概念知識與圖本關係類型之分類、測驗試題之難度與鑑別度等方面進行闡述。

（一）概念的編製

將研究建構用以作為學習任務之圖本可呈現的概念，依圖本明確（DE）、圖本意涵（DI）、腳本意涵（SI）等三類進行敘述，建立心臟、血流、血管等三向度知識 11 個母概念之「心肺循環概念」（附錄一）。每個母概念之下，分別有 A、B 或 A1、A2、B1、B2 等子概念，亦即圖本所欲傳達的相關概念，作為循環概念認知診斷工具的來源。

（二）專家內容效度檢測

編制後，以該概念之「圖本關係類型分類建構效度調查問卷」，請高雄縣某縣立高中生物教師四人、生物學期成績優良之五位在學學生，依上述 DE、DI、SI 等三類為概念分類，並針對內容正確性給予建議及指正，編制過程中與學生及生物教師們討論、修訂概念敘述用詞，例如：

編號	修訂前	修訂後	建議者
1A	心臟內部分成左右二半，不相通	心臟內部分成左右二半，不直接相通	S2
6A	心臟收縮時，血液由心室流出心臟	建議將心臟改成心室，但研究者不修訂	T2
6B	心臟舒張時，血液流入心臟的心房，再流向心室	建議將心臟改成心室，但研究者不修訂	T2
10A	大部分動脈血管內的血液流動方向是流出心臟	動脈血管內的血液流動方向是流出心臟	T2
10B	大部分靜脈血管內的血液流動方向是流回心臟	靜脈血管內的血液流動方向是流回心臟	T2

回收問卷，製作詳目表及次數分配統計表（表 1），大部分的概念依統計上的數據決定概念類型，唯少數概念接受專家建議而作修正如表 2 及備註所補述之。分類結果，屬於圖本明確之概念有 1～4、6～7、10，屬於圖本意涵之概念有 5、11，屬於角本意涵之概念有 8、9。

表 1 心肺循環概念分類次數分配統計表

編號	DE		DI		SI		Total		類型		
	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%	統計上	修正	備註
1	10	(100.0)	0	(.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DE	
2	8	(80.0)	2	(20.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DE	
3	10	(100.0)	0	(.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DE	
4	10	(100.0)	0	(.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DE	
5	2	(20.0)	5	(50.0)	3	(30.0)	10	(100.0)	DI	DI	
6	6	(60.0)	4	(40.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DI	(1)
7	7	(70.0)	3	(30.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DI	(2)
8	0	(.0)	4	(40.0)	6	(60.0)	10	(100.0)	SI	SI	
9	0	(.0)	4	(40.0)	6	(60.0)	10	(100.0)	SI	SI	
10A	7	(70.0)	3	(30.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DE	
10B	8	(80.0)	2	(20.0)	0	(.0)	10	(100.0)	DE	DE	
11A	1	(10.0)	7	(70.0)	2	(20.0)	10	(100.0)	DI	SI	(3)
11B	2	(20.0)	6	(60.0)	2	(20.0)	10	(100.0)	DI	SI	(3)

由 DE 易動為 DI：

（1）6A、6B，心臟的收縮與舒張，需學習者在圖本上模擬擠壓心室之後，看到房室瓣關閉，半月瓣打開，血液流出；舒放心室之後，則反之使血液流回。

（2）7A、7B ，因為圖上並未標示肺循環與體循環名稱，需要由循環路徑稍加思考

由 DE 易動為 SI 者：

（3）11A、11B：雖然可以看出流向，但氧氣含量，需有相關知識才能理解

確認概念之圖本關係類型之後，以此概念為本，使用適當的文字敘述，編製成 26 題的心肺循環概念認知診斷工具（表 2），分別於結合圖本閱讀理解之學習任務的前後進行施測。多數題目採「是」、「否」、「不知道」三個選項，部分題目有其概念項目的選擇，依照題意之正確性勾選，第(13)、(14)題為填充題型，分別有 4 及 8 個空格，因此在 26 個題目中，每題或每空格答對即得一分，總分為 36 分。

表 2 心肺循環概念認知診斷工具之解答與分類

知識	圖本	概念	以紅血球在心臟及血管內隨著管中液體的流動，來討論下列有關心肺循環的概念 以下敘述如果正確，請勾選[是]；如果不正確，請勾選[否]；如對敘述感到陌生，請勾選[不知道]
H	DE	1	(1)心臟內部結構可分為左與右，再分成上與下等四個腔室　■1.是　□2.否　□3.不知道
H	DE	1A	(2)紅血球可以在心臟左右兩邊來回流動，例如從右邊直接流到左邊　□1.是　■2.否　□3.不知道
H	DE	1A	(3)也就是說成人的心臟，在結構上左右有直接相通　□1.是　■2.否　□3.不知道
H	DE	2A	(4)位在心臟上方的結構稱為心房，可分為左心房與右心房二個腔室　■1.是　□2.否　□3.不知道
H	DE	2B	(5)位在心臟下方的結構稱為心室，可分為左心室與右心室二個腔室　■1.是　□2.否　□3.不知道
H	DE	3	(6)心房與心室之間具有三尖瓣與二尖瓣等瓣膜構造，控制血流方向　■1.是　□2.否　□3.不知道
S	DE	1B	(7)就血液在心臟左右心房、心室的流動而言，都是從心房流向心室　■1.是　□2.否　□3.不知道
S	DE	1B	(8)紅血球在心臟與血管內的流動方向是「單行道」，不能逆流　■1.是　□2.否　□3.不知道
B	SI		(9)血液中擔任氣體運輸的主要物質是紅血球　■1.是　□2.否(如果不是紅血球，那麼是____)　□3.不知道
S	DE	6	(10)造成血液在血管與心臟內部循環流動的主要動力是來自於 ■1.心臟 □2.血管 □3.血液 □4.不知道
V	DI		(11)人體內的血管主要有動脈、靜脈、微血管三種　■1.是　□2.否　□3.不知道
S	DE	7	(12)血液從心臟流出再流回，是有一個小的迴路和一個大的迴路　■1.是　□2.否　□3.不知道 ※本題答 1 者，請繼續作答。本題答 2 與 3 者，第 13、14、15、16 題免答，跳至 17 題繼續作答）
S	DE	7A	(13)小迴路（又稱為小循環、肺循環）是血液從心臟的右心室流出之後，經(肺動脈)流至（肺臟），再經(肺靜脈)回到心臟的（左心房）
S	DE	7B	(14)大迴路（又稱為大循環、體循環）是血液從心臟的左心室流出之後，經(主動脈)、(大動脈)、(小動脈)、動脈微血管流至（全身末稍），再經靜脈微血管、(小靜脈)、(大靜脈)、(腔靜脈)回到心臟的（右心房
S	DE	7A	(15)血液在小迴路的中間轉換站是(肺臟)，透過體呼吸發生氣體交換，氧氣進入微血管內而 CO_2 排出
S	DE	7B	(16)血液在大迴路的中間轉換站是(全身末稍)，透過細胞呼吸發生氣體交換，氧氣離開微血管而 CO_2 進入
R	SI	8A	(17)體呼吸是指身體與環境交換氣體，藉著呼吸器官由外在環境中獲得 O_2，由體內排出 CO_2 至環境中 ■1.是　□2.否（如認為錯誤，請修正：_____）　□3.不知道
R	SI	8B	(18)細胞呼吸是指發生在細胞內外的氣體交換，因濃度差異使 O_2 擴散至細胞內，而 CO_2 自細胞排出 ■1.是　□2.否（如認為錯誤，請修正：_____）　□3.不知道
S	SI	8A	(19)紅血球從心臟流至肺臟表面的微血管網之後再回到心臟，因攜帶了氧氣使得顏色變得鮮紅 ■1.是　□2.否（如認為錯誤，請修正：_____）　□3.不知道
V	SI	9A	(20)大部分動脈血管內的血液，都是含有氧氣的　■1.是　□2.否　□3.不知道
B	SI	9A	(21)此種因攜帶氧氣而顏色較為鮮紅的血液稱為　■1.含氧血或有氧血　□2.無氧血或缺氧血　□3.不知道
V	DI	11A	(22)體內唯一例外的「動脈」，其內的血液流出心臟，但不含氧氣的是　■肺動脈　□不知道
B	SI	8B	(23)當紅血球從心臟流出至全身末稍微血管，因氧氣離開血管進入組織細胞，使血液顏色變得較為暗紅 ■1.是　□2.否（如認為錯誤，請修正：_____）　□3.不知道
V	SI	9B	(24)大部分靜脈血管內的血液，都是不含氧氣的　■1.是　□2.否　□3.不知道
B	SI	9B	(25)此種因失去氧氣而顏色較為暗紅的血液稱為　□1.含氧血或有氧血　■2.無氧血或缺氧血　□3.不知道
V	DI	11B	(26)體內唯一例外的「靜脈」，其內的血液流回心臟，但含有氧氣的是　■肺靜脈　□不知道
知識類型　H：心臟的　S：血流的　V：血管的　R：呼吸的　B：血液的 圖本類型　DE：圖本明確的　DI：圖本意涵　SI：腳本意涵			

（三）概念知識之分類

多數知識皆能符合在心臟、血流、血管三向度中，唯其中出現血液及呼吸的向度，其實都與血流較有相關。是故認知診斷工具所提出的概念，仍偏重在血液循環流動概念的傳遞，診斷學生是否得到相關概念的理解。以雙向細目表分析診斷工具，各題分屬知識類型如下所述。

心臟的知識：(1)～(6)，計 6 題。

血流的知識：(7)、(8)、(10)、(12)～(16)，計 8 題。

血管的知識：(9)、(11)、(20)、(22)、(24)、(26)，計 6 題。
血液的知識：(19)、(21)、(23)、(25)，計 4 題。
呼吸的知識：(17)、(18)，計 2 題。（或歸到血流？補專家討論）

（四）圖本關係類型之分類

以不同認知負荷類型任務處理之下，心肺循環概念認知診斷（CPCCCD）工具後測之圖本明確（DE）、圖本意涵（DI）、腳本意涵（SI）類型概念單題得分差異是否達顯著，及其與後測平均及填圖後測平均之積差相關，作為圖本任務是否傳遞相關概念的解釋。

各題分屬概念之圖本關係類型如下：
圖本明確：(1)～(8)、(10)、(12)、(13)-1～4、(14)-1～8、(15)、(16)，計 24 題。
圖本意涵：(11)、(22)、(26)，計 3 題。
角本意涵：(9)、(17)～(21)、(23)～(25)，計 9 題。

（五）測驗題項之難度與鑑別度

以後測填答作為本測驗工具之難度與鑑別度的判定來源，四技二專學生樣本數 78 人。在難度方面，先計算每題的平均得分，因每題得分為一分，此平均分數極為該題之難度係數。而鑑別度的部分，將總分以分之前後 27%分成高分組與低分組，經獨立樣本 t 考驗比較高低分組題項差異，t 值達顯著且＞3 者，或各題項與總分之相關達顯著中度相關者（相關係數＞.40），示該題具有良好鑑別度。信度分析之 Cronbach α 係數為.939，表示本量表有不錯的信度。

四、研究結果

心肺循環概念的困難及學習任務的實驗效果，實驗前平均數為 0 之概念題數有：(13)-1、(13)-3、(14)-4、(14)-5、(14)-7、(16)等概念，前測作答時以(13)、(14)、(15)、(16)之空白率最高，這四題屬於填充題型，如對該概念不熟悉便無法填答，即使填出答案亦多為錯誤。

實驗前後平均數未達顯著差異之概念題數有：(4)、(9)、(10)、(11)、(17)、(20)、(21)、(23)。這些概念題的平均數（.47～.97）都還算高，亦即在實驗處理之前，部分學生所具備正確的先備概念。

實驗前後平均數達顯著差異之概念題數有以下三種情形：

p<.05 ：(5)、(13)-4、(19)、(24)、(25)
p<.01 ：(1)、(2)、(18)
p<.001：(3)、(6)、(7)、(8)、(12)、(13)-1、(13)-2、(13)-3、(14)-1、(14)-2、(14)-3、(14)-4、(14)-5、(14)-6、(14)-7、(14)-8、(15)、(16)、(22)、(26)

整體而言，實驗設計的學習任務及成就測驗，對心肺循環概念知識的發展，有其正向的功效，透過血液流動的指示而偏重在心臟結構的認識，其次是血管。前測平均數出現 0 字，心臟結構聯合血管的複雜度，使學生謂之為「困難」之極，可利用學習任務來促進基模的建立與知識的理解。

五、結論與建議

圖本表徵的利用，在科學學習領域中熱烈的展開，尤其循環系統抽象不可親近的知

識，如要以文字轉承起折妥善敘述，恐怕會形成長篇大論，倘若引一圖以蔽之，省去不少文字版面，縮減閱讀時間，使學習者改變學習內容深感困難的觀點，未嘗不是教學與研究的成就。使用圖本任務及來自圖本中的概念來促進學習，學習者在學習過程中必須具有圖本閱讀與推理的能力，當然圖本建構所應用的圖形、符號與文字在配置上必須適當，對學習者認知能力亦應避免過度的負荷。

當今許多大專教師在學期評量上採用 open book 的方式，就教師的說法是在招生人數短缺的情況下，現在的學生素質良莠不齊，主動學習的意願低落，部分教師擔心學生交出白卷，造成評分上的困擾，加上評量之前多數學生亦要求教師採用開書方式，於是提供書本參考以增加答題頻率的逐漸增加。就研究者監考的經驗來看，發現學習者所持的教科書，沒有或很少出現學習重點標記者為數達 50%以上，接著看到學生非常辛苦逐題、逐頁的搜尋答案，缺乏自信，必須見到答案出現才肯下筆，一字不漏的抄寫。學習者坦承諸如此類的考試方式在考試前是輕鬆的，考時與考後便會出現緊張狀態，因為覺得很難、找不到答案、時間不夠等。

在生物的學習上，藉助於圖本的重要性與廣泛性，使研究者在評量上不會採用 open book 的方式，而是透過圖本問答關係策略，選取表徵了適當概念的重要圖本，經由任務執行時的練習及熟悉，預先培養圖本的視覺素養，增強圖本閱讀之技能。將圖本表徵的內容轉化成評量性的問題，學生僅需透過考卷上的圖本來搜尋答案，不需再開書作答。

本研究應用圖本表徵的學習任務，期望能增強四技二專學生在圖本閱讀及推理上的能力，二十一世紀的教育目標不單是知識上的精熟，而是學習上的精熟（CAST，2008），循環概念複雜度之高是被許多學習者所公認的，即使具有學習經驗者，仍感極度困難。利用隱含相關概念知識的圖本，從中提出相關問題，問題來自圖中，解答在圖中，透過以圖本為本之動態學習活動的設計，在參與過程中精熟圖本內容，或建立心智基模，降低學習的負荷或痛苦的經驗。教育應協助新手學習者如何學習、想要學習，蛻變成以個人方式為終身學習作準備的專家學習者（CAST，2008），便是本研究的最大企望。

六、參考文獻

江淑卿（2002）。概念構圖與圖示對兒童自然科學的知識結構、理解能力與學習反應之影響。科學教育學刊，9(1)，35-54。

邱耀德、耿正屏（1994）。國二學生之人體循環系統另有架構的探究。科學教育（彰化師大），5，27-50。

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 卷，121-131。

許良榮、邱月玲（2003）。不同的科學圖文配置對學生閱讀學習的影響-以「月相概念」為例。台中師院學報，17 期，283-309。

許照紅、許德發（2006）。生物學概要。台中：華格那出版社。

許照紅、黃台珠（2006）。促進人體循環作用理解與圖形推理教學順序之初探。論文發表於 2006 數理教學及師資培育研討會：統整課程教學及師資培育。彰化：國立彰化師範大學。

陳嘉皇（2007）。支持科學教育的視覺圖像文本設計。屏東教大科學教育，25，56-65。

劉芳（編譯）(2002)。Judy Dodds著。圖解生物學。臺北市 ： 合記。

劉寶元、劉嘉茹（2006）。圖形與文字表徵轉換在概念理解之關係初探-以血液循環單元為例。論文發表於第 22 屆科學教育學術研討會，台北：國立台灣師範大學。

Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), 895-935.

Center for Applied Special Technology（CAST）. (2008). Universal design for learning guidelines version 1.0. Retrieved July 3,2008 from http://www.cast.org on line.

Pearson, P. D., & Johnson, D. D. (1978). *Teaching reading comprehension*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1993). Research on alternative conception s in science, In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). Ny: Macmillan.

Stantonbury Science (2000). Cooksey biology topic: Transport and exchange of material. 2008年5月9日取自http://www.stantonbury.org.uk/Students/Science/Cooksey/Mod3.pdf (http://www.stantonbury.org.uk)