

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班

碩士論文

指導教授：吳心楷 博士

空間能力、先備知識與表徵順序對七年級概念
理解之影響：以人體呼吸運動單元為例

研究生：林 郁 芬

中華民國一百年二月

國立臺灣師範大學學位論文授權書

本授權書所授權之論文為授權人在國立臺灣師範大學理學院
科學教育 研究所 99 學年度第 一 學期取得 碩 士學位之論文。

論文題目：空間能力、先備知識與表徵順序對七年級概念理解之影響：以人體呼吸運動單元為例

指導教授：吳心楷

授權事項：

一、 授權人同意非專屬無償授權本校將上列論文全文資料以微縮、光碟、數位化或其他方式進行重製作為典藏之用。本校在上述範圍內得再授權第三人進行重製。

二、 授權人 同意 不同意 非專屬無償授權本校及國家圖書館將前條典藏之資料收錄於資料庫，並以電子形式透過單機、網際網路、無線網路或其他傳輸方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、瀏覽、下載、傳輸、列印等利用。本校得將上述權利再授權于第三者。

三、 論文全文電子檔上載網路公開時間：【第二項勾選同意者，以下須擇一勾選】

即時公開

自 _____ 年 _____ 月 _____ 日始公開

授權人姓名：林郁芬

(請親筆正楷簽名)

學 號：697450016

註：1. 本授權書須列印並簽署兩份，一份裝訂於紙本論文書名頁，一份繳至圖書館辦理離校手續

2. 授權事項未勾選者，分別視同「同意」與「即時公開」

中 華 民 國 100 年 2 月 24 日

謹 向

國立台灣師範大學科學教育研究所提出
本論文已符合部頒 碩士學位之規定

研究生：林郁芬

指導教授：吳心楷

審查委員：
許瑛昭
林靜雯
吳心楷

中華民國 100 年 1 月

國立臺灣師範大學科學教育研究所 博(碩) 士論文通過簽名表

系所別：科學教育研究所

姓名： 林郁芬

學號：697450016

博(碩)士論文題目：空間能力、先備知識與表徵順序對七年級概念
理解之影響：以人體呼吸運動單元為例

經審查合格，特予證明

論文口試委員

許瑛珺 許瑛珺 博士
國立臺灣師範大學科學教育研究所

林靜雯 林靜雯 博士
國立臺北市立教育大學 自然科學系

_____ ○○○ 博士
○○○○○○○○○○○○○○○○○○

_____ ○○○ 博士
○○○○○○○○○○○○○○○○

吳心楷 吳心楷 博士
國立臺灣師範大學科學教育研究所
論文指導教授

所長簽章： 林傑涌

中華民國 100 年 1 月 5 日

誌謝

能夠順利的完成這本論文，要感謝的人太多！

首先，感謝指導教授－吳心楷老師，總是能不厭其煩、溫柔、有耐心的指導我。

感謝許瑛珺教授對於數據分析之建議，使我的論文結構更為完整。

感謝林靜雯教授提供的寶貴建議，讓我的論文內容更加流暢。

感謝研究所的同學們、學長姐與老師的助理，

感謝他們平時的討論與照顧，以及不求回報的協助施測。

感謝提供量表的康鳳梅教授與設計動畫的 Mr.小戴，讓我的研究得以順利進行。

感謝實習的指導老師、實習伙伴，讓我在實習的過程中，能兼顧論文。

最後，感謝父母、家人和朋友、男友給予我的關懷與鼓勵，

讓我能無後顧之憂、保有動力去完成這份研究。

再次感謝大家！

摘要

本研究主要探討空間能力、先備知識不同的學習者，使用不同的表徵順序學習「人體的呼吸運動」之成效。本研究對象共 130 名七年級學生，依班級分配置靜動組（先靜態後動態）或動靜組（先動態後靜態），每組各有 65 名學生。資料收集主要為空間力量表、概念測驗（前、後測）與 16 位半結構式晤談。研究結果顯示，接受多重表徵的閱讀活動後，不論空間能力、先備知識的高低或處於表徵順序組別不同，學生對於人體呼吸運動的理解皆有顯著的進步。在表徵順序與空間能力交互作用下，靜動組的高空間能力學生其學習成效顯著優於動靜組的高空間能力者；但兩個表徵順序組中的低空間能力者，其學習成效則無差異。再對照量化與晤談結果發現，動靜組高空間能力者因為先閱讀動態表徵，易被動態表徵中肋骨顯眼的動作所吸引、印象深刻，而易填選與肋骨相關的答案。此外，動靜組學生普遍認為動態表徵速度太快，但靜動組卻沒有此感受，表示此現象可能是因為表徵呈現順序不同所致。

綜合量化與質性之結果，顯示學習時先使用靜態，後觀看動態的表徵呈現順序之學習效果為佳。本研究對於表徵順序探討的結果，希望能提供教學現場、表徵設計者，使用適宜的表徵順序以有效幫助學生學習，也提供給未來研究作參考。

關鍵詞：表徵順序、空間能力、先備知識

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of representation sequences, spatial ability, and prior knowledge on students' conceptual understandings of human respiration. 130 seventh graders were assigned to two groups- SD group (with static first, then dynamic), and DS group (with dynamic first, then static), 65 students in each group. Data sources included spatial ability test, pre-test and post-test of concepts, and semi-structured interviews with 16 students. No matter student who has different spatial ability, prior knowledge, or in different groups, results of this study showed that student has significant improvement after reading activities in the human respiration topic. According to the two-way ANCOVA analysis of spatial ability and representation sequences, students with high spatial ability in SD group performed significantly better than those with high spatial ability in DS group on post-test of concepts. However, the analysis also showed no difference on post-test scores between students with low spatial ability in SD and DS groups. To synthesize the results of quantitative and qualitative analyses, students with high spatial ability in DS group tended to choose an answer including the word of "rib," because they read dynamic representations first, and were easily attracted by the obvious motion of ribs. Additionally, DS group thought that the speed of dynamic representations was too fast, but SD group did not. This result suggested that this perception may be caused to use different representations' sequence.

In summary, learning achievement will be greater if students are presented with static representations before dynamic ones. The findings of this study can provide suggestions to teachers and software designers on the design of computer-based representations and offer implications for future research.

keyword: representations sequence 、 spatial ability 、 prior knowledge

目次

第壹章 緒論	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的與問題.....	3
第三節 研究範圍與限制.....	3
第四節 名詞釋義.....	4
第貳章 文獻探討	7
第一節 空間能力、先備知識與生物學習.....	7
第二節 表徵定義與類型.....	11
第三節 多重表徵順序的理論架構.....	22
第四節 人體呼吸運動與迷思概念.....	28
第參章 研究方法	31
第一節 研究流程與設計.....	31
第二節 研究對象.....	33
第三節 多重表徵設計與呈現.....	34
第四節 資料收集.....	37
第五節 資料分析.....	44
第肆章 研究結果	47
第一節 學生學習人體呼吸運動概念前後之分析.....	47
第二節 表徵順序、空間能力與先備知識對於學習成效之影響.....	49
第三節 學生的人體呼吸運動概念之晤談分析.....	54
第四節 表徵類型與學習偏好之晤談分析.....	66
第伍章 結論與建議	75
第一節 結論.....	75
第二節 討論.....	77
第三節 建議與未來研究方向.....	82
參考文獻	85
附錄一 研究工具使用同意書	89
附錄二 「人體呼吸運動」概念測驗範圍其對應試題之呼吸運動概念測驗卷	90
附錄三 學習單一靜態／動態	93
附錄四 晤談題幹	97
附錄五 晤談時之作答單	98

表 次

表 2-1-1 康鳳梅發展之空間能力指標項目.....	10
表 2-2-1 多重表徵的類型.....	15
表 2-2-2 本研究的表徵類型分類.....	16
表 2-3-1 本研究之表徵順序所對應的理論.....	27
表 2-4-1 四種知識維度與其定義.....	29
表 2-4-2 「人體呼吸運動」概念測驗範圍.....	31
表 3-2-1 研究樣本人數分配表.....	33
表 3-3-1 動態與靜態表徵之細目表.....	34
表 3-4-1 各項資料可回答研究問題之對應表.....	38
表 3-4-2 「人體呼吸運動」概念之雙向細目表與測驗卷對應的題號.....	40
表 3-4-3 概念測驗卷配分表.....	42
表 3-5-1 本研究量化資料欲回答問題與其檢定方法.....	45
表 3-5-2 本研究質性資料欲回答問題與其檢定方法.....	46
表 4-1-1 不同組別學習者在人體呼吸運動概念學習成效之成對樣本 t 檢定.....	48
表 4-2-1 「表徵順序」與「空間能力」組間迴歸係數同質性考驗.....	50
表 4-2-2 「表徵順序」與「先備知識」組間迴歸係數同質性考驗.....	50
表 4-2-3 表徵順序與空間能力在人體呼吸運動概念後測之共變數分析表.....	51
表 4-2-4 表徵順序與空間能力組別之調整後平均數與原始概念後測平均數.....	52
表 4-2-5 表徵順序與空間能力在人體呼吸運動概念後測之單純主要效果分析表.....	53
表 4-3-1 「Q.胸腔是密閉還是開放性空間？其範圍？」學生之回答類型.....	57
表 4-3-2 「Q.如果保持瓶內部的氣球破洞／瓶身破裂則會怎麼樣？為什麼 ？」學生之回答類型.....	62
表 4-3-3 「Q.吸氣時，肋骨的運動的方式」學生之回答類型.....	65
表 4-4-1 「Q.有助於理解人體胸腔內的器官相對位置之表徵類型？」學生之 回答類型.....	68
表 4-4-2 「Q. 有助於理解人體胸腔內的器官立體結構／移動過程之表徵類 型？」學生之回答類型.....	70
表 4-4-3 「Q. 最有利於理解人體呼吸運動的表徵類型／最適宜的表徵呈現順 序？」學生之回答類型.....	73

圖 次

圖 2-2-1 參考物的世界與表徵的世界之範例.....	12
圖 2-2-2 簡諧運動.....	18
圖 2-2-3 酵素活性與溫度之關係圖.....	19
圖 2-2-4 人體心跳與血液循環之範例圖.....	19
圖 2-2-5 2D 與 3D 圖像製作之範例	22
圖 2-3-1 Ainsworth (1999, 頁 134) 多重表徵的功能類別.....	25
圖 3-1-1 研究流程圖.....	32
圖 3-1-2 資料收集流程圖.....	32
圖 3-4-1 「空間能力量表」之題本範例.....	39
圖 3-4-2 概念測驗卷填空題一之算分範例.....	42
圖 3-4-3 概念測驗卷繪圖題之算分範例.....	43
圖 4-4-1 保特瓶模型.....	58

第壹章 緒論

本研究旨在探討不同空間能力與先備知識的學生在不同多重表徵的順序下，對於「人體呼吸運動」概念學習的情況。本章分別以研究背景與動機、研究目的、研究問題、研究範圍與限制以及名詞釋義四小節加以說明。

第一節 研究背景與動機

生物是以觀察作為基礎的學科，因此隨手打開生物課本，皆可以看到圖文並茂的內容；高比例的圖片，說明視覺表徵在生物學習的重要性。而生物體多屬立體結構，需要空間能力的輔助，才有機會理解生物體內的結構，進一步建構機制的運作過程。然而課本上卻往往只能提供 2 維空間 (2-Dimension) 平面的圖片，加以文字輔助，這種靜態表徵呈現資訊的方式只能依靠學生自身的空間能力將圖片所提拱的資訊轉化，在內心塑形成動態的過程；於是教師很難有效的幫助學生理解生物體的立體結構，以及在結構內的機制運作。故部份學生受制於低空間能力的影響，難以將生物等科學概念融會貫通。許多研究也驗證在科學有優異表現的學生，其空間能力也高，例如：Siemankowski 和 MacKnight (1971) 發現以數學、科學和藝術為主修的優異大學生，其空間能力的表現優於非主修的學生 (引自 Bishop, 1978)。Macnab、Johnstone (1990) 與 Stavridou、Kakana (2008) 研究說明具有優異生物、數學與科學知識的學生，也具有高空間能力。Lord (1988, 1990) 也提出生命科學有許多概念需要高空間理解 (visual-spatial understanding)。雖然在教學現場，教師能夠利用模型來搭配教學，但受限於模型大小，難以讓全班的學生看得清楚，加上所費不貲，故無法廣泛的使用。此外，模型只能提供立體結構，無法將機制、運作過程展現出來。這些表徵的限制相當不利於低空間能

力的學生學習。雖然也有許多後續研究證明空間能力能透過訓練來提升(Lennon, 2000; Lord, 1985, 1990)，但是這樣的培訓歷程耗時耗力，在教學現場中也無法先提升低空間能力，再予以課程知識的教學。此外，除空間能力會影響學生的學習表現外，許多研究也顯示，在學習概念前，學生自身擁有的先備知識也會影響學生的學習表現(許良榮，1996a；李彩瑩，2008)，或是高、低先備知識適用不同的表徵組合(Moreno & Mayer，1999)。

以往教學現場中，使用多種表徵(如：文字、圖片、模型)來教導單一概念的方式已經相當普遍(黃永和，1997)；現今教學中，多媒體更是一個幫助教學的利器，因為多媒體除了能夠結合靜態的圖片與文字外，甚至能夠提供聲音、動畫以及模擬等動態表徵類型；而動畫的表徵特性是將「過程」具體化，因此能幫助學生藉由「看到」生物體內的運作過程而理解，也許能夠有效的幫助低空間能力與低先備知識的學生學習。而依據 Verdi、Johnson、Stock、Kulhavy 和 Whitman-Ahern(1997)的研究發現，不同的表徵呈現順序，會影響知識的形塑、學習成果的效益。然而 Verdi 等學者(1997)使用的文字與圖片表徵皆屬於靜態。故本研究希望加入動態表徵，透過多重表徵的呈現順序，以量化的概念測驗卷與質性的半結構晤談方式，嘗試理解不同空間能力或先備知識的學生在學習「人體呼吸運動」過程中，適合動態、靜態兩種表徵類型的何種排序。

雖然目前已有許多針對表徵對於學習成效影響之研究(邱惠芬，2003)，但國內外著重於表徵順序的研究卻不多。然而現今教學可選擇的表徵類型更加多元化，卻缺乏研究理論的依據，故希望能透過本研究對表徵順序的探討，能進一步提供現場教學之參考。

第二節 研究目的與問題

根據上述的研究背景獲知，低空間能力的學生易在生物領域的學習成效不彰（Macnab & Johnstone, 1990；Stavridou & Kakana, 2008），這樣的現象可能是因為低空間能力的學生難以自行在心智中形成生物體的立體結構所致。Lowe（2003）提出低先備知識的學生可能受限於先備知識，對於新課程的不熟悉，若一開始使用錯誤的表徵學習，對他們而言是一種負擔。教師若能透過多重表徵的方式來幫助學生形成視覺影像，並安排適當的表徵呈現順序，也許能幫助學生進一步理解科學知識。故本研究目的為：探討多重表徵的呈現順序對於不同空間能力與先備知識學習的影響。依據研究目的，提出以下的研究問題：

1. 在多重表徵的閱讀活動前後，不同表徵順序組別、空間能力、先備知識的學生，對「人體呼吸運動概念」的理解是否有差異？
2. 表徵順序組別、空間能力、和先備知識是否影響學生對「人體呼吸運動概念」的學習成效？
3. 表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，回答與人體呼吸運動概念的立體空間性晤談問題，其正確與理由完整性是否有差異？
4. 表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，所偏好的表徵類型與表徵順序是否有差異？

第三節 研究範圍與限制

1. 本研究僅探討空間能力、先備知識、表徵順序對於知識的理解，而不討論「性別」等其他因素。
2. 本研究對象為宜蘭縣某私立完全中學七年級學生，多數學生的家庭經濟屬於中上，故本研究結果所能推論之範圍應以有相似家庭社經背景的學生為原

則。

3. 本研究所選取的「人體呼吸運動」概念範圍來是於七年級的生活與自然科技中「呼吸與氣體的恆定」，故本研究結果不宜過度推論至其他概念之學習。

第四節 名詞釋義

一、空間能力

指能在內心中形成與外在參考物相對應的立體影像，並能在在內心中操控此影像而產生動作的能力。本研究依康鳳梅（2002），將空間能力分為空間方位與空間視覺化。

二、先備知識

學習者在學習「人體呼吸運動」概念前所擁有的相關知識，如人體胸腔內器官名稱。

三、多重表徵

「表徵」是指承載某些訊息，具體的呈現參考物（可以是抽象，也可以是實物）的特徵，如以詩來描述心境。若以兩種類型以上的表徵來呈現同一概念時，則為多重表徵。如以圖片、文字、公式來教導曲線的概念。

四、表徵順序

當使用兩種類型以上的表徵來呈現同一概念時，因考慮學生的認知負荷，故無法在同時呈現所有表徵，故需決定表徵呈現的先後順序。

五、靜態表徵

指不會依時間的改變呈現不同訊息的表徵，如圖片、文字、符號等。

六、動態表徵

指會依時間的改變呈現不同訊息的表徵，如動畫、影片、語音等。

七、人體呼吸運動

透過胸腔擴大和縮小以完成吸氣與呼氣的動作稱為呼吸運動。本研究將著重於人體所涉及的相關概念，包括人體胸腔的立體結構，以及在進行呼吸運動時，胸腔立體結構（橫膈膜、肋骨）與肺部大小、位置的變化。

第貳章 文獻探討

本研究欲釐清「空間能力」、「先備知識」與「多重表徵順序」對於生物概念學習的影響。因此本章將分別針對空間能力、先備知識與生物學習、多重表徵與表徵順序進行探討。

第一節 空間能力、先備知識與生物學習

一、空間能力

空間能力原本是屬心理學領域的研究，Cattell（1971）、Vernon（1965）和 Gardner（1983）認為是智力的一種（引自張春興，2006；Pllegirino & Kail, 1982），但並不認為會影響學科的學習；直到 70 年代才被引入與教育領域結合。於是開啟許多學者著手研究「空間能力」與「科學學習」的關聯，許多結果不約而同的顯示「空間能力」對於「科學學習」具有相當大的影響（Lord, 1985）。而後百家爭鳴，各個學者對「空間能力」提出自己的理論，結果出現各家學者使用不同的空間能力名詞或是相同空間能力名詞卻蘊涵不同的意思，於是 Lohman（1979）在整理後定義出三種空間能力，分別為（引自 Pllegirino & Kail，1982）：

- 空間方位（spatial orientation）：有關想像將物件重新排列或排列後從另一個角度觀看的能力
- 空間關係（spatial relations）：在心智中快速又正確旋轉物件的能力
- 空間視覺化（spatial visualization）：操縱結構元件的配置或是一個平面圖示的折疊或展開的能力

Lord（1985）則認為空間能力是指能夠去形成與控制心像的能力，也把空

間能力分為三種：

- 方位 (orientation)：指轉動、重新排列一個心像
- 形狀變通 (flexibility of closure)：篩選環境的資訊，忽略額外的資訊後形成的心像
- 空間視覺化 (spatial visualization)：形成、控制或操控心像

Lohman 與 Lord 所提出的空間能力，主要皆是指在心智中重新排列、轉動與操縱物件的能力，兩者提出的空間能力中，其中較值得注意的是，兩位學者雖然皆提出「空間視覺化」為視覺空間能力的一種，但其定義並不相同，相較下，Lord 所提的「空間視覺化」其能力涵蓋範圍大，可包含 Lohman 的「空間視覺化」能力。而後諸多學者，提出各種空間能力與定義，以及與各個科學領域相對應的空間能力；然而不論是哪位學者提出的空間能力，或是劃分出幾類空間能力，皆是指在腦海中形成、操縱平面或立體心像的能力。




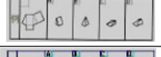
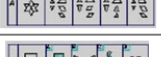
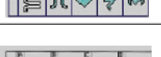


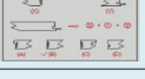



二、空間能力與生物學習之關係

許多研究已顯示空間能力較優異的學生，在科學學習上能達到較好的成果，像是數學的幾何 (凌久原, 2007)、化學有機分子結構的學習 (廖焜熙、邱美虹, 1996; Wu & Shah, 2004)、地球科學的月相盈虧 (邱美虹、陳英嫻, 1995)。生物領域的研究也獲得相似的結果 (Macnab & Johnstone, 1990)，在 1971 年，Siemonkowski 和 MacKnight 提出操縱與空間思考 (manipulative and spatial thinking) 對於學習科學占有舉足輕重的地位 (引自 Lord, 1985)。早期研究認為生命科學的許多領域中，需要高水平的空間能力，於是專家學者陸續提出學習生命科學所需具備的空間能力與對應的生命科學知識；Foote (1981) 認為空間方位的空間能力對於學習生物體的縱切與橫切、兩側對稱與輻射對稱等概念有所幫助。Russell-Gebbett (1984) 則是提出 3 維空間 (3-Dimension) 立體結構的感知 (perceptions of three-dimensional structures) 對於學習生物體內的結構與器官之

間的關係有很大的影響。Lord (1985, 1990) 與 Macnab 和 Johnstone (1990) 分別提出空間視覺化、空間方位、依據平面所對應出的立體結構 (簡稱 2D 平面轉成 3D 立體) 與立體物的切面所形成的平面 (簡稱 3D 立體轉 2D 平面) 對於操作顯微鏡有很大的影響, 因為需要理解玻片標本的結構。這些學者所提出需要空間能力的生物領域, 不外乎為生物體的立體結構與結構中組織與組織的關係。而 Lord 在 1990 年使原本低空間能力的學生, 透過「3D 物件被切後剖面圖所形成的 2D 圖形」(即 2D 平面轉成 3D 立體) 的訓練, 能夠增進他們的空間能力以及在生物上的學習表現; 這項研究驗證 2D 平面轉成 3D 立體的空間能力對生物學習之重要性, 並可推知「空間能力」並非是恆定不變的。由於具有空間能力的學生, 在學習上能獲得全面性的思考, 低水平空間能力的學生, 需要花費更多的時間去學習 (Lord, 1988, 1990); 因此有許多研究則建議如何提升學習者的空間能力 (Bishop, 1978; Foote, 1981; Lennon, 2000; Lord, 1985, 1990), 但這些訓練皆需要長時間才能達到有效提升空間能力的目標。依據本研究概念為「人體的呼吸運動」, 牽涉人體的立體結構與動作變化, 因此將選用 Lord 所提出的「空間視覺化」、「空間方位」作為本研究空間能力的測量範疇。

參考國內梁勇能 (2000)、林小慧 (2005)、卓沛勳 (2007) 等人對空間能力相關之研究所運用的量表, 但其量表的題目與本研究所探討的空間能力不盡相同, 故最後採用符合本研究空間能力定義的康鳳梅 (2002) 空間能力量表。我國學者康鳳梅 (2002) 建構高工學生的空間能力指標時, 產生五種空間能力指標: 空間方位 (spatial orientation)、空間關係 (spatial relation)、空間感觀 (spatial perception)、空間視覺化 (spatial visualization)、空間組織 (spatial organization), 如表 2-1-1 所示; 依據其「空間方位」與「空間視覺化」的指標定義符合本研究的空間能力範疇, 故只選用「空間方位」與「空間視覺化」所對應的空間量表試題; 此外, 「人體的呼吸運動」屬於立體的結構, 因此「空間方位」只挑選「立體旋轉空間定位能力」量表; 詳細內容請參閱第三章。

表 2-1-1 康鳳梅發展之空間能力指標項目

指標項目	指標定義	次指標項目	範例
空間方位 (spatial orientation)	指受試者能從不同的角度想像物體或圖形在空間的旋轉變化，且對改變方向的物體或圖形保持清晰，並迅速和精確地想像以其2D或3D旋轉的能力。	立體旋轉空間定位能力	
		平面旋轉空間定位能力	
空間關係 (spatial relation)	指受試者能夠想像在空間將不同的物體面互相關聯起來，並想像操弄物體摺合、展開或旋轉組合與分解之能力。	立體展平空間關係能力	
		型版摺合空間關係能力	
		型版分解空間關係能力	
		型版組合空間關係能力	
空間感觀 (spatial perception)	指受試者能夠正確辨識物體相接合外觀所形成的線，且對所觀看的物體能夠形成精確影像的能力。	表面相交線形成空間感觀能力	
空間視覺化 (spatial visualization)	指受試者能夠經由心理旋轉、移動，而將相對位置改變的物體操作或轉換其空間模式的能力。	型版接合空間視覺化能力(I)	
		型版接合空間視覺化能力(II)	
		圖形對應空間視覺化能力	
空間組織 (spatial organization)	指受試者能夠組織經由觀察物體不同方向之空間影像，而揣想其另一方向之影像或立體的能力。	多方向圖形空間組織能力	
		平面轉換立體空間組織能力	

資料來源：康鳳梅（2002）。高工學生空間能力指標建構之研究（1/2）。行政院國家科學委員會專題研究計畫期中進度報告（NSC91-2516-S-003-007）。台北市：國立台灣師範大學工業教育學系。

三、先備知識與學習成就之關係

除空間能力之外，先備知識也常被作為探討學習成就關係的主題之一。先備知識指的是學習某學科之前必備的知識（引自李岱芳，2001）。目前已有許多先備知識對於學習成就影響的相關研究，在科學上，先備知識對於科學理論之記憶學習與類比學習皆達到顯著影響（陳恆迪、徐順益，1994；許良榮，1996a）；在生物學習上，學生在生態知識的學習成效，也受到先備知識顯著的影響（李彩瑩，

2008)。但許良榮(1996a)的研究中，先備知識對於科學理論之理解並沒有顯著影響。這些研究結果顯示，學生的先備知識與學習成果大多具有正相關，但並非在每一個知識層面都有顯著的影響。此外，在閱讀表徵中，Mayer(2001)的研究為比較使用文字加圖片與單使用文字的學習效果，研究結果顯示使用文字加圖片的雙重表徵對於低先備知識的學習成果較佳，但對高先備知識而言，無論使用雙重表徵或是單一表徵，其學習結果皆沒有差異。Moreno和Mayer(1999)研究國小學生藉由多媒體學習數學，使用單一表徵與多重表徵的學習成效；結果發現高先備知識與高空間能力學生使用多重表徵的學習成效優於使用單一表徵的高先備知識或高空間能力者；但在低先備知識與低者空間能力的學生，在使用多重表徵與單一表徵的學習成效卻無差異。綜合上述的研究結果可知，使用相同的學習條件，對於不同先備知識的學生之學習影響會不同；且不同先備知識所適合的學習條件，目前尚無定論。於本研究中，學習者的先備知識以「人體呼吸運動概念」測驗卷在課程前施以測驗，「人體呼吸運動概念」測驗卷的題目是依七年級的生活與自然科技中「呼吸與氣體的恆定」內容作設計，其詳細內容請見第三章。

第二節 表徵定義與類型

一、表徵的定義與分類

「表徵」能代表某種事物，並傳遞其事物的部份或全部訊息(藍治平、簡秀玲、張永達，2002)，而Ainsworth(2006)(Ainsworth 2006)根據Palmer(1977)提出外在表徵所構成的要點：

- 參考物的世界
- 表徵的世界

- 參考物世界被表徵的層面
- 表徵世界所做的模擬層面
- 參考物與表徵的一致性

這五大要點顯示，表徵的好壞是取決於呈現參考物時，表徵所傳遞的訊息是否符合參考物的特性，以圖 2-2-1 為例，左圖中真實筆記型電腦屬於參考物的世界，右圖的表徵世界中，以卡通化或文字的筆記型電腦來表徵左圖的真實筆記型電腦。像是卡通化的圖片模擬出真實筆記型電腦的外型、文字形式的筆記型電腦表徵真實筆記型電腦的意涵，表徵物能夠適當的表徵出參考物某個特性時，即是達到兩個世界的一致。當有兩種以上不同類型的表徵欲呈現同一個參考物時，像是同時使用右圖卡通化及文字型式的筆記型電腦兩種不同類型的表徵，來表徵左圖的真實筆記型電腦時，則稱為多重表徵。本研究的表徵主要以語音、文字、圖片、動畫等四種形式承載某些訊息，具體地呈現參考物。

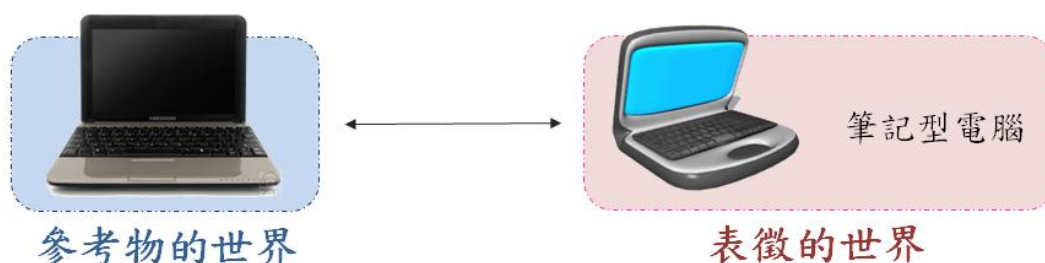


圖 2-2-1 參考物的世界與表徵的世界之範例

表徵可依不同的觀點切劃出許多不同的分類方式，下列將舉出四種常見的分類方式：

(一) 認知的觀點

布魯納為較早提及表徵的代表人物之一，他認為人類對環境中周遭事物，經

知覺而將外在物體或事件轉換為內在心理事件的過程，稱為認知表徵（cognitive representation），在 1964 年將認知表徵分為三個階段（引自張春興，2006）：

1. 動作表徵（enactive representation）：

指三歲以下的孩童是透過動作來認識周圍的世界、獲得知識。

2. 形像表徵（iconic representation）

指經由對物體知覺留在記憶中的心像（mental image），或靠照片圖形等來獲得知識。

3. 符號表徵（symbolic representation）

指運用符號、語言文字為依據的求知方式。

以認知的觀點而言，隨著時間的不同，使用不同階段的表徵類型；且表徵是內心用來學習外在事物的媒介物。

（二）記憶儲存的觀點

Paivio 則是利用記憶儲存的角度，他認為儲存記憶的方式是由兩個獨立系統運作，一個是文字表徵系統（如文字、聲音），另一個為非文字表徵系統（如圖片、動畫），兩系統間由參照性連結（referential connections）所聯繫；稱為雙碼模式（dual-coding model）（Mayer, 2003）。但 Schnotz 和 Bannert（2003）認為記憶的儲存方式並非能將文字與非文字表徵完全劃分開來，而是整合的方式儲存，因此他認為多重表徵應為分為描繪型（depictive）與描述型（descriptive）表徵兩種；前者提供具體的資訊能夠馬上被理解，後者則是傳達較抽象的訊息，能夠解釋較廣泛的內容。此觀點的特點，也是把表徵視為指外在知識傳遞給內心時，作為承載資訊的媒介。

（三）表徵外顯化與否的觀點

Hiebert 和 Carpenter（1992）將表徵分為外在表徵（external representation）與內在表徵（internal representation）兩大類，下列為其定義（引自彭嘉妮，

2007)：

1. 內在表徵：只存在個人心中或腦海裡而他人無法直接觀察的心智表徵；如心像。
2. 外在表徵：人與人溝通需要利用語言、符號或具體物的形式將內在表徵外在化；如圖、文字、聲音、符號、動作、符號等。

此觀點對於表徵的涵蓋範圍大，把表徵視為內心承載知識的媒介外，同時也是作為溝通的媒介物。本研究所採用的表徵定義為此觀點的外在表徵。

(四) 外在表徵的類型

根據 Tsui (2003) 所整理的表徵的類型，可將外在表徵分為語言—文字、數學符號、視覺—圖像、動作—操作四大類，然而 Tsui 所呈現的數學符號缺少次類型，故使用丁斌悅 (2001)、左台益、蔡志仁 (2001) 作增添，整理後如表 2-2-1 所示。

目前的表徵分類方式百家爭鳴，化學教育中的化學結構已有大致上被接受的分類類別 (Urhahne、Nick & Schanze, 2009)，但生物教育內的各類表徵卻尚未有一個令眾人皆認同的分類標準。Ainsworth (2006) 提出八種表徵的特性，可依其特性來對表徵進行分類，如下所示：

- 接收表徵的感官通道 (the sensory channel of the representation)
- 表徵的形式 (the modality of the representations)
- 表徵的類型 (the type of representation)
- 抽象的層次 (the level of abstraction)
- 表徵的特性 (the specificity of representations)
- 表徵的整合呈現 (integrated presentations of representations)
- 動態或靜態表徵 (whether representations are static or dynamic)
- 維度 (dimensionality)

表 2-2-1 多重表徵的類型

類型	次類型
語言—文字 (Verbal-textual)	
數學符號 (Mathematical)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 符號物件 (symbolic object) ■ 數學式 (formula), 如: 代數式、方程式 ■ 文氏圖 (arrow diagram) ■ 有序數對集合 (sets of ordered pairs)
視覺—圖像 (Visual-graphical)	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 圖表 (graphs) ■ 符號 (icons) 圖示/圖標 ■ 相片 (pictures) ■ 流程圖 (process diagrams) ■ 結構圖 (structure diagrams) ■ 表格 (tables) ■ 手勢或表情 (gestures)
動作—操作 (Actional-operational)	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 模型 (physical models) ■ 實物 (demonstrations) ■ 動手活動 (hands-on activities) ■ 實驗 (experiments)

根據 Ainsworth (2006) 提出八種表徵特性中的接收表徵的感官通道、表徵的類型和靜態或動態表徵的三個特性，以及 Tsui (2003) 表徵的語言—文字與視覺—圖像類型，本研究使用圖片、文字、動畫與語音的四種表徵可依三個特性、

兩種類型做分類，如表 2-2-2 所示。

表 2-2-2 本研究的表徵類型分類

		語音	動畫	圖片	文字
接收表徵的 感官通道	聽覺	✓			
	視覺		✓	✓	✓
表徵的類型	語言—文字	✓			✓
	視覺—圖像		✓	✓	
動態或靜態 表徵	靜態			✓	✓
	動態	✓	✓		

二、靜態表徵與動態表徵

靜態表徵最典型的代表有圖形、文字、符號等，有鑑於圖形教學有許多優點，故過去在教學現場中，圖片是最常被用來作為教學的教具之一，下列為許良榮（1996b）（許良榮 1996）（許良榮 1996）（許良榮 1996）整理自 Levin（1982）與 Hegarty 和 Just（1989）提出圖形所具有的功能：

- 圖形可以補充文字所不足的訊息。
- 圖形可作為文字的表徵功能。
- 圖形可組織文字表徵的訊息，以結構化方式呈現，使文字的訊息更精緻化。
- 圖形可以描繪事物的空間與視覺上的性質。
- 圖形可幫助文字表徵不易了解的概念降低抽象化。
- 將文字轉換為圖形，幫助記憶的功能。
- 用以美化、修飾課文的圖形。

雖然使用圖形、文字有許多優點，但相對的也有不足或是產生學習困難的問題。如圖片常加以文字輔助推測或理解，但 Mayer (1994) 的研究結果顯示，有時學習者產生問題的原因，是因為無法連結圖像與文字的訊息 (引自 Lewalter, 2003); 此外，圖片只能透過陰影與箭頭，讓學習者自己去推測和想像立體結構、動作的方向或改變，相較於動畫則能夠提供完整的立體空間結構以及動態過程 (Lewalter, 2003)。Tversky、Morrison 與 Betrancourt (2002) 提出相似原則 (congruence principle) 指出動畫可以依時間順序或因果呈現事件，使學習者不需要再進行任何的表徵轉換，只需要將所呈現的架構真實地記憶 (引自凌久原, 2007); 動畫的這項優點，能夠補足單使用圖片與文字學習的缺點。而動態表徵與靜態表徵最大的不同處是，動態表徵所呈現的訊息內容隨時間改變，靜態則不會 (Ainsworth & VanLabeke, 2004)，根據此定義，本研究的動態表徵為動畫與語音，靜態表徵為圖像與文字。Ainsworth 與 VanLabeke (2004) 依據時間的角度把動態表徵分為三種類型：

1. 時間連續 (time persistent representation, T-P)：表現出至少一個變數與時間的關係，同時顯示「當下」與「之前」的數值，提供時間的改變。此類型的動態表徵相似於靜態表徵，唯一不同於靜態表徵之處為，資訊的呈現會隨著時間增加而累積，以簡諧運動為例 (如圖 2-2-2 所示)，擺盪的過程以振幅來表示，時間不停的流逝，但振幅的波形會不斷反覆；靜態則一開始就提供完整的資訊。雖然此類型的動畫不會增加新的資訊，但會讓某些特徵的資訊更突顯；同樣以簡諧運動為例，振幅的波形雖然只是不斷的反覆，但隨時間的增加，能獲得簡諧運動的規律性。時間序列圖 (time-series graph) 即為 T-P 動態表徵類型最典型的代表之一。
2. 時間不明 (time implicit representation, T-I)：T-I 也是顯示時間與變數的關係，此類型的動態表徵雖然會隨時間改變，增加訊息量，但表徵中沒有提供時間改變的訊息，時間的尺度唯有在動態時才能被感知，數值改變的速率只有在動態時，才能被看到；因此 T-I 類型在動態與靜態時提供的資訊並不相

同；如圖 2-2-3 為例，某一酵素在不同的溫度下，其活性不同。

3. 單一時間 (time singular representation, T-S)：T-S 在一個時段下只出現一個狀態，呈現一個以上的變量，而之前出現的數據等資訊並不會被記錄，因此 T-S 類型的動畫通常為高度複雜的資訊，並伴有多個相互作用的元件。當 T-S 動畫靜止時，呈現的資訊非常有限，畫面中並無前一刻所出現過的資訊，故對於內在過程的需求更高，學習者需要自行與之前所呈現的資訊相整合，所以工作記憶的負荷量較大；如圖 2-2-4 所示，不同的階段的心跳週期，心瓣的開合與心臟內的血液含量不同。此外，T-S 也不讓學習者控制片段的向前或向後，學習者需要依內心表徵數值的改變來感知改變速率。

在這三種動態類型中，能提供學習者最多的資訊依序為 T-P 類型，T-I 次之，T-S 則最少。因此 T-P 類型能夠轉譯成 T-I 類型的表徵，但 T-I 類型無法轉成 T-P 類型的表徵。本研究的動態表徵屬於第三類型，然而當學習者的學習速度跟不上動畫的速度時，動畫對學習者將會是一個負擔 (Holzinger, Kickmeier-Rust & Albert, 2008)，因此本研究工具中的動畫可供學習者自行反覆播放與定格。

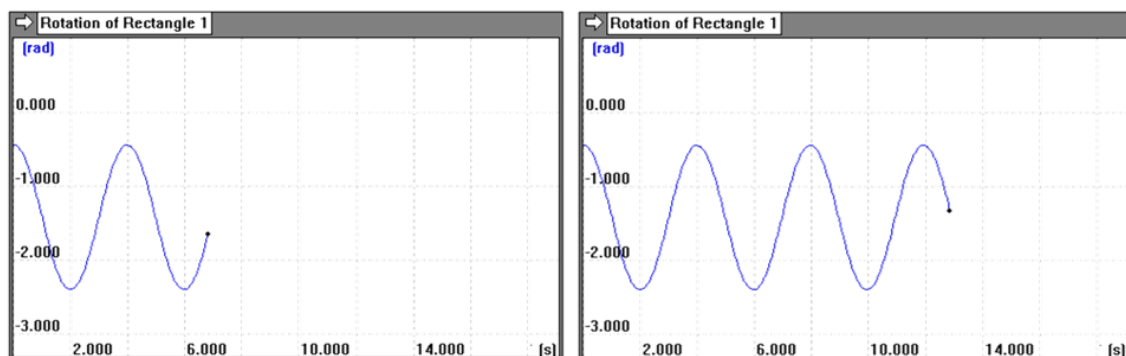


圖 2-2-2 簡諧運動

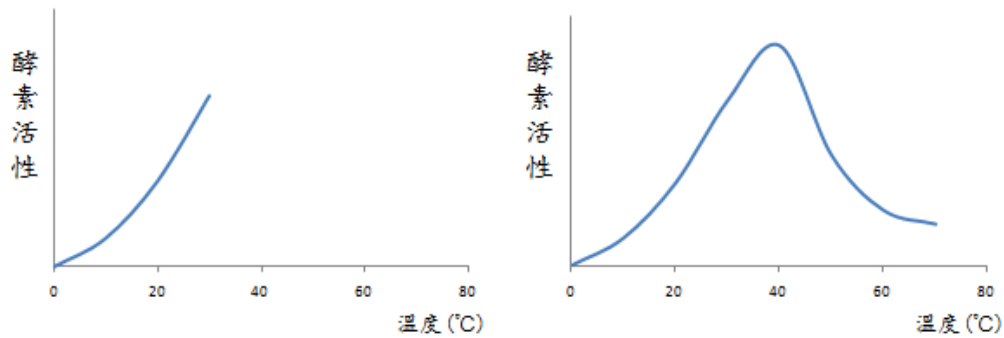


圖 2-2-3 酵素活性與溫度之關係圖

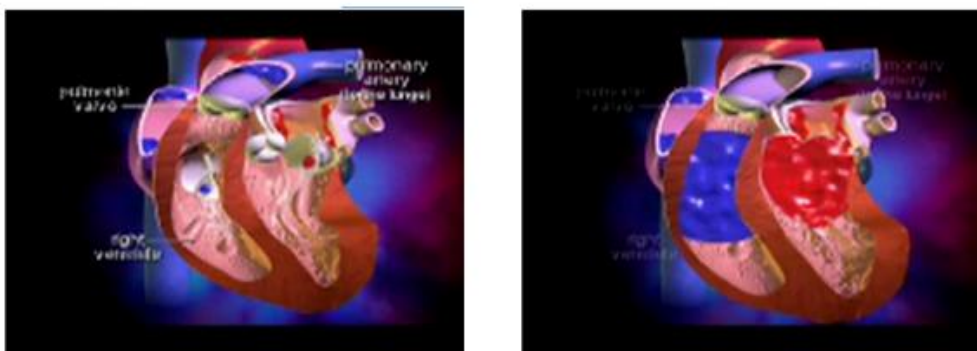


圖 2-2-4 人體心跳與血液循環之範例圖

資料來源：<http://video.about.com/heartdisease/How-the-Heart-Functions.htm>

除以「隨時間改變」的特性作為分類準則外，Lowe (2003) 提出動畫改變的類型也常用來作為動畫的分類方式，動畫通常為其圖形的變化，此變化主要可分為三種類型：

1. 形變 (Form changes)，指的是圖形的顏色、大小或形狀改變；又稱「轉換」(Transformations)。
2. 位移 (Position changes)，指整個圖形改變位置；又稱「轉譯」(Translations)。
3. 質變 (Inclusion changes)，指圖形中的某些元件出現或消失；又稱「轉化」(Transitions)。

本研究的人體呼吸運動動畫將描繪出人體在呼吸過程中的胸腔內的變化，因此將涵蓋此三種變化方式。依據邱惠芬 (2003) 整理自 (Park & Gittelmann, 1992；

Park, 1998) 的研究, 可得知動畫在教學中扮演角色與特性: (a) 吸引與引導學習者, 並維持學習者的動機; (b) 能具體描述具有動作(motion)或軌跡(trajjectory)的事物; (c) 能解釋複雜的概念或現象, 例如系統的結構以及組成分子間的聯繫。本研究的概念為「人體呼吸運動」, 依據上述各個專家學者所列出的動態表徵特性, 希望本研究的動畫呈現相符合的要點, 其要點在第三章之表 3-3-2 有更進一步的描述。

綜合靜態表徵、動態表徵的定義與優缺點, 動畫往往有播放速度太快或同時呈現的內容太複雜的缺點, 相對的, 靜態沒有依時間改變訊息的特質, 因此學習者能夠從容不迫的閱讀 (Tversky & Morrison, 2002); 而靜態的圖片與文字對於動作有想像的空間, 不如動畫能流暢的直接表達動作過程 (Lewalter, 2003)。無論是使用靜態表徵 (例: 圖片、文字) 或動態表徵 (例: 動畫、語音), 各有其優缺點, 故本研究將使用此兩種表徵類型, 以截長補短。本研究的靜態表徵為圖像表徵與文字表徵的結合, 圖像與文字資訊可以互相補足, 圖像可以幫助學習者對於文字的理解。動態表徵為動畫與語音, 希望藉由動畫呈現動態的動作、立體結構的特性, 幫助低空間能力的學生「看到」立體的結構與結構內的過程, 連結圖像與文字的訊息; 幫助高空間能力的學生「確定」、「修正」他們的心像。

三、多媒體與動畫

「多媒體」泛指以不同的承載訊息的形式 (如: 文字、聲音、圖畫、動畫、卡通等) 或以各類型的傳遞媒介 (如: 廣播、錄放影機、電視、電腦、藝術品及展覽等) 來呈現資訊 (詹森仁等人, 2005)。若依科學教育的角度, 可根據 Schnotz 和 Lowe (2003) 對於多媒體的定義分為三種類型:

1. 科技層次—展示的媒介: 表徵可由電腦、網路、圖片等方式展示
2. 語義層次—表徵形式: 表徵可能是文字、圖形、符號或聲音等
3. 感覺層次—感覺接收方式: 藉由視覺、聽覺或觸覺等方式獲得

本研究採用的表徵有文字、聲音、圖畫及動畫四種，故不論是依廣義或科學教育的角度而言，屬於多媒體教學。多媒體的演進相當快速，其中圖像與動畫的變革更是值得注目。欲以圖像或動畫來呈現一個立體的物件，需要呈現此物件的立體感，才能讓觀看者認為此圖像、動畫中的物件是立體的。常用來幫助我們獲得事物的立體感的方式有：「單眼線索」與「雙眼線索」。「單眼線索」可分為許多細節：像是比較近的物體紋理較細緻，較遠方的物體細部愈不清楚、物體的陰影...等；而「雙眼線索」則是指：兩眼因視線角度不同，所以透過同一物件投射在兩眼視網膜的兩個不同差異之影像來獲得立體視覺（Eysenck & Keane，2000/2003，43-46）；前者技術適用於內容製作上（如：卡通—龍貓），後者則使用於顯影的技術（如：電影—阿凡達）。

由於使用顯影技術製作的立體動畫所需之成本極高，故大多仍是採用內容製作技術來繪製動畫，然而現在內容製作的技術上也已有新的繪製技術。以往圖片的繪圖方式主要是在平面的 X、Y 座標系統中，繪製物件的輪廓，透過使用「單眼線索」以繪出近似立體的影像，稱為「2D 圖像」（如圖 2-2-5 所示）；再將一個連續動作分解、逐一畫出或是設定關鍵畫格，即能完成「2D 動畫」。然而 2D 的圖片與動畫對於立體結構的描繪並非明確的，有幸於科技的進步，多媒體的普及，在圖像與動畫的製作上也發展出 3D 的技巧，3D 顧名思義即是有三個座標軸：X、Y、Z，專業的繪圖人員在虛擬的立體空間中製作立體的物件（如圖 2-2-5 所示），此類型的繪畫方式使物件有前後、景深，且能被任何的角度觀賞；此外，3D 繪圖方式還可模擬現實中不同的光源效果，讓物件更為真實。最後，將繪出的 3D 物件藉由架設攝影機的角度、設定關鍵畫格後即能製作成 3D 動畫（榮欽科技，2008）。簡而言之，2D 動畫而言，基本上只考慮了物件在二維平面上的變化、以及其相互位置之間的關係。推廣到了立體空間（3D）時，還可以加上光線對環境的影響、攝影機的相對位置等變化（引自詹森仁等人，2005，pp. 5-6）。

2D 與 3D 動畫類型各有其特性，本研究的「人體呼吸運動」概念含有立體的結構以及不同角度下的結構關係，故較適宜採用 3D 動畫來呈現，希望能給予學習者更明確的人體空間架構。

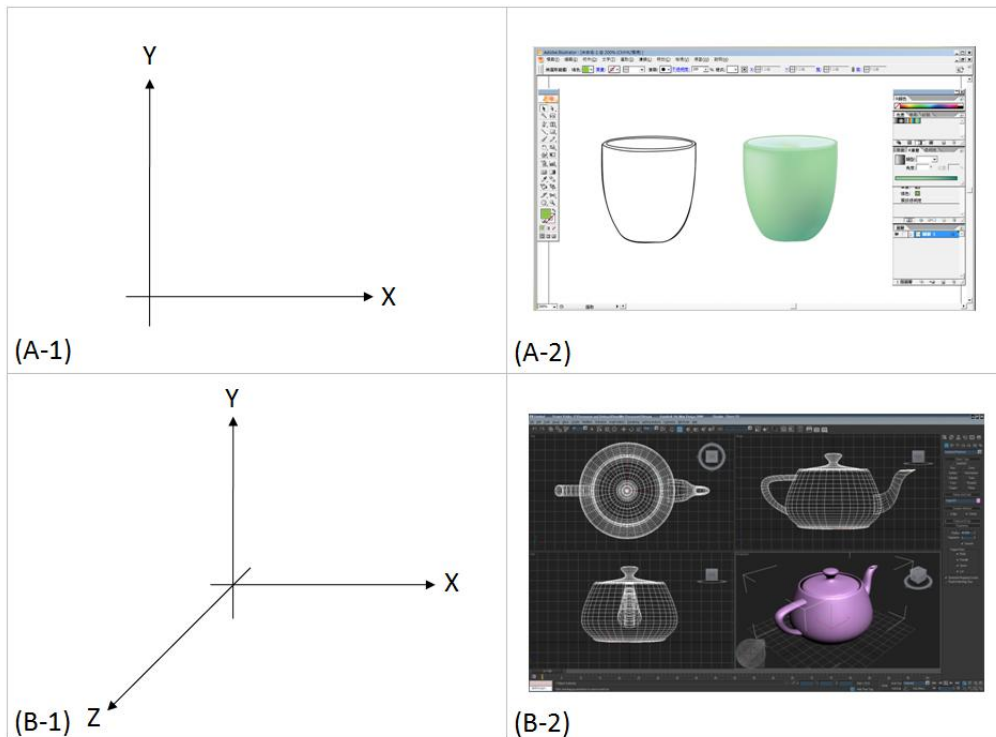


圖 2-2-5 2D 與 3D 圖像製作之範例

第三節 多重表徵順序的理論架構

多重表徵向來被廣泛的應用於教學，多媒體的發展能夠結合更多種表徵類型，如圖、語文、聲音、影片等等。隨著多媒體所帶來的可能性，吸引許多專家學者投入研究，想了解何種表徵類型的結合對於學生學習最有利，然而目前的研究結果尚無定論。在過去的教學現場中，教師不會只選用單一的圖像，或只用文字來教導概念知識。現在，教師有更多的機會去善用動畫，合併使用圖、文的傳統表

徵形式；然而根據邱惠芬(2003)整理自 1985 至 2000 年間，共十七筆研究結果，其中單一表徵（文字、靜態表徵、動態表徵）的比較與兩種表徵呈現的同步與否為主題的研究各有一筆，其餘十五筆研究皆在探討表徵的結合與否，或是何種表徵的結合對於學習的影響。除了這份整合研究結果外，在其他的研究文獻中，也少見到對於「表徵順序」的探討。由於同時呈現多重表徵，可能會增加學習者閱讀、學習的負擔，因此 Ainsworth (2006) 提出「如果不會把所有的表徵同時呈現，順序 (sequence) 將會是表徵研究中探討的主題之一。」(頁 185) 因此本研究認為現今表徵的討論議題，不需侷限於何種表徵的使用最為有效，也可以開始著手於何種多重表徵呈現順序對於學習最有效的研究。過去探討表徵順序，只針對圖與文兩種表徵的呈現順序 (Verdi 等人, 1997)；順應於多媒體發展的潮流，現在應該將動態表徵（如動畫或模擬）加入順序的探究，改以探討動態與靜態呈現順序的議題；很可惜，至今這樣的研究卻很少見。

若欲以表徵順序的角度切入，只是改變呈現順序，這些表徵所呈現的總資訊量是相等的，但是不同的表徵具有不同的特性、功能、資訊，則學習者對於知識概念的形塑很有可能受到表徵呈現順序的影響 (Schnotz & Bannert, 2003)。下列為 Ainsworth (1999) 所提出的多重表徵的功能，如圖 2-3-1：

1. 補充的角色 (complementary roles): 使用不同的表徵可以達到互補的優點，互補有可能是資訊，或者是過程。互補資訊 (complementary information) 分為兩種類型的表徵承載完全不相等 (different information) 或部份不相等資訊 (shared information) 兩種。而互補過程 (complementary processes) 則是兩種類型的表徵之間可補足整體事件發展的演變過程，即使各個表徵所擁有的資訊相同，仍可藉由不同表徵的固有特性描述整體事件進行的過程，有效提供學習者不同的推理層面；為達到互補過程而使用多重表徵的原因有三種：

- 個別差異 (individual differences): 受到個人偏好、性別或是能力（如空間能力）的影響，個別採用的表徵類型不同。

- 任務 (task)：為達到一個最終目的，可分成數個任務，但難以使用單一表徵就可解決所有任務，需要數種表徵來交互補足的使用。
- 策略 (strategy)：解決問題有好幾種策略可供選擇，不同的策略能夠補足另一個策略的缺點。

2. 限制解釋 (constrain interpretation)：指由一表徵限制另一表徵所承載的訊息解釋。可分為由被熟悉表徵所限制 (constrain by familiarity) 與被內在特質所限制 (constrain by inherent properties) 兩種：

- 被熟悉表徵所限制：利用較熟悉的表徵來理解、解釋較抽象不熟悉的表徵，不提供新的資訊，而是要熟悉較陌生的表徵。
- 被內在特質所限制：利用特殊表徵本身擁有與承載特定訊息的性質，對於較不利於描述某些訊息的表徵進行修正與改進 (引自凌久原，2007)，第一個模稜兩可 (ambiguous) 表徵可被第二個明確的 (specific) 表徵所限制。

3. 建立深層理解 (construct deeper understanding)：透過多重表徵來達到對概念有更深層的理解，可再細分為抽象 (abstraction)、延伸 (extension)、關係 (relations) 三種 (引自凌久原，2007)：

- 抽象：以新的行為、程序與觀念組織一個更高層次的架構，進而支援抽象概念。可透過減少 (subtraction)、本體改變 (re-ontologisation)、具體化 (reification) 三種方式達到抽象化。
- 延伸：擴充原始的表徵知識以解決所面臨的新情境之問題，進而將其概括化。
- 關係：使用多重表徵系統來教導學習者如何在各表徵系統之間尋找到相對應的關係。

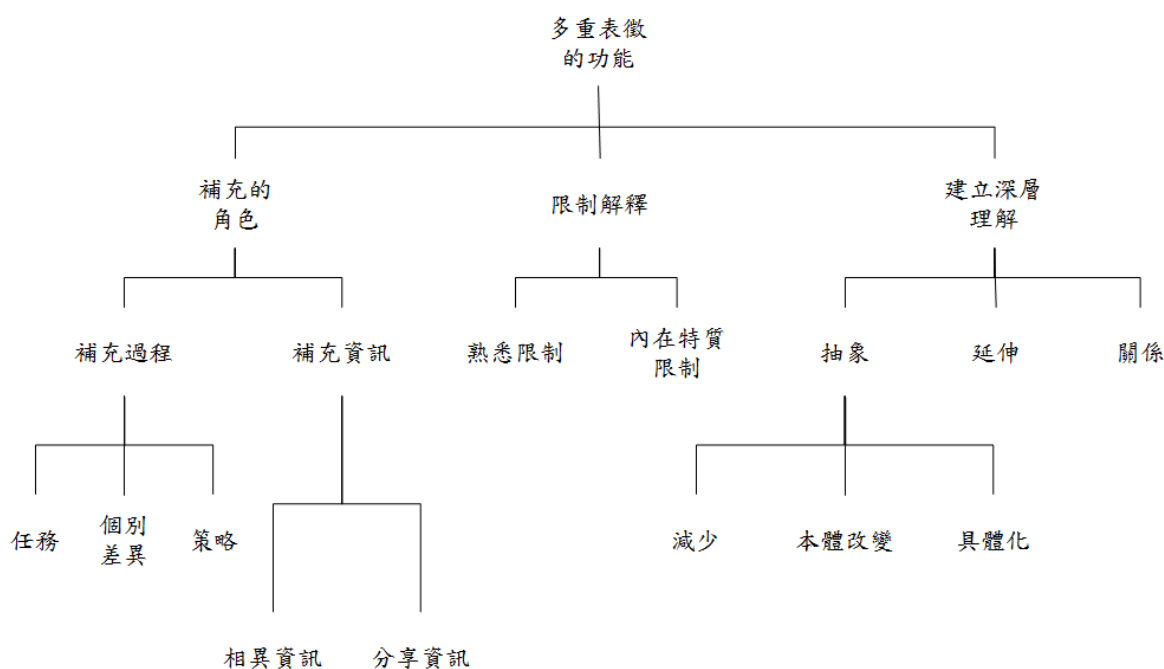


圖 2-3-1 Ainsworth (1999, 頁 134) 多重表徵的功能類別

根據 Verdi 等人(1997)的研究結果顯示：當多重表徵為圖像與文字兩種時，先看圖像再閱讀文字之表徵順序的學習成就優於先閱讀文字再看圖像的順序；因為前者順序能節省工作記憶 (working memory) 而更有利於學習。由此推知，同一個表徵在不同的多重表徵順序下，可能扮演不同的功能，故相同的多重表徵在不同的表徵順序下才會產生不同的結果。

本研究依據多位學者提出的理論與觀點，設計本研究的表徵順序，如表 2-3-1 所示。首先為支持先使用靜態，再閱讀動態順序(簡稱靜動組)的理論：Giunchiglia 和 Walsh(1992)提出採用去除旁枝細節的學習方式，能將概念抽象化，Ainsworth (2006)進而指出此抽象化可有助於概念的深層理解。對應於本研究中的靜態所呈現的內容較廣泛且細節多(如：人體呼吸運動運用的原理，詳細內容請參閱第三章)，動畫則是單純呈現人體呼吸運動時，胸腔內的變化；故呈現順序應先靜態再動態。學習者最常接觸的是含有圖像與文字表徵的教科書來學習，若將

Ainsworth 提出「被熟悉表徵所限制」之限制解釋理論對應於本研究中，則是以熟悉的靜態表徵，來幫助理解不熟悉的動態表徵的資訊。最後為 Lowe (2003) 提出的認知負荷，Lowe 認為動畫具有隨時間改變、以及同時數個動作改變的特性，這些特性需要學習者具有良好的記憶力以能記得前後的變化，並需同時注意不同物件的動作，故低先備知識的學生若一開始就先閱讀動畫，對他們而言是一種負擔，因此支持學習應先呈現靜態而後動態表徵。

然而也有些理論支持表徵呈現順序，應該先閱讀動態，再看靜態表徵（簡稱動靜組）的理論，本研究同樣由三位學者的理論作為依據：首先為布魯納提出的學習理論：布魯納認為學習的歷程應該由具體到抽象（張春興，2006），本研究的動態能將人體呼吸運動過程具現化，讓學習者直接看到人體呼吸運動的改變；而靜態呈現的呼吸運動的原理則屬於抽象的，只能以文字與圖片來說明；因此應先動態再使用靜態。其次為 Ainsworth (1999) 提出「被內在特質所限制」之限制解釋：動態的動畫主要展示的為呼吸時，胸腔內的動作變化，而這樣的動畫內容可能造成低空間能力者與低先備知識者，較難專注在某個片段下，胸腔內各器官位置等資訊；而靜態的呈現特性能提供學習者專注於某一狀態下，進而限制解釋動畫的單一動作資訊。依據「被內在特質所限制」的定義：第一個模稜兩可（ambiguous）表徵可被第二個明確的（specific）表徵所限制；呈現的表徵順序應先動態後靜態。最後，Schnotz (2003) 的研究發現，使用不適當的表徵，將與高先備知識所建立的心智模式造成衝突，導致學習成果差。於本研究中，若先使用靜態，看靜止的圖片與文字描述人體呼吸時的動作，讓高先備知識者在心中產生人體呼吸運動的畫面；才閱讀動態；當動態展示的動作與高先備知識者自行先形成的心中畫面不符、產生衝突，可能造成學習成果差。為避免產生此情形，故應先使用動態，直接先建立高先備知識者心中之人體呼吸運動的動作變化後；才閱讀靜態的詳細說明。

由於兩組的表徵數目與內容相等，唯有順序的差異，故兩種表徵順序皆有達到互補資訊的功能。理論上，在對應於問題回答（前、後測與晤談）中，相同的表徵在不同的順序下，也能滿足互補過程中的任務與策略的功能。故本研究主要想聚焦於資訊量相等的情況下，不同的表徵順序，是否會影響學習者對於知識概念的學習效果？而空間能力差異、先備知識不同的學生，在不同表徵順序下，學習成果是否也會有所差異？

表 2-3-1 本研究之表徵順序所對應的理論

表徵順序	所對應的理論	適用對象
	■ Giunchiglia 和 Walsh (1992) — 抽象化	- 所有學習者
靜態→動態 (靜動組)	■ Ainsworth (1999) — 「被熟悉表徵所限制」 之限制解釋	- 所有學習者
	■ Lowe (2003) — 認知負荷	- 低先備知識
	■ 布魯納—學習理論：由具體到抽象	- 低空間能力
動態→靜態 (動靜組)	■ Ainsworth (1999) — 「被內在特質所限制」 之限制解釋	- 低空間能力、 低先備知識
	■ Schnotz (2003) — 心智模式衝突	- 高先備知識

第四節 人體呼吸運動與迷思概念

一、人體呼吸運動的定義

國內大部份以「呼吸作用」為主題的研究中，其探討的呼吸作用所涵蓋的概念知識較為廣泛，如細胞呼吸作用、能量的轉換、人體呼吸運動等(吳淑珍，2004；周孚平，2004；許茂聰，2002)，但本研究主要是欲了解學習者的空間能力對於生物學習之影響，故特別著重在「人體呼吸運動」的概念作探討。生物學科中牽涉生物體內的立體結構，是最常需要應用空間能力的生物領域之一。本研究所探討的生物主題：「人體呼吸運動」的概念，涵蓋著人體胸腔的立體結構以及人體內器官與器官的交互關係。

首先，定義本研究中人體呼吸運動所涵蓋的知識內容：人體的呼吸系統有鼻、咽、喉、氣管、支氣管與肺等器官，呼吸運動運作於胸腔中，胸腔的範圍為上接頸部，下至橫膈膜，前有胸骨，後方有脊柱，兩側有十二對肋骨，除了頸部內有氣管和食道通過，胸腔周圍均被肌肉所封閉，故胸腔是一個密閉的空腔；胸腔內有肺和心臟。當外界氣體進入人體時，先由鼻子內的鼻毛過濾灰塵，再經由咽、喉進入胸腔中的氣管、支氣管與肺。當肋間肌收縮時，橫膈膜往下，肋骨往上，密閉的胸腔體積會變大，此時胸腔內的壓力變小，肺受到胸腔的壓力變小而漲大，使得肺內壓力隨之變小，因而氣體流入，即為吸氣；反之，當肋間肌舒張時，橫膈膜往上，肋骨往下，胸腔的體積會變小，此時胸腔內的壓力會變大而壓縮肺，使得肺內的氣體流出，即為呼氣。這樣胸腔大小受制於肌肉的收縮與舒張而改變，肺內壓力也隨胸腔大小所控制，使空氣得以進出肺；此吸氣與呼氣的動作稱為「呼吸運動」。

本研究的研究目的為了解不同空間能力的學習者在不同的多重表徵順序下，

對於「人體呼吸的運動」概念的理解之影響，故採用 Krajcik、Czerniak 與 Berger (2002) 將知識分為四個維度的定義（表 2-4-1）中的「事實性知識」與「概念性知識」；並為理解學習者對於牽涉空間視覺化、空間方位操弄的知識，故再加入「立體空間性知識」，共三個維度。依據上述將「人體呼吸運動」概念劃為呼吸器官、胸腔結構、呼吸運動三個層次，以及事實性知識、概念性知識、立體空間性知識三個維度，如表 2-4-2 所示。

表 2-4-1 四種知識維度與其定義

知識維度	定義
■	事實性知識—牽涉細節與事實的知識
■	概念性知識—牽涉相互關係、原理、理論和模型的知識
■	程序性知識—牽涉知道如何做、進行探究或技能使用的知識
■	後設認知知識—牽涉自我認識，了解自己的認知

二、人體呼吸運動之迷思概念

整理目前國內的研究結果，顯示「人體呼吸運動」最常出現的迷思概念為：

- 人類利用口鼻吸空氣於肺中或呼出肺中氣體，故呼吸是受到口鼻或是肺主動的充氣、排氣所控制（許茂聰，2002；高慧蓮、吳淑珍、蘇明洲，2004）
- 「胸腔縮小，肺脹大」及各種錯誤的肋骨、橫膈膜、肺、胸腔所發生的變化（引自盧莉閔、王國華，1999）

由於目前的與呼吸相關的研究多為「呼吸作用」或「光合作用」，「呼吸運動」往往只是佔「呼吸作用」的一小部份；此外，目前「呼吸運動」的迷思概念只著重在結果的對與否，並沒有深入探討學習者在立體結構的改變是否有誤，舉例來說，最常出現「呼吸運動」的考題之一：當肋骨_____時，胸腔會變小，肺內

的壓力會變大，使得空氣流出？學習者通常只要回答「下降」，就算答對。但卻沒有進一步追問肋骨是如何下降？在這樣的試題下，縱使學習者答對試題，並不代表學習者清楚「呼吸運動」運作的過程，甚至可能有迷思存在。因此，本研究針對學習對於「人體呼吸運動」運作過程的理解作進一步的探討。

表 2-4-2 「人體呼吸運動」概念測驗範圍

	事實性	概念性	立體空間
呼吸器官	<ul style="list-style-type: none"> ■ 呼吸系統包括鼻、咽、喉、氣管、支氣管和肺等器官 ■ 鼻毛的功能為過濾灰塵 ■ 氣管內纖毛向外擺動為排出異物 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 呼吸器官的位置
胸腔結構	<ul style="list-style-type: none"> ■ 人體肋骨的數目為 12 對 ■ 胸腔為一個密閉的空間 ■ 胸腔界定的範圍為水平-胸骨--脊柱 垂直-頸部--橫膈膜 ■ 胸腔內的臟器有心臟和肺臟 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 密閉胸腔的範圍 ■ 胸腔內臟器位置
呼吸運動	<ul style="list-style-type: none"> ■ 吸氣時，肋骨是向上抬升，橫膈膜向下降 ■ 呼氣時，肋骨是向下降，橫膈膜向上抬升 ■ 肋骨的移動受到肋間肌的控制 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 呼吸運動的原理是藉由體積的變化，導致壓力的改變 ■ 呼吸時，肺部大小的改變是被動的，是先受到胸腔壓力的改變所致 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 吸氣時，肋骨與橫膈膜的運動方式 ■ 呼氣時，肋骨與橫膈膜的運動方式 (表達出動態時的立體結構)

第參章 研究方法

本研究採取質量混合的研究方法，本章節將針對本研究之研究流程與設計、研究對象、表徵設計與呈現、研究工具、資料收集與分析五個面向加以說明。

第一節 研究流程與設計

本研究的主要分析可細分為二，其一分析為求了解不同表徵順序（靜動組 vs. 動靜組）與高、低空間能力的關係；另一分析則為求了解不同表徵順序（靜動組 vs. 動靜組）與高、低先備知識的關係。研究流程粗略劃分為三個階段：研究準備、資料收集與資料分析；整體研究流程中皆持續收集文獻；本研究流程如圖 3-1-1 所示。整體資料收集流程主要為五天，先依班級分配至不同的表徵順序組別，於前兩天施予「空間能力量表」與「呼吸運動概念測驗」，依測驗的結果將學生分出高、低空間能力與高、低先備知識者。第三天，學生將使用電腦來閱讀表徵，閱讀的同時需填寫紙本學習單；當閱讀完兩種類型的表徵後，於第四天學生需再次填寫一份「呼吸運動概念測驗」，以了解學生的學習成效。此外，將依據表徵順序組別、空間能力與先備知識的結果抽取十六位學生作為晤談的對象，抽取的詳細方法如第三章第二節所示；在完成第二次的「呼吸運動概念測驗」後，於第四、五天，進行各別晤談，學生需以手勢或晤談作答單等方式輔助回答關於呼吸運動與表徵順序安排等問題，晤談過程中也會錄影以作後續分析，資料收集流程如圖 3-1-2 所示。施測過程中將獲得測驗卷與晤談錄影等資料，故屬於質性研究、量化分析混合的研究。

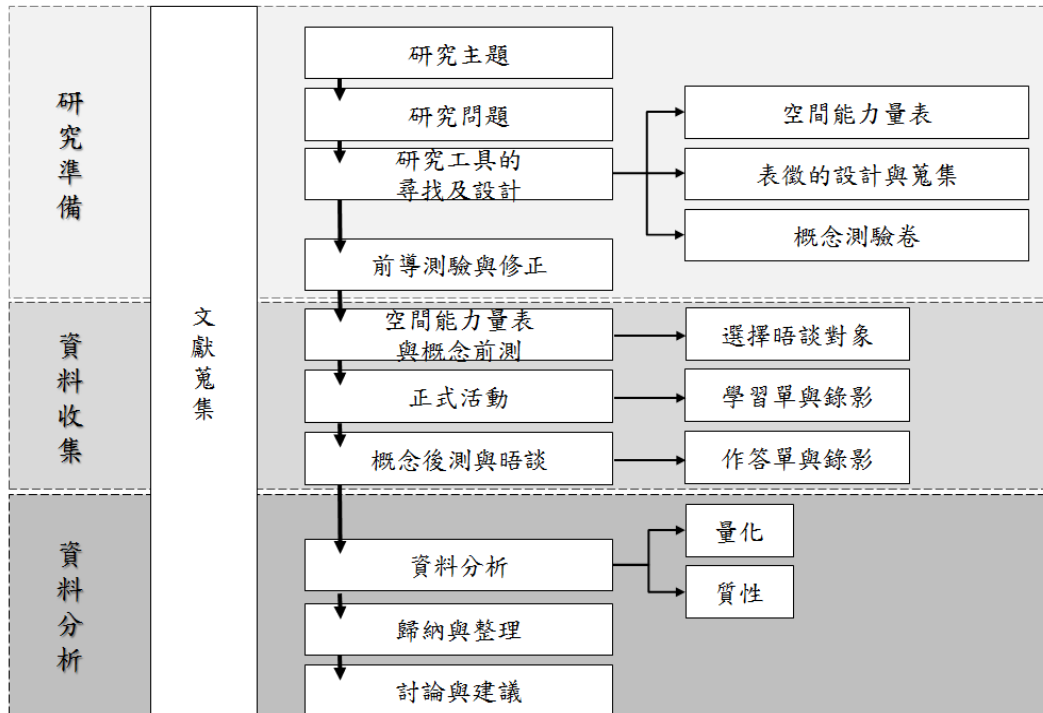


圖 3-1-1 研究流程圖



圖 3-1-2 資料收集流程圖

第二節 研究對象

本研究以來自宜蘭縣私立完全中學之 130 名七年級學生為對象(由於實施時間為暑期輔導，有少數學生缺課之現象，故已扣除缺考者)，共四班。依班級分配動態至靜態或靜態至動態表徵順序兩實驗組中，人數分配方式如表 3-2-1 所示。兩組 130 名學生先施予「空間力量表」與「呼吸運動概念」兩種測驗，依其測驗結果選取晤談學生，於靜動組與動靜組分別抽取高空間能力+高先備知識、高空間能力+低先備知識、低空間能力+高先備知識、低空間能力+低先備知識各 2 名；兩組共 16 名學生作為晤談對象。

表 3-2-1 研究樣本人數分配表

組別	靜動組	動靜組	總和人數	
空間能力	低空間能力	29	31	60
	高空間能力	36	34	70
先備知識	低先備知識	35	30	65
	高先備知識	30	35	65
晤談人數	8	8	16	
總和人數	65	65	130	

第三節 表徵設計與呈現

本研究涉及的科學概念—「人體呼吸運動」與身體結構有關，身體是個由多層次、複雜的組織所構成，為了能讓學習者產生正確的身體結構圖像，故採用立體的繪圖方式—3Ds Max。並將此人體結構影像採用兩種呈現方式：「動畫」與「圖片」，依 Mayer (2003) 所提出的多媒體效應 (multimedia effect)、個人化效應 (personalization effect) 與空間效應 (contiguity effect) 理論、其表徵呈現之特性為設計之原則，規劃出內容部份相異的兩種學習類型：「動態」與「靜態」。再依據邱惠芬 (2003) 與許良榮 (1996b) 提出不同的表徵特性作內容呈現的規劃，動態主要呈現的內容為呼吸時，胸腔中肺、肋骨與橫膈膜的變化，長度為 1 分 43 秒；靜態主要呈現的內容為人體胸腔的結構與呼吸運動使用的原理，共有 16 頁投影片。考量不同表徵所承載的內容量與學習者的學習速度，規範適合的閱讀時間，動態的閱讀時間為 15 分鐘，靜態則為 20 分鐘；加上電腦閱讀的使用說明、學習單的收發，整體的正式活動實施時間為一節課，45 分鐘。其表徵內容的細節如表 3-3-1 所示：

表 3-3-1：動態與靜態表徵之細目表

	動態	靜態
表徵類型	動畫＋旁白	圖片＋文字
學者理論	Mayer (2003) — <ul style="list-style-type: none"> ■ 多媒體效應：使用動畫與旁白兩種形式承載訊息，勝於只使用旁白單一形式。 ■ 個人化效應：將動畫與口語化旁白結合有助於學習 	Mayer (2003) — <ul style="list-style-type: none"> 多媒體效應：使用圖片與文字兩種形式承載訊息，勝於只有文字單一形式。 空間效應：將圖片與文字置於同一畫面有助於學習者理解

<p>表徵特性</p>	<p>依據邱惠芬（2003）整理自學者們的研究，提出動畫在教學中扮演角色與特性，呈現三個特點：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 立體的結構 ■ 複雜的現象 ■ 動作或軌跡 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 圖片能夠呈現同一區域、不同層次的組織 ■ 文字能與圖片之訊息互補，作更詳細與深入的解說（許良榮，1996b）
<p>內容呈現要點</p>	<p>主要呈現的資訊為立體的結構、結構的改變與運動的過程，依據表徵特性設計之呈現要點：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 立體的結構 例：人體胸腔的立體的結構。 ■ 複雜的現象 例：呈現胸腔空間的改變，造成氣體進出的關係。 ■ 動作或軌跡 例：呈現呼吸運動，肺、橫膈膜、肋骨的動作軌跡。 	<p>主要呈現的資訊為構造、組織的多層次與呼吸運動原理之介紹。依據表徵特性設計之呈現要點：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 立體的結構 例：人體胸腔的立體的結構。 ■ 多層次組織 例：人體胸腔結構中的肺、肋骨、橫膈膜與肋間肌。 ■ 體積與壓力之關係 例：將針筒的推杆往後拉，氣體會從針頭流入 ■ 動作成因 例：藉由胸腔內的壓力改變達到呼、吸氣。
<p>概念呈現先後方向 (由上到下，如箭號所示)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 呼吸系統 <ul style="list-style-type: none"> - 呼吸器官的名稱 ■ 人體的胸腔 <ul style="list-style-type: none"> - 肋骨、橫膈膜的介紹 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 呼吸系統 <ul style="list-style-type: none"> - 呼吸器官的名稱 - 鼻毛與纖毛的功能 ■ 人體的胸腔 <ul style="list-style-type: none"> - 胸腔的範圍

- 呼吸運動的機制
 - 肋骨、橫膈膜影響胸腔體積的改變

- 胸腔內具有的臟器種類
- 肋骨、橫膈膜、肋間肌的介紹
- 呼吸運動的機制
 - 肋骨、橫膈膜影響胸腔體積的改變
 - 肋間肌對於肋骨的的控制
 - 體積與壓力的關係

可操控之
按鈕

- 播放、暫停、前進、後退的按鈕

- 下一頁、上一頁之按鈕
- 各主題設有超連結

舉例

- 呼吸時，氣體的進（藍色）出（黃色）與胸腔中肺、橫膈膜、肋骨的變化(1張/s)

- 人體胸腔中，呈現肺、肋骨、橫膈膜與肋間肌的立體結構與不同層次組織





當學習者的理解速度無法跟上動畫呈現資訊的速度時，使用動畫就不會是一個優點（引自 Holzinger、Kichmeier-Rust、Albert, 2008）。然而，縱使為靜態的圖片與文字，各個學習者的閱讀速度也不盡相同。為達良好的學習效果，在正式活動中，每位學習者皆配給一台電腦使用，閱讀時間內，學習者可依自己的閱讀速度、理解情況，靜態中可自行調整閱讀速度與再次閱讀的部份；動態中雖無法控制播放的速度，但學習者可操作播放、暫停、前進、後退的按鈕，也可以重覆閱讀，以求減低認知負荷的情形。此外，為確保學習者讀取到表徵內所提供的重要資訊，故學習者在閱讀表徵時，將搭配學習單的填寫。

第四節 資料收集

本研究期間所搜集的主要有「空間能力量表」、「呼吸運動概念測驗」與研究後的「晤談」三筆，此資料將對於本研究探討問題作適當的分析，其對應關係如下表 3-4-1 所示：

表 3-4-1 各項資料可回答研究問題之對應表

資料來源	量化資料	質性資料
	A.空間能力量表	A.個別晤談
	B.呼吸運動概念測驗（前／後測）	
分析方式	t-test 和 two-way ANCOVA 分析	晤談資料先將錄音、錄影進行轉譯，再依晤談的問題分項、進行編碼與計次。
研究問題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在多重表徵的閱讀活動前後，不同表徵順序組別、空間能力、先備知識的學生，對「人體呼吸運動概念」的理解是否有差異？ 2. 表徵順序組別、空間能力、和先備知識是否影響學生對「人體呼吸運動概念」的學習成效？ 	<ol style="list-style-type: none"> 3. 表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，回答與人體呼吸運動概念的立體空間性晤談問題，其正確與理由完整性是否有差異？ 4. 表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，所偏好的表徵類型與表徵順序是否有差異？

一、空間能力量表

本研究所使用之「空間能力量表」為引自康鳳梅所主持的「高工學生空間能力指標與量表建構之研究」共開發出十二種空間能力量表，每一份量表的指標不同，依其指標定義（表 2-1-1）與本研究所定義的空間能力相對應下，選擇採用其量表中的「立體旋轉空間定位能力」12 題、「圖形對應空間視覺能力」10 題與「型版接合空間視覺能力（I）」8 題，三個量表，共 30 題，如圖 3-4-1 所示。由於此量表原先的測驗對象為高工學生，與本研究的研究對象（七年級生）年紀有落差，故先以前導測驗測試，其 Cronbach's Alpha=0.86，故推知此量表適用於七年級學生。在本研究正式施測中，此空間量表的信度為 Cronbach's Alpha=0.88。

將所有學生的空間能力分數作整理後，以分數高低依序排列，結果顯示 50 百分位數為 21 分，故訂定空間能力量表的分數高於或等於 21 分屬於高空間能力者，低於 21 分則屬於低空間能力者。

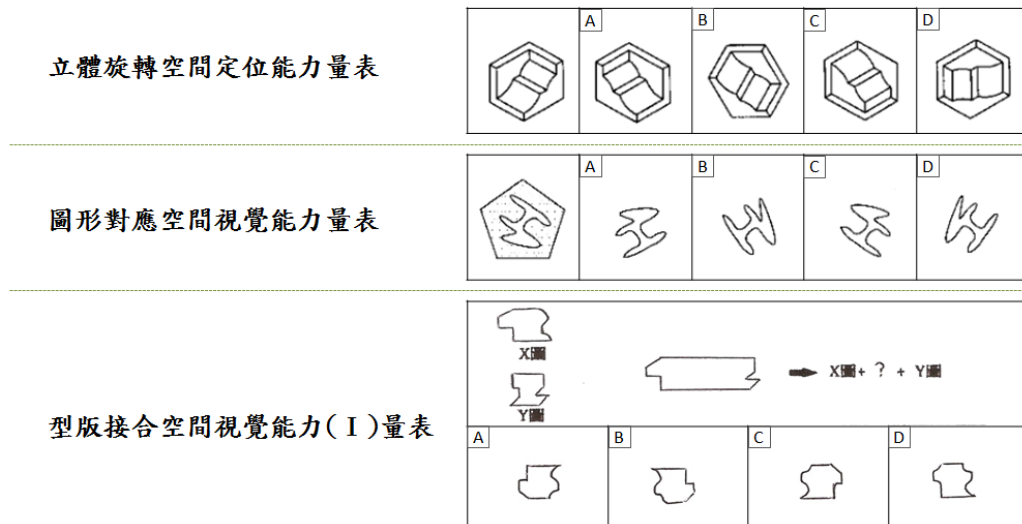


圖 3-4-1 「空間能力量表」之題本範例

資料來源：高工學生空間能力指標建構之研究（1/2），康鳳梅，2002，行政院國家科學委員會專題研究計畫期中進度報告（NSC91-2516-S-003-007），台北市。

二、呼吸運動概念測驗

（一）設計說明

依據七年級需學習的呼吸運動相關知識繪製專家概念圖，再發展出本研究的雙向細目表 3-4-1，並以此表為設計題目的主幹，同時考慮學習者的概念知識與空間能力的觀點設計出對應的試題（表 3-4-1），經由專家教師審核而成。形成的概念測驗卷初版，於兩班九年級學生進行預試，依其作答情形進行修正，並經由一名六年級生試閱題目，最後產生正式的呼吸運動概念測驗卷，其信度 Cronbach's Alpha=0.76。測驗卷內容如附錄（二）所示。

表 3-4-2 「人體呼吸運動」概念之雙向細目表與測驗卷對應的題號

	事實性	概念性	立體空間
呼吸器官	■ 呼吸系統所包含的器官 (二-3)		■ 呼吸器官的位置 (二-3)
	■ 鼻毛的功能 (一-1)		
	■ 氣管纖毛的擺動方向與功能 (一-2、3)		
胸腔結構	■ 人體肋骨的數目 (一-4)		
	■ 胸腔為一個密閉的空間 (一-7)		
	■ 胸腔介定的範圍 (一-6)		
	■ 胸腔內的臟器 (一-5)		■ 胸腔內臟器位置與大小 (二-3)
呼吸運動	■ 呼氣時，肋骨與橫膈膜的改變 (一-8) (二-2)	■ 呼吸運動的原理是藉由體積的變化，導致壓力的改變 (一-11、16)(二-1)	■ 呼吸時，肋骨的運動方式 (一-15)
	■ 吸氣時，肋骨與橫膈膜的改變 (一-9) (二-1)	■ 呼吸時，肺部的改變與胸腔壓力的關係 (一-10、13、16) (二-1)	■ 呼吸時，橫膈膜的運動方式 (一-14)
	■ 肋骨移動是受到肋間肌的控制 (一-12) (二-1)		

(中文數字為測驗卷的項目，阿拉伯數字為項目內的題號，例：二-2 表示第二大項的第 2 題。)

(二) 評分標準與配分

概念測驗卷(附件二)分為兩大部份:選擇、填空與繪圖。第一大項的選擇題有十六題,一題兩分。第二大項填空與繪圖題共有三題:第一題為排列組合,分為兩種計分方式:七個選項需填入正確的空白圈圈內,每個圈對一個為一分;但由於每個圈圈之間屬於因果關係,故在第三至第五個圈圈中,當填入的選項順序正確且連續,則獲得不同的配分,其配分如表 3-4-2 所示。將此兩種計分方式加總再乘 0.3 後為此題的實際分數,故當選項填入皆正確時,至多可獲得 6 分 $((7+13) \times 0.3 = 6)$,其配分算法如例題圖 3-4-2 所呈現。第二題填空有三格,一格一分,故此題有三分。第三題則為填空與繪圖,填空為一格一分,繪圖是分為四個方向評分:位置、形狀、大小與數量。位置是評斷肺連接於支氣管的位置,若支氣管連接肺的側上方將獲得一分,故支氣管連接於肺頂端為零分。肺的形狀為囊狀,故只要為囊狀,不論為長方形、圓形或橢圓等,皆可獲得一分;若非為囊狀則零分(如管狀)。大小則是以原始人體圖檔的肺作為評分依據(測驗卷的使用此人體圖,但利用軟體將肺去除), $\pm 20\%$ 為答對範圍,獲得 1 分,答錯為零分。肺有兩個,故需畫出兩個囊狀物才給 1 分。加總此四種評分方法後為繪圖的實際分數,例題如圖 3-4-3 所示。評分者為本研究者與某一中學的生物教師,共兩人,一同討論出評分依據後,再共同評 26 份測驗卷;其繪圖题目的肯德爾和諧係數為 0.90, $\chi^2(25)=45.35$, 達 $p < .05$ 顯著水準,顯示評分具有一致性,評分者之間的信度佳。

將所有學生的第一次「呼吸運動概念」分數作整理後,以分數高低依序排列,結果顯示 50 百分位數為 14.15 分,故訂定第一次「呼吸運動概念」的分數高於或等於 14.15,屬於高先備知識者,低於 14.15 分則屬於低先備知識者。

表 3-4-3 概念測驗卷配分表

題目類型	各項配分	配分
一、選擇題		32 分
■ 16 題選擇題	- 1 題 2 分	
二、填空與繪圖題		6 分
■ 1 題，7 格排列組合	- 單格：1 格 1 分 - 連對：5 格 13 分 4 格 10 分 3 格 6 分 2 格 2 分	} 得分 x 0.3
■ 1 題 3 格填空題	- 1 格 1 分	
■ 1 題繪圖 5 格填空題	- 填空題：1 格 1 分	5 分
	- 繪圖題：位置 1 分 形狀 1 分 大小 1 分 數量 1 分	4 分
總分		50 分

<u>標準答案</u>	
<p>肋間肌收縮 →</p>	<p>即為吸氣</p>
<u>答案示範</u>	
<p>肋間肌收縮 →</p>	<p>即為吸氣</p>
<u>算法示範</u>	
<p>每格對：5與2是正確的，故得2分。</p> <p>連對：7、4與6的連序排列順序正確，故得6分。</p> <p>得分：將每格對的與連對的分數加總，再乘於0.3後為實際分數。</p> <p style="text-align: center;">$(2+6) \times 0.3 = 2.4$，所以實際分數為2.4。</p>	

圖 3-4-2 概念測驗卷填空題一之算分範例

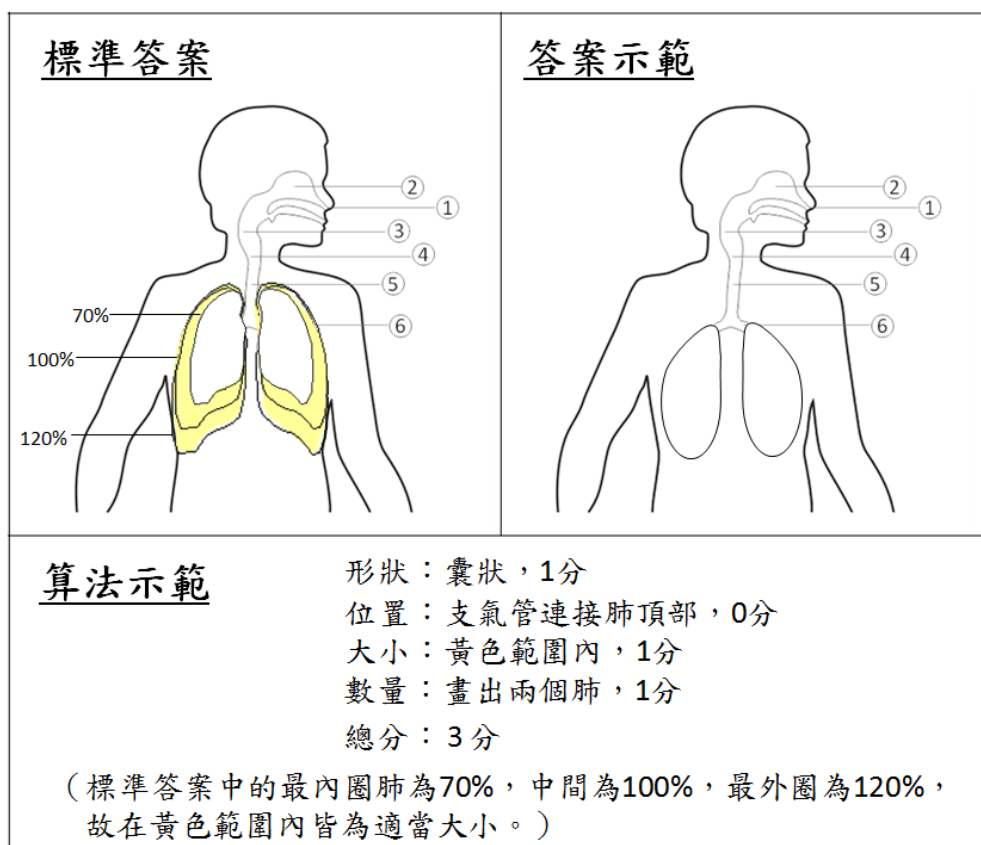


圖 3-4-3 概念測驗卷繪圖題之算分範例

三、半結構式晤談

為求能理解學習者對呼吸運動的理解程度，晤談工具包含有「呼吸運動」的概念晤談與個人偏好晤談題目，其晤談大綱如附錄（四）。

（一）「呼吸運動」的概念晤談綱要：雖然已有紙筆測驗，但難單以試題就求得理解學習者的知識全貌，尤其是牽涉到空間能力的命題。因此希望透過晤談的方式詢問難以使用紙筆回答的問題，故在所有的紙筆測驗結束後，部份學生被挑出晤談。此外，也會依據學習者「呼吸運動紙筆測驗」的部份題目做進一步的追問，嘗試進一步探討不同能力的學習者對於「呼吸運動」概念的理解程度。晤談中，將提供呼吸模型輔助，學習者可依個人的表達喜好，選擇以動作、圖畫或文字的方式回答問題。而尤其在研究問題三屬於立體結構的問題，為本研究主要

探討主軸之一，故搭配晤談作答單（如附錄五），先問學習者一次並記下回答，讓他們自行選擇兩種表徵其中一種進行閱讀，再回答一次問題並記錄；嘗試理解學習者理解概念之程度。

（二）個人偏好晤談綱要：個人偏好的問題主要為學習者偏好何種表徵、哪一種表徵順序以及對於何種表徵的呈現有疑問，以理解不同表徵順序對於學習者的影響。

第五節 資料分析

本研究期間所搜集的四筆資料：「空間能力測驗」、「呼吸運動概念測驗」前／後測與研究後的「晤談」，依資料的特性可劃分為兩類，並作以下之分析：

1. 量化資料：「空間能力測驗」與「呼吸運動概念測驗」前／後測

將學習者所作答的答案進行匯入後，以 SPSS 12 版進行各項統計分析，分析學習者在活動前後的概念改變情形、以及不同的分組依據對於概念學習之成效是否有差異。由於本研究的變項有：「表徵順序」、「空間能力」與「先備知識」三個因子，其中「空間能力」與「先備知識」皆為屬性變項，欲知此三因子對於概念的學習成效有無交互作用，需先對「空間能力」與「先備知識」進行共變數因子的檢測，結果顯示「空間能力」無法作為共變數因子，但「先備知識」可以，故再進行「表徵順序」與「空間能力」雙因子共變數分析。其統計方法與欲回答之研究問題如下表 3-5-2 所示：

表 3-5-1 本研究量化資料欲回答研究問題與其對應之統計方法

研究問題	分析內容	統計方法
1. 在多重表徵的閱讀活動前後，不同表徵順序組別、空間能力、先備知識的學生，對「人體呼吸運動概念」的理解是否有差異？	<ul style="list-style-type: none"> ■ 將學生依其表徵順序組別、空間能力、先備知識分為「靜動組」、「動靜組」、「高空間能力」、「低空間能力」、「高先備知識」和「低先備知識」6 組。 ■ 分別比較 6 組學生於人體呼吸運動概念、「事實性」、「概念性」與「立體空間」之前／後測表現是否有差異 	成對樣本 t 檢定
2. 表徵順序組別、空間能力、和先備知識是否影響學生對「人體呼吸運動概念」的學習成效？	<ul style="list-style-type: none"> ■ 「空間能力」與「先備知識」是否能作為人體呼吸運動概念後測的共變數因子 ■ 以「先備知識」作為共變數，「表徵順序」與「空間能力」對於人體呼吸運動概念後測表現是否具交互作用 	組間迴歸係數同質性檢定 雙因子共變數分析

2. 質性資料：「晤談」

晤談資料先將錄音、錄影進行轉譯，題目類型主要可分為兩大類，再依晤談的問題分項，如表 3-5-2 所示。並根據晤談學生回答問題的「概念正確性與理由完整性」、「個人偏好」進行編碼，以「密閉胸腔的空間與範圍」晤談問題為例：

師：胸腔是一個密閉還是開放性的空間？

生：好像是半開放吧

師：半開放哦？那你指的半開放是怎樣子的？什麼叫做半開放？

生：就鼻腔那些，鼻子那些

師：你意思是鼻子那些就算開放的地方？

生：對

師：那哪邊？你說半開放就表示半密閉嘛？那還是說...

生：那體內就.. (密閉)

由於學生的答案為半開放，理由為鼻子因連接外界為開放處，體內則為密閉；雖然理由相當完整，但答案與理由仍屬概念錯誤的類型。評分者為本研究與某一中學的生物教師，共兩人。一同討論出評分準則後，再共同評3份晤談逐字稿，晤談分析的肯德爾和諧係數為0.86， $\chi^2(20)=34.38$ ，達 $p < .05$ 顯著水準，顯示評分具有一致性，評分者之間的信度佳。最後再與測驗卷的資料做交叉分析，以回答下列表3-5-3之研究問題：

表 3-5-3 本研究質性資料欲回答之研究問題

研究問題	晤談題幹
3. 表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，回答與人體呼吸運動概念的立體空間性晤談問題，其正確與理由完整性是否有差異？	<ul style="list-style-type: none"> ■ 密閉胸腔的空間與範圍 ■ 藉由體積變化，導致壓力改變原理的應用 ■ 吸氣時，胸腔內肋骨的運動
4. 表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，所偏好的表徵類型與表徵順序是否有差異？	<ul style="list-style-type: none"> ■ 表徵類型對於學習人體呼吸運動概念的立體空間知識、人體呼吸運動過程之偏好 ■ 表徵類型與表徵呈現順序對於學習人體呼吸運動概念之偏好

第肆章 研究結果

本章節將研究獲得的量化與質性資料作下列的分析：首先，將不同的表徵順序、空間能力與先備知識下，其學習成就之差異；再進一步分析表徵順序與空間能力、表徵順序與先備知識因子對於學習概念之影響，以上皆屬於量化分析。屬於質性資料的晤談則是針對學生回答與其個人特質、學習成就作比較，以及學生對於表徵喜好等進行分析。

第一節 學生學習人體呼吸運動概念前後之分析

本節所針對的研究問題為：在多重表徵的閱讀活動前後，不同表徵順序組別、空間能力、先備知識的學生，對「人體呼吸運動概念」的理解是否有差異？故使用成對樣本 t 檢定進行分析。首先依不同因子：表徵順序（靜動組與動靜組）、空間能力（低、高空間能力）或先備知識（低、高先備知識）分組，由於本研究的人體呼吸運動概念內容可分為「事實性」、「概念性」與「立體空間」三種類型，因此為進一步理解不同組別的學生學習人體呼吸運動概念時，於整份測驗卷與測驗卷內容中不同分項知識的學習情形，故將測驗卷分為整份「測驗卷」與切割為「事實性知識」、「概念性知識」、「立體空間性知識」，共四項進行分析；其數據結果整理後如表 4-1-1 所示。

表 4-1-1 成對樣本 t 檢定的結果顯示，不論是以表徵順序（靜動組與動靜組）、空間能力（低、高空間能力）或先備知識（低、高先備知識）分組，學習者在整份「測驗卷」，以及「事實性」、「概念性」與「立體空間」知識類型的前後測，成對樣本 t 檢定的 p 值皆小於 0.01，皆達顯著差異。

表 4-1-1 不同組別學習者在人體呼吸運動概念學習成效之成對樣本 t 檢定

組別項目	N	前測		後測		t	p	ES
		平均	標準差	平均	標準差			
靜動組								
測驗卷	65	13.69	5.56	28.05	8.68	17.45	< 0.01**	1.99
事實性知識	65	9.77	4.48	20.69	6.14	16.48	< 0.01**	2.05
概念性知識	65	2.24	1.65	4.91	3.34	6.68	< 0.01**	1.02
立體結構性知識	65	3.25	2.33	7.72	2.56	13.55	< 0.01**	1.84
動靜組								
測驗卷	65	13.87	4.85	25.11	6.78	14.81	< 0.01**	1.92
事實性知識	65	8.63	3.37	18.1	5.12	16.82	< 0.01**	2.20
概念性知識	65	2.27	2	4.11	2.58	4.92	< 0.01**	0.80
立體結構性知識	65	4.08	2.12	7.68	2.69	10.85	< 0.01**	1.50
低空間能力組								
測驗卷	60	11.46	4.69	23.33	6.67	15.06	< 0.01**	2.08
事實性知識	60	7.84	3.51	16.95	4.94	14.77	< 0.01**	2.14
概念性知識	60	1.93	1.62	3.87	2.61	4.82	< 0.01**	0.90
立體結構性知識	60	2.7	2	7.05	2.63	12.70	< 0.01**	1.88
高空間能力組								
測驗卷	70	15.77	4.8	29.36	7.85	16.61	< 0.01**	2.10
事實性知識	70	10.36	4.03	21.49	5.65	18.56	< 0.01**	2.28
概念性知識	70	2.54	1.95	5.06	3.21	6.70	< 0.01**	0.96
立體結構性知識	70	4.49	2.14	8.26	2.49	11.60	< 0.01**	1.64
低先備知識組								
測驗卷	65	9.49	2.87	23.08	6.28	19.26	< 0.01**	2.81
事實性知識	65	6.42	2.52	16.9	4.65	18.66	< 0.01**	2.82
概念性知識	65	1.57	1.51	3.45	2.36	5.19	< 0.01**	0.96
立體結構性知識	65	2.38	1.93	6.97	2.7	12.70	< 0.01**	1.97
高先備知識組								
測驗卷	65	18.07	2.98	30.08	7.84	13.33	< 0.01**	2.04
事實性知識	65	11.98	3.17	21.9	5.74	14.70	< 0.01**	2.16
概念性知識	65	2.95	1.87	5.57	3.2	6.38	< 0.01**	1.01
立體結構性知識	65	4.94	1.79	8.43	2.32	11.93	< 0.01**	1.70

* p < 0.05, ** p < 0.01

表 4-1-1 結果顯示，所有的學習者，即使屬於不同表徵順序組別、空間能力或是先備知識，在經過多重表徵的閱讀後，對於整體的人體呼吸運動概念理解，抑是不同知識類型（事實性、概念性與立體空間）的人體呼吸運動概念，皆有顯著的進步。此外，不論是以表徵順序（靜動組與動靜組）、空間能力（低、高空間能力）或先備知識（低、高先備知識）分組，其效果量（Effect Size；ES）皆達 Cohen（1988）高效果量 0.8 的標準，皆屬於高效果量。然而，細看不同知識類型所對應的效果量，發現概念性知識的效果量明顯低於其他類型的知識；表示學習者以自行閱讀表徵的方式，可能較難理解概念性知識。

第二節 表徵順序、空間能力與先備知識對於學習成效之影響

本節所針對的研究問題為：表徵順序組別、空間能力、和先備知識是否影響學生對「人體呼吸運動概念」的學習成效？由於本研究未採隨機分配的方式來分組，不同表徵順序組的學生在空間能力與先備知識上可能已具差異，因此本研究採共變數分析以調整原來存在於兩組的差異。

一、同質性檢定

為確定「空間能力」與「先備知識」是否可作為共變項，本研究先進行組間迴歸係數同質性的檢定。「空間能力」是指空間能力量表的分數，「先備知識」則是指人體呼吸運動概念前測分數，檢測結果如表 4-2-1、4-2-2 所示。由表 4-2-1 「表徵順序」與「空間能力」組間迴歸係數同質性的檢定結果顯示，表徵順序（自變項）與空間能力（共變項）的交互作用項 $F(1, 126) = 6.85, p = 0.01^*$ ，已達顯著水準，已違反組間迴歸係數同質性的假設，表示空間能力不能作為概念後測（依

變項) 的共變項。而表 4-2-2 為「表徵順序」與「先備知識」組間迴歸係數同質性的檢定結果，表徵順序(自變項)與先備知識(共變項)的交互作用項 $F(1, 126) = 2.26$ ， $p=0.14$ ，未達顯著水準，表示先備知識可作為概念後測之共變項。

表 4-2-1 「表徵順序」與「空間能力」組間迴歸係數同質性考驗

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F	p
校正後的模式	2249.13 ²	3	749.71	16.29	< 0.01 ^{**}
表徵順序	150.41	1	150.41	3.27	0.07
空間能力	1287.32	1	1287.32	27.98	< 0.01 ^{**}
表徵順序 x 空間能力	314.98	1	314.98	6.85	0.01 [*]
誤差	5797.69	126	46.01		
總和	99896.67	130			

* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$

表 4-2-2 「表徵順序」與「先備知識」組間迴歸係數同質性考驗

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F	p
校正後的模式	2987.19 ²	3	995.73	24.80	< 0.01 ^{**}
表徵順序	7.73	1	7.73	0.19	0.66
先備知識	2440.49	1	2440.49	60.75	< 0.01 ^{**}
表徵順序 x 先備知識	90.71	1	90.71	2.26	0.14
誤差	5059.63	126	40.16		
總和	99896.67	130			

* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$

二、雙因子共變數分析

根據表 4-2-1、4-2-2 組間迴歸係數同質性的結果，已知「先備知識」，即是學生的人體呼吸運動概念的前測分數會對人體呼吸運動概念的後測分數產生影響，於是進行雙因子獨立樣本共變數分析。將「表徵順序」、「空間能力」視為雙因子，「先備知識」作為共變項，以排除人體呼吸運動概念的前測分數之影響。

表 4-2-3 為表徵順序與空間能力在人體呼吸運動概念後測之共變數分析摘要的結果。由表 4-2-3 可知，表徵順序與空間能力二因子的交互作用項 $F(1, 125) = 6.94$ ， $p < 0.01$ ，已達到顯著水準。表示表徵順序與空間能力在排除前測成績（先備知識）的影響後，在後測成績上依然達到顯著的交互作用。即所呈現的表徵順序，對人體呼吸運動概念的效應會因學生空間能力的高低而有所不同，此時雖然表徵順序與空間能力二個自變項主要效果之 F 值也都達 0.05 顯著水準，但因交互作用達顯著，對表徵順序與空間能力主要效果項的檢定就沒有任何意義，為真正了解表徵順序與空間能力對人體呼吸運動概念的影響，就必須進行單純主要效果檢定。表徵順序與空間能力二因子交互作用的效果量 (Effect size; ES) 為 0.24，未達 Cohen (1988) 中效果量 0.25 的標準，仍屬於低效果量。

表 4-2-3 表徵順序與空間能力在人體呼吸運動概念後測之共變數分析表

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F	p
校正後的模式	3346.23 ²	4	995.73	22.25	< 0.01 ^{**}
先備知識	1358.02	1	1358.02	36.11	< 0.01 ^{**}
表徵順序	243.26	1	243.26	6.47	0.01 [*]
空間能力	227.87	1	227.87	6.06	0.02 [*]
表徵順序 x 空間能力	261.00	1	261.00	6.94	0.01 [*]
誤差	4700.60	125	37.61		
總和	99896.67	130			

* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$

三、單純主要效果檢定

由於交互作用達顯著，表示學生在表徵順序不同組別的表现會因空間能力高低的不同而有所差異，所以需進行單純主要效果檢定。在雙因子共變量分析中，是以調整後的平均數進行後續的共變數單純主要效果檢定，其調整後的細格平均數如表 4-2-4 所示。依據調整後的細格平均數，所進行的表徵順序與空間能力之單純主要效果檢定結果整理後，如表 4-2-5 所示。

表 4-2-4 表徵順序與空間能力組別之調整後平均數與原始概念後測平均數

群體		水準細格中調整後與原始的後測平均數	
		低空間能力	高空間能力
表徵順序	靜動組	24.89 (22.42)	30.59 (32.58)
	動靜組	25.07 (24.19)	25.15 (25.96)
空間能力		靜動組	動靜組
	低空間能力	23.21 (22.42)	23.46 (24.19)
	高空間能力	32.08 (32.58)	26.48 (25.96)

() 括號內為原始的後測成績。

由表 4-2-5 中可得知，不同的表徵順序在低空間能力中的單純主要效果其 $F(1, 125) = 0.03$ ， $p = 0.88$ ，未達 0.05 顯著水準，表示兩組間並無顯著差異，即低空間能力的靜動組 ($M=24.89$) 調整後的平均成績與動靜組 ($M = 25.07$) 調整後的平均成績並沒有不同。不同的表徵順序在高空間能力中的單純主要效果其 $F(1, 125) = 13.60$ ， $p < 0.01$ ，已達顯著水準，表示兩組間有顯著差異；即對高空間能力的學生而言，在教學中使用的表徵順序是會影響其於概念後測的表現，使用靜到動的表徵順序之學生 ($M = 30.59$) 調整後的平均成績顯著高於使用動靜組的高空間能力者 ($M = 25.96$)。

不同的空間能力程度在由靜到動的教學順序中 $F(1, 125) = 9.09$ ， $p < 0.01$ ，已達顯著水準，表示兩組間有顯著差異，高空間能力組 ($M = 32.08$) 調整後的平均成績顯著高於低空間能力組調整後的平均成績 ($M = 23.21$)；顯示在此表徵順序較有利於高空間能力學生在概念後測的表現。而不同的空間能力程度在由動到靜的教學順序中的單純主要效果檢定中，其 $F(1, 125) = 0.003$ ， $p = 0.96$ ，未達 0.05 顯著水準，表示兩組間並無顯著差異；表示在動到靜的表徵呈現下，高空間能力

學生 ($M = 26.48$) 調整後平均成績與低空間能力者 ($M = 23.46$) 調整後平均成績並沒有不同。表徵順序與空間能力的單純主要效果檢定中，表徵順序的高空間能力之效果量為 0.45，已達 Cohen (1988) 高效果量 0.4 的標準；空間能力的靜動組之 0.38 效果量，也達中效果量 0.25 的標準。

表 4-2-5 表徵順序與空間能力在人體呼吸運動概念後測之單純主要效果分析表

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F	p	ES
表徵順序						
低空間能力	0.89	1	0.89	0.03	0.88	0.00
高空間能力	536.91	1	536.91	13.60	<0.01**	0.45
空間能力						
靜動組	360.13	1	360.13	9.09	<0.01**	0.38
動靜組	0.11	1	0.11	0.003	0.96	0.00
誤差	4700.60	125	37.61			

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

由雙因子共變數分析和單純主要效果分析結果可得知，對於低空間能力的學生而言，無論使用先靜態再動態（靜動組）或先動態再靜態（動靜組）的表徵順序，對於其學習成果的影響不大。然而對於高空間能力的學生來說，使用先靜態再動態表徵順序的學習成效遠優於先動態再靜態的順序。此外，若使用先動態再靜態的表徵順序，則高空間能力與低空間能力學生的學習成果沒有顯著的差異；推測其可能原因為高空間能力的學生使用動到靜的表徵順序較易產生欺騙性清晰度（deceptive clarity）之情形，也就是學生易被表面的特徵吸引，並且高估自己對概念的理解程度；其細節於第五章再作詳述。為降低此現象，故建議先閱讀靜態後，再觀看動態的表徵呈現順序。

第三節 學生的人體呼吸運動概念之晤談分析

本節屬於質性資料的晤談分析，晤談題目主要為人體呼吸運動概念之重要知識（如表 2-4-2 所示），將針對晤談學生的回答進行分類，並與其空間能力、先備知識、所屬的表徵順序組，以及測驗卷中相關題目的答案作對照與分析。

一、密閉胸腔的空間與範圍

人體呼吸運動所運用的原理為體積與壓力的關係造成氣體的進出，而在密閉的胸腔中為運用此原理的先決條件，因此理解人體胸腔為密閉的，與其密閉的範圍為人體呼吸運動重要的知識之一。與此相關知識的題目在人體呼吸運動概念測驗卷（如附錄二）中，第一大項選擇題的第七題：「人體胸腔為一個_____的空間。下列何者為對？ ①開放 ②半開放 ③上開放下密閉 ④密閉（正確答案為④）」，先初步瞭解學生對於密閉胸腔的認識；但因胸腔密閉的範圍難以使用紙筆測驗妥善的呈現，故使用晤談作更進一步的理解。提問：「胸腔是密閉還是開放性空間？」屬於胸腔結構中的事實性知識（如表 2-4-2 所示），會再進一步追問屬於立體胸腔知識的問題：「密閉胸腔的範圍？」；而將 16 名晤談的結果與測驗卷的答案整理後，如表 4-3-1 所示。

首先，使用適當的代號區別出 16 名晤談者的空間能力、先備知識高低，以及接受的表徵順序。空間能力（Spatial ability）—大寫 S 代表高空間能力，小寫 s 代表低空間能力；先備知識（Prior knowledge）—大寫 P 代表高先備知識，小寫 p 代表低先備知識；而第一個數字代表接受的表徵呈現順序—靜動組為 1，動靜組為 2；每一個組別中同樣的能力條件具有兩位受試者，因此末位數字為受試者的流水號（1 或 2）；故 Sp2-1 代表為動靜組中，高空間能力、低先備知識的 1 號受試者。根據 16 位晤談學生的答案，可劃分為開放、半開放與密閉三大類別，

以淺灰、灰、深灰三個顏色來代表，每一個類別中還可細分成數個不同的理由。✓即是代表此晤談學生回答本題的答案，對應晤談者的測驗卷第七題作答答案於表格第三列中的數字（1~4），數字的背景顏色（■、■、■）代表測驗卷答案所對應的晤談類別。此時發現，有些學生的晤談答案與測驗卷所屬的類別不符，因此☆代表學生在晤談時的答案相較於測驗卷答案下更為正確；而★則代表學生的晤談答案劣於測驗卷答案。

根據表 4-3-1 結果可看出，同時具有高空間能力與高先備知識的晤談者（簡稱 SP 者），其測驗卷的成績高，皆為 30 分以上，且對於此晤談題目所回答的答案類型多屬正確，除 SP1-1 一位之外；但事實上根據晤談，卻只有一位是理由正確，另外兩位皆是因為受到靜態內容影響而選擇密閉答案，實際卻仍認為胸腔內的肺因連接氣管、口鼻，故為一開放空間，或不知道密閉範圍指的為何處？單具有一高空間能力或高先備知識的晤談學生（簡稱 Sp 或 sP 者），無論是在測驗卷的成績，或是晤談的回答上，其表現結果差異大；但在測驗卷第七題的答案多選擇半開放類型的答案。表示此類的學生知道胸腔的範圍，但並不知道密閉的胸腔指的是扣除肺部的部位。從此處可發現，在答案選擇上，SP 者與 Sp/sP 者的表現有所不同；雖然兩類型的學生都認為胸腔是一個連接到口鼻的開放空間，SP 者會選擇在測驗卷中填下從表徵上獲得的答案，但理由不完全正確，而 Sp/sP 者卻是選擇填下自己認知中的答案。最後，屬於低空間能力與低先備知識的晤談學生（sp 者），雖然在測驗卷第七題的選擇上多屬正確，但進一步晤談的結果卻發現他們對於胸腔密閉的知識皆屬錯誤。表示低空間能力、低先備知識的晤談學生在面對測驗卷題目時，是以零碎、記憶的方式在作答，並非真正理解密閉胸腔的範圍之相關知識。

此外，半數的晤談學生其晤談答案與測驗卷第七題答案不符，而這些屬於

sP、Sp 與 sp 的晤談學生，表示單使用測驗卷較難準確的測量出此三類型學生的知識概念；然而縱使 SP 的學生測驗卷作答與晤談的答案類型相符，但實際上他們（SP1-2、SP2-1）並不知道密閉的胸腔指的實際範圍。這些結果顯示欲理解學生的知識概念，需以晤談的方式輔佐，才能有深入的了解。而不同表徵順序的影響，在學生對於本晤談题目的回答類型，無法看出其差異或相關性。

表 4-3-1 晤談問題—「Q.胸腔是密閉還是開放性空間？其範圍？」學生之回答類型

Q.胸腔是密閉還是開放性空間？其範圍？		SP 1-1	SP 1-2	SP 2-1	SP 2-2	sP 1-1	sP 1-2	sP 2-1	sP 2-2	Sp 1-1	Sp 1-2	Sp 2-1	Sp 2-2	sp 1-1	sp 1-2	sp 2-1	sp 2-2
測驗卷分數		35.8	30.2	31.7	42.3	28.3	11	23	31.9	27.2	26.8	22.3	25.3	36.3	19	18.3	29
測驗卷第一大項第七題之作答		1	4	4	4	4	3	3	2	2	4	1	2	4	4	2	4
答案	理由						☆	★			★		☆	★	★	★	★
開放	其他	✓														✓	
開放	因肺連至口鼻							✓			✓	✓					
半開放	其他									✓							
半開放	因肺連至口鼻								✓								✓
時爾開放	吃東西時為密閉，呼吸時則開放													✓	✓		
說密閉想開放	因靜態說密閉，其實認為是開放，因肺連至口鼻		✓	✓													
密閉	說出胸腔為密閉的，但無法說出範圍或說錯範圍					✓	✓						✓				
密閉	說出胸腔為密閉的，並說出正確的範圍				✓												

晤談者代號說明：空間能力 (Spatial ability) — 大寫 S 代表高空間能力 / 小寫 s 代表低空間能力；

先備知識 (Prior knowledge) — 大寫 P 代表高先備知識 / 小寫 p 代表低先備知識；

表徵順序—靜動組為 1 / 動靜組為 2；末碼為受試者流水號 1 / 2

數字 (1~4)：為測驗卷第七題的選項①開放②半開放③上開放下密閉④密閉；顏色 (■、■、■) 為測驗卷答案對應的晤談類別

✓：代表此晤談者的回答類型 / ☆：代表晤談答案優於測驗卷答案 / ★：代表晤談答案劣於測驗卷答案

二、藉由體積變化，導致壓力改變原理的應用

「如果保特瓶內部的氣球破洞，則氣球還會變大嗎？為什麼？」此問題屬於呼吸運動類別的概念性知識（如表 2-4-1 所示），與測驗卷題目為第一大項的第十一題、第十三題及第十六題（如附錄三）的知識相關性較高；但十一與十三題屬於理論的題型，十六題則為生活應用題，後者與本晤談問題的情境較相似，故將晤談者的測驗卷十六題作答與晤談的內容作對照，下列為十六題內容（答案為③）：

16. 小明不小心在樓梯摔了一跤，他爬起來看身上沒有流血，但總覺得呼吸困難，於是去醫院照 X 光，才發現他肋骨已經微骨折，還刺破肺…。請問小明為什麼會覺得呼吸困難？請問下列何者的原因較為正確？①因為肋骨無法上舉又壓住了肺，使肺無法變大吸入空氣 ②因為刺破了肺，導致空氣吸入又從肺漏出，使得肺不能吸收氧氣 ③因為肺被刺破了，導致胸腔的內外壓力相等，使得肺無法變大 ④因為肋骨刺破肺泡而無法交換氣體，再加上肺部的不完整，使得呼吸時氣體流動不順

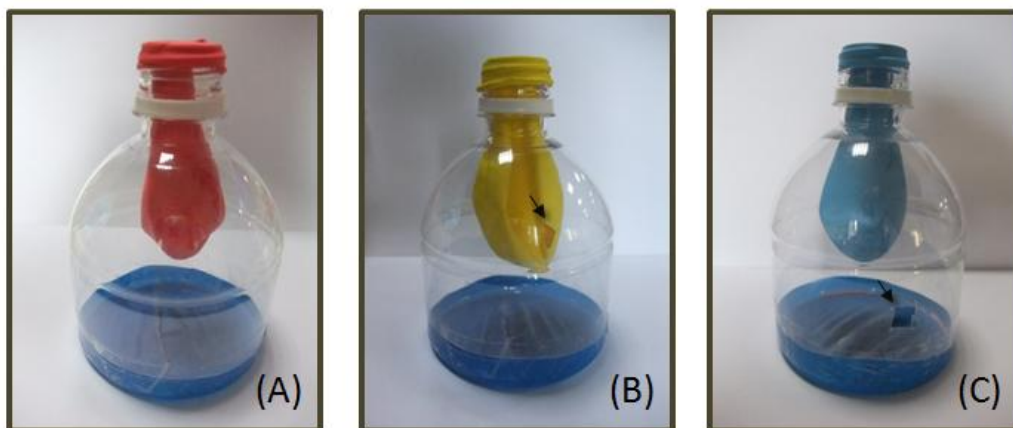


圖 4-3-1 保特瓶模型：(A) 完整模型；(B) 內部氣球破裂之模型；(C) 保特瓶壁破裂之模型；箭頭（↘）為破裂示意處。

晤談時，會先請晤談者觀看正常無破損的保特瓶模型，如圖 4-3-1 的 (A)，

確認晤談者能將保特瓶內的各個元件與人體胸腔作適當的連結、類比。才拿出另一個瓶內氣球破損的保特瓶模型，如圖 4-3-1 的 (B)，而後請晤談學生預測內部氣球的變化(表 4-3-2 的✓)，於實體操作後，再請學生回答一次(表 4-3-2 的□)。正確答案為：內部氣球形狀不變；因為氣體會從內部氣球的洞流出至保特瓶中，若胸腔內外壓力一樣，則氣球形狀不會改變。將 16 名晤談的結果與測驗卷的答案整理後，如表 4-3-2 所示。

首先從晤談的回答類型來看，靜動組相較於動靜組，前者的答題類型較為一致；表示使用靜動表徵順序對於不同的高／低空間能力或高／低先備知識差異的晤談者影響皆一致；而由動靜組晤談答案類型的趨勢看來，SP／sP 者優於 Sp 者，Sp 者也優於 sp 者；表示動靜表徵順序對於不同個別能力的晤談者似有不同影響。將晤談的答案類型與測驗卷十六題的答案相對照，發現靜動組的晤談學生在十六題上有半數者答對，再進一步對照這些晤談學生的答案類型卻發現，多數靜動組的學生雖然預測的答案與理由屬正確，仍僅以現象作解釋；表示大多數靜動組的學生尚無法將理論與現象作連結。

除了動靜組內的晤談答案類型相差異大以外，動靜組學生自己的晤談內容與測驗卷答案不一致的情形也較多。在晤談回答中，不論是第一次回答或是第二次回答，有七位晤談學生能從現象甚至是以原理給予正確的回答，但卻有半數的晤談學生在測驗卷十六題中選擇選項①，對於這樣的結果很有可能是學生在觀看動態表徵後，自行詮釋內容，而造成欺騙性清晰度 (deceptive clarity)，推測是因為動靜組先接受動態表徵，因此對於選項①中肋骨擺動特徵的印象鮮明，進而在測驗卷上選擇①；但在保特瓶的模型上，沒有肋骨的元件作連結，因此動靜組的晤談學生會依氣體的流動 (現象) 或體積與壓力的關係 (理論) 的角度回答。

「如果保特瓶瓶身破裂，則內部氣球會怎麼樣？為什麼？」此為內部氣球破損的延伸題型，如圖 4-3-1 的 (C)，能進一步確認晤談學生對於體積變化，導致壓力改變原理的理解程度。此問題的正確答案為：內部氣球不變；因為氣體會從保特瓶壁的洞口流入至瓶內，若胸腔內外壓力一樣，則內部氣球不會改變。將晤談者的回答內容整理後，如表 4-3-2 所示。

相較於保特瓶內的氣球破損，在預測的第一次回答上，靜動組的答案正確多於動靜組。但無論是靜動組或動靜組，此題晤談回答的理由錯誤比例上升；可能是因為不如前一個題目已在學習單看過，有一陣思考的時間，此題目對於晤談學生則是第一次面對，又緊接在前一個題目之後，可能導致多數學生沒有仔細思考，以為氣體的流動方向相同，就說出氣體是朝保特瓶外的流出；像是 Sp1-1 雖然現象答錯，但是主動說出胸腔內外壓相同。

如果真正理解體積與壓力的原理，應能正確的回答保特瓶模型的題目，並以理論作解釋，但有趣的是，沒有一位晤談學生是在測驗卷的十六題及保特瓶模型的兩個問題三者皆答對的，因此為釐清何位學生是真正理解，故將晤談學生的回答類型與測驗卷十六題答案作對照，認定方式可分為兩種。首先，只要晤談學生在兩題保特瓶模型的答案中，其中一題須以理論作解釋，另一題則可以現象說明，代表此學生能將理論與現象作正確的連結。像是 SP2-1 在第一個題目(氣球破洞)只用現象作說明，但第二個題目(瓶身破裂)則用理論說明；還有 Sp2-2 在第二個题目的預測時，並沒有給予理由，但看過實體操作後，也主動說出原理，表示他們其實知道理論，只是在保特瓶模型的第一題沒有說出來。

另一個方式則是當晤談者於兩題保特瓶模型的答案屬正確，但皆從現象作解釋時，則須在測驗卷十六題答對，表示此位學習者除了現象外，也能與體積與壓

力的原理作連結。像是 sp1-1 雖然在兩題保特瓶模型的答案類型皆從現象正確解釋，但在測驗卷十六題是錯誤的，而進一步晤談，此晤談學生認為此現象與體積和壓力的原理無關。依據上述兩種方式，符合條件的只有 Sp1-2、SP2-1、SP2-2 與 Sp2-2 四位，皆屬高空間能力的學生，表示空間能力高，可能有助於學習者理解體積與壓力的原理與應用。

表 4-3-2 晤談問題—「Q. 如果保特瓶內部的氣球破洞／瓶身破裂則會怎麼樣？為什麼？」學生之回答類型

Q.如果保特瓶內部的氣球破洞則會怎麼樣？為什麼？		SP 1-1	SP 1-2	sP 1-1	sP 1-2	Sp 1-1	Sp 1-2	sp 1-1	sp 1-2	SP 2-1	SP 2-2	sP 2-1	sP 2-2	Sp 2-1	Sp 2-2	sp 2-1	sp 2-2
測驗卷分數		35.8	30.2	28.3	11	27.2	26.8	36.3	19	31.7	42.3	23	31.9	22.3	25.3	18.3	29
測驗卷第一大項第十六題之作答		3	4	2	3	3	3	4	4	2	1	1	4	1	1	3	1
答案	理由																
變大或變小	原因錯誤或無法說明	✓															✓
不變	但無法說明或說錯													✓		✓	
不變	因為氣體從洞流出至保特瓶		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓		
不變	因為胸腔內外壓力一樣			✓							✓		✓				
Q.如果保特瓶瓶身破裂，則內部氣球會怎麼樣？為什麼？																	
答案	理由																
變大	因氣球沒有破掉或無說明						✓		✓			✓	✓	✓			✓
不變	無說明或錯誤				✓										✓	✓	
不變	因為氣體由瓶內流出	✓	✓	✓		✓											
不變	因為氣體從洞由瓶外流入							✓									
不變	因為胸腔內外壓力一樣									✓	✓						

晤談者代號說明：空間能力（Spatial ability）—大寫 S 代表高空間能力／小寫 s 代表低空間能力；
 先備知識（Prior knowledge）—大寫 P 代表高先備知識／小寫 p 代表低先備知識；
 表徵順序—靜動組為 1／動靜組為 2；最後一碼受試者流水號 1／2

數字（1~4）：為測驗卷第十六題的選項①.②.③.④

✓：代表此晤談者第一次的回答類型／□：代表此晤談者第二次的回答類型

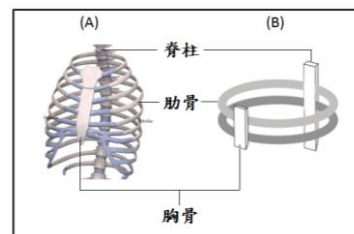
三、吸氣時，胸腔內肋骨的運動

「吸氣時，肋骨的運動的方式？」屬於呼吸運動類型的立體空間知識（如表 2-4-1），與相關知識的測驗卷題目為第一大項的第十五題（如附錄二）相對應，下列為十五題內容（答案為④）：

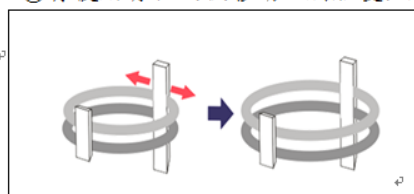
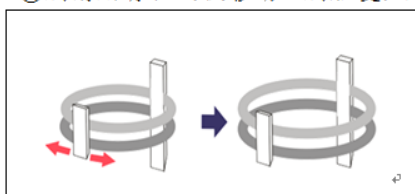
15. 右圖 (A) 為人體胸腔骨架，(B) 為簡單的示意圖。

吸氣時，肋骨會移動造成胸腔變大。請問下列人體示意圖

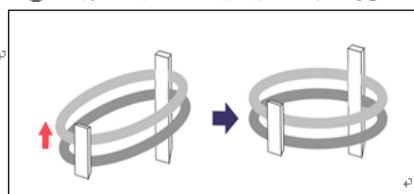
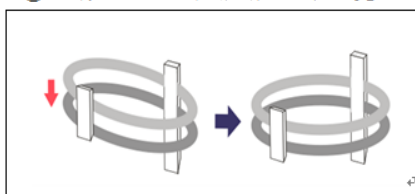
中，何者為吸氣時，肋骨的移動方向？



① 胸前肋骨往兩側移動，胸腔變大。 ② 背後肋骨往兩側移動，胸腔變大。



③ 肋骨由上往下擺動，胸腔變大。 ④ 肋骨由下往上擺動，胸腔變大。



在晤談時，會先請晤談學生依之前看完表徵後的印象回答：「吸氣時，肋骨的運動方向與幅度」（表 4-3-3 的✓），再給晤談者挑選靜態或動態表徵閱讀（表 4-3-2 的●），閱讀完後再回答第二次（表 4-3-3 的□）；將 16 名晤談的結果、選擇再次閱讀的表徵與測驗卷的答案整理後，如表 4-3-3 所示。

第一次回答時，大部份的晤談學生都能正確的回答吸氣時，肋骨是上抬的，只有四個答錯，然而對照測驗卷的結果，十二個認為上抬的晤談學生卻只有三個選擇答案④，這樣的結果表示學生可能看不懂題目或圖片，於是在晤談時臨時加入追問，問晤談學生是否理解測驗卷十五題的意思，由於是臨時起意，因此最先接受晤談的 Sp2-2 與 sp2-2 沒有這項資料。結果發現除了一位 SP1-2 以外，大部

份高空間能力的學生都能看懂此題目的，表示空間能力可能會影響學生對於立體空間知識題意的理解，進而影響作答。然而雖然有八名晤談學生認為在考試時看懂題目，但他們在晤談時回答肋骨在吸氣時會上抬（不論幅度是否正確），明顯與測驗卷上的答案不符，進一步追究是因為晤談學生表示，因為沒有自己想要的選擇，故選擇擺動幅度相同但方向相反、或是用猜的；這樣的現象表示，若要理解學生對於知識的理解程度，單使用紙筆測驗是不足的，仍需以晤談為輔助。下列為晤談者 SP-1-1 的晤談範例：

我：我想要問你，為什麼這個（15題）你選3？

生：因為用猜的

我：用猜的，哦～你看不懂題目嗎？

生：（點頭）

我：……（略）……沒關係，那我現在問你，這個前面呢，你哪一個地方看不懂。

生：就這個圖，就這樣子，我之前就看不懂，就看不懂它在問什麼。

若將綜合兩次回答，只有 SP1-1、Sp1-1、sP1-2 以及 sp2-1 四個人回答肋骨上抬的幅度是正確的，表示大部份晤談學生雖然已能觀察出肋骨在吸氣時，是向上抬升，但仍無法仔細的觀察出肋骨擺動的幅度。而再對照四個回答幅度正確的晤談者所選擇的表徵，發現他們皆選擇動態表徵作閱讀，表示動畫能更直接幫助晤談者理解肋骨抬升的軌跡與幅度。

此外，在晤談學生中，發現兩個有趣的想法。首先是 Sp-2-2，在晤談時，他口中雖然會說吸氣時，肋骨是上抬的，但是請他藉由手勢模擬時，卻發現他比的是肋骨打開的動作（如測驗卷十五題的選項①），而他在測驗測上也是填①。第二位是 SP-2-2，他認為吸氣時，肋骨上升，胸腔的體積會變大，而當肋骨擺動幅度愈大時，則體積會愈大。這兩個想法都是錯誤的迷思，故晤談除了能幫助教學者理解學生對於概念的理解程度，也能獲得學生常有的想法或迷思。

表 4-3-3 晤談問題—「Q.吸氣時，肋骨的運動的方式」學生之回答類型

Q.吸氣時，肋骨的運動的方式？		SP 1-1	SP 1-2	Sp 1-1	Sp 1-2	sP 1-1	sP 1-2	sp 1-1	sp 1-2	SP 2-1	SP 2-2	Sp 2-1	Sp 2-2	sP 2-1	sP 2-2	sp 2-1	sp 2-2
測驗卷分數		35.8	30.2	27.2	26.8	28.3	11	36.3	19	31.7	42.3	22.3	25.3	23	31.9	18.3	29
測驗卷第一大項第十五題之作答		3	2	4	4	3	3	3	2	2	4	1	1	1	1	1	4
測驗卷第一大項第十五題之理解程度		懂	不懂	懂	懂	不懂	不懂	懂	不懂	懂	懂	懂	懂	不懂	?	不懂	?
答案	理由																
變大	肋骨變大圈或打開								✓				✓				
沒變或下降	沒變或往下或連脊椎一同往下移		□											✓			✓
上抬	連脊椎一同往上平移		✓													✓	
上抬	斜下變斜上	✓						✓			✓	✓					
上抬	平的變斜上			✓	✓	✓				✓					✓		
上抬	斜下往上變平	□		□			✓									□	
再次選擇的表徵類型																	
靜態表徵			●			●			●		●		●				
動態表徵		●		●	●		●	●		●		●		●	●	●	●

晤談者代號說明：空間能力 (Spatial ability) — 大寫 S 代表高空間能力 / 小寫 s 代表低空間能力；

先備知識 (Prior knowledge) — 大寫 P 代表高先備知識 / 小寫 p 代表低先備知識；

表徵順序—靜動組為 1 / 動靜組為 2；最後一碼受試者流水號 1 / 2

數字 (1~4)：為測驗卷第十五題的選項①、②、③、④ / ?：沒有此項資料

✓：代表此晤談者第一次的回答類型 / □：代表此晤談者第二次的回答類型 / ●：代表此晤談者選擇的表徵類型

第四節 表徵類型與學習偏好之晤談分析

本節屬於質性資料的晤談分析，分析的主要內容為晤談學生對於表徵的偏好與看法，可分為兩大項：第一部份為表徵類型對於晤談學生學習人體呼吸運動概念中，立體空間知識之分析；第二部份為表徵類型的助益與表徵呈現順序喜好之分析。

一、表徵類型對於學習者學習立體空間知識之分析

為理解學習人體呼吸運動中的立體空間知識時，學習者對於兩種相異的表徵類型之喜好與感受；故依立體空間知識詢問三個問題，題目內容分別為人體胸腔中，器官相對位置、器官的立體結構與呼吸時，器官的移動過程之看法。

首先第一個問題：「請問靜態與動態，哪一種呈現類型，比較能幫助你理解人體胸腔內器官的相對位置？」，並進一步詢問理由，將 16 名晤談的結果整理後，如表 4-4-1 所示。對於人體胸腔內的器官相對位置，統計結果發現，有十位的晤談學生認為使用動態的方式能幫助他們學習器官相對位置的概念，但進一步分析，發現靜動組與動靜組支持的理由不盡相同。靜動組除了 SP1-1 認為兩種表徵類型帶來的效果一樣外，其餘七位皆認為動態的幫助較大；理由大致上為：有聲音旁白、逐一的介紹過程。但在動靜組中，有 SP-2-1、Sp-2-1 與 sp-2-1 三位，前兩位的理由與靜動組相同，但 sp-2-1 的理由則是因為個人單純只喜歡動態表徵；值得注意的是，其他五位動靜組中，SP2-2、Sp-2-2、sp-2-1 及 sp-2-2 四位學習者認為使用靜態有助於瞭解器官的相對位置；理由是因為動態的速度太快，以致於有時難以聽懂理解，但靜態的速度可由自己控制，可以看得比較清楚。而 SP-2-2 認為兩種表徵類型對他而言，學習的效果是一樣的，主要原因是因為他已經學過此概念。根據此現象，可歸納出兩個結果：

1. 動靜組認為動態表徵速度太快，但靜動組卻認為使用動態表徵的學習效果較佳，造成此矛盾現象，可能是因為表徵呈現順序不同所致。靜動組是先閱讀靜態表徵，所以學習者可以依自己的能力調控閱讀速度，先對人體呼吸運動的器官、構造、原理有基礎的概念架構，才閱讀動態表徵。但動靜組是使用「動態表徵」來第一次接觸人體呼吸運動概念，在毫無基礎下就閱讀動態表徵，對於初學者的學習負荷較大，符合 Lowe (2003) 提出的認知負荷理論，認為學習應先靜態而後動態，其進一步討論詳見第五章。
2. 在動靜組中過半數的學生認為靜態表徵有助於理解胸腔內，各個器官的相對位置，卻有 SP-2-1、Sp-2-1 兩位學生認為動態表徵較能助於他們學習器官的相對位置；對照此兩位學生皆屬於高空間能力者，顯示若一新概念使用動態呈現，則空間能力高可能有助於學習者學習新概念。

表 4-4-1 晤談問題—「Q. 有助於理解人體胸腔內的器官相對位置之表徵類型？」學生之回答類型

Q.有助於理解人體胸腔內的器官相對位置之表徵類型？		SP	SP	sP	sP	Sp	Sp	sp	sp	SP	SP	sP	sP	Sp	Sp	sp	sp
		1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	2-1	2-2	2-1	2-2	2-1	2-2	2-1	2-2
表徵類型		動	動	同	動	動	動	動	動	動	靜	動	同	動	靜	靜	靜
動態	循序漸進，逐一介紹、比較詳細		✓				✓	✓	✓	✓							
動態	有聲音旁白介紹，容易理解				✓	✓								✓			
動態	同時呈現正面與側面	✓															
動態	因為我喜歡動畫										✓						
皆同	因為學過或其他			✓								✓					
靜態	因為可自己調整速度，而且動態太快									✓				✓			
靜態	因為靜態圖比較清楚													✓	✓	✓	

88

晤談者代號說明：空間能力（Spatial ability）—大寫 S 代表高空間能力／小寫 s 代表低空間能力；

先備知識（Prior knowledge）—大寫 P 代表高先備知識／小寫 p 代表低先備知識；

表徵順序—靜動組為 1／動靜組為 2；最後一碼受試者流水號 1／2

靜：代表靜態表徵／動：代表動態表徵／同：代表兩種表徵同等重要

✓：代表此晤談者的回答類型

同樣的，為理解兩種相異的表徵類型對於學習者學習人體胸腔中，器官的立體結構之看法，故詢問學生：「請問靜態與動態，哪一種呈現類型比較能幫助你理解人體胸腔內器官的立體結構？」其十六名晤談結果如表 4-4-2 所示。結果顯示，有十位晤談學生認為動態表徵比較幫助他們理解人體胸腔內器官的立體結構，因為他們認為本研究的動態表徵呈現多種角度、具有動作變化等特性，能幫助他們建立器官的立體結構。而對照這十位晤談學生的能力發現皆屬於低空間能力者、低先備知識者或同時為低空間能力與低先備知識者（sP、Sp、sp）；表示動態表徵能幫助 sP、Sp 或 sp 能力的學生理解器官的立體結構。

第三個問題為：「請問靜態與動態，哪一種呈現類型比較能幫助你理解呼吸時，胸腔內器官的移動過程？」以理解何種表徵類型有助於學習者學習呼吸時，胸腔內器官的移動過程，其十六名晤談結果如表 4-4-2 所示。結果顯示，大部份的晤談者皆認為動態表徵較能幫助他們學習呼吸時，胸腔內器官移動過程的知識，主要是因為動態表徵能直接呈現呼吸時，胸腔內器官的移動過程，且具有較多的角度，相較於只有展示呼、吸氣時，胸腔內器官前後位置圖片的靜態表徵明顯，不需只依靠圖片與文字來想像動作，因此動態表徵比靜態表徵看起來較簡單而容易理解；表示動態表徵能直接呈現動作的特性，能幫助大部份學生學習呼吸時，胸腔內器官移動過程的知識。然而 sP2-2 則是選擇靜態，但他有一個前提是當靜態能呈現一個動作的連續圖片為選擇條件；若靜態單純只有呈現文字，則會選擇動態表徵。這個意見顯示出靜態與動態表徵的最大特徵差異處，即是動態表徵的速度是無法由閱讀者所控制，因此表示本研究的動態表徵可能對部份學習者而言，動作呈現速度太快，以致於難以理解呼、吸氣時，胸腔內器官的動作改變。

表 4-4-2 晤談問題—「Q. 有助於理解人體胸腔內的器官立體結構／移動過程之表徵類型？」學生之回答類型

Q.有助於理解人體胸腔內的器官立體結構之表徵類型？		SP 1-1	SP 1-2	sP 1-1	sP 1-2	Sp 1-1	Sp 1-2	sp 1-1	sp 1-2	SP 2-1	SP 2-2	sP 2-1	sP 2-2	Sp 2-1	Sp 2-2	sp 2-1	sp 2-2
表徵類型		同	同	同	動	動	動	靜	動	靜	同	動	動	動	動	動	動
動態	因角度多具立體感，且會動作，容易理解						✓		✓					✓	✓	✓	✓
動態	因為有呈現出整體					✓											
動態	其他或無說明				✓							✓	✓				
皆同	因為兩種表徵的圖相同或無說明	✓	✓	✓							✓						
靜態	因為可自己調整速度，而且動態太快							✓									
靜態	因為角度多，以及保特瓶的例子									✓							
Q.有助於理解呼吸時，胸腔內器官移動過程之表徵類型？																	
表徵類型		動	動	動	動	動	動	動	動	動	動	動	靜	動	同	動	動
動態	直接呈現運動過程，容易理解	✓	✓			✓	✓	✓		✓							✓
動態	看起來比較立體或角度多，容易理解			✓	✓					✓	✓						
動態	比較明顯，比較簡單								✓					✓		✓	
動態	因為我喜歡動畫											✓					
皆同	感覺差不多														✓		
靜態	連續片段的截圖												✓				

70

晤談者代號說明：空間能力（Spatial ability）—大寫 S 代表高空間能力／小寫 s 代表低空間能力；

先備知識（Prior knowledge）—大寫 P 代表高先備知識／小寫 p 代表低先備知識；

表徵順序—靜動組為 1／動靜組為 2；最後一碼受試者流水號 1／2

靜：代表靜態表徵／動：代表動態表徵／同：代表兩種表徵同等重要

✓：代表此晤談者的回答類型

二、表徵類型的助益與表徵呈現順序喜好之分析

受到表徵類型的特性所限制，靜態表徵與動態表徵所呈現的內容主旨不同（詳見第三章第三節）。想知道靜態與動態表徵中，何種類型的表徵對於學習者的助益較大，故問：「請問靜態與動態，哪一種呈現類型對你學習人體呼吸運動概念的幫助最大？」，其十六名晤談結果如表 4-4-3 所示。本研究的靜態表徵涵蓋的內容為人體胸腔的構造、原理與呼吸運動，範圍較動態表徵的廣泛，但因此靜態內容的文字較多；統計的結果發現，靜動組與動靜組中同時具有高空間能力與高先備知識的晤談學生，皆選擇較乏味但內容豐富的靜態表徵；表示高空間能力與高先備知識的學生較能不受於表徵特性所造成乏味的影響，而選擇出有利自己於最大知識學習的表徵類型。再比較其餘的靜動組與動靜組的晤談學生，發現其他五位靜動組之晤談學生（sp1-2、Sp1-1、Sp1-2、sp1-1、sp1-2），皆選擇動態表徵，認為動態表徵的內容由於直接呈現的特性而有趣、易學習。對照這些學生的能力多屬於低先備知識者，表示先閱讀靜態，後使用動態的低先備知識的學生，可能是受到動態表徵的特性所吸引，或是困於自己先備知識的影響，才認為動態表徵較簡單而有助於自己學習人體呼吸運動的概念。

最後，想了解學習者對於表徵呈現順序的想法，故問：「學習人體呼吸運動概念所閱讀的靜態與動態，你比較喜歡哪一種呈現順序？為什麼？」，其十六名晤談結果如表 4-4-3 所示。統計結果顯示，有七名晤談學生喜歡先閱讀靜態再使用動態表徵，晤談學生喜歡由靜態至動態的主要理由為：靜態的內容豐富，所以可以先為人體呼吸運動概念作完整介紹，動態表徵則可作為靜態表徵的複習或是補充呼吸時，胸腔內各器官的運動過程。有六名晤談學生喜歡先觀看動態再看靜態，喜歡由動態至靜態的主要理由為：認為動態表徵簡短扼要，可以先為人體呼吸運動概念作基礎，再由靜態表徵作深入介紹。而有兩名學生對於表徵呈現的順序表示無意見，sp2-1 認為任何一種表徵呈現順序都可以，是因為他認為不論何種呈現順序，整體而言還是都會閱讀到每一種表徵，因此認為不同表徵順序對於

學習不會有差異。另一位 Sp2-2 認為靜態表徵與動態表徵相較下，靜態表徵只是多涵蓋保特瓶模型的內容，因此他認為靜態與動態表徵無需再意順序排列，只要把保特瓶模型的相關知識夾在兩種表徵之間，讓學習者在閱讀第一個表徵後，接著看到不一樣的知識內容，認為能讓學習者印象更加深刻，然後才繼續觀看第二個表徵；這也顯示對於 Sp2-2 而言，第二個表徵屬於複習的功能。最後的 sp2-1 則表明只想看動態表徵，因為只喜歡動畫。根據上述結果與表 4-4-3 可發現，晤談學生自身的空間能力、先備知識與表徵順序組別，對於表徵呈現順序的喜好似乎無影響。

表 4-4-3 晤談問題—「Q. 最有利於理解人體呼吸運動的表徵類型／最適宜的表徵呈現順序？」學生之回答類型

Q.助益最大的表徵類型		SP 1-1	SP 1-2	sP 1-1	sP 1-2	Sp 1-1	Sp 1-2	sp 1-1	sp 1-2	SP 2-1	SP 2-2	sP 2-1	sP 2-2	Sp 2-1	Sp 2-2	sp 2-1	sp 2-2
表徵類型		靜	靜	靜	動	動	動	動	動	靜	靜	動	靜	兩	同	動	靜
動態	比較簡單、有趣，容易了解						✓		✓								✓
動態	因為有旁白解說與動作過程					✓		✓									
動態	因為靜態的文字太多				✓												
動態	因為不喜歡靜態，只喜歡動態											✓					
靜態	內容比較豐富與詳細	✓	✓	✓						✓	✓		✓				✓
皆同	內容差不多														✓		
兩者	兩者都很重要													✓			
Q.表徵呈現順序的偏好																	
表徵呈現順序		動 靜	靜 動	動 靜	靜 動	靜 動	靜 動	動 靜	動 靜	動 靜	靜 動	動	動 靜	動 靜	皆可	皆可	靜 動
由靜態至動態	靜態先作整體介紹，動態再作複習或補充		✓		✓		✓			✓	✓						✓
由靜態至動態	才會有繼續看下去的動力					✓											
由動態至靜態	先以動態作基礎，再由靜態作深入介紹	✓		✓									✓	✓			
由動態至靜態	若先看靜態的文字與圖片無法理解呼吸過程							✓									
由動態至靜態	動態印象深刻，再看靜態會比較清楚								✓								
皆可	只要保特瓶的知識放在中間														✓		
皆可	都會看到															✓	
只要動態	因為我只喜歡看動態											✓					

73

晤談者代號說明：空間能力（Spatial ability）—大寫 S 代表高空間能力／小寫 s 代表低空間能力；

先備知識（Prior knowledge）—大寫 P 代表高先備知識／小寫 p 代表低先備知識；

表徵順序—靜動組為 1／動靜組為 2；最後一碼受試者流水號 1／2

靜：代表靜態表徵／動：代表動態表徵／同：代表兩種表徵同等重要／靜動：偏好先靜態後動態／動靜：偏好先動態後靜態

✓：代表此晤談者回答類型

第五章 結論與建議

本章主要可分為三節，第一節將獲得的研究結果整理後呈現，並與研究問題作對應。第二節為依據研究問題與其結果作進一步討論。最後，第三節為教學與未來的研究方向提出建議。

第一節 結論

本研究設計人體呼吸運動概念的靜態與動態表徵兩種表徵類型，提供給七年級的學生閱讀，分析表徵順序、空間能力或先備知識對於學生學習人體呼吸運動概念的影響。研究結果來自屬於量化資料的測驗卷前後測，以及質性的十六名晤談資料之分析，將結果與研究問題對應後如下列所示：

研究問題（一）：在多重表徵的閱讀活動前後，不同表徵順序組別、空間能力、先備知識的學生，對「人體呼吸運動概念」的理解是否有差異？

經由概念前後測結果顯示，在經由多重表徵的閱讀活動後，學生對於人體呼吸運動的理解皆有顯著的進步；而且不囿於表徵順序組別的不同，或是空間能力、先備知識高低的影響。這樣的結果，也表示本研究的表徵設計與內容，有助於學習者學習人體呼吸運動概念。

研究問題（二）：表徵順序組別、空間能力、和先備知識是否影響學生對「人體呼吸運動概念」的學習成效？

由於本研究未採隨機分配的方式來分組，不同表徵順序組的學生在空間能力與先備知識上可能已具差異，故先以組間迴歸係數同質性的檢定確定空間能力、

先備知識對於概念後測的影響，結果顯示先備知識為概念後測的共變項。進而再採共變數分析以調整原來存在於不同表徵順序組的差異。分析表徵分組與空間能力此兩因子交互作用，對人體呼吸運動概念學習之影響結果，對於低空間能力的學生而言，不同表徵順序對其學習成果的影響不大；但對於高空間能力的學生來說，使用先靜態再動態表徵順序的學習成效遠優於先動態再靜態的順序。然而，因無法排除其他因子，單純檢測先備知識此因子對於學習之影響，故無法對先備知識是否影響學生對「人體呼吸運動概念」的學習成效進行討論。

研究問題（三）：表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，回答與人體呼吸運動概念的立體空間性晤談問題，其正確與理由完整性是否有差異？

將質性與量化結果作對照，發現具有高空間能力和高先備知識者（SP 者）會選擇在測驗卷中填下從表徵上獲得的答案，單有高空間能力或高先備知識者（Sp/sP 者）在測驗卷中選擇填下自己認知中的答案，低空間能力和低先備知識者（sp 者）的測驗卷答案則與自己認知多不相符。深入比較，發現動靜組會受題意、選項不同，影響其選擇，可能是因此為先看動畫，而產生欺騙性清晰度之現象。此外，因為能正確的回答並以理論作解釋者，皆屬高空間能力，故空間能力高可能有助於學習者理解體積與壓力的原理與應用。

研究問題（四）：表徵順序組別、空間能力、先備知識不同的學生，所偏好的表徵類型與表徵順序是否有差異？

動靜組偏好使用靜態來理解人體胸腔內器官的相對位置，但靜動組則偏好動態，此現象可能是因為表徵呈現順序不同所致，推測生手若先使用動態則學習負荷較大。多數晤談者表示動態表徵能直接呈現動作的特性，更能幫助他們學習呼吸時，胸腔內器官移動過程的知識，但卻只有少數能正確的說出肋骨擺動的幅度；表示動畫雖有助於理解肋骨抬升的軌跡與幅度，但仍需以其他方式協助理解。最

後，同時具有高空間能力與高先備知識的學生，較能不受於靜態表徵特性所造成乏味的影響，而選擇出有利自己於最大知識學習的表徵類型；而空間能力、先備知識或表徵順序組的不同，與學生的偏好表徵順序沒有明顯的關聯。

第二節 討論

本節將依據第一節的結論作進一步統整與討論，可分為三大項：表徵順序對於學生學習「人體呼吸運動概念」的影響、空間能力與先備知識對於學生學習「人體呼吸運動概念」的影響、適合的表徵類型與表徵順序偏好。

一、表徵順序對於學生學習「人體呼吸運動概念」的影響

依據本研究的紙筆測驗結果，發現對於高空間能力者而言，使用先靜態再動態表徵順序的學習成效遠優於先動態再靜態的順序；但對於低空間能力的學生，不同的表徵順序，對於其學習成果的影響不大。其次，在人體呼吸運動概念的前測時，高先備知識顯著高於低先備知識組，但後測時兩組卻無顯著差異。上述兩個結果皆符合 Mayer (2001) 提出的個別差異效應 (individual differences effect)。其效應主要是指良好的表徵設計效應 (design effect) 對於高空間能力者的影響大於低空間能力者，而所謂的良好表徵設計應符合空間效應 (spatial-contiguity)、時間接近原則 (temporal-contiguity)、連貫原則 (coherent) 等；本研究的靜態與動態表徵設計即是以 Mayer (2003) 提出的多媒體效應、個人化效應與空間效應 (詳見第三章) 為設計理論，故符合良好表徵設計的條件。

表徵設計效應對於高空間能力者影響較大的主要理由為「建立訊息的方式」，若呈現不良表徵設計時，則高、低空間能力者皆需要花費心力在建立圖像與語音

的表徵間聯結；但當呈現一個良好的表徵設計，高空間能力者能快速的將圖像與語音的表徵間建立適合的聯結，低空間能力者卻仍需要花費心力在建立此聯結；因此當使用良好的表徵呈現一概念時，空間能力則可作為增強物（enhancer）來幫助理解與學習。同理推論，若呈現為一個適合的表徵順序，則高空間能力也能比低空間能力者更快速的將前、後兩表徵間建立適合的聯結，此時高空間能力者的學習表現應優於低空間能力者；對應於本研究的量化結果，先靜態再動態表徵順序屬於良好的表徵呈現順序。若對照質性資料，發現學習者尚未建立基礎的人體呼吸相關知識，就先使用動態表徵進行閱讀，容易產生欺騙性清晰度（deceptive clarity）之現象，指的是學生易被表面的特徵吸引，並且高估自己對概念的理解程度，好發生在只能被動的閱讀，而無法直接觀察的內容，因為沒有方法可以去驗證自己的推測（Linn、Chang、Chiu、Zhang & McElhaney，in press）。尤其當學習者為高空間能力時，更易被表徵的表面特徵吸引，造成太過高估自己對概念的理解程度；所以高空間能力者不適合先閱讀動態的呈現順序。

此外，Mayer(2001)提出的個別差異效應也指出良好的表徵設計效應（design effect），對於對低先備知識者的影響大於高先備知識者。主要理由為當呈現不良的表徵時，則高先備知識者能以自身的先備知識作為補償，自行形成心像，但低先備知識者無法；而良好的表徵則皆能幫助高、低先備知識者在工作記憶（working memory）區，直接同步建立圖像和語音表徵的聯結；因此對於表徵的理解與學習，先備知識扮演補償物（compensator）的角色。同理推衍，若呈現為一個適合的表徵順序，皆能幫助高、低先備知識者在前、後兩表徵間建立適合的聯結，此時高、低先備知識者學習表現皆進步；對應於本研究的量化結果，使用先靜態再動態表徵順序屬於良好的表徵呈現順序。

根據晤談資料，靜動組偏好動態表徵，但動靜組卻喜好靜態的相反結果。推

測造成此現象的主因為 Lowe (2003) 提出的認知負荷，Lowe 認為動畫具有隨時間改變、以及同時數個動作改變的特性，這些特性需要學習者具有良好的記憶力以能記得前後的變化，並需同時注意不同物件的動作，所以不利於低先備知識者初學新概念。因此當本研究的初學者已透過靜態建立基礎的人體呼吸相關知識後，才使用動態表徵，則會認為動態速度適宜，呈現內容方式良好；但當生手尚未建立基礎的知識，就先使用動態表徵進行閱讀，則會認為動態表徵速度太快。此外，將量化資料與晤談資料相對照，顯示動靜組學生在面對「體積、壓力原理」相關問題時，會受到題意與選項而影響其選擇，但靜動組無此現象；推測此結果很可能是因為先閱讀動態表徵，造成對於人體呼吸時，胸腔內器官的動作變化、尤其是肋骨顯眼的動作特徵印象深刻，使得動靜組學生產生欺騙性清晰度 (deceptive clarity) 之現象。依據上述兩結果顯示，動態表徵不適合作為第一表徵。

綜合上述理論與證據，顯示學習時先使用靜態，而後動態的表徵呈現順序之學習效果為佳，符合 Giunchiglia 和 Walsh (1992) 提出的抽象化的想法。因為本研究中的靜態所呈現的內容較廣泛且細節多，能讓學習者先對人體呼吸運動概念建立一個完整的樣貌，再由動畫單純呈現人體呼吸運動的動作，作為提出此概念之精髓重點，經由靜至動的學習過程，透過除去枝微末節、點出概念之精要，同時能為動作呈現補充資訊的作用，因而學習效果較佳。可見透過減少細節的學習過程，使概念得已提升、抽象化，可達到對概念獲得深層理解的效果。

二、空間能力與先備知識對於學生學習「人體呼吸運動概念」的影響

於筆試的結果中，雖然顯示無論空間能力的高低，對於整體的人體呼吸運動概念理解，皆有顯著的進步；但結果也顯示在由靜到動的教學順序中，高空間能力者的學習成效顯著高於低空間能力者。此外，面對「如果保特瓶瓶身破裂，則

內部氣球會怎麼樣？」的晤談問題，能正確的回答並以理論作解釋者，皆屬高空間能力的學生。上述結果表示空間能力高，可能有助於學習者理解人體呼吸運動概念與體積、壓力的原理與應用。此結果相符於許多研究驗證在科學與數學有優異表現的學生，其空間能力也高的現象（Stavridou、Kakana，2008；Macnab、Johnstone，1990；Bishop，1978）。雖然表現優異的現象並非呈現在與空間知識相關的題目上，但Wu & Shah（2004）也指出空間能力高能幫助學生學習概念，即使是與空間無緊密關係的知識上；表示高空間能力也許間接的幫助學習者學習人體呼吸運動概念。

目前許多先備知識對於學習成就影響的相關研究結果顯示，學生的先備知識與學習成果大多具有正相關，但並非在每一個知識層面都有顯著的影響（李彩瑩，2008；陳恆迪、徐順益，1994；許良榮，1996a）。而在本研究的概念測驗結果顯示，在經過多重表徵的閱讀後，高、低先備知識者對於整體的人體呼吸運動概念理解，以及不同知識類型（事實性、概念性與立體空間）的人體呼吸運動概念，兩者皆具有顯著的進步。此外，在比較使用不同表徵的各個研究中，可發現使用相同的學習條件，對於不同先備知識的學生之學習影響有所不同（Mayer，2001；Moreno & Mayer，1999）。然而，本研究因無法單純檢測先備知識對於學習之影響，故無法再進一步討論先備知識的高低，是否影響學生對「人體呼吸運動概念」的學習成效。

不同的空間能力或先備知識者，在回答部份問題時，選擇的表徵類型有明顯的差異。像是在「有助於理解人體胸腔內器官的立體結構」晤談題目中，選擇動態的多為屬於低空間能力、低先備知識或同時為低空間能力與低先備知識者；或是在「有助於學習人體呼吸運動概念」晤談題目時，選擇概念內容較多的靜態表徵多為同時具有高空間能力與高先備知識的學生。造成此差異現象符合 Clark

(1983)發現高能力的學生比較願意去選擇需要花時間建構、較為複雜的表徵，但低能力者卻會盡量避免此類型的表徵的現象。因此同時具有高空間能力與高先備知識的學生，比較能選擇有利於自己學習的表徵；但也有可能是低先備知識者，受到動態表徵的特性所吸引，抑是囿於自己先備知識的影響，認為動態表徵較簡單而有助於自己學習人體呼吸運動的概念。

三、適合的表徵類型與表徵順序偏好

由於人體呼吸時，胸腔內各個器官移動同時的、複雜的，且屬於無法觀察的知識，更難以使用靜態表徵作適當的動作訊息呈現；故在選擇「理解呼吸時，胸腔內器官的移動過程」的表徵類型時，無論是表徵順序組、空間能力或先備知識的不同，大部份晤談學生皆選擇動態表徵。此外，在回答肋骨於吸氣時，向上抬升幅度正確的晤談者皆選擇動態表徵。表示動態表徵能夠直接呈現動作的特性，能更有效的幫助學習者學習呼吸時，胸腔內器官移動過程的知識，與理解肋骨抬升的軌跡與幅度。

雖然回答「學習人體呼吸運動概念助益最大的表徵順序」時，學生所偏好的表徵順序與其空間能力、先備知識或表徵順序組的不同沒有明顯的關聯，但偏好的理由相仿。首先，偏好先使用靜態，後閱讀動態表徵的理由主要為：因為靜態表徵所涵蓋的內容比較豐富，所以可以先為人體呼吸運動概念作完整介紹，再使用動態表徵，作為複習或是補充運動過程之用；這樣的理由符合 Ainsworth(1999)提出多重表徵功能的補充角色 (complementary roles)。本研究的靜態表徵與動態表徵承載相同的資訊有人體的胸腔結構與呼吸時，胸腔內的運作；但也各別承載部份不相等的資訊，靜態重視在呼吸運動的原理，而動態則重視胸腔內器官呼吸時的運動軌跡，因此達到互補資訊的功能。另一派偏好先閱讀動態再看靜態的學習者，理由為動態簡短扼要，可以先為人體呼吸運動概念作基礎，再由靜態表

徵作深入介紹；同樣也達到互補資訊的功能。雖然不同的表徵順序擁有各自的支持者，但依學習成果而言，使用由靜態至動態的表徵呈現順序較佳。

第三節 建議與未來研究方向

一、研究方法之建議

(一) 研究工具之建議

本研究所使用的人體呼吸運動概念測驗卷，雖已事前作過預測與修改，但在正式施測時仍有少數學生反應看不懂題目，故需不斷的改進，以能達到良好的診斷效果。此外，本研究的表徵皆以電腦作為傳遞訊息的媒介物，然而卻以紙筆測驗與晤談作為評量方式，受限於紙筆測驗的特性，故測驗卷上的人體呼吸圖片與研究上的表徵圖片不同，呈現方式的不同可能無法準確的診斷出學習者的知識，故建議應改以使用同樣的方式，以透過電腦、呈現相仿的圖片進行測驗與作答。

(二) 表徵設計之建議

晤談時發現，許多學生認為靜態表徵所包含的文字太多，導致閱讀的興趣下降。故建議靜態表徵呈現的文字量應視學習者的閱讀程度，予以適當的修減，或是延長閱讀時間，也可將內容分次閱讀，以降低荷負與乏味。在動態表徵中，主要呈現的為呼吸時人體胸腔內部改變，但對於生手而言速度會太快；故建議在呼吸時，胸腔內部動作的呈現上，第一次的呼、吸氣，以分解動作、慢速度的方式表現，解說完後再回復至人體呼吸的速率，應能有助於初學者的學習。

二、教學之建議

(一) 表徵順序使用之建議

依據本研究的紙筆測驗結果顯示，靜動組學習者的學習成果較佳，也比較不會產生欺騙性清晰度之現象。故建議教學中，先閱讀靜態表徵，才使用動態表徵的呈現順序；也將此結果提供給表徵設計者，建議在設計表徵時，也能採取先呈現靜態，後呈現動態的表徵順序。

（二）表徵使用之建議

本研究結果顯示，無論是表徵順序組、空間能力或先備知識的差異，大部份的學生雖能說出吸氣時，肋骨上抬；但卻無法觀察肋骨上抬幅度的細微改變，故此部份仍需由教師予以適當的導引。

（三）模型使用之建議

於晤談時發現，使用保特瓶模型，讓學生能直接使用與觀察，有助於部份學生理解人體呼吸運動概念。故建議於教學時，能使用保特瓶模型作輔助。

三、未來研究之建議

（一）研究實施時間之建議

受限於施測時間，使得本研究閱讀表徵時間相當短促；然而欲讓學生建立完整的概念，應提供充裕的時間，以能完整的消化新知識並吸收，故建議將時間作更適當的延長。

（二）研究分組之建議

由於本研究未採隨機分配的方式來分組，導致無法針對「先備知識」是否影響「人體呼吸運動概念」的學習成效進行檢測；故建議未來研究時，能採取隨機分配的方式分組。

（三）延宕測驗

雖然整體而言，學習者的學習成果皆為顯著的進步，但欲進一步瞭解整體學生良好的學習成果是短暫硬記、抑是真正理解，應再施予延宕測驗作追蹤。

（四）表徵使用之建議

正式活動時，發現靜動組與動靜組閱讀不同表徵的時間似乎有所差異，但因當時準備不夠充份而無完整記錄；故建議若進行相關研究時，可進一步觀察不同表徵順序組，在閱讀各個表徵所需的時間，與整體所需的時間。

（五）欺騙性清晰度研究之建議

本研究的動靜組之高空間能力者雖然出現欺騙性清晰度的現象，但並不代表其他能力或組別的學習者沒有此現象之情形，故可進一步探討此問題。建議可將受試者分成兩組，使其閱讀完表徵後，一組先填寫自認為對於表徵的理解程度問卷，再施予測驗；另一組則相反。比對兩組的問卷與測驗卷結果，也許能更直接的獲得有關於易產生欺騙性清晰度的對象等訊息。

（六）其他學科或概念之建議

本研究的人體呼吸運動概念屬於無法直接觀察的現象，而靜態設計承載的內容較豐富、廣泛，動態則呈現的為人體呼吸運動之精要。故凡是概念、現象屬於無法直接觀察，需搭配圖片、文字與動畫說明，同時靜態承載的內容比較廣泛、動態屬於精要的情況下；則先閱讀靜態後使用動態順序下，其學習成效較佳之現象，應皆可推演至其他學科或概念。

參考文獻

(一) 中文文獻

- 丁斌悅 (2001)。國二學生學習線型函數時的概念表徵發展研究。國立台灣師範大學數學所碩士論文，未出版，台北。
- 左台益、蔡志仁 (2001)。動態視窗之橢圓教學實驗。師大學報 4 (1, 2): 21-42.
- 吳淑珍 (2004)。排灣族國中一年級學生呼吸作用另有概念之探究。屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 李岱芳 (2001)。情境式學習在「氧化還原」網站之應用與研究。靜宜大學應用化學研究所碩士論文，未出版，台中。
- 認知心理學 (李素卿譯) (2003)。台北市：五南。(原出版年：2000年)
- 李彩瑩 (2008)。不同概念圖形式融入生態議題電子故事繪本對不同先備知識國小學童之學習成效影響研究。國立新竹教育大學數位學習科技研究所，未出版，新竹。
- 卓沛勳 (2007)。空間能力測驗之因素分析。國立台灣科技大學技術及職業教育研究所，未出版，台北。
- 周孚平 (2004)。屏東縣漢原族群國中學生有關呼吸作用迷思概念形成原因之研究。屏東師範學院數理教育研究所，未出版，屏東。
- 林小慧 (2005)。具體影像空間教學策略與中學生理化學習之相關研究。國立臺北教育大學自然科學教育學系，未出版，臺北。
- 邱美虹和陳英嫻 (1995)。月相盈虧之概念改變。師大學報，40，509-548。
- 邱惠芬 (2003)。多媒體介面對國小學童學習動機、學習成就及學習保留的影響。國立屏東師範學院科技研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 凌久原 (2007)。動態多重表徵對於國中生幾何單元學習成效之影響。國立成功大學教育所碩士論文，未出版，台南。
- 高慧蓮、吳淑珍、蘇明洲 (2004)。國小三年級學童呼吸作用另有概念成因之探究。屏東師院學報，20，355-384。
- 張春興 (2006)。教育心理學—三化取向的理論與實踐。台北：東華書局。
- 梁勇能 (2000)。動態幾何環境下，國二學生空間能力學習之研究。國立臺灣師範大學數學研究所，未出版，臺北。

- 許良榮 (1996a)。課文結構與先備知識對於科學理論之學習助益性的研究。 **台中師院學報**， **10**， 471-504。
- 許良榮 (1996b)。圖形與科學課文學習關係的探討。 **教育研究資訊**， **4 (4)**， 121-131。
- 許茂聰 (2002)。國小六年級學童呼吸作用概念研究。屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 陳恆迪、徐順益 (1994)。國中學生物理概念類比學習之研究。 **科學教育**， **5**， 141-166。
- 康鳳梅 (2002)。高工學生空間能力指標建構之研究 (1/2)。行政院國家科學委員會專題研究計畫期中進度報告 (NSC91-2516-S-003-007)。台北市：國立台灣師範大學工業教育學系。
- 彭嘉妮 (2007)。國小六年級學童在分數符號、小數符號和圖形表徵三者間轉譯表現之研究。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 黃永和 (1997)。教學表徵"-教師的教學法寶。 **國教世紀**， **178**， 17-24。
- 詹森仁、郭秋田、楊永仁、顏春煌、王頌平、周國傑、洪銘仁 (2005)。 **多媒體理論與應用**。台北：旗標。
- 廖焜熙、邱美虹 (1996)。三維度視覺化技能在化學學習上的探討。 **科學教育月刊**， **189**， 14-36。
- 榮欽科技 (2008)。 **多媒體概論-理論與實務**。台北：博碩文化。
- 盧莉閔、王國華 (1999)。國中生物科施行概念改變教學策略之研究。 **科學教育**， **9**， 127-137。

(二) 英文文獻

- Ainsworth, S. E. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, *33*, 131-52.
- Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16(3)*, 183-198.
- Ainsworth, S. E. & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, *14(3)*, 241-255.

- Bishop, J. E. (1978). Developing students' spatial ability. *The science teacher*, 45, 20-23.
- Clark, R.E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445-459.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Foote, M. (1981). Recognizing spatial relationships in biology. *The science teacher*, 48(2), 31.
- Giunchiglia, F. & Walsh, T. (1992). A theory of abstraction. *Artificial Intelligence*, 57, 323-389.
- Holzinger, A., Kichmeier-Rust, M. & Albert, D. (2008). Dynamic media in computer science education; content complexity and learning performance: Is less more? *Educational Technology & Society*, 11(1), 279-290.
- Krajcik, J., Czerniak, C. & Berger, C. (2002). *Teaching science in elementary and middle school classrooms: A project-based approach*. Boston: McGraw-Hill College Press.
- Lennon, P. A. (2000). Improving students' flexibility of closure while presenting biology content. *The American biology teacher*, 62(3), 177-180.
- Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning and Instruction*, 13(2), 177-189.
- Linn, M. C., Chang, H.-Y., Chiu, J., Zhang, H., & McElhane, K. (2010). Can desirable difficulties overcome deceptive clarity in scientific visualizations? In A. Benjamin (Ed.), *Successful remembering and successful forgetting: a Festschrift in honor of Robert A. Bjork* (pp. 239-262). New York: Routledge.
- Lord, T. R. (1985). Enhancing the visuo-spatial aptitude of students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 395-405.
- Lord, T. R. (1988). Is the final grade in college biology a true measure of student knowledge? *Contemporary Education*, 59(4), 219-222.
- Lord, T. R. (1990). Enhancing learning in the life sciences through spatial perception. *Innovative Higher Education*, 15(1), 5-16.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13, 157-176.

- Macnab, W. & Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24(1), 37-41.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University press.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.
- Moreno, R. & Mayer R. E. (1999). Multimedia-supported metaphors for meaning making in mathematics. *Cognition and Instruction*, 17, 215-248.
- Pellegrino, J. W., & Kail, R. (1982). Process analyses of spatial aptitude. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, Vol. 1. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Russell-Gebbett, J. (1984). Pupils' perceptions of three-dimensional structures in biology lessons. *Journal of Biological Education*, 18(3), 220-226.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141-56.
- Schnotz, W. & Lowe, R. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 13, 117-123.
- Stavridou, F. & Kakana, D. (2008). Graphic abilities in relation to mathematical and scientific ability in adolescents. *Educational Research*, 50(1), 75-93.
- Tsui, C.-Y. (2003). *Teaching and learning genetics with multiple representations*. Unpublished master's thesis, Curtin University of Technology, Australia.
- Tversky, B. and Morrison, J. B. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247-262.
- Urhahne, D., Nick, S. & Sascha S. (2009). The effect of three-dimensional simulations on the understanding of chemical structures and their properties. *Research in Science Education*, 39(4), 495-513.
- Verdi, M. P., Johnson, J. T., Stock, W. A., Kulhavy, R. W. & Whitman-Ahern, P. (1997). Organized spatial displays and texts: effects of presentation order and display type on learning outcomes. *Journal of Experimental Education*, 65(4), 303-17.
- Wu, H.-K. and Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.

研究工具使用同意書

茲同意國立台灣師範大學科學教育研究所
研究生林郁芬撰寫論文『空間能力與多重表徵順
序之關係—以「呼吸運動」概念為例』時，得引
用本人所編製之「空間能力量表」。

同意人：康鳳梅



中華民國九十九年六月

附錄二

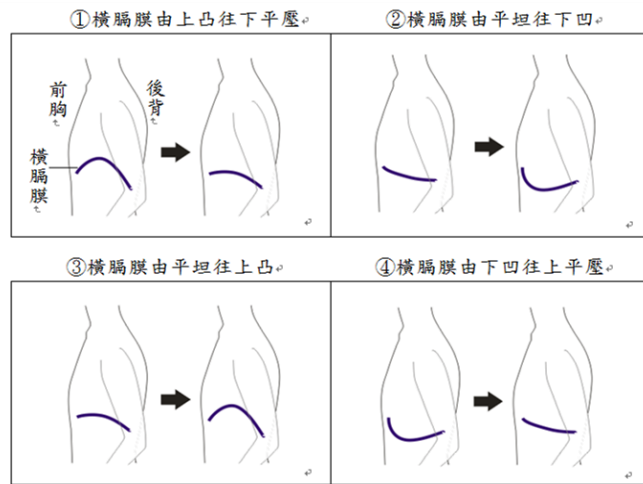
表 3-4-1 「人體呼吸運動」概念測驗範圍其對應試題之呼吸運動概念測驗卷

概念 編號	呼吸運動概念測驗卷
	一、選擇題
F-1-2	() 1.人體鼻毛的功能 ①退化的遺跡，無功能 ②保暖，使吸入的空氣較溫暖 ③保暖，維持鼻子內的溫度 ④過濾空氣中的灰塵
F-1-3	() 2.人體氣管內的纖毛的擺動方向為何？ ①朝體外 ②朝體內 ③前半部朝體外，後半部朝體內 ④前半部朝體內，後半部朝體外
F-1-3	() 3.人體氣管內纖毛的功能為何？ ①使進入身體的空氣較溫暖 ②幫助排出異物 ③利於空氣的進出 ④退化的遺跡，無功能
F-2-1	() 4.人體的肋骨有幾對？ ①8對 ②10對 ③12對 ④14對
F-2-4	() 5.人體胸腔內的臟器有哪些？ A.心臟 B.肺臟 C.胃 D.脾臟 ①A、B ②A、B、C ③B、C ④A、B、D
F-2-3	() 6.人體胸腔的範圍，下列何者正確？ A.水平：胸骨以後，脊柱以前 B.水平：肋骨以後，脊柱以前 C.垂直：鼻腔以下，橫膈膜以上 D.垂直：頸部以下，橫膈膜以上 ①A、C ②A、D ③B、C ④B、D
F-2-2	() 7.人體胸腔為一個_____的空間。下列何者為對？ ①開放 ②半開放 ③上開放下密閉 ④密閉
F-3-1	() 8.下列描述何者正確？ 呼氣時：A.肋骨向上升 B.肋骨向下降 C.橫膈膜向上升 D.橫膈膜向下降 ①A、C ②A、D ③B、C ④B、D
F-3-2	() 9.下列描述何者正確？ 吸氣時：A.肋骨向上升 B.肋骨向下降 C.橫膈膜向上升 D.橫膈膜向下降 ①A、C ②A、D ③B、C ④B、D
C-3-2	() 10.空氣能夠順利的進、出人體，達到吸、呼氣是受到_____所控制？ ①口鼻控制氣體的進出 ②氣體自行進出人體 ③人體肺部主動的改變大小 ④人體肺部被動的改變大小
C-3-1	() 11.人體呼吸運動的原理： ①藉由體積的變化，導致壓力的改變 ②藉由壓力的變化，導致體積的改變 ③由鼻子控制氣體吸入與呼出 ④由肺部控制氣體的吸入與呼出

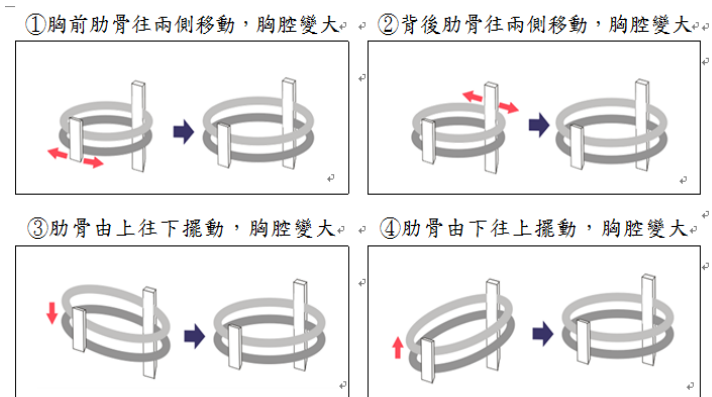
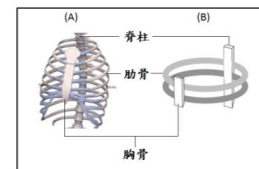
F-3-3 () 12.人體肋骨的移動是受到_____所控制。下列何者為對？ ①肋骨自身 ②肺的改變 ③肌肉 ④橫膈膜的改變

C-3-2 () 13.呼吸時，肺部大小的改變是受_____所控制。下列何者為對？ ①口鼻控制氣體的進出，導致肺部變大、變小 ②由喉、咽控制氣體的進出，導致肺部變大、變小 ③肺部自身壓力的改變 ④胸腔壓力的改變

S-3-2 () 14.下列人體側面透視圖中，何者為吸氣時，橫膈膜（為體內的粗線）的位移方向？



S-3-2 () 15.右圖(A)為人體胸腔骨架，(B)為簡單的示意圖。吸氣時，肋骨會移動造成胸腔變大。請問下列人體示意圖中，何者為吸氣時，肋骨的移動方向？



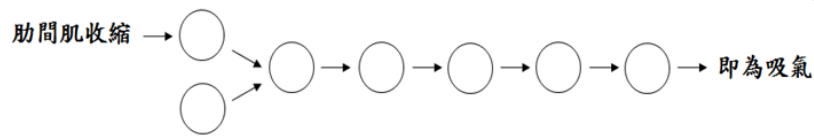
C-3-1 () 16.小明不小心在樓梯摔了一跤，他爬起來看身上沒有流血，但總覺得呼吸困難，於是去醫院照X光，才發現他肋骨已輕微骨折，還刺破肺…。請問小明為什麼會覺得呼吸困難？請問下列何者的原因較為正確？ ①因為肋骨無法上舉又壓住了肺，使肺無法變大吸入空氣 ②因

為刺破了肺，導致空氣吸入又從肺漏出，使得肺不能吸收氧氣 ③因為肺被刺破了，導致胸腔的內外壓力相等，使得肺無法變大 ④因為肋骨刺破肺泡而無法交換氣體，再加上肺部的不完整，使得呼吸時氣體流動不順

二、填空繪圖題

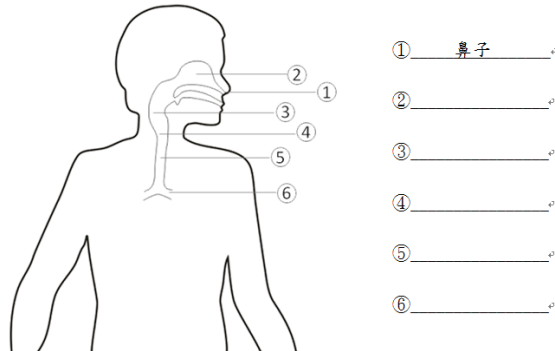
1. 請將下列所提供的資訊根據吸氣時的機制與過程作適當的排列。

- ①胸腔內壓力降低 ②胸腔體積變大 ③橫膈收縮而下降 ④空氣進入肺
⑤肋骨向上移動 ⑥肺脹大 ⑦肺內壓力低於大氣壓力。



2. 當肋骨_____（上升/下降），此時的橫膈膜會_____（上升/下降），使得肺_____（變大/變小），造成呼氣。

3. 小可正在學習人體呼吸器官，但是畫了一半後剩下『肺』卻不會畫了，請幫他把『肺』畫上；並填寫數字標號的呼吸器官名稱。

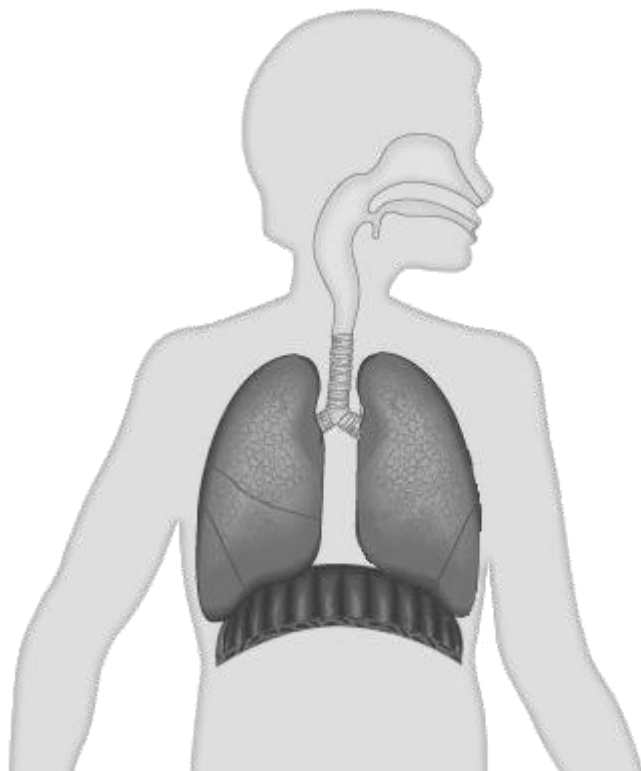


附錄三：學習單一靜態

班級_____ 姓名_____ 座號_____ 日期_____

1. 下圖為人體的呼吸系統，請標示出下列七個構造的位置：

鼻腔、咽、喉、氣管、支氣管、肺、橫膈膜



2. 請問纖毛擺動的方向與功能？
3. 請寫出胸腔中有哪些臟器？
4. 請問胸腔的範圍（由前到後、由上到下）？

由前到後：_____

由上到下：_____

5. 請問肋間肌的位置與功能為何？

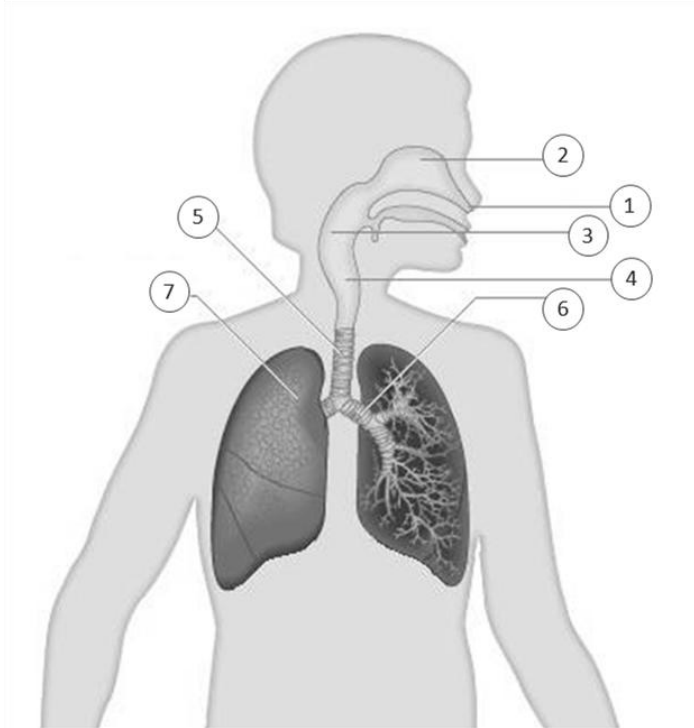
6. 當體積變大時，壓力會變_____（變大/不變/變小），氣體會由壓力_____往壓力_____的地方流動。
7. 當拉扯黃色紙條時，紫色氣球往下降，則紅色氣球會_____（變大/變小）。
8. 如果保特瓶破一個洞時，同樣再拉扯黃色紙條讓紫色氣球往下降，則紅色氣球會_____。為什麼？_____
9. 當胸腔內的_____與_____移動，能夠改變胸腔體積與壓力。
10. 肋間肌收縮時，肋骨會_____（上升/下降）；橫膈膜收縮時，橫膈膜會_____（上升/下降）。
11. 當肋間肌_____時，使得肋骨抬升，此時的橫膈膜會_____（上升/下降），造成吸氣。
12. 當胸腔體積變小時，胸腔內的壓力_____（變大/變小），造成空氣流出體外，因此使得肺_____（變大/變小），即是呼氣。
13. 請寫出投影片第 14 張的吸氣與呼氣時，肋骨、橫膈膜與肺的差異。

	吸氣時	呼氣時
肋骨		
橫膈膜		
肺		

學習單一動態

班級_____ 姓名_____ 座號_____ 日期_____

1. 下圖為人體的呼吸系統，請寫出下列標示出的構造名稱：



①_____

②_____

③_____

④_____

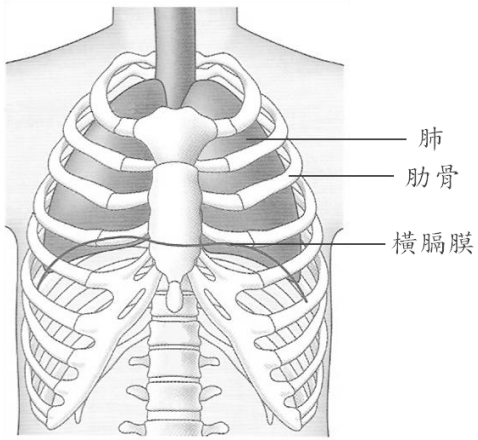
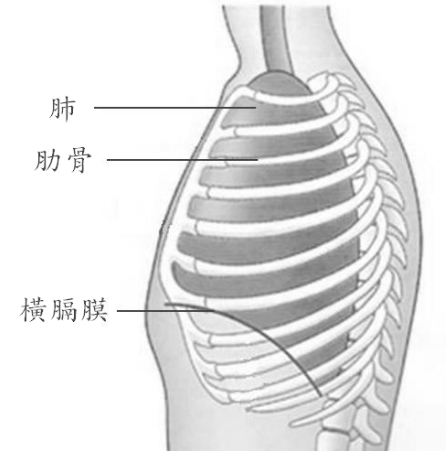
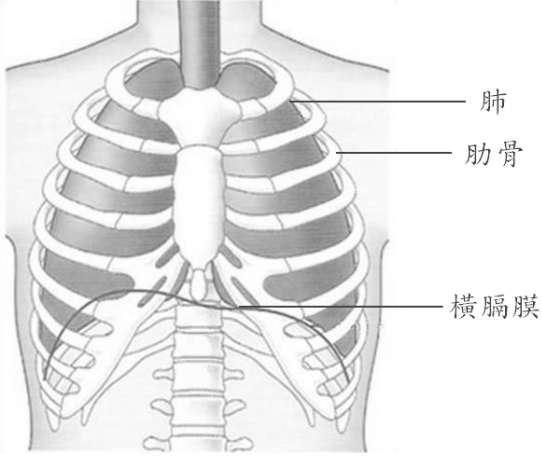
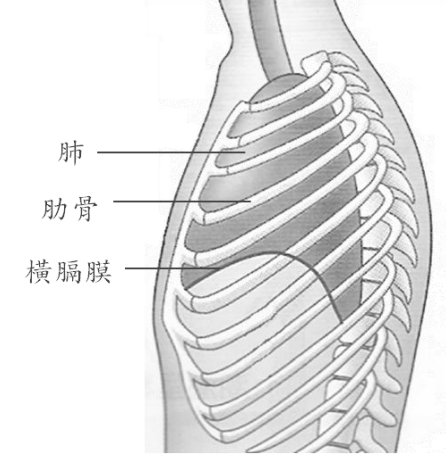
⑤_____

⑥_____

⑦_____

2. 肺的大小受到胸腔的肋骨與_____的控制。
3. 橫膈膜_____時，會上升。
4. 要讓肺變大，肋骨需要_____（上升/下降），而橫膈膜_____（上升/下降），氣體才會被吸入。
5. 呼氣時，表示橫膈膜_____（上升/下降），胸腔的空間變_____。
6. 氣體會由壓力_____往壓力_____的地方流。
7. 咳嗽時，表示橫膈膜比呼氣時，_____（上升/下降）的幅度更多。

8. 請圈選出下列圖示中，何者為吸氣、呼氣。

	正面		側面
吸氣 / 呼氣		吸氣 / 呼氣	
吸氣 / 呼氣		吸氣 / 呼氣	

附錄四：晤談題幹

● 呼吸運動概念題：(重點一體積與壓力&肋骨與橫膈膜)

Q. 胸腔是密閉還是開放性空間？追問：密閉胸腔的範圍？為什麼是密閉？不是有連到嘴巴跟鼻子嗎？

Q. 保特瓶模型：你覺得這個對照的是哪個器官？(連結到人體結構) —

1. 在正常的模式下，其內部氣球會怎樣？就像是人的吸/呼氣？

2. 如果內部裡的氣球破洞（是等於人的？破掉），則會怎麼樣？為什麼？

3. 那如果瓶身破裂（是等於人的？破掉），則會怎麼樣？為什麼？！

Q. 吸氣和吐氣時，胸腔體積大小是如何改變？肺的變化是怎樣？肋骨與橫膈膜又是怎麼改變？(使用保特瓶模型或手做示意)……作答單(答案前後記錄)~
(真的嗎？你確定是這樣嗎？給你選擇再看一次靜態或動畫，你再回答我，但你只能撰擇其中一種。) 信心?!

Q. 根據學生的概念前、後測、學習單相對照，詢問概念錯誤的題目？

● 喜歡的表徵順序？為什麼？

Q. 從動畫中，你學到什麼？(Ex:人體有什麼)

Q. 從靜態中，你又學到什麼？

Q. 那動畫和靜態這兩種，你覺得有什麼不同？差別在哪（比較大的差異）？

對你而言，人體胸腔內的器官相對位置，哪一種呈現方式，比較好?為什麼？

那如果是人體胸腔的立體結構（定義）來說呢？哪一種對你來說比較容易理解？為什麼？

如果是呼吸時，胸腔內肋骨、橫膈膜移動的過程呢？哪一種表現方式，比較好?為什麼？

Q. 那你認為動畫跟靜態相較下，哪一種呈現對你學習呼吸運動最有幫助？為什麼？

Q. 若你只看靜或動其中一種，對你有沒有影響？若有，則那個呈現對你學習呼吸運動的幫助是？

Q. 那你認為先動畫再靜態好？還是先靜態再動畫好？為什麼？(能否動-靜-動/靜-動-靜?)

Q. 觀看靜態時，裡面的內容，有沒有讓你看不懂的部份？

Q. 觀看動態時，你覺得比較有問題的地方？

Q. 在內容呈現的部份，你認為有沒有需要改進的地方？

附錄五：晤談時之作答單

班級_____ 姓名_____ 座號_____ 日期_____

原本的答案

	吸氣	呼氣
胸腔體積大小		
肺的變化		
肋骨的移動		
橫膈膜的移動		

.....

後來的答案

	吸氣	呼氣
胸腔體積大小		
肺的變化		
肋骨的移動		
橫膈膜的移動		