

# 一位國小六年級學童呼吸作用概念之個案研究

高慧蓮\* 許茂聰 蘇明洲

## 摘 要

本研究旨在探究一位學業成就中上程度的國小六年級學童對於動植物呼吸作用的另有概念。研究方法是利用進行開放式紙筆測驗、概念構圖、人體呼吸繪圖、綠色植物呼吸繪圖及晤談等方法建構出此位學童對於呼吸作用的認知架構圖。研究發現個案學童對於呼吸作用的定義、氣體的交換、呼吸運動、與光合作用的關係、呼吸的器官(部位)等呼吸作用的主題均具另有概念。個案學童的「呼吸作用」認知架構特色有：(1)活動模式；(2)維生模式；(3)人類至上模式；(4)吸入模式；(5)過濾模式；(6)意志力模式；(7)細孔模式。個案學童對於呼吸作用另有概念形成成因初步分析為：(1)以動物的特性來解釋植物的特性；(2)以「人」為中心來看週遭的環境；(3)以直覺的觀點來解釋呼吸的概念；(4)以自己生活經驗來解釋呼吸的概念；(5)受到日常生活語言的影響。本研究亦根據研究結果對概念研究與學校科學的教學提出建議。

**關鍵詞：**個案研究、概念、概念圖、國小學童、另有概念、呼吸作用、認知架構

---

\*高慧蓮：國立屏東師範學院自然科學教育學系副教授

許茂聰：高雄市四維國民小學教師

蘇明洲：私立大仁技術學院環境工程科學系副教授

## 壹、緒論

### 一、前言

概念為一簡單的學習「基本單位」，是人類思考和瞭解的工具(黃台珠，1984)。郭重吉(1992)認為概念是學習接受外來訊息，再統整於原有知識，或先前概念而建構發展出來的結構。概念對於學生科學的學習具有很大的影響力，學生在接受自然科教學之前，就常會有一些所謂的先前概念(preconception)。學生的先前概念係在接受正式教育前，經由學童自己原來的認知架構所習得。這些先前概念常和科學家認同的觀點不同，不易受老師的指導而改變，甚至會與科學的理論模式衝突，Abimbola(1988)、Gilbert 和 Swift(1985)稱之為另有概念(alternative conception)。這些另有概念往往根深蒂固的存在於學童的概念架構中，除非面臨認知衝突，否則學童的這些另有概念不會輕易改變。學生的另有概念有些上過課後，可能還存在；有些則上完課後數星期，還會再出現。由此可見，學童所具有的另有概念會直接影響到其科學的學習，導致其所建構的科學概念與科學社群所認同的科學概念，有很大的出入並進而阻礙學童科學概念的學習。

生物概念在國民小學自然科課程中，佔有相當重的比例。然從文獻上的探討，國內外有關另有概念的研究，在生物領域方面的研究數量，不若在物理與化學領域多。又觀之國內的研究，甚少有學者從事有關學童生物呼吸作用概念之研究，是故本研究針對生物呼吸作用，以小學六年級一位學業成就中上程度的學生進行另有概念之個案分析，期能對國小自然科之教學、課程設計與未來進一步的研究有所啟示。

### 二、研究目的

(一)實證性研究一位學業成就中上程度的國小六年級學童對於呼吸作用的想法。

(二)建構一位學業成就中上程度的國小六年級學童對於呼吸作用的認知架構圖。

(三)實證性研究一位學業成就中上程度的國小六年級學童對於呼吸作用的認知架構與另有概念的關係。

## 貳、理論基礎與文獻探討

### 一、學生另有概念及其成因的探討

從建構主義的學習觀來看，學童在日常生活中對於自然現象會存有自己的經驗和想法。也就是說，學童在學習前即具有某些先備知識，學生就是帶著這些樸真理論 (naïve theory) 或自發概念 (spontaneous conception) 去學習的 (莊嘉坤, 1995)，學者稱這些為另有概念 (alternative conception)、迷思概念 (misconception)、先前概念 (preconception)、直覺概念 (intuition)、另有架構 (alternative framework)、孩童科學 (children's science) 等 (Abimbola, 1988 ; Helm, 1980 ; Gilbert, Osborne, Fensham, 1982 ; Novak, 1977 ; 王龍錫, 1992)。以下針對另有概念形成的可能因素，列舉數位學者的看法：

Osborne, Bell 和 Gilbert (1983) 對於另有概念形成的可能原因提出以下三種看法：

1. 學習者的自我：學習者傾向於以自我中心的觀點來觀察週遭事務。
2. 學習者的偏好：學習者傾向於對某一特定事件的局部解釋感興趣，而較不關心連貫的、合理的解釋。
3. 語言：學生日常所使用的語言和專家所使用的語言有些微的差異。

Cobern (1989) 認為另有概念的來源如下：

1. 學習者錯誤的理解：(1) 未受教育的知識；(2) 錯誤的教學；(3) 錯誤的訊息。
2. 學習者本身的另有架構，即學習者對事物的看法：(1) 學習者既有的想法，對於科學的了解，主動的發生障礙；(2) 學習者的了解並非是科學上的了解；(3) 學習者對於科學有適當的了解，但對於新學習中，無法與世界的觀點配合。

陳啟民 (1991) 曾歸納 Sutton 和 West (1982)、Head (1986) 和 Blosser (1987) 對於另有概念形成的可能原因的看法如下：1. 與生俱來

的；2.從日常生活而來；3.從隱喻(metaphor)而來的；4.從類比產生的。5.來自同儕文化；6.正式或非正式的教學；7.從字義的聯想、混淆、衝突或知識的缺乏而來。

許健將(1991)亦曾歸納諸多學者對於另有概念形成的可能原因的看法：

- 1.心像(Images)：所謂心像，是指在心中憑藉著記憶所憶起的圖畫，它能將所代表之對象的自然特徵以類比的方式呈現出來；個人所經歷的事件或一連串的事件，在回憶時係以圖畫和字句出現在腦海裡(Gagne & White, 1978)。Forisha(1975)曾指出：由於意義(meanings)的形成有賴於個別的心像，因此在傳達(communication)上經常會造成困難，甚至也會阻礙了新經驗和既存知識的連繫。Foeisha 也主張心像就是將個別的經驗賦予其特殊的意義；然而它可能幫助也可能阻礙了推理的能力。
- 2.學習策略：Novak 和 Gowin(1984)認為一位意義化學習者(meaning learner)會將新的知識和他們已擁有的相關概念及命題串聯起來，也能夠利用在科學課程中所獲得的資訊，將自己原來不正確的概念重新修正。Linn(1986)指出為了將課程中所獲得的概念意義化，一位意義化學習者會減少自己的記憶容量以免過度負載，進而能增強其處理能力(processing capacity)並修正其另有概念及解決問題。相反地，一位機械式學習者(rota learner)則是經由反覆的記憶並且任意的累積新的知識至其原有的知識架構中。因此，很難像意義化學習者一樣能夠經由學習而不斷的澄清自己的迷思。傳統的科學教學只強調廣度而不重視深度的缺點，也造成了學生本身記憶系統的過度負載，降低了處理能力，自然也消弱了澄清迷思的功能。

Rice(1991)應用層級隨機取樣法以獲得相同數量的宗教背景、性別的樣本，研究 48 名 6 年級和 8 年級泰國學生對於有關健康和疾病的原因之概念架構，並應用事例晤談法(interview-about-instances)晤談學生。此研究發現學生持有相當多有關健康和疾病的原因之個人知識，而這些個人知識並不是從學校知識或科學的架構而來的。這些額外的知識被發現包含在泰國的文化知識中和包含在泰國社會之內從

每天經驗發展而來的共有常識解釋之中。此外，學生並不只在生物醫學的架構內理解健康和疾病的原因之概念，一些另有架構必須列入考慮，例如：營養、人類的習慣、人類的侵略、泰國的價值系統、宗教信仰、環境、生活的狀況、社經地位、和家人的行為和態度。

Eisen、Stavy(1992)分析了 13-15 歲的學生對於光合作用理解上的困難，認為可分成心理學與課程二方面：

1. 心理學方面：(1)學生對於生物及非生物都是以非常原始的觀點來看，要其將生物當做一化學個體，或以化學名詞來描述生物現象是有困難的；(2)學生多以「人」為中心來看周遭的環境，認為人能主宰整個環境，很難接受人需要依賴植物而活，這也反應了孩子理解自營性的困難；(3)學生知道很多有關光合作用個別的詳細名詞之訊息，但卻無法有意義地將其組合成一個整體。
2. 課程方面：(1)化學：學生缺乏化學的基本知識，並有少許的迷思概念。(2)生物：學生有不正確的先前知識，故學生將新知識納入其迷思概念的系統中以建構自己的看法時，與科學上可接受的概念當然不同。(3)物理：缺乏有關能量的先前知識(引自王雪紛，1996)。

Westbrook 和 Marek(1992)也提出對於另有概念的看法：

1. 兒童進入學校時已帶著錯誤的概念，這些來自他們環境所建立的見解或觀念是固著而很難改變的。
2. 兒童的另有概念從教室的科學實驗而來，這些另有概念可能來自他們掌握不到的概念階層，和兒童發展的層次有關，或由於教師或教科書所傳播。
3. 教學並不一定能減輕學生把過去經驗對科學的另有概念帶入教室的情形。
4. 學生從課本上所學有關科學現象的答案，常常不能使用該知識以解決這些概念相關的問題。
5. 許多基礎的生物概念之錯誤想法，在兒童的教育階段中普遍存在。

根據王美芬和熊召弟(1995)認為另有概念的可能來源為：1. 教師對於學童的另有概念缺乏察覺心(awareness)及興趣；2. 日常生活語言和隱喻；3. 「只要教，就會馬上會學到」的假設；4. 「字和話語就可

以代表了解」的假設。5.教科書呈現錯誤概念；6.過分強調講述法。

Driver 則列舉七項學生形成另有概念的主要原因(引自樊雪春、陳慧娟, 1996)：

- 1.思考侷限於感官：在碰到問題之初，學生傾向於以其易見的特徵作為推論的依據。
- 2.注意力集中在有限的範圍：學生對於科學概念常只考慮到一些特定物質情境的有限層次，注意力只集中在感官能查覺到的明顯特徵。和這種傾向類似的是：學生在解釋一些現象時，常常把物體賦與一些絕對的性質。
- 3.只注意到改變而忽略穩定狀態：例如學生針對壓力概念，學生通常只考慮到不平衡狀態時的壓力作用，而忽略了平衡狀態時的壓力。
- 4.線性因果關係的推理思考：學生在說明改變之所以會發生的原因時，他們的推理方式常是按照一個有方向性因果順序，亦即它們會假定有一個「因」的存在，且由其產生一連串的時間上依序出現的「果」。此種思考方式會使學生難以體認在系統之間交互作用的對稱性。
- 5.未分化的概念：孩童所用的一些觀念，其所涵蓋的意念很可能和科學家所用的有所不同，而且常常範圍更大，含意更為籠統。
- 6.受到情境因素的影響：與上述相反，學生在了解科學家認為相同狀況的一些情境時，常因其外觀可察覺的特徵之不同，而應用不同的觀念來說明，亦即學生的想法會受到情境因素的影響。有時同樣概念的題目，學生會因情境不同而無法回答。
- 7.一些明顯的另有想法：對於許多不同的題材，有一些學生的另有想法一再的重複出現。顯然的，有些想法是相當普遍的存在於學生的腦海，而且這些想法會影響學生許多不同情境的思考。

Stavy 等人提出「直觀規則學說」(The intuitive rules theory)，並認為學生的另有概念可以用「直觀規則」(The intuitive rules)來解釋。例如，有兩個物體，一為數學線段 AB，另一為銅線。學生認為銅線與數學線段 AB 一樣，可以無限地被分成二，並且認為每一件事物均可再分割為二「Everything can be divided by two」(Tirosh & Stavy,

1996)。又學生對一些概念上不相關的情況也會有相同的反應，譬如，一個長方形的紙張，於邊緣剪去一小長方形後，學生認為其邊長不變，但學生也認為其面積也不會改變，Tirosh 及 Stavy(1999)稱這為「Same A - Same B」的直觀規則。另外 Stavy 及 Tirosh(1996)從學生對許多課業包含皮亞傑的保留概念課業(Piagetian conservation tasks)的反應，發現學生認為大象的體積比兔子大好幾十倍，因此大象的細胞必定比兔子多好幾十倍，此一直觀規則稱之為「The more of A, the more of B」。一般直觀規則有以下特徵：1.自明的(self-evident)；2.深具信心與不屈的；3.全球性與強制性的(globality and coerciveness)，而且直觀規則的觀念是非常穩固，不易被教學所改變的(Tirosh, Stavy & Cohen, 1998)。至於直觀規則的起源還不確定，Stavy 及 Tirosh(1996)認為可能是 1.天生，直覺的；或 2.從成功的經驗過度法則化。

Tsai(1998)利用「語意流程圖析法」(flow map method)及「後設重聽」技術(meta-listening)表徵學生的認知結構成果，分析 48 位國二學生科學認識觀與其在學習原子模型概念後所展現的認知結構成果，來探討學生的科學認識觀與其認知結構成果的關係。該研究發現即使控制了學生先前的科學學業成就，擁有建構主義科學認識觀的學生傾向於：1.擁有較廣而豐富的認知結構；2.他們的認知結構擁有較大彈性與較高的正確性；3.但他們的訊息處理速率是較慢的。

Tsai (1999) 更進一步分析這些學生在認知結構中所展現的訊息處理模式。研究發現：整體而言，學生傾向於運用較低層次的訊息處理模式(例如：描述)，但擁有建構主義科學認識觀的學生傾向於擁有較多的「狀況推論」(conditional inferential reasoning)訊息處理。

吳麗娟(2002)透過半結構式晤談的方式，探究出學童對光合作用另有想法的來源有：

- 1.解釋模型的不同(語言)：例如，學童因對「養分」的定義與科學社群不同，而對植物維生之方式，產生另有概念。
- 2.日常生活語言和隱喻而來：例如，學童為常聽見「多看綠色的葉子，眼睛才不會近視」，而對植物葉子的功能，產生另有概念。
- 3.正式或非正式的教學及教材：例如，教材中出現「肥料水，人們喝

不得，送給植物當營養」的敘述，讓學童認為肥料是植物的養分來源之一。

- 4.受到感官、注意力以及思考能力侷限性的影響：例如，晤談期間，受訪者正在學習「植物的繁殖」的單元，因此其在思考植物是否需要依賴動物生存時，聚焦在「繁殖」的概念，因此產生了另有概念。
- 5.學科知識背景不足的影響，以偏概全：例如，學生因為不具地心引力的概念，認為大氣層破洞了，產生空氣也會跟著流光的另有概念。
- 6.由日常生活經驗和觀察而得到：例如，受訪者因看見樹葉在冬天時都變黃，而產生植物的綠色葉子是為了分辨季節的。
- 7.類比產生的混淆：例如，受訪者認為植物跟動物一樣，需要溫暖，因此認為太陽對植物的重要在於提供溫度。

## 二、學生「呼吸作用」之另有概念

Soyibo(1983)以已效化過的有關光合作用、呼吸作用、和相關的物理科學概念的 53 個問題，個別晤談 15-19 歲之 50 位男生和 50 位女生，研究結果發現學生對於所探討的科學概念持有相當多的另有概念，其中學生對於呼吸作用普遍持有的另有概念以百分比表示有：1. 只有動物把氧氣用在呼吸作用(87%)；2.呼吸的器官處理呼吸作用的過程(84%)；3.呼吸作用只發生在肺或鰓(95%)；4.生物體呼吸是為了排除廢物(即排泄)(66%)；5.呼吸作用是吸進氧氣和排除二氧化碳(90%)；6.植物呼吸是為了製造它們的食物(51%)；7.植物只在白天呼吸(42%)；8.植物僅僅在暗處或者夜晚呼吸(45%)；9.無氧呼吸絕不可能發生在人體(98%)。

根據 Seymour and Longden(1991)調查 11-18 歲的學童對於呼吸作用的另有概念，常見的有：1.呼吸作用只發生在肺臟；2.沒有任何生物可以在無氧的狀態下進行呼吸作用；3.呼吸作用和呼吸運動相同；4.植物不會呼吸；5.植物進行呼吸作用時，用掉二氧化碳，製造出氧氣；6.有些生物只是偶而進行呼吸作用；7.肺臟的充氣和排氣是主動的，不需要其它的構造協助；8.有些動物，特別是脊椎動物，不會進行呼吸作用；9.動物行有氧呼吸，植物行無氧呼吸；10.呼吸作



用就像流汗一樣，發生在皮膚上；11.呼吸作用只發生在消化系統上；12.呼吸是氧氣轉變成二氧化碳；13.植物從光合作用中得到能量；14.植物的呼吸作用只有在晚上才進行；15.植物的呼吸作用只有在白天才進行。

王國華(1995)列出學生在學習呼吸作用時較容易發生的另有概念與科學上的主要概念對照如下表：

表一 有關呼吸作用常見的另有概念

主 題	科學上的主要概念	學生所具有的另有概念
1.細胞呼吸的定義	●呼吸作用是所有細胞從食物中得到能量的過程。	●呼吸作用只是發生在動物的呼氣和吸氣動作。
2.食物的本質	●食物是能供給有機體能源的物質。	●食物只是有機體吃食的東西。
3.食物的功能	●食物提供細胞生命過程所需的能量。	●食物維持有機體生存。
4.能源	●供給有機體的唯一能源是儲藏於食物中的能量。	●有機體可以從很多方面得到能量。
5.能源的轉換	●儲藏在食物中的是以細胞能利用的形式釋放出來。	●食物的能量可以被細胞直接利用，不用經過轉換。
6.呼吸作用的反應物和產物的移動	●食物和氧氣是經由生物的呼吸和循環系統供應有機體的所有細胞，二氧化碳和水也是經由相同的系統排出體外。	●食物經由腸胃消化後排出，肺吸入氧氣，排出二氧化碳；能量、氧氣和二氧化碳，並沒有進入細胞。
7.能量的本質	●能量在生物體內是由一種形式轉換成另一種形式。	●能量混淆成物質，會被用完，像燃料一樣。

Treagust (1995)發現 12~16 歲的學生常見的呼吸作用另有概念有：1.呼吸作用在綠色植物只發生在白天；2.呼吸作用不會發生在有光照射的時候；3.當沒有光能進行光合作用時，二氧化碳會在呼吸作用中被使用；4.當沒有光能進行光合作用時，僅僅發生於綠色植物，氧氣會在呼吸作用中被使用；5.當綠色植物因為沒有光能，停止進行光合作用時，它們還是持續呼吸和散發氧氣；6.綠色植物只有在沒有光能時才呼吸。

Cañal (1999)提出「反呼吸作用」(inverse respirations)的名詞來

描述學生如下的另有概念：1.植物呼吸作用與動物呼吸作用所牽涉到的氣體交換是相反的；也就是說植物行呼吸作用時，是從空氣中吸收二氧化碳而放出氧氣的；2.植物在任何時刻均會從事「反呼吸作用」；3.在白天，植物的呼吸作用是呼吸運動的形式。

### 三、另有概念的診斷

科學教育學者從認知觀點，探討學生在科學概念學習上，大致有四種研究方式：皮亞傑派典(Piaget Paradigm)、奧斯貝爾派典(Ausubel Paradigm)、蓋聶派典(Gagne Paradigm)、資訊處理派典(Information Processing Paradigm)(Stewart, 1982)。這些派典研究、評估學生的認知結構使用如：短文測試、組成句子作業、概念關係作業、概念圖(Concept Mapping)、樹狀概念圖、Vee圖等各種方式，來描述學生對一些概念持有的想法，並分析學生的程序性知識(郭重吉, 1990)。再加上晤談(又稱臨床晤談法)、自然觀察法和紙筆測驗，來實施對於另有概念的鑑別。

而根據 White and Gunstone (1992)在 Probing Understanding 中以 1. 做概念圖(Concept Mapping)、2.P-O-E 預測 - 觀察 - 解釋(Prediction-Observation-Explanation)、3.事例和事件晤談(Interviews about Instances and Events)、4.概念訪談(Interviews about Concepts)、5.畫圖(Drawings)、6.命運線(Fortune Lines)、7.關聯圖(Relational Diagrams)、8.字的聯想(Word Association)等方法來探究學生的想法。

其中以做紙筆測驗、概念圖、繪圖、晤談法等技術最常使用，所以以下簡介這四種方法：

#### (一)紙筆測驗

對參與測驗的受試者，施以相同的文字發問方式，並就測驗所得，依既定的標準評量。常見有兩種形式：1.開放式紙筆測驗；2.封閉式紙筆測驗。一般的紙筆測驗，常採用傳統的選擇題測試方式來評量(Ducan & Johnstone, 1973)，然這對於學生究竟採用何種推理方式則不得而知。Tregust (1986) 根據學生的推理結果，其中並涵蓋了若干另有概念，設計成新的「二段式選擇測驗」診斷工具，以瞭解學

生的另有概念與推理之相關情形。

## (二)概念圖

Novak and Gowin (1989), Treagust (1995), White and Gunstone (1992), Edmondson (1999)均認為做概念圖能有效幫助老師瞭解學童之概念，並幫助學童達到有意義的學習，做概念圖之重點如下：

1. 選定一組概念，將它們分別寫在大約 3cm×1cm 的卡片上，讓學生將彼此相關的概念標示排列在白紙上，等確定無誤後固定於白紙上，在概念相關聯卡片間畫線，並寫出彼此間的關係。概念圖的優點是能快速、直接、較少言詞與能摘要式的探究出學童之概念。
2. 概念圖具有階層性(hierachical)，從最上層的主要概念，到次層的次級概念，再到下一層的特殊概念。
3. 好的概念圖能展示重要關聯線的詳述、有多樣化形式的關聯、豐富的交錯-關聯的樣式與清楚的架構。
4. 概念圖是呈現另有概念的一種有效工具，可用來評估學童概念之有效工具，檢驗學童是否瞭解所學課程的道理，並且探究學童是否學習去關聯其它不同的概念。

## (三)繪圖

繪圖非常地開放，對學生如何回答的限制很小，不論是封閉或是開放的方式都極具價值(White & Gunstone, 1992)。

## (四)晤談法

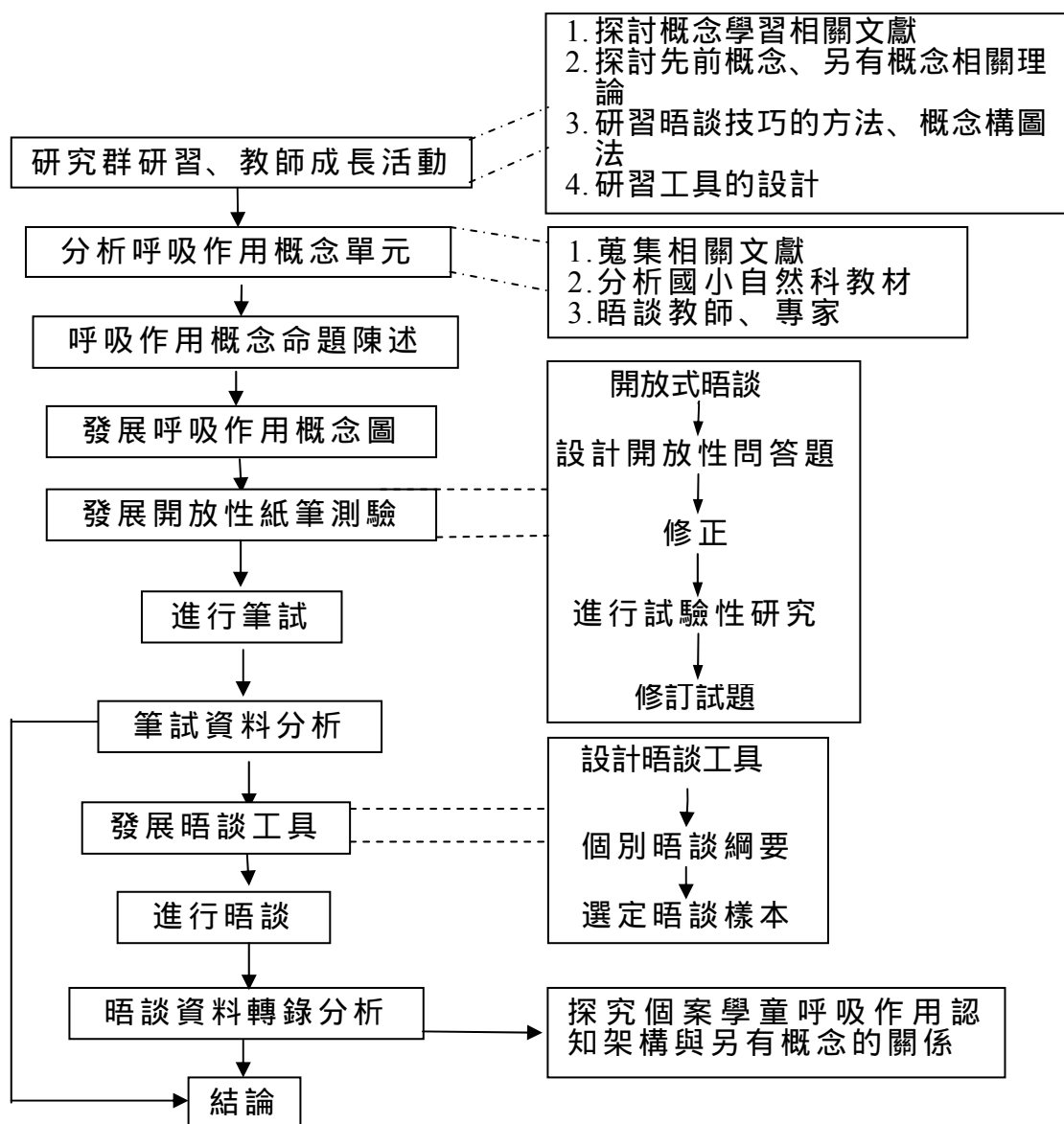
Catherall (1981)認為研究者可事先設計出一套晤談原案(protocol)，作為晤談之大綱，在晤談的同時，可依受試者不同的反應，進而加入探測性的問題，以能深入瞭解每一位受試者心中真正的想法(王文科, 1999)。

晤談時觀察與聽取學童的一切，不將成人觀點加之於學童，儘量使用學童能接受並了解的語言，自由重組問題，適時提出與學童認知層次相近的問題，使學童能夠自然表現自己的意見，此種做法可以了解學童的認知過程，並顯示出學童現在的概念水準。

## 參、研究方法與步驟

### 一、研究設計與流程

本研究邀請國小自然科教師參與研究，針對呼吸作用概念設計晤談的原案，並進行質的晤談分析。在晤談學童前，先用開放式紙筆測驗，找出學童在呼吸作用概念比較常見的想法，然後再從其中挑出一位學業成就中上程度的學童，配合密室中的老鼠情境題、概念構圖、植物呼吸部位繪圖、人體呼吸部位繪圖、晤談綱要等晤談工具深入晤談，找出此位學童在呼吸作用相關概念的另有概念，研究流程如圖一。



圖一 研究流程圖

## 二、研究樣本

本研究的對象為高雄市一所國小一位六年級學童。研究之初，以開放性紙筆測驗來診斷學生的另有概念，其樣本為高雄市市郊學校甲國小與高雄市市區學校乙國小，共計 215 位六年級學童。從甲、乙兩校開放性紙筆測驗中，各選取具有另有概念之 35 名學童，實施概念構圖與繪圖。個別晤談樣本選定從概念構圖與繪圖 70 名學童中，選出一名具另有概念且學業成就中上程度的學童，進行個別晤談與個案分析。

## 三、研究工具

本研究所使用的研究工具有兩種：分別為開放式紙筆測驗與個別晤談工具。個別晤談工具包括學童概念構圖實例、實物、人體呼吸繪圖題、肺臟繪圖題、綠色樹木繪圖題與晤談學童之晤談綱要。本研究所發展之研究工具均以國小呼吸作用相關概念之專家概念圖與命題敘述為依歸，因此以下介紹本研究所整理出之國小呼吸作用命題陳述與專家概念圖。

### (一) 國小呼吸作用的命題陳述

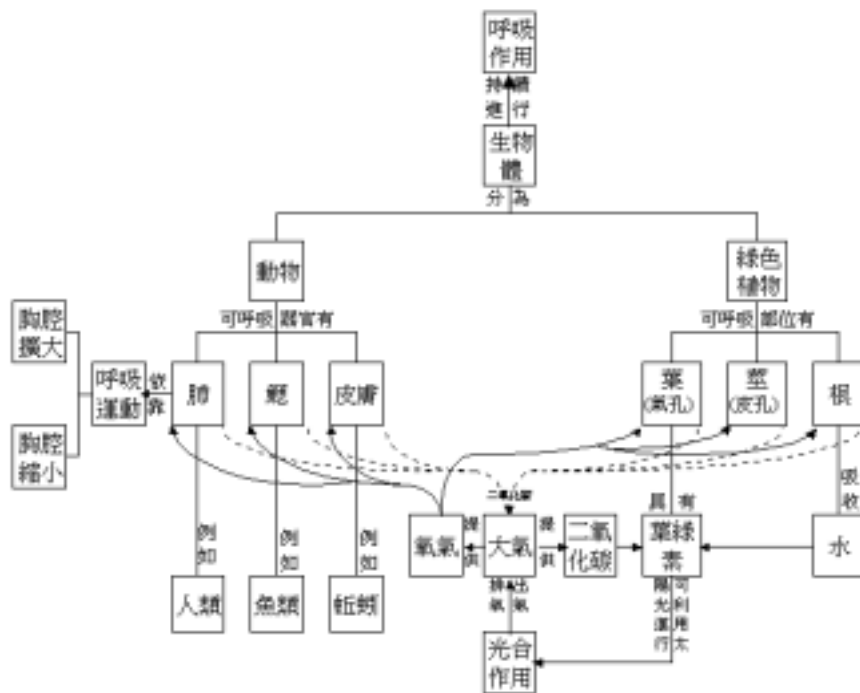
在國小現有課程中，並無專門介紹「呼吸作用概念」的單元，但在自然科有「水中生物」、「氧和二氧化碳」、「光合作用」、「生物的生活環境」等教學單元，在健康教育有「人體的呼吸器官」的教學單元，因此本研究發展之命題陳述，乃是參酌國內外相關文獻、分析國小相關課程、並經國科會中小學呼吸作用概念研究群與國小教師，在經過多次的共同討論修正後，發展出適合國內國小學童之呼吸作用概念命題陳述。最後將此份資料與研究群平日討論與修正的所有疑問，送請植物生理學專家與動物生理學專家共同審核後，並且擇期與專家學者進行面對面的討論，確定無誤後修訂而成。

表二 國小呼吸作用概念命題陳述

主題	次主題	命題陳述
1.呼吸作用的意義	1.必要性、持續性	1-1.每一個生物體，都必須持續呼吸，以維持生命。 1-2.讓生物體生存的基本條件中，呼吸是最重要的條件。
	2.呼吸氣體	1-3.動植物在呼吸時，會吸入氧氣，呼出二氧化碳。
	2.氣體交換	1.植物 2-1.綠色植物的根、莖、葉都是呼吸時氣體交換的部位。 2.人類 2-2.人類的肺臟是呼吸時氣體交換的部位。
3.呼吸運動	1.原理	3-1.人類呼吸是利用胸腔擴張，將空氣吸入肺臟；慢慢吐氣時，胸腔漸漸恢復原狀。
4.與光合作用的關係	1.與植物的關係	4-1.綠色植物光合作用所產生的氧氣，排到大氣中，可供動植物(直接或間接)利用。
5.呼吸的器官(部位)	1.植物	5-1.綠色植物呼吸作用所需要的氧氣和所產生的二氧化碳，可從葉子上的氣孔，和根、莖進入與排出。
	2.人類	5-2.有些動物如人類，利用肺呼吸。
	3.魚類	5-3.有些動物如魚類，利用鰓呼吸。
	4.蚯蚓	5-4.有些動物如蚯蚓，利用皮膚呼吸。

(二)國小呼吸作用概念專家概念圖

在識別出命題陳述後，研究者即根據命題陳述發展概念圖(見下圖)，並使命題陳述與概念圖相關、與效化內容。



圖二 國小呼吸作用專家概念圖

在呼吸作用的過程中，能量是一個相當重要的觀念，包含許多重要的概念，但是能量的概念對於國小學童相當抽象，並且難以理解，不論是參考文獻、晤談教師、晤談專家以及研究者本身實際訪談學生的結果，都顯示學童的認知結構發展，還無法理解有關能量的問題，如果執意加入研究，結果是學童不知道、與不明瞭的概念，對於研究結果並無幫助，因此在本研究的專家概念圖與命題陳述中，都無涉及能量概念部分。

在呼吸作用概念中光合作用也是一個重要的概念，但是這又是另一個重要的課題，在本研究的概念圖雖然有畫出光合作用的概念連結，所探討的重點放在「呼吸與光合作用間的關係」，例如氧氣與二氧化碳在光合作用與呼吸作用之間的關係、綠色植物白天為什麼會排出氧氣、人類呼吸時氧氣的來源為何？

其它相關概念如：食物(葡萄糖)的轉換問題、氣體交換的原理、擴散作用的原理等概念，是呼吸作用概念架構中非常重要的概念，但是基於國小學童的認知發展情形，本研究不會探討有有關原理的層面(呼吸運動的原理除外)，而將重點放在現象與學童能了解的部分。

### (三)開放性紙筆測驗

本研究所發展的開放性紙筆測驗，是依照呼吸作用命題陳述與概念圖之概念，並參考相關文獻中對於呼吸作用概念的研究結果，經過國科會呼吸作用研究群與四位國小自然科之資深教師充分討論並修訂後，在設計試題時儘量考慮到能讓學生自由發揮，並以小學生易懂的字句表達題意而編擬成初稿。初稿經過試驗性研究，除了分析結果外，並酌予增刪修訂，最後發展出正式的試卷。

### (四)個別晤談工具

為了能深入了解晤談學生的概念想法，整個晤談工具包含學生「呼吸作用概念」的概念構圖、實物、密室中老鼠與綠色植物情境題(黑暗與照光)、人體呼吸繪圖題、綠色樹木繪圖題。詳述如下：

- 1.概念構圖的實例說明：參考 White 和 Gunstone (1992)與 Novak 和 Gowin (1989)概念構圖的步驟，並參考 White 和 Gunstone 所介紹的

概念構圖的例子，使學生熟悉概念構圖的方法與步驟(見附錄一)，因為礙於呼吸作用概念太多，因此讓學童自己選擇，可分動物呼吸作用和綠色植物呼吸作用兩種概念構圖。

2. 密室中的老鼠情境題：為了能深入了解國小學童對於呼吸作用概念的了解，研究者設計二題密室中的老鼠情境題讓學童作答，讓學生能輕鬆的作答方式，而不覺得死板。在個別晤談中，可以針對學生在情境題中的回答，深入探究學童的想法，因為在文字的敘述中，學童有可能因為語文能力或者其它因素，而無法清楚表達學童真正的想法，因此，深入的晤談是有其必要性的。
3. 人體呼吸繪圖題與綠色樹木繪圖題：因為考慮國小學童在語言上的能力，因此設計兩個畫圖題目，除了讓學生能盡情的畫出對於呼吸作用的相關概念外，研究者亦能根據學童的繪圖，清楚地了解學童的想法，在晤談時也能針對學童的想法深入晤談。
4. 實物操作：考慮學童無法以想像的方式來回答問題，因此，在晤談的過程中，利用大塑膠袋讓學童實際體驗呼吸困難的感覺，並且體驗呼吸急促和正常呼吸的感覺，以人體呼吸系統的大掛圖，讓學童說明人體的呼吸運動，以求學童能清楚的表達自己的想法。
5. 臨床晤談題目綱要：雖然研究者設計了多個晤談工具，但是總是無法完全探究學童有關呼吸作用的相關概念，因此，研究者根據所發展的國小呼吸作用命題陳述和專家概念圖，整理出一系列的晤談綱要(見附錄二)，可於晤談學童時運用。

## 四、資料分析

### (一)個別晤談資料分析步驟

個別晤談的原始資料為全程錄音的錄音帶，分析步驟如下：

1. 將錄音內容逐字轉錄。
2. 縮減晤談資料，將不必要的資料排除如下列各項：(1)態度的問題回答(如：喜不喜歡自然科)；(2)社交談話；(3)多餘的談話；(4)與呼吸作用概念無關的談話主題；(5)誇張的、高度暗示的、引導式的回答；(6)重複回答。



3. 將學童晤談轉錄的資料，依照本研究發展的概念圖與命題敘述，逐條列出另有概念，形成概念細目表。
4. 晤談的內容效度：晤談工具的內容設計，主要是根據國小呼吸作用專家概念圖與命題敘述，發展出來後經過高中生物專任教師、國中生物專任教師、國小自然科教師互相討論，因此在內容上能有效地探究國小學童有關於呼吸作用概念。
5. 晤談的過程信度：研究者在正式與受試者進入主題之前，為了能增加受試者對於本研究之認同，研究者會先行說明本研究之目的、意義與價值性，並且強調晤談的結果僅供研究之用，絕對與學校的任何學業成績無關。在晤談過程中研究者以尊重和親切的方式降低學童的緊張程度，並且適時建立良好關係，以增加學童的答題意願。因為研究者是否能在訪談過程中，和受試者建立和睦的氣氛，往往是該訪談有無成效的最主要關鍵(王文科, 1999)。

## (二) 個別晤談資料分析方法

1. 概念構圖：本研究根據學童的概念構圖，將學童的概念圖結果分析比較，並將具有同一類型另有概念的學童做出分析歸類，選擇另有概念類型代表學童，作為個別晤談之參考。
2. 學童繪圖：本研究讓學童做人體呼吸繪圖與植物呼吸繪圖，得到的結果以氣體交換部位與呼吸器官構造兩個主題，來分析學童的另有概念，將學童的另有概念類型分析歸類，選擇各類型的代表學童，作為個別晤談之參考。
3. 晤談綱要：根據各個學童在開放性紙筆測驗、概念構圖與繪圖的結果，設計學童的個別晤談工具，進行個別晤談，將晤談結果轉錄後，分析學童的概念架構併歸類另有概念，將各個學童逐一分析歸類後，整理出學童的另有概念。
4. 以一個學童(程度為中上)的個別晤談資料為例，參酌此位學童的概念構圖，嘗試畫出個案學童的認知架構圖，並找出個案學童對於呼吸作用的認知架構與另有概念的關係。

## 五、個案學童的基本資料

本研究所挑選出的個案學童研究者取名為小賢(匿名)，以下簡述小賢的基本資料。學童小賢居住在高雄市市郊接近海邊，父親是日本人，母親是台灣人，家境小康。學童雖然是日本國籍，但是從小在台灣長大，受台灣教育，不會說日本話。學童小賢各科成績中上程度，自然科的成績也是中上程度，平日喜歡發言，相當有主見有自己的看法，有些時候會有點固執，喜歡上自然課，因為上自然課可以做實驗，也可以討論和報告。對於這次的晤談，學童小賢表示是一個很好的經驗，因為從來沒有這樣的經驗。

## 肆、個案分析結果與討論

本節將學童小賢的原始想法逐一分析歸類(內文中摘錄部分晤談者的部分內容，其中 T 代表晤談者，S 代表學童；代碼加○代表學童有迷思想法，如 B。代碼未加○代表學童具專家想法，如 A)，參酌小賢的概念構圖，再歸納出小賢對於「呼吸作用」的認知架構圖，最後分析出學童小賢對於呼吸作用的認知架構與另有概念的關係。

### 一、學童小賢對於呼吸作用的想法整理

#### (一)學童小賢對呼吸作用意義的想法

1.小賢認為不論人類、其它的動物都需要呼吸，否則就會死亡(如例 A)；對於植物來講，則是不確定，因為小賢一方面認為植物都會呼吸，以提供人類新鮮的空氣，一方面卻不知道植物為什麼要呼吸、呼吸對於植物到底有什麼作用或功能(如例 B)。對於人類的胎兒而言，小賢認為媽媽肚子裡的胎兒因為不會動來動去，所以不用呼吸(如例 C)：

例 A：概念構圖晤談

T：我們人類如果不呼吸的下場是什麼？

S：死亡。

T：你知道有沒有什麼動物是不用呼吸的嗎？

S：沒有。

例 B：概念構圖晤談

T：如果不呼吸呢？

S：嗯...，不呼吸的話，我們就呼吸不到新鮮的空氣了。

T：如果只考慮植物不考慮人類的話，呼吸對植物自己來講重要嗎？

S：嗯...，不知道...，應該還是要呼吸吧！

例 C：晤談綱要晤談

S：因為胎兒不會動來動去的。

T：為什麼不會動來動去的，就不會呼吸？

S：我們要呼吸的原因，是因為我們要動來動去呀！

另外，小賢認為我們呼吸時吸入氧氣是為了讓心臟跳動，而非供給全身使用，如例 D：

例 D：晤談綱要晤談

T：這麼嚴重，是因為氧氣的功用是什麼呢？

S：因為氧氣...因為呼吸氧氣就能讓心臟跳動。

2. 在密室中的老鼠情境題中，在持續照光的情況下，小賢認為提供餅乾給老鼠比提供綠色盆栽重要，因為老鼠不吃餅乾會死亡(如例 E)。在綠色植物方面，認為生存的基本條件中水、泥土和太陽光是最重要的條件，比空氣來的重要，小賢並無法說出為什麼理由，(如例 F)：

例 E：密室中的老鼠情境題晤談

T：你認為餅乾比氧氣重要？

S：嗯.....，對。

T：為什麼？

S：不吃餅乾，老鼠會死，餅乾比較重要。

例 F：晤談綱要晤談

T：你覺得一棵綠色植物，它生存的基本條件是什麼？

S：要有水、...泥土、...和太陽。

T：為什麼？

S：要澆水，而且一定要種在泥土裡才可以吸收養分，照射太陽也要。

T：空氣呢？

S：也要。

T：重要嗎？

S：嗯...，算重要的。

T：比起前面三項呢？

S：算...，算第四重要的。

3.小賢認為只有人類才會吸氧氣，呼出二氧化碳(如例 G)，因為氧氣是新鮮的空氣，而二氧化碳是髒的空氣，我們人類需要新鮮的空氣(如例 H)，其它的動物如狗、貓、老鼠等和植物則不需要新鮮的空氣，只需要吸收二氧化碳呼出氧氣(如例 I)：

例 G：概念構圖晤談

T：我們人體在呼吸時，是呼出什麼空氣，吸入什麼空氣？

S：我們人類是吸入氧氣，呼出二氧化碳。

T：其它動物呢？

S：其它動物不用，只有人類才需要。

例 H：概念構圖晤談

T：為什麼？

S：只有人類才需要新鮮的空氣，動物又不要...植物也不要...它們和我們人類不一樣。

例 I：概念構圖晤談

S：因為氧氣比較新鮮，二氧化碳是其它動物吸的。

T：其它動物，例如什麼動物？

S：狗、貓、老鼠……。

T：植物呢？

S：也是吸入二氧化碳。

雖然小賢認為我們會吸氧氣，呼出二氧化碳，但是他認為我們會呼出二氧化碳的原因，是因為平時吸入如車子所排放出來的髒空氣二氧化碳，所以需要呼出二氧化碳(如例 J)；所以如果我們戴著氧氣罩呼吸，我們呼出來的空氣都是氧氣，因為我們沒有吸到二氧化碳(如例 K)：

例 J：晤談綱要晤談

T：這樣的話，肺部裡的二氧化碳是哪裡來的呢？

S：……因為平時在走路的時候，車子會排出那什麼...會排出廢氣就是二氧化碳，結果我們呼吸的時候就會呼吸到，肺裡面就有二氧化碳，所以如果髒的空氣不排出來，就會在肺裡面。

例 K：晤談綱要晤談

T：那如果有一個人，他戴著氧氣罩，只有吸入氧氣，不吸入其它的氣體，  
他會呼出……？

S：氧氣啊！

T：為什麼？

S：我們沒有吸到二氧化碳，就不會呼出二氧化碳了。

## (二)學童小賢在氣體交換的想法

1.小賢認為綠色植物在白天時，從葉子吸收空氣並送至莖，在送到莖的過程中，將二氧化碳逐漸過濾起來，二氧化碳會暫時被保留在莖中間，到達莖底部的氣體是氧氣，植物將氧氣送到根後排放到土壤中；在晚上時，植物的根會從土壤裡吸氧氣到莖底部，並將白天被過濾起來的二氧化碳往葉子的方向趕出去，因此綠色植物在晚上會排出氧氣(如例 L)：

例 L：實物晤談

T：為什麼你要強調送到莖？

S：因為葉到莖，就好像我們人類的鼻子到肺一樣。

T：葉到莖有什麼功能嗎？

S：和我們一樣過濾空氣。

T：怎樣過濾法呢？

S：空氣…會把二氧化碳過濾起來。

T：二氧化碳過濾起來放在哪裡？

S：先放在葉和莖中間…某一個…其中一個地方。

T：氧氣呢？

S：氧氣送到根，從根送到土裡面。

……

T：怎樣相反？你可以說一下嗎？

S：就根從土裡吸氧氣。

T：然後呢？

S：吸到莖…吸了很多到莖，把原來在莖的二氧化碳，向前擠。

T：向哪裡擠？

S：向葉子的方向。

T：然後呢？

S：葉子就會排出氧氣。



圖三 小賢的植物呼吸圖

2.小賢認為我們呼吸時，會將氧氣和廢氣吸入肺裡(如例 M)，在吸入空氣的過程中，二氧化碳會逐漸被過濾起來，而且集中在肺的出口處，最後會被氧氣趕出去，因此從鼻子呼出二氧化碳(如例 N)：

例 M：概念構圖晤談

T：人類呼吸的主要器官是什麼？

S：肺。空氣都吸到肺，也都從肺呼出來。

例 N：繪圖晤談

T：人類以鼻子呼吸空氣，再來空氣會……？

S：進入到肺部。

T：什麼空氣？

S：氧氣和二氧化碳。

T：氧氣和二氧化碳進入到肺之後呢？

S：在肺裡因為有濾網，所以二氧化碳會被濾住。

T：然後呢？

S：然後就二氧化碳被集中在肺出口的地方。

T：然後呢？

S：二氧化碳就會被氧氣推擠，從鼻子呼出去。



圖四 小賢的人類呼吸圖

### (三)學童小賢在人類呼吸運動的想法

1.小賢認為我們呼吸時，肺會充滿空氣，而且胸腔會擴大、縮小(如例 O、P)，但是卻認為呼吸時，是因為肺先吸入了空氣，所以胸腔變大(如例 Q)，因為肺能吸入空氣完全是靠自己的想法(意志力)使然(如例 R)：

例 O：晤談綱要晤談

T：還有呢？

S：嗯……吸氣時肺部會一點點漲大，肺有很多的空氣，呼氣時肺部會一點點縮小。

T：人類的肺像什麼？

S：像汽球。

T：為什麼？

T：這樣才能將空氣裝在裡面，所以吸氣時，肺自然就變大了。

例 P：晤談綱要晤談

T：好。我們人類在呼吸運動的時候，就是做呼吸這個動作時，身體哪些部位會做改變？

S：吸氣胸腔變大，呼氣胸腔變小。

T：還有嗎？

S：好像整個胸腔都擴大了。

例 Q：晤談綱要晤談

T：是因為胸腔變大，空氣才進到肺嗎？

S：不是。是空氣被肺吸進去，胸腔和肺才變大的。

T：為什麼？

S：本來就是肺吸空氣後，胸部就會大起來。

T：然後呢？

S：肺裡的空氣吐出去了，胸部自然也就縮小了。

例 R：晤談綱要晤談

T：你可以試試看，把鼻子捏起來？

S：(受試者把鼻子捏住呼吸)還是可以呼吸……，我不知道為什麼，不過我想要吸空氣就吸，還要靠什麼力量嗎？

T：你的意思是…？

S：用我的想法就可以了。

T：舉個其它的例子好了。

S：就像我的手一樣，要拿就拿。

#### (四)學童小賢在呼吸作用與光合作用關係的想法

1.小賢認為人類呼吸必須仰賴綠色植物的淨化(如例 S)，綠色植物會利用太陽能的力量，過濾空氣中的二氧化碳，吐出氧氣給人類多一些的氧氣，這樣我們才不會吸到很多的髒空氣，所以我們要種很多的樹木，讓空氣新鮮，小賢不認為綠色植物是氧氣的產生者，而是過濾者(如例 T)：

例 S：晤談綱要晤談

T：所以如果沒有這些植物的話…？

S：那不行，綠色植物會讓空氣變得乾淨。

例 T：繪圖晤談晤談

T：我們呼吸的空氣和綠色植物有關嗎？

S：有啊！(指著綠色盆栽)它會過濾空氣，把髒的空氣過濾起來。

T：你說的髒空氣是什麼？

S：二氧化碳。

T：為什麼綠色植物能過濾？我們人類也可以嗎？

S：綠色植物有太陽光照的時候，就有熱能，就可以過濾。

.....  
S：不是這樣的，樹木如果過濾髒的空氣，空氣就會比較新鮮，我們就會呼吸到新鮮的空氣。

T：平時我們沒有呼到新鮮的空氣嗎？

S：沒有，因為車子的污染很多，所以我們種了很多樹木。

## (五)學童小賢在呼吸器官(部位)的想法

1.小賢認為綠色植物利用葉脈和葉緣(葉子邊緣)來呼吸，因為葉脈和葉緣有呼吸的孔，如例 U：

例 U：實物晤談

T：喔。從葉的哪裡呼吸？

S：嗯...從葉的這裡(指著葉脈)，應該是從葉脈這裡來呼吸，因為這裡才有孔，然後吸到枝，然後吸到莖，就這樣。

T：只有葉脈有孔嗎？

S：葉的邊緣也有。

另一方面，小賢認為仙人掌從根部吸收氧氣，從“針”上吸收二氧化碳，如例 V：

例 V：實物晤談

T：仙人掌呢？

S：.....也是會呼吸。

T：從哪裡？

S：從根來吸收氧氣。

T：白天呢？

S：也是。

T：整天嗎？會吸收二氧化碳嗎？

S：會呀！會從針吸收二氧化碳。仙人掌上的一個針有一個孔可以呼吸，好像注射針筒的針一樣。

小賢認為綠色的樹木如果葉子掉光了，會利用枝幹的最末端呼吸，因為那裡有一個孔可以呼吸，如例 W：

例 W：實物晤談

T：植物在冬天時，樹葉都掉光了，白天時，植物還會呼吸嗎？

S：也是會。

T：從哪裡吸入空氣呢？

S：從枝幹的最末端。

T：為什麼？

S：因為那裡會有一個孔，那一個孔可以呼吸空氣。

2.小賢認為人類的肺是像一個過濾網，吸入的空氣有二氧化碳，就會



被過濾起來不會進入身體內部，並將二氧化碳集中，如例 X：

例 X：繪圖晤談

T：我們身體的肺，它的構造是什麼樣子？

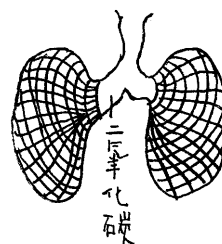
S：像一張過濾網。

T：為什麼？

S：吸進的空氣裡的二氧化碳，就被排除在外了。

T：吸入氧氣時呢？

S：就會把二氧化碳一起趕出去，所以我們呼出來的空氣都是二氧化碳。



圖五 小賢的人類肺臟圖

3. 小賢認為魚類是利用鰓呼吸，因為魚類都是用鰓呼吸，如例 Y：

例 Y：晤談綱要晤談

T：好。水裡有一些魚，牠們把頭浮出水面，嘴巴一張一合的，你覺得魚兒在做什麼？

S：牠們是在呼吸。

T：用什麼呼吸？

S：用鰓呼吸。

4. 小賢認為蚯蚓是利用嘴巴呼吸空氣，因為嘴巴會吃泥土中的空氣，如例 Z：

例 Z：晤談綱要晤談

T：你為什麼認為蚯蚓利用嘴巴呼吸？

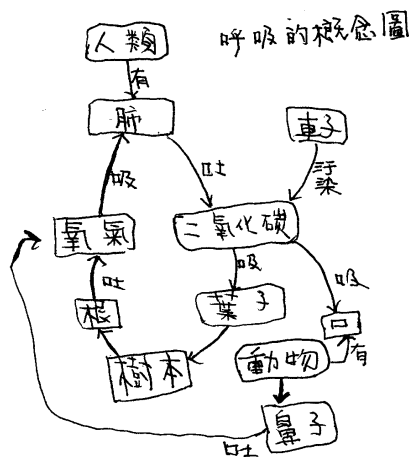
S：因為蚯蚓都躲在土裡，只能吃泥土前進。

T：嗯。

S：牠吃泥土的時候，土有空氣，就把空氣吃進去了。

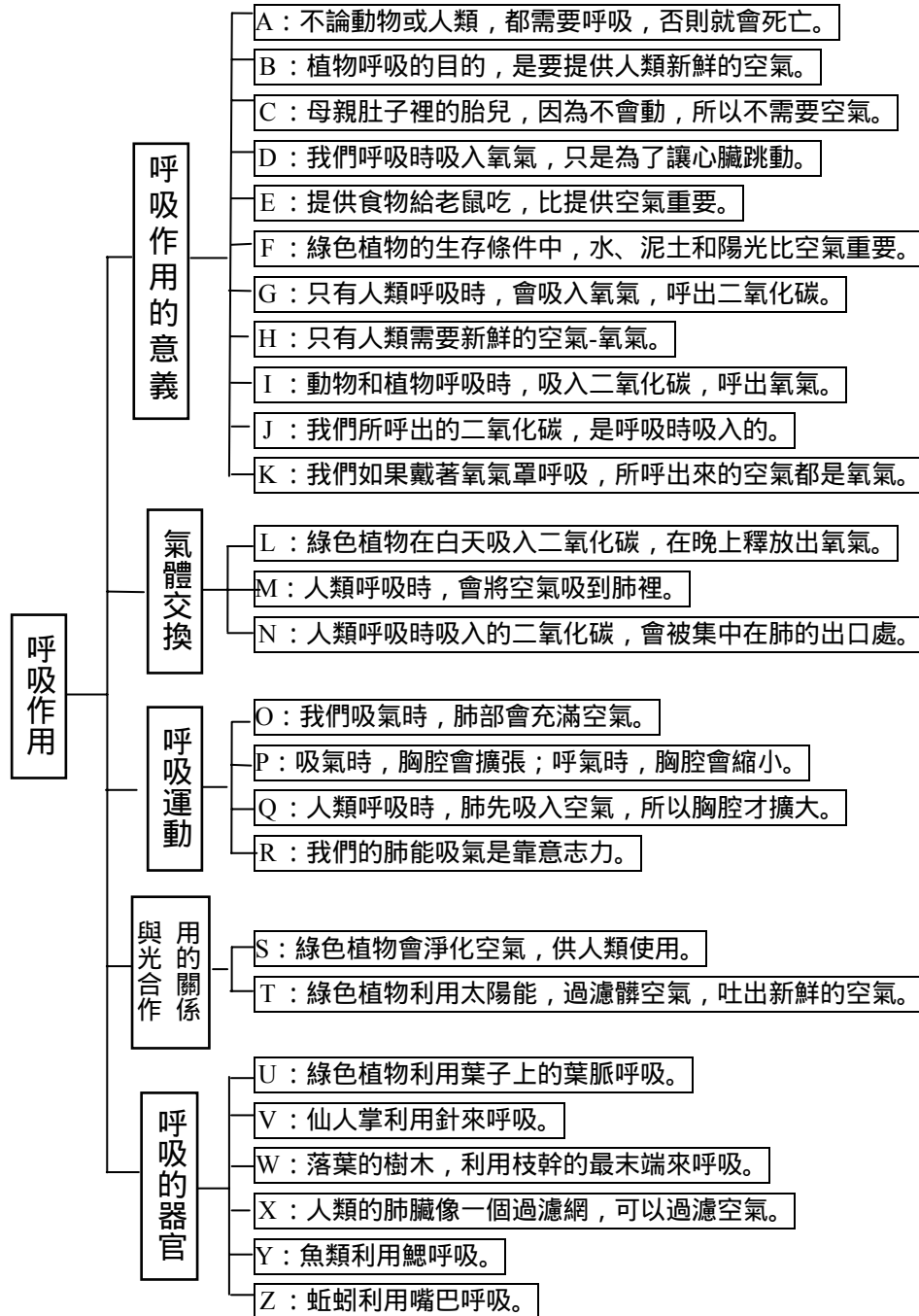
## 二、學童小賢對於呼吸作用的認知架構圖

### (一) 學童小賢呼吸作用概念構圖



圖六 學童小賢的呼吸作用概念構圖

## (二)學童小賢「呼吸作用」認知架構圖



圖七 學童小賢的呼吸作用認知架構圖

### 三、學童小賢的認知架構與另有概念的關係

本研究以學業成就中上程度的學童小賢來做個案分析，除了深入探究小賢的另有概念及認知架構外，本節也將探究小賢對呼吸作用的認知架構特色與另有概念形成的成因。

### (一)學童小賢「呼吸作用」認知架構特色

以小賢對於呼吸作用的認知架構圖來看，小賢對於呼吸作用的概念非常豐富、而且對於這些概念的想法是完整而非片段的，這其中或許有很多的另有概念，但是小賢卻能以自己的想法，將這些相關聯的概念，自成系統的解釋而沒有零碎的感覺，小賢對呼吸作用的想法有一完整的另有架構，其主要特色有：

- 1.活動模式：小賢認為只有會活動的生物，才需要呼吸空氣，所以不論人類、或是其它的動物，因為會動所以都需要呼吸；人類呼吸時吸入氧氣是為了讓心臟跳動。然而在母親肚子裡的胎兒是不會動的，所以不需要呼吸。
- 2.維生模式：很明顯地，動植物需依賴水分、食物和養分等來維持生命。因此，小賢很理所當然地認為水分、食物、養分、或土壤是動植物生存的基本條件，而忽略了空氣也是動植物生存的最重要的條件。
- 3.人類至上模式：其他動物或植物均為人類，將氧氣吐給人類用，所以只有人類才會吸新鮮的氧氣，呼出髒的二氧化碳，其它的動物如狗、貓、老鼠等和植物則不需要新鮮的空氣，只需要吸收二氧化碳呼出氧氣。
- 4.吸入模式：大氣中有許多的髒空氣二氧化碳，人類呼吸時會自然吸入二氧化碳，因此人類呼吸時也就會呼出二氧化碳，然而此二氧化碳的產生與所吸入的氧氣無關，是呼吸時吸入的。換句話說，小賢認為人類如果沒有吸入二氧化碳，就不會呼出二氧化碳。
- 5.過濾模式：不論植物或人類均會把吸入的空氣，送至莖或肺，在運送的過程中會將二氧化碳逐漸過濾起來後，再把二氧化碳排出去。
- 6.意志力模式：呼吸是一種意志力的表現，靠自己的想法就可以完成呼吸的動作，所以肺先吸入了空氣，胸腔就變大了。
- 7.細孔模式：植物利用細孔呼吸，例如葉脈和葉緣上有孔，可以讓空氣流通、及進出；仙人掌上會從身上的“針”上吸收二氧化碳，因

為針有一個孔可以呼吸，好像注射針筒的針一樣；綠色的樹木如果葉子掉光了，會利用枝幹的最末端呼吸，因為那裡有一個孔可以呼吸。

## (二)學童小賢「呼吸作用」另有概念的原因

- 1.以動物的特性來解釋植物的特性：小賢認為植物的莖就好像人類的肺臟一樣，可以將二氧化碳轉變成氧氣。
- 2.以「人」為中心來看週遭的環境：小賢認為人為整個環境的主宰者，其他動物或植物均為人類，將氧氣吐給人類用。小賢認為大自然裡到處都是被污染的空氣，這些被汙染的空氣就是二氧化碳，我們人類會吸到這些對人類有害的二氧化碳，綠色植物可以淨化髒空氣，綠色植物本身就是一個空氣清淨機，不斷地過濾髒空氣，排出新鮮的空氣，供給人類使用，所以只有人類才會吸新鮮的氧氣，呼出髒的二氧化碳，其它的動物如狗、貓、老鼠等和植物則不需要新鮮的空氣，只需要吸收二氧化碳呼出氧氣。
- 3.以直覺的觀點來解釋呼吸的概念：小賢認為蚯蚓都躲在土裡，只能吃泥土前進，所以在蚯蚓吃泥土時，順使用嘴巴吃土中的空氣呼吸。
- 4.以自己生活經驗來解釋呼吸的概念：小賢每天經過漁船，看見漁船冒出濃煙，所以認定那些受污染的濃煙就是二氧化碳；曾經在Discovery 頻道看過胎兒的介紹，發現胎兒不會動，所以認定胎兒不會呼吸；曾經仔細看過注射針筒，認為仙人掌的針就像注射針筒一樣有孔，所以認定仙人掌用針呼吸。
- 5.受到日常生活語言的影響：小賢不曉得呼吸運動的原理，很自然的認為我們想要吸空氣就吸，這是一種與「語言」的因素有關，因為我們平日總是會說：我們「吸入」空氣，在無形中，已經將主動的概念隱喻在其中，而非科學上肺臟的吸入空氣是一個被動的概念。

## 伍、建議

基於上述研究結果，本研究有下列數點建議：

## 一、對概念研究的建議

### (一)開放性的問與答

做研究時不要限制學童作答的範圍，學童年紀尚小，很容易照著老師或研究者的問題來直接回答而已，回答的答案通常只侷限在這個問題上，無法發覺更多的想法，如果能給予更大的範圍和更小的限制，所回答出來的答案會更接近學童的想法。

### (二)盡量以實物、實例與實際操作來晤談學生

### (三)力求晤談的穩定性

晤談雖然相當廣泛的被運用在評量上，在研究上是非常重要的工具，但是也有研究質疑晤談的穩定度，因為認知並不能被視為是個人的一項穩定特質(張惠博，2002)。本研究在晤談過程，也發現到學童在回答有呈現不穩定的情況，依據研究者的做法是再設計不同型態的題目、或是以不同的晤談方式再次核對學童的想法，如果學童所回答的結果還是呈現不穩定的狀況，則寧可捨棄其想法不用，依照本研究的經驗，學童對於某一件概念的想法，通常會有十分堅定的意念，不會輕易改變其想法。

## 二、對教學上的建議

教學前要先了解學童的想法：

(一)教師不一定要以紙筆測驗的方式，來測驗學童的想法，但是在教學之前，以實物、圖卡、錄影帶(VCD)或是一個實際問題，讓學童來發表想法，如此不但可以了解學童的想法，也可以引起學童學習的意願。

(二)將有關國小學童對呼吸作用的另有概念，列入國小九年一貫課程「自然與生活科技」領域的教學指引或相關教學網路中，讓老師能在教學之前，先了解學生可能有的先前概念或另有概念，並納入概念改變的教學以提高教學成效。

## 誌 謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計劃補助經費(計畫編號 NSC 89-2511-S-153-020、NSC 90-2511-S-153-021), 概念整合型計劃各科總主持人郭重吉教授、鄭湧涇教授、張惠博教授、邱美虹教授、尤其是生物概念研究總計劃主持人黃台珠教授、林陳涌教授, 與生物小組研究群 - 熊召弟教授、盧秀琴教授、游淑媚教授、顏瓊芬教授、廖麗貞教授、莊嘉坤教授、林曉雯教授、王靜如教授, 所有先進大力協助; 加上論文評審委員提供許多卓見與指正, 特此誌謝!

## 附錄一 概念構圖的步驟

### 材料：

1. 給學生一些卡片大約 3cm × 1cm。
2. 卡片上寫上概念的名稱或想法。
3. 大約從 6~12 個卡片做起。
4. 在一張白紙上安排這些卡片。
5. 用膠水將這些卡片黏在白紙上。
6. 紙要夠大，卡片和卡片之間要有足夠的空間。

### 步驟：

1. 分類卡片：首先將不知道或覺得不相關聯的卡片放在旁邊。
2. 安排卡片：以自己覺得有意義的方式安排卡片，將概念有相關聯的卡片靠攏放置，但還是需要預留可以放入其他卡片的空間。
3. 固定卡片：當你滿意你的卡片安排時，把卡片黏在紙上。
4. 畫關聯線：在概念相關聯的卡片之間畫線。
5. 寫出關聯線性質：可以使用箭頭幫助閱讀關聯線性質。
6. 將步驟一放置於旁邊的卡片，加到概念圖裡(畫關連線、寫關聯線性質)。

### 指導技巧：

1. 先從簡單的做起。
2. 老師做示範，利用投影機示範，學生第一次練習時，可從模仿做起。
3. 重視(強調)學生去思考可能的關係線，和每條關係線的性質。
4. 第一次做的不理想，可以再給學生第二次嘗試。
5. 可以給學生整個概念圖配置和關聯線性質的建議。
6. 幫助學生了解：沒有唯一和正確答案的概念圖。

## 附錄二 學童個別晤談綱要

1. 關於呼吸的意義：
  - 1-1 所有的動物(人類)都需要呼吸嗎？(配合學童概念構圖)
  - 1-2 在母親體內的胎兒，會呼吸嗎？(配合學童概念構圖)
  - 1-3 動物生存最重要的生存條件是什麼？(配合密室中老鼠情境題)
  - 1-4 動物(人類)呼吸的氣體是什麼？(配合學童概念構圖)
  - 1-5 所有的綠色植物都需要呼吸嗎？(配合學童概念構圖)
  - 1-6 綠色植物生存最重要的生存條件是什麼？(配合開放性紙筆測驗)
  - 1-7 綠色植物呼吸的氣體是什麼？(配合學童概念構圖 樹木呼吸繪圖)
  - 1-8 綠色植物的呼吸在白天和晚上的情況一樣嗎？(配合學童概念構圖、樹木呼吸繪圖)
2. 關於氣體交換：
  - 2-1 請描述空氣從進入綠色植物體內，一直到排出的過程。(配合植物呼吸繪圖)
  - 2-2 請描述空氣從進入到人體，一直到排出的過程。(配合人體呼吸繪圖)
3. 關於呼吸運動：
  - 3-1 請描述人體呼吸時，身體變化的情形。(配合圖卡、實物)
4. 關於呼吸與光合作用的關係：
  - 4-1 我們人類的呼吸和綠色植物有什麼關係？(配合圖卡、實物)
5. 關於呼吸的器官：
  - 5-1 綠色植物是怎麼呼吸的？(配合植物呼吸繪圖、實物)
  - 5-2 掉了葉子的樹木是怎麼呼吸的？(配合圖卡、實物)
  - 5-3 仙人掌是怎麼呼吸的？(配合圖卡、實物)
  - 5-4 我們人類是怎麼呼吸的？(配合人體呼吸繪圖)
  - 5-5 在水裡的魚類是怎麼呼吸的？(配合圖卡)
  - 5-6 泥土裡的蚯蚓是怎麼呼吸的？(配合圖卡)



## 參考文獻

- 王文科(1999)*教育研究法*。台北市，臺灣：五南圖書出版公司。
- 王國華(1995)*自然科概念改變教學策略之探討*。論文發表於台灣中區國民中學數理學科「概念改變教學策略」研習會。彰化，臺灣：國立彰化師範大學。
- 王美芬、熊召弟(1995)*國民小學自然科教材教法*。頁 89-90。台北，臺灣：心理出版社有限公司。
- 王雪紛(1996)*國小高年級學生光合作用學習困難之探究*。台南市，臺灣：國立台南師範學院國民教育研究所碩士論文(未出版)。
- 王龍錫(1992)*國小兒童光與視覺之概念發展研究(一)*。行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告(NSC-81-01110-s-153-01-N)，臺北，臺灣：行政院國家科學委員會。
- 吳麗娟(2002)*國小五年級學童光合作用迷思概念之探討*。屏東市，臺灣：國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文(未出版)。
- 耿正屏、陳瑞鴻、林素華、蔡顯(1991)：*我國國中學生生物概念的發展：生物體內物質的運輸*。行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告，臺北，臺灣：行政院國家科學委員會。
- 許健將(1991)*利用二段式測驗探查高三學生有關共價鍵及分子結構之迷思概念*。彰化市，臺灣：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文(未出版)。
- 許健將、郭重吉、李成康(1992)利用二段式測驗探查高三學生有關共價鍵及分子結構之迷思概念。*科學教育(彰化師大)*，3，175-197。
- 黃台珠(1984)概念研究及其意義。*科學教育月刊*，66，44-56。
- 張惠博(2002)*科學概念學習研究-物理科協調計劃*。行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告(NSC90-2511-S-018-038)，臺北，臺灣：行政院國家科學委員會。
- 陳啟民(1991)*發展紙筆測驗以探究高一學生對直流電路的迷思概念*。彰化市，臺灣：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文(未出版)。

- 莊嘉坤(1995)認知研究在科學教育上的省思。*屏師科學教育創刊號*，頁 25-29。
- 郭重吉(1990)學生科學知識認知結構的評估與描述。*彰化師範大學學報*，1，217-319。
- 郭重吉(1992)從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。*科學發展月刊*，20(5)，548-568。
- 裘維鈺(1995)*國小學童植物概念及其相關概念之研究*。台中市，臺灣：國立台中師範學院初等教育研究所碩士論文(未出版)。
- 熊召弟(1996)*學童的生物觀—植物篇*。八十四學年度師範學院教育學術論文發表會論文集，61-68。
- 樊雪春、陳慧娟(1996)自然科學的教與學。*有效的學習方法編輯*。臺北，臺灣：教育部訓委會。
- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, **72**, 175-184.
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: An inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, **21**(4), 363-371.
- Catherall, R. W. (1981). *Children's beliefs about the human circulatory system: an aid for teachers regarding the role intuitive beliefs play in the development of formal concepts in 7-14 years olds*. Report No. 82-16 Educational Research Institute of British Columbia, Vancouver, B.C.
- Cobern, W. W. (1989). World view theory and science education research: Fundamental epistemological structure as a critical factor in science learning and attitude development. *National Association for Research in Science Teaching*. 1-55.
- Duncan, I. M., Johnstone, A. H. (1973). The mole concept. *Education in Chemistry*, **10**, 213-214.
- Edmondson, K. M. (1999). Assessing science understanding through concept maps. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak(Eds.), *Assessing science understanding*. (15-40). San Diego, California: Academic Press.
- Eisen, Y., & Stavy, R. (1992). Material cycles in nature: a new approach to teaching

- photosynthesis in junior high school. *American Biology Teacher*, **54**, 339-42.
- Forisha, B. D. (1975). Mental imagery verbal processes: a developmental study. *Developmental Psychology*, **11**, 259-267.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J., (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, **66**, 4.
- Gilbert, J. K., & Swift, D. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, **69**, 681-696.
- Gilbert, J. K., & Watts, M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conception : Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, **10**, 61-98.
- Helm, H. (1980). Misconceptions in physics among south african students. *Physics Education*, **15**, 92-105.
- Klausmeier, H. J., Frayer, D. A., & Ghatala, E. S. (1974). *Conceptual Learning and Development*. New York : Academic.
- Linn, M. (1986). *Cognition and Instruction* (pp. 155-204). New York: Academic press, Inc.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, NY: Cornell University press.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1989). *Learning how to learn*. Cornell University.
- Novak, J. D., Mintzes, J. J., & Wandersee, J. H. (2000). Learning, Teaching, and Assessment : A Human Constructivist Perspective. In J. J. Mintzes, J. D. Novak & J. H. Wandersee (Eds.), *Assessing Science Understanding A Human Constructivist*. San Diego, California: Academic Press.
- Osborne, R. J., Bell, B. F., & Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's views of the word. *European Journal of Science Education*, **5**(1), 1-14.
- Rice, P. (1991). Concepts of health and illness in Thai children. *International Journal of Science Education*, **13**(1), 115-127.
- Seymour, J., & Longden, B. (1991). Respiration : that's breathing isn't it? *Journal of Biological Education*, **25**, 177-183.
- Soyibo, K. (1983). Selected science misconceptions amongst some Nigerian school certificate students. *Misconceptions in Science and Mathematics*. Proceedings of

- the International Seminar. pp. 443-445.
- Stavy, R., & Tirosh, D. (1996). Intuitive rules in science and mathematics: the case of 'more of A—more of B'. *International Journal of Science Education*, **18**, 653-667.
- Stewart, J. (1982). Two aspects of meaningful problem solving in science. *Science Education*, **66**(5), 731-749.
- Tirosh, D., & Stavy, R. (1996). Intuitive rules in science and mathematics: the case of 'everything can be divided by two'. *International Journal of Science Education*, **18**, 669-683.
- Tirosh, D., & Stavy, R. (1999). Intuitive rules: a way to explain and predict students' reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, **38**(1-3), 55-66.
- Tirosh, D., Stavy, R., & Cohen, S. (1998). Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education*, **20**(10), 1257-1269.
- Treagust, D. F. (1986). Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science Education*, **16**, 199-207.
- Tregust, D. F. (1995). *Diagnostic Assessment of Students' Science Knowledge*. Mahwah: New Jersey.
- Tsai, C.-C. (1998). An analysis of Taiwanese eighth graders' science achievement, scientific epistemological beliefs and cognitive structure outcomes after learning basic atomic theory. *International Journal of Science Education*, **20**, 413-425.
- Tsai, C.-C. (1999). Content analysis of Taiwanese 14 year olds' information processing operations shown in cognitive structures following physics instruction, with relations to science attainment and scientific epistemological beliefs. *Research in Science & Technological Education*, **17**, 125-138.
- Tsai, C. -C. (2000). Enhancing science instruction: the use of 'conflict maps'. *International Journal of Science Education*, **22**(3), 285-302.
- Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**, 51-61.
- White R. T., & Gunstone R. F. (1992). *Probing Understanding*. Philadelphia: The Falmer Press.

# Case Study of One Elementary School 6<sup>th</sup> Grade Student's Conceptions on Respiration

Huey-Lien Kao\* Mao-Tsong Sheu Ming-Chou Su

## Abstract

The purpose of this study was to explore one elementary school 6<sup>th</sup> grade student's conceptions on respiration. The level of achievement of the subject was between average and top. The study conducted open paper-and-pencil tests, concept mapping, drawings of human body respiration, drawings of green plant respiration, and interviews to construct cognitive framework maps of the subject on respiration. The results of the study showed that the subject had many alternative conceptions regarding the following theme of respiration: the definition of respiration, gas exchange, respiratory excises, relationships with photosynthesis, and the organs of respiration. The characteristics of subject's cognitive frameworks on respiration were: (1)activity model, (2)survival model, (3)humankind supremacy model, (4)inhalation model, (5)filtration model, (6)willpower model, and (7)fine hole model. The preliminary analysis of alternative conception formation were: (1)using characteristics of animals to explain characteristics of plants, (2)using humankind as a center to see environment, (3)using intuition to explain conceptions of respiration, (4)using living experiences to explain conceptions of respiration, (5)influencing by everyday living language. Based on above results, the study also propose recommendation for concept research and school science teaching.

**Key words: case study, concept, concept map, students of elementary school, alternative conceptions, respiration, cognitive framework**

---

\*Huey-Lien Kao: Associate Professor, Department of Natural Science Education, National Pingtung Teachers College.

Mao-Tsong Sheu: Teacher, Kaohsiung Municipal Shy-Wei Elementary School.

Ming-Chou Su: Associate Professor, Department of Environmental Engineering Sanitation, Tajen Institute of Technology.