科學教育學刊
2010, 第十八卷第一期, 25-41

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(1), 25-41

國中學生「恆定性」的另有概念之探討

林素華　劉燿誠
國立彰化師範大學　生物系所

（投稿日期：民國 97 年 10 月 30 日，修訂日期：98 年 12 月 14 日，接受日期：99 年 1 月 6 日）

摘要：本研究旨在發展「生物恆定性二段式診斷測驗（TTDTH）」以診斷國中學生在「生物恆定性」所存有的另有概念。研究工具 TTDTH 共 20 個選擇題，試題的第一部份為命題陳述，第二部份為選答前一選項的原因，題目先由學科專家審題後施測。預試分析顯示，題目的平均難度與鑑別度值分別是 0.47 及 0.59，信度值則是 0.81。完成的工具施測 920 個七年級學生以探討學生在生物恆定性概念的現況。資料分析結果顯示，國中學生在恆定性定義、體溫來源、內外溫動物的差異、體溫的調節機制、呼吸與呼吸運動、氣體調節機制、水分調節機制、血糖及血糖的調節機制等的想法有別於課程中所教授的概念。

關鍵詞：二段式診斷測驗、生物恆定性、另有概念

壹、緒　論

近年來，科學教育研究者認為學童尚未接受自然科學教育前，其心靈不是一無所有的白紙，學童會主動去解釋自然界的現象，因此在學習學校科學之前已經形成個人獨特的知識系統（Driver & Erickson, 1983）。學習前的概念因研究的科學社群不同，對其所認定概念一詞所含的特性與定義也亦有所不同。在學習科學課程時，學習者常會以本身已有的知識去理解所習得的新知識，對新概念賦予個人認知的意義，由於經驗的不同，個人解讀新知識的意涵可能與教師與科學家所形成的共識意義不一致，這些不同於科學社群所認可的知識型式，稱為迷思概念或另有概念（Alternative conception）（Gilbert & Watts, 1983; Treagust, 1988）。在科學領域中，使用共同的科學的語言與科學的態度與價值觀，讓科學知識可以順利的溝通。因此，科學學門知識的交換都是在相同的科學觀下進行的。一個另有概念的形成，可能使學生戴著異於科學社群共識的眼鏡看世界。持續的戴著眼鏡看世界，導致學生無法以共同的觀點詮釋科學現象，造成學習與理解的困難。甚至影響學習的興趣與意願。因此，瞭解學生概念學習的現狀及成因，是找出學習困難及運用有效的教學策略解決學習困難的方法。

現行國中自然與生活科技領域課程強調學習題材的實用性，重視知識與生活經驗的關聯性。以生命科學為例，在人體生理機制

的運作方面，有許多與生物恆定性有關的概念，是學生了解保健知識的重要基礎，也是學習生理學的基礎概念。但是，現行的自然領域教材中，有關生物恆定性概念的教材內容，是抽象、涵蓋性廣且包含許多零碎的生理知識的題材，對學生來說，是會遭遇較多學習困難的部份。因此，雖然恆定性概念與生命關係密切，但學生的學習成效卻是相當有限，對這些概念仍存有相當多的迷思概念或另有概念（林陳涌、徐毓慧，2002；Simpson & Marek, 1988; Westbrook & Marek, 1992）。

要了解學習者的認知結構的方式有許多，除了傳統的紙筆測驗外，Mintzes, Wandersee 與 Novak（2001）也發展出有效的概念診斷工具。在這些方法中，紙筆式、選擇題型的二段式診斷測驗（two-tier diagnostic test），能針對特定學科內容，結合既有的研究發現，設計成新工具的方法；在實施上，又有能夠進行大量施測的便利性，因此是廣被研究者使用於學習成果的診斷工具（許健將、郭重吉與李成康，1992；楊坤原、張賴妙理，2004；Odom & Barrow, 1995; Peterson, Treagust, & Garnett, 1989; Tan, Goh, Chia, & Treagust, 2002）。基於上述原由，本研究旨在發展適用於國中學生的概念診斷工具，以此探討國中學生在恆定性概念學習上，存在的另有概念類型。

貳、文獻探討

一、另有概念

概念是我們思考、解釋和分析的工具，也是學習的「基本單位」，是一些已確切的定義或廣為大眾所接受的觀念，或是一組特別的物件、記號或事件，因具有共同的性質，而擁有一共同的符號或命名（黃台珠，1984；Duit & Treagust, 1995; Mervis & Rosch, 1981）。在日常生活中，人們利用概念來傳達知識與傳遞訊息。概念可依其性質的具體與顯著程度而區分成兩類：一類是「具體概念」，是指事物的共同屬性極具體且顯著；另一類是「定義概念」，是無法用指稱的方式來學習，其共同屬性不能具體呈現之抽象概念，只能以概念性的語詞涵意來表示（張春興，1996）。除了上述對概念的分類之外，黃台珠（1984）認為概念有共同性、符號化、概念的使用者等三個共同特性。概念是個人對外在世界認知的基本單位，透過事物概念化的過程中，提供了解新知識的基礎。

而概念的發展，與學習經驗的關係密切。這個現象可從學習者隨著年紀的增長，學習經驗的累積與心智的成長，對於相同事件的看法逐漸增長，獲得驗證。在科學知識的學習也是如此，在正式學習前，因為生活經驗與學前經驗的影響，形成了不同的學前概念。進入教育系統後，學前概念與新學習的科學概念的相容性，會成為科學新知能否順利被吸收的關鍵因素。當兩者相容時產生同化，新概念得以納入學生的概念中，兩者經適度的整合後，成為較大的新概念；反之，若兩者不相容，就必須在兩個概念中，去蕪存菁，重新整合出新的概念，稱為調適（Hergenhahn & Olson, 2005）。概念的學習發展，就是隨著學習經驗而重複進行同化與調適的過程。在不斷的建構過程中，每個新的概念都是經由學習者賦予個人的意義而成的。因此，大多有關概念學習的研究多指出，改變原有概念是困難的（邱美虹，2000；Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985）。

至於，另有概念的成因有許多，如生活經驗的影響、直觀的判斷、認知階段的影響、對日常生活詞彙的誤解、家庭教育的影響、教學者的誤導、教科書的誤導、同儕或環境的影響等（林陳涌、徐毓慧，2002；張筱莉、

林陳涌，2001；Paradhan & Bano, 2001; Treagust, 2000）。

二、恆定性概念

選擇恆定概念的原因是恆定性的概念特質，人體的器官與系統都必須維持在能正常運作的條件下，才能發揮其運作機制；但是，器官與器官之間也必須合作，唯有運作的臟器都能在合理的運作環境下，才能順利溝通協調，讓整個身體機能正常的運作。而維持身體正常運作的環境就是恆定性的內容。因此，恆定性是個整合性的概念，是學習生理學的基礎概念（Modell, 2000）。

至於恆定概念的特質 Starr 與 Taggart（1992）認為恆定是指：「將生物體內在的物理與化學環境維持在對細胞活動最有利的範圍內的一種機制」。恆定作用的概念包括了「恆定機制運作的過程」與「運作的結果」。而 Barras（1984）則認為恆定概念包含「恆定的現象」（穩定的常態是持續的改變）與「恆定機制」（維持穩定常態的機制）。恆定性不只有它本身所表現出來的現象，也包括了維持穩定的機制。不只如此，恆定是透過「動態平衡」所維持的現象，也是恆定概念的特質。九年一貫課程綱要提到生物恆定性涵蓋體溫調節、排泄作用、呼吸運動的調節、血糖的調節、神經系統與內分泌系統等題材（教育部，2003）。這個說明了神經（腦）、呼吸、排泄、循環、內分泌等系統都與生物體生理機能穩定的維持有關。由於恆定概念內容複雜，教師教導與學生學習時，概念的完整性是決定概念學習成效的重要因素（Simpson & Marek, 1988）。至於學生在恆定性概念的學習情形，林陳涌與徐毓慧（2002）以語詞聯想及四格漫畫情境探討七年級學生對血糖恆定的概念；另一方面，林英杰與林樹聲（2005）則用概念診斷工具探討八年級學生在恆定性的學習成果。前者研究結果顯示，七年級尚無動態平衡的觀念；後者則顯示，八年級學生，在血糖與呼吸概念的學習表現較好。

國外研究方面，Finley, Stewart 與 Yarroch（1982）利用問卷調查方式，以地球科學、物理、化學、生物科各一百名科學教師為對象，從教師的角度探討學生有理解困難且遭遇較多學習困難的單元。結果顯示，「恆定性」在所有調查的科學概念中學習困難程度排名第十四。對於學習困難的原因，Barras（1984）認為學生對專有名詞意義的理解是學習困難的原因之一。例如學生會將「homeothermy（恆溫）」與「homeostasis（恆定）」視為同義字。另外，Simpson 與 Marek（1988）以「擴散、恆定、植物養份的製造及動植物的分類」為題，隨機取樣大型和小型高中的學生各十五位，以「概念評估陳述（concept evaluation statement, CES）」測驗，探究不同高中類型的學生在這四個生物概念的理解情形。研究結果顯示：大型高中的學生在學習上有形式運思能力練習的機會；而居住在農業區域的小型高中學生，從生活週遭獲得較多的直接觀察學習機會等因素，是不同類型學校高中生在這四個生物概念學習表現上不同的原因。此外，生物恆定性之所以較難理解的原因，在於整體的恆定機制涵蓋許多概念（如，呼吸運動產生氣體交換），學習者必須先確實理解概念與其間複雜的相互關係才能對生物恆定概念有完整的理解。Westbrook 與 Marek（1992）對七年級到大學生做 CES 的測驗，發現概念的理解雖然隨著年齡增長，但其增加是有限的，約30% 的大學生對恆定概念有部分了解，在七年級時只有3% 的學生有部分了解。雖然年齡較大的大學生對 CES 測驗反應較良好，但相對的也產生較多迷思概念。最後，研究者認為，具體運思

階段的學生和形式運思的學生都無法對恆定概念有良好的理解。

三、另有概念的診斷方法

診斷測驗的目的是在發現學生的學習困難，以做為補救教學的依據（郭生玉，1999）。為了幫助科學教師快速地診斷出學生的另有概念，促進教學成效，發展適合的診斷測驗工具是必須的（Haslam & Treagust, 1987; Odom & Barrow, 1995; Tan et al., 2002; Treagust, 1988, 1995, 2000）。常被用來診斷另有概念的方法有晤談法，概念圖法，運用紙筆測驗和二段式診斷測驗等。

晤談法有用科學事例或事件做為訪談內容，還有用示範示例，讓學生觀察並預測事件結果的 POE 法。每種方法都有晤談的題材，在直接溝通的過程，可以清楚的探知學生對科學概念的理解情形；缺點是，收集資料需投入大量的時間，比較適合樣本數少的研究或初探性研究。概念圖是藉由連結詞與連結線來表達概念之間關係的方法。當學生對概念圖上用的概念已有瞭解時，是可以將繪製的概念圖用於評估學生對整體概念架構的理解情形。在學生對概念模糊不清或是花時間繪圖意願不高時，都會影響評估的效果；另外，概念圖的評分，易受評分者主觀意識的影響，無法進行客觀的評量也是運用概念圖診斷較難實施的原因。紙筆測驗是普遍的評量方式，題型的選擇性也多，方便大量實施，是這個方法最大的優勢；另一方面，受評量者閱讀題意並提供答案的同時也限制了回收的資料的向度。客觀的紙筆測驗很難克服的是猜題的問題。猜測答對問題使得應用紙筆測驗的結果所做成的研究結果在解釋上容易發生偏誤。針對這個問題，Treagust（1988）建議採用二段式選擇題的方法，不但可以排除封閉式及開放式測驗的缺點，還能保有選擇題易於評分及評分較客觀的優點。且測驗的結果是藉由測驗試題的建構與組織選項的特質來描述評量的結果，相較於訪談等其他方式，二段式診斷測驗有實施方便與應用性強等兩項優點。

直到最近都還有研究運用這種工具在探討學生在動物分類上的另有概念（Yen, Yao, & Mintzes, 2007）。這個研究以訪談，圖卡及二段式診斷測驗對2000位學生收集研究資料，目的是了解台灣國小，國中，高中及大學學生在動物分類概念的另有概念。研究結果顯示，大多數的學生以「是否能運動」做為判定生物是否為動物的準則，用於區別生物類別的方式是，外觀型態及生活習性等少數屬性，對動物的認知侷限於生活中常見的脊椎動物，如哺乳類和鳥類等；無法區辨兩生類與爬蟲類等較不常見的動物。這個研究運用診斷工具，大量施測，獲得足夠的研究資料，以了解學生的學習趨勢與現狀；另一方面，研究結果可以提供給教師，作為教學措施因應的依據，使教學研究的結果契合於教學實務（Haslam &Treagust, 1987; Odom & Barrow, 1995; Tan et al., 2002; Treagust, 1988, 1995, 2000, 2006）。

參、研究方法

一、「生物恆定性二段式診斷測驗」（Two-Tier Diagnostic Test for Homeostasis, TTDTH）的發展參照 Treagust（1988）的三個步驟，程序如下：

(一)確認主題概念內容：目的在確定國民中學階段生物恆定性概念的主要內容，並將資料作條列式整理成診斷工具發展所需的命題陳述。再繪製概念圖，將其與命題陳述相對照以確認所

涵蓋的概念範圍。

1.分析學科單元內容，定義命題陳述

以國民中小學九年一貫課程綱要（教育部，2003）及現行的自然與生活科技第一冊教科書進行分析，確認生物恆定性概念教材內容分佈情形。並將教材的恆定性概念條列整理成命題陳述，分類成恆定性、體溫、氣體、水分與血糖等五類概念，分別給予每一命題之個別命題編號(恆定性－H;體溫－T；氣體－G；水分－W；血糖－B)(表1)。

2.發展學科單元內容之概念圖

依據教材內容，繪製概念圖，再經學科專家審查，發展生物恆定性專家概念圖，確立各概念間的關聯性。

3.建立命題陳述與概念圖之間的相關，確立內容的一致性

對照生物恆定性概念之命題陳述與專家概念圖，確認其範圍是否一致，並且確認各命題陳述間的關聯性。

4.內容效化

將上述步驟所發展的命題陳述及概念圖，送請科學教育學者與生物科學教師審查，確認內容有涵蓋中學生物恆定性概念及命題陳述，是否為中學生所應了解的概念。

(二)收集學生的另有概念資料：限於時間因素，無法實施大量訪談，但是訪談有可以臨場調整，廣泛收集資料的優勢。因此，收集學生另有概念部份，以訪談與紙筆測驗兩個步驟同時進行。訪談部份，以 3 所國中的 30 位學生（男 18 位、女 12 位）為對象，進行半結構式晤談；紙筆測驗部份，以雲嘉地區 520 名學生為對象（雲林縣 A 國中 4 班共 135 人、B 國中 5 班共 192 人、嘉義市 5 班共 193 人）進行開放式紙筆測驗，測驗內容與訪談大綱相同。回收的資料，依據概念類型予以編碼，半結構式晤談則與紙筆測驗都依學生填答整理，將二方資料統整條列成診斷工具第二階段的選項。

(三)發展診斷問卷：綜合文獻、非結構化晤談、開放式紙筆測驗的結果，設計 TTDTH 初稿。測驗共包含 20 個二段式選擇題，第一段是命題陳述，第二段則含 4 個選項及開放填答區。選項由前述訪談與開放式紙筆測驗結果所產生。

試題初稿，以台中縣148位中學生進行預試，鑑別度指數介於0.35～0.88之間，難度指數平均值為0.45。內部一致信度（Cronbach α）值為0.84。刪除鑑別度指數小於0.30的試題，其中第16題為「血糖恆定」的題目，鑑別度指數雖低於0.30，命題設計上沒有缺點且在文獻記載與訪談、開放式紙筆測驗結果都顯示該內容的重要性，予以保留（楊坤原、張賴妙理，2004；Ebel & Frisbie, 1991）。正式試題共有20個選擇題，內容包括恆定性定義、體溫、氣體、水分及血糖的恆定等，題數分別是1，5，4，4，6題。鑑別度指數介於0.32～0.785之間，鑑別度指數平均值為0.59。難度指數介於0.26～0.68之間，難度指

表 1：水分恆定概念內容及命題陳述示例

主概念	次概念	命題陳述
四、水分恆定	水分獲得與排出	W1.水分攝取及排尿作用是人體調節水分的主要機制。
		W2.當血液中水分減少時，血液濃度提高，刺激腦幹產生口渴的感覺。水分補充後，吸收進入血液中，血液濃度降低，便不再感到口渴。
		W3.口渴時，藉由激素的調節控制腎臟運作，使排尿量減少。
		W4.當體內水分過多時，則排尿量增加。

數平均值為0.47。內部一致信度（Cronbach α）值為0.81（表2）顯示本工具具有良好的信度。

二、實施方法

用完成之 TTDTH 對中部五個縣市隨機抽取中型以上學校的班級進行施測，其中台中縣6班213人，台中市4班165人，彰化縣6班199人，南投縣6班216人，雲林縣4班127人，共920名七年級國中學生。回收的資料分別針對第一段和第二段選項的正誤進行統計分析。二段均答對者才是對概念有正確的了解。第一段與第二段選項答對率都達75%，代表學生對該題概念的學習情形良好。只答對一段，代表學生有另有概念。至於另有概念類型則以10% 以上學生均有的題項，配合所診斷的概念敘述加以整理（楊坤原、張賴妙理，2004；Tan et al., 2002）。

肆、研究發現

一、七年級學生在生物恆定概念上普遍存在另有概念

學生的整體反應結果見表3。研究結果顯示，七年級學生在診斷測驗卷第一段（First tier, FT）的答對率介於59.46%～91.74% 之間，第二段（Second tier, ST）的答對比例在24.24%～80.65% 間，而符合第一段與第二段選項答對率都達75%，代表學生對該題概念學習情形良好的只有第14題。

再從各個主概念分別來看，學生在「恆定性定義」（題號1）在 FT/ST 的答對百分比分別是91.74% 和59.24%。「體溫恆定」部分共有5題（題號2、3、4、5、6），FT/ST 答對百分比分別是介於72.61%～88.59% 及26.20%～64.57% 之間。「氣體恆定」部份有4題（題號7、8、9、10），FT/ST 答對百分比分別是59.46%～84.46% 及24.24%～56.41% 之間。「血糖恆定」部分有6題（題號15、16、17、18、19、20），FT/ST 答對百分比分別是74.89%～87.93% 與30.54%～70.98% 之間。整體而言，七年級學生在上述四個恆定性主概念診斷題的表現，都沒有達到學習良好（FT/ST, 75%/75%）的標準。

另外，「水分恆定」部分有4題（題號11、12、13、14），FT/ST 答對百分比分別是59.46%～90.43% 及37.72%～80.65%。其中第14題二段答對百分比均超過75%，顯示學生在排尿的回饋機制概念學習良好外，在其餘的概念都存在另有概念。七年級學生在20個診斷測驗試題的反應顯現出學生存在著另有概念，且比例偏高，值得教師在這個概念的教學上再投注心力協助學生學習。

表 2：生物恆定性二段式概念診斷測驗（TTDTH）工具分析值

主概念	次概念	題號	難度/鑑別度
恆定性	定義	1	0.52/0.39
體溫恆定	體溫來源	2	0.31/0.44
	內、外溫動物的差異	3，4	0.38/0.57, 0.56/0.77
	體溫恆定的機制	5，6	0.41/0.58, 0.50/0.57
氣體恆定	呼吸作用與呼吸運動	7，8	0.29/0.37, 0.46/0.38
	氣體恆定機制	9，10	0.49/0.78, 0.44/0.60
水分恆定	水分獲得與排出	11	0.38/0.53
	水分恆定機制	12，13，14	0.47/0.58, 0.49/0.61, 0.68/0.56
血糖恆定	血糖重要性	15	0.47/0.52
	血糖來源	16	0.26/0.32
	血糖恆定機制	17，18，19，20	0.64/0.63, 0.61/0.65, 0.52/0.67, 0.46/0.65

表 3：七年級學生在「生物恆定性」概念診斷測驗的反應分析

概念	題號	FT 答對率	ST 答對率	FT/ST 差（%）	另有概念（Y/N）
恆定性定義	1	91.74%	59.24%	32.50	Y
體溫恆定	2	72.61%	26.20%	46.41	Y
	3	88.59%	33.37%	55.22	Y
	4	84.13%	64.57%	19.56	Y
	5	74.46%	47.28%	27.18	Y
	6	82.50%	56.30%	26.20	Y
氣體恆定	7	84.46%	24.24%	60.22	Y
	8	78.59%	56.41%	22.18	Y
	9	59.46%	53.91%	5.55	Y
	10	66.09%	43.04%	23.42	Y
水分恆定	11	71.09%	37.72%	33.37	Y
	12	69.13%	48.04%	21.09	Y
	13	87.07%	54.35%	32.72	Y
	14	90.43%	80.65%	9.78	N
血糖恆定	15	87.93%	48.80%	39.13	Y
	16	74.89%	30.54%	44.35	Y
	17	80.33%	70.98%	9.35	Y
	18	86.63%	70.00%	16.63	Y
	19	81.96%	57.93%	24.03	Y
	20	82.17%	45.65%	36.52	Y

進一步比較 FT 與 ST 答對比率差異，發現各題的 FT 值都比 ST 值高。從診斷試題的設計上可以為學生在這兩段反應數值顯現差異的原因提出解釋。首先，FT 的題目設計與學生熟悉的考試題式相仿，學生運用記誦與練習策略輸入老師教授的教材，就可以在教學上常用的認知評量題型上（記憶與理解）獲得不錯的成效；問題是回答 ST 的問題，需要用較高的認知能力與過程來處理知識（例如，綜合與分析）。因此兩者（FT/ST）差異的原因，是學生在知識處理方式與結果的差異。

綜觀試卷的20題中唯有17與18題的 ST 答對百分比約在70%，學生概念理解情形較為良好之外，其餘題目的 FT/ST 平均差約36%，顯示學生在恆定概念。其中第4及7題二段答對百分比之差達到約50-60%，顯示學生用來解釋動物體熱來源與呼吸作用與呼吸運動的運作方式的詮釋，與教科書所用的解釋方式是不同的。這樣的結果與林英杰與林樹聲（2005）的研究結果雖然相似，兩者的樣本不同，前述研究用八年級的學生為樣本，這些學生已在七年級時正式學過恆定性課程，與本研究施測七年級學生時境都不同，卻有相同的結果，顯示學校教學對導正學生在「恆定性」的另有概念，仍有努力的空間。

二、學生對文字的直接聯想影響學生對恆定性定義的理解

「生物恆定性」係指體內各項生理指標保持在一定範圍的現象，類似冷氣機的運作模式，生物體為維持體內環境的恆定，利用體內、外的各種受器，偵測生物體內的生理變化（國立編譯館，2007），是一種動態平衡的概念。91.74% 的學生正確的選填第一段；但是第二段答對率則只有59.24%。其中

有12.17% 的學生認為恆定性是「維持在一個定值狀態」;15.54% 學生認為恆定性是「維持固定在一個狀態」(表4)。兩個選項都有固定的意思，與「恆定性」詞中「恆」字的字義相似，造成錯誤的聯想。

在字辭上，「恆」是維持固定；「定」則是固定的意思，複合詞「恆定」結合兩個意思相同的字辭，有強化單一字辭共同涵意的功能，學生對文字的直接聯想影響學生對恆定性定義的誤解。由於科學社群為精確溝通的目的，習慣以精簡文字對自然現象作描述，因而以學科的專有名詞陳述科學知識。因此每個專有名詞，都有精確的科學意義。這種方式與學生將其視為個別文字，再由自身先前經驗，將科學專有名詞拼湊成有意義的文字的語文學習的方式是不同的，因而容易因此產生另有概念。這種結果與張筱莉與林陳涌（2001）研究的觀點一致。

三、因為對含有「呼吸」語詞的誤解，使得七年級學生對細胞呼吸是身體熱能的來源，與呼吸運動產生混淆；而缺乏體溫調節構造的概念及對生物體生理功能整體理解的缺失，則使得七年級學生在內、外溫動物的差異及體溫恆定的機制等概念上產生另有概念。

「體溫恆定」部份包含體溫來源，內、外溫動物的差異與體溫恆定的機制等三個部分。體溫來源部份，有21.74% 學生認為體溫來源就是藉由「肺部活動來產生能量」的呼吸作用；24.24% 學生認為體溫來源就是藉由「細胞呼吸時產生能量」的呼吸作用；11.09% 學生認為「能量的來源是呼吸運動中肺部活動」而來。上述的想法可能來自於概念理解的混淆及教師教學策略的問題。前者是學生對「呼吸作用」與「呼吸運動」概念的區分不理解。由於兩個名詞中都有「呼吸」，但是「呼吸作用」與「呼吸運動」都是複合的名詞，其中「呼吸」是較熟悉與生活化的名詞，學生用熟悉的語詞概括的運用在對「呼吸作用」與「呼吸運動」的理解。另外，教學策略運用的部份，Sanders（1993）認為教師在教學時明顯忽略呼吸作用與體溫維持需要能量的連結處理；Seymour（1991）則認為，呼吸作用是屬於上位概念，學生必須先了解物質的性質、化學反應、能量、細胞生理…等下位概念，才能學習此上位概念。這些結果顯示，教學前充分了解學生的學習基礎與理解教材概念間的聯結關係對教師選擇與規劃有效的教學策略是必要的。

其次是內、外溫動物差異的部份。內溫動物與外溫動物因腦幹中體溫調節中樞的有無及保溫構造的有無等因素，造成兩類生物因應環境溫度的變化，有不同的調節方式。內溫動物因環境溫度變化時，藉由腦幹體溫調節中樞，使這類動物體溫不至於劇烈的變化；外溫動物因缺乏體溫調節中樞，面對環境溫度變化時，身體溫度則會有大幅度的變化。TTDTH 中3、4、5、6題的分析結果見

表 4：「恆定性定義」填答分析表

題號	FT 選項	ST 選項				
		1	2	3	4	5
1	a	11（1.20%）	17（1.85%）	35（3.80%）	12（1.30%）	1（0.11%）
	b	**112**（**12.17%**）	74（8.04%）	510（55.43%）*	**143**（**15.54%**）	4（0.54%）
		123（13.37%）	91（9.89%）	454（59.24%）	155（16.85%）	5（0.54%）

註：FT 表示第一段選項，ST 第二段選項；*表示正確答案，**粗體**表示另有概念。

表5。在第3題中有25.54% 學生認為兩類動物差異在於「血液流動」不同所造成；22.28% 學生認為是「生活環境」不同造成此差異存在。在第4題中有10.76% 學生認為內溫動物的「體脂肪」是用來控制體溫，雖然學生知道這兩類動物體溫調節的方式不同，但是無法正確的選擇體溫調節的構造。

第5、6題的內容是人體體溫恆定的機制。其中第5題的結果是有13.15% 的學生認為控制體溫的器官組織除腦幹之外，還有「大腦、小腦」參與；有14.57% 的學生則認為「脊椎、汗腺、毛孔」才是控制體溫的相關構造。第6題中有18.59% 學生認為血管收縮與血液流動量跟體溫維持是藉由血管收縮，使血液與血管摩擦產生熱量，來維持體溫。現行的生物教材大多把「大腦、小腦、腦幹與脊髓等」編寫在神經系統的章節裡面，教材對神經系統的構造都有完整的敘述，但是在功能的描述上篇幅相對較少；反觀「恆定性」部份，著重的是生理功能的協調，這樣的題材大多排在各系統構造的教材的後面，這樣的編排有其合理性，因為學習生理功能必須以對生理構造的理解為基礎，但是學習者就必須有重組的能力，才能在各教材間完成橫向的聯結。如果不然，就只是依著教材的編寫，作縱向的學習。從學生選答狀況來看，他們顯然知道「大腦、小腦、腦幹與脊髓」都屬於神經系統，但是在這些構造與功能的聯結上，出現了問題。原因可能就出在教材的編製的整體性上。這個結果和林英杰、林樹聲（2005）與 Wang（2004）的研究發現相似。

四、七年級學生分不清楚在內、外呼吸作用的功能與機制，對於兩種生理機制發生的場所也模糊不清；雖然知道呼吸運動的功能是做氣體交換，卻認為氧氣濃度是影響調整呼吸速率的主要因素。

氣體恆定部分共4題，分析結果見表6。

表 5：「體溫恆定」填答分析表

題號	FT 選項	ST 選項				
		1	2	3	4	5
2	a	**200（21.74%）**	**223（24.24%）**	39（4.24%）	199（21.63%）*	6（0.65%）
	b	**102（11.09%）**	69（7.50%）	34（3.70%）	42（4.57%）	5（0.54%）
		302（32.83%）	292（31.74%）	73（7.93%）	241（26.20%）	11（1.20%）
3	a	**235（25.54%）**	286（31.09%）*	**203（22.28%）**	47（5.11%）	40（4.35%）
	b	23（2.50%）	19（2.07%）	46（5.00%）	14（1.52%）	3（0.33%）
		258（28.04%）	305（33.15%）	251（27.28%）	61（6.63%）	43（4.67%）
4	a	5（0.54%）	21（2.28%）	8（0.87%）	19（2.07%）	1（0.11%）
	b	17（1.85%）	14（1.52%）	33（3.59%）	28（3.04%）	1（0.11%）
	c	**99（10.76%）**	63（6.85%）	47（5.11%）	544（59.13%）*	17（1.85%）
		121（13.15%）	98（10.65%）	88（9.57%）	591（64.24%）	19（1.85%）
5	a	45（4.89%）	66（7.17%）	80（8.70%）	41（4.46%）	3（0.33%）
	b	**121（13.15%）**	**134（14.57%）**	353（38.37%）*	69（7.50%）	6（0.65%）
		166（18.04%）	200（21.74%）	433（47.07%）	110（11.96%）	9（0.98%）
6	a	498（54.13%）*	45（4.89%）	**171（18.59%）**	33（3.59%）	12（1.30%）
	b	20（2.17%）	32（3.48%）	30（3.26%）	66（7.17%）	12（1.30%）
		518（56.30%）	77（8.37%）	201（21.85%）	99（10.76%）	24（2.61%）

註：FT 表示第一段選項，ST 第二段選項；*表示正確答案，**粗體**表示另有概念。

表 6：「氣體恆定」概念診斷結果交叉表

題號	FT 選項	ST 選項				
		1	2	3	4	5
7	a	53（5.76%）	29（3.15%）	41（4.46%）	19（2.07%）	1（0.11%）
	b	14（1.52%）	**204（22.17%）**	**342（37.17%）**	204（22.17%）*	13（1.41%）
		67（7.28%）	233（25.33%）	383（41.63%）	223（24.24%）	14（1.52%）
8	a	**175（19.02%）**	437（47.50%）*	45（4.89%）	48（5.22%）	18（1.96%）
	b	26（2.83%）	82（8.91%）	28（3.04%）	46（5.00%）	15（1.63%）
		201（21.85%）	519（56.41%）	73（7.93%）	94（10.22%）	33（3.59%）
9	a	38（4.13%）	8（0.87%）	12（1.30%）	6（0.65%）	1（0.11%）
	b	23（2.50%）	**195（21.20%）**	59（6.41%）	30（3.26%）	2（0.22%）
	c	12（1.30%）	48（5.22%）	424（46.09%）*	56（6.09%）	4（0.43%）
		73（7.93%）	251（27.28%）	495（53.80%）	92（10.00%）	7（0.76%）
10	a	25（2.72%）	45（4.89%）	**160（17.39%）**	80（8.70%）	2（0.22%）
	b	81（8.80%）	349（37.93%）*	**110（11.96%）**	47（5.11%）	20（2.17%）
		106（11.52%）	394（42.83%）	270（29.35%）	127（13.80%）	22（2.39%）

註：FT 表示第一段選項，ST 第二段選項；*表示正確答案，**粗體**表示另有概念。

第7、8題的內容在診斷學生對於呼吸作用與呼吸運動差異與機制。呼吸作用（Respiration）與呼吸運動（Respiratory movement）兩者是完全不相同的概念，前者是指細胞利用氧與養分以產生能量的過程，是內呼吸；後者是指吸氣與呼氣時，整個胸腔的變化情形。其中第7題在診斷學生是否理解呼吸作用與呼吸運動。結果有22.17% 學生認為「呼吸作用就是在進行氣體交換」；有37.17% 學生認為「呼吸運動中肺本身會自行收縮舒張」進行氣體交換。這個結果顯示學生沒有正確的理解這兩個概念。此項結果與林英杰、林樹聲（2005），高慧蓮、蘇明洲與許茂聰（2003）相同；另外，Seymour（1991），Mann 與 Treagust（1998）的研究也有學生將呼吸運動與呼吸作用視為相同概念的結果，原因可能是兩者不明確的用語所造成。第8題在診斷氣體輸送的概念。有19.02% 學生認為氣體交換是透過「體循環」的路徑進行。事實上，體循環與肺循環和氣體交換都有關係。Wang（2004）指出學生常會對抽象而不易理解的概念，使用他們所熟悉的方式進行解釋。在消化及循環系統的教材中，物質在腸道的血管中交換的學習經驗早於氣體交換，承襲熟悉的經驗來學新的知識，是學生將循環系統的概念與氣體交換的概念有錯誤聯結的原因。

第9題則是在診斷氣體交換的場所以及輸送氣體的方式。其中有21.20% 學生認為氣體交換是由「肺來運輸氣體，並由肺泡運送」。過去研究指出，學生經常以其直覺來作為推理的依據（De Posada, 1997）。也就是說，中學生在學習此概念前，認為肺就是氣體交換的場所，任何有關氣體交換的相關事物，都與肺有關，因而產生另有概念。第10題在探討學生在呼吸調節概念的理解情形。人體的呼吸調節中樞在腦幹。刺激腦幹的物質為二氧化碳。當血液中二氧化碳濃度增加，會刺激腦幹加快呼吸的頻率與氣體交換的速率，以排除多餘二氧化碳；當血液中二氧化碳濃度降低，腦幹便調整呼吸運動頻率使其趨緩。學生回答情形分析顯示，有

17.39% 認為，影響呼吸頻率是「受到血液中氧濃度降低，刺激呼吸加快」；另外有11.96% 認為，「二氧化碳濃度影響氧濃度降低，刺激呼吸加快」的因素。綜合上述，學生認為「氧氣」是影響呼吸頻率的主要因素。原因可能是「氧氣」是維持生命必須的物質的觀念，我們在處理吸呼的議題時，習慣性的以「氧氣」的獲得作為核心，這個觀念使得學生認為「氧氣」是呼吸相關議題的核心。影響所及，學生會以「氧氣」為核心，發展出一套合理的解釋系統來理解所面對的現象，另有概念通常就在這時產生（Vosniadou, 1997）。

五、學生以為排汗是人體主要的調節水分的方式；此外，因為不清楚水分含量與血液濃度間的轉換關係，使得七年級學生在理解內分泌系統與神經系統在水分的維持的功能上發生問題。

水分恆定部分共4題，結果見表7。人體中水分主要來源藉由飲食，而以排汗、排尿、排便與呼氣等方式，調節體內水分的含量。第11題用於診斷學生在水分獲得與排出的概念。結果有13.59% 認為「人體主要的排除多餘水分方式是流汗」；有27.83% 認為當人體有多餘水分時，會刺激「膀胱」過濾血液的水分並排除。前者認為排汗是隨時在進行且是人體主要的排泄方式，如同前節所述，可能是受到學生自身的經驗所直接推理而來，研究結果與先前研究結果相似（林英杰、林樹聲，2005；林陳涌、徐毓慧，2002）。

人體的水分主要透過內分泌系統與神經系統來調控。當身體水分缺乏時，血液中的水分降低，使血液濃度提高，便刺激腦幹產生口渴的感覺，並減少尿液的產生；相反的，當身體水分過多時，血液中水分升高，血液濃度降低，便會刺激腦幹調控內分泌系統，使腎臟過濾多餘水分，形成尿液排除體外。第12題用於診斷學生在多餘水分狀態的調控的理解，結果有18.15% 學生認為當血液濃度「降低」時，就表示身體水分減少。表示學生並不清楚水分含量與濃度間的轉換關係。相同的結果林陳涌、徐毓慧（2002）與林英杰、林樹聲（2005）研究都有提到。而第13題用於診斷體內水分缺乏時，水分調整的方式。結果顯示有三成（30.76%）的學生認為，當口渴時，身體內已經「沒有水分」，因此排尿量減少。顯示出學生在學習恆定性的過程中並未建立起「相對」的概念，只是單純的用「絕對」的直觀經驗解釋口渴時身體內水分含量的狀態，可能的原因是，「相對」的概念抽象，需要適當的教學策略協助建立。在沒有適當的協助下，學生傾向於使

表 7：「水分恆定」之另有概念類型與百分比

水分恆定另有概念	百分比
水分獲得與排出	
認為「人體隨時在活動，所以流汗是主要排除多餘水分的方式」	13.59%
認為當有人體多餘水分時，會刺激「膀胱」過濾血液的水分並排除	27.83%
水分恆定的機制	
認為當血液濃度「降低」時，就表示身體水分減少	18.15%
認為當口渴時與血液濃度無關，而是與「血糖濃度」有關，血糖濃度越高，表示身體水分減少	14.02%
認為血液濃度與身體水分濃度之間並沒有關係，是固定不變的	10.43%
當口渴時，身體內已經「沒有水分」，因此排尿量減少	30.76%

用直覺、方便的方式來解釋科學現象（De Posada, 1997）。

六、七年級學生對血糖的功用，血糖在人體內代謝運用的情形及血糖的調控機制上存在另有概念。

血糖部分共六題，結果見表8。血糖是體內細胞活動的養分主要來源。細胞行呼吸作用將葡萄糖氧化產生能量以維持細胞功能正常運作。第15題用於診斷學生對血糖重要性的理解。結果有約三成（32.17%）的學生認為血糖重要是因為它是提供「呼吸運動」的養分來源。這個結果呼應本研究的前述結果。由於不清楚「呼吸運動」與「呼吸作用」間的差異，使得學生在與呼吸作用衍生的概念學習也發生問題。但是，從第一段的答對率來看，大部分學生知道血糖與生命的維持有關，但與第二段的答對率卻有極大的落差，顯示學生需要的學習協助是再一次澄清產生能量的化學機制（呼吸作用）與進行氣體交換的呼吸運動間的差異。

人體中血糖來源有二，一為從消化作用所獲得，將含糖類的食物消化分解成葡萄糖，經由小腸吸收進入血液；另一為儲存在肝臟中的肝糖，當需要時藉由升糖素調控，分解成葡萄糖進入血液中。第16題用於診斷學生是否理解血糖獲得的途徑。其中有將近四成（38.04%）高比例的學生認為消化作用所吸收的糖，不能被細胞直接利用，而是先轉變成肝糖，需要時再釋放進入血液中。這個結果顯示，學生知道血糖有雙重來源，但卻不清楚當身體面臨醣類過剩或缺乏時期的「存」與「釋」的調控機制。林英杰與林樹聲（2005）的研究有相同的結果。

至於體內糖類運用的情形是，身體運作時，會消耗細胞內的葡萄糖，使細胞內葡萄糖濃度降低，細胞附近微血管中的葡萄糖則會由擴散作用進入細胞內補充，使血液中的葡萄糖含量降低。當血糖濃度降低時，低血糖血液經過腦幹，腦幹便產生飢餓感，進而引起食慾進行攝食以補充血糖。當血糖濃度不足時，會促使升糖素與腎上腺素分泌，使儲存於肝臟中的肝糖釋放進入血液中。人體透過攝食獲取糖類，當用餐後，含糖類食物經消化分解成葡萄糖吸收進入血液中，此時血糖濃度升高，內分泌的胰島素（降糖素）分泌，促使細胞吸收葡萄糖，且將血糖轉換成肝糖儲存起來，使血糖濃度恢復至正常值。

第17題用於診斷學生是否了解血糖濃度如何調控。結果有9.78% 學生認為血糖不是由激素所調控，而是與「水分」濃度有關。此研究結果與林英杰、林樹聲（2005）的研

表 8：「血糖恆定」概念之另有概念類型與百分比

血糖恆定另有概念	百分比
血糖重要性	
認為血糖的重要性在提供「呼吸運動」的養分來源	32.17%
血糖來源	
認為消化作用所吸收的血糖，細胞並不會直接利用，而是先轉變成肝糖，需要時再釋放進入血液中	38.04%
血糖恆定	
認為血糖不是由激素所調控，而是與「水分」濃度有關	9.78%
認為飢餓的感覺是低血糖血液留經「胃臟」刺激所產生	14.89%
認為當胰島素分泌時，會抑制升糖素與腎上腺素分泌，使血糖濃度「提高」	20.98%
認為糖尿病就是吃太多糖類，造成血糖太高，胰島素分泌過多所造成	29.02%

究結果類似。第18題用於診斷血糖與飢餓的關係。結果有14.89% 學生認為飢餓的感覺是低血糖流經「胃臟」刺激所產生。由於胃是消化器官，負責消化部分蛋白質；饑餓感由感覺器官感知，由神經與內分泌系統負責感覺及反應。習慣上，碰到肌餓時，我們會指著腹部說「肚子餓」，這樣的表達方式或許是影響學生把臟器的功能與感覺做連結的因素。第19題則是診斷學生對於激素調控血糖的概念。結果顯示有20.98% 的學生認為當胰島素分泌時，會抑制升糖素與腎上腺素分泌，使血糖濃度「提高」。表示學生對於激素的拮抗關係是了解的，但是卻無法推論激素作用的結果。奇怪的是，相較於個別激素作用的結果，拮抗是抽象難懂的概念。對於這樣的結果，對國中學生而言，推論能力仍需加強。

最後第20題用於診斷學生對於胰島素與糖尿病間的關係。分析結果顯示有29.02% 學生認為吃太多糖類，以致於血糖太高，胰島素分泌過多是造成糖尿病的原因。可能原因有：一是沒有建立起疾病與致病因素間關係的聯結；二是對教科書中的陳述的誤解，張筱莉與林陳涌（2001）的研究指出，教科書中常提到糖尿病患者的症狀有「吃多、喝多、尿多」等，可能造成學生把病徵誤認為吃多是造成糖尿病的原因。

伍、結論與建議

二段式選擇題的方法，保有選擇題易於評分及評分較客觀的優點，不但克服了選擇題易於猜題的問題，又有實施的便利性，研究者得以對大量的樣本施測收集足夠的資料來解釋現象；此外，研究結果是結合施測結果與測驗試題選項的特質來說明學生概念學習的狀況。由於，每一個二段的選目都代表特定的另有概念類型，而了解學生另有概念的類型，是教師在教學準備及設計教學補救措施時的必要訊息。因此，運用診斷式測驗的研究結果在教學運用上更有實用性。本研究用二段式診斷測驗探討國中學生在生物恆定性的另有概念。施測足夠的樣本後發現，大多數國中學生在對恆定性定義概念、體溫恆定、水分恆定、氣體恆定、血糖恆定等概念都存有若干另有概念。主要的研究發現分述如下：

1. 語文與字辭的學習習慣是影響學生對「恆定性」概念定義的理解與詮釋的因素。針對這個現象，教師常用在教學的文意聯想的記憶策略應該避免使用，以減少因文意誤解衍生學習困難的可能性。
2. 體溫恆定方面，另有概念有「呼吸運動」與「呼吸作用」等名詞難於區分；內、外溫動物維持體溫的能量的來源與內溫動物體溫調節方式等。「呼吸運動」與「呼吸作用」部分，由於兩個名詞相似性頗高，強化名詞定義與區分的策略是必要的；內、外溫動物維持體溫的方式，與生物個體的構造關係密切。連結兩者間的關係，讓學生可以從生物的構造推理生物反應外界變化的方法；內溫動物體溫調節機制方面，可以從教科書內容中增加相關概念間橫向連結的處理。
3. 氣體的恆定方面有呼吸運動與壓力關係，氣體交換途徑與影響呼吸速率的因素等主要的另有概念。呼吸運動與壓力差的關係，是抽象的概念。最近實驗教材中出現的呼吸模型的製作，是透過模型的製作，讓學生具体觀察在呼與吸的過程中壓力變化的最佳選擇；至於氣體交換途徑方面，「氣體運送途徑」與「氣體交換場所」，分別是大範圍的「巨觀」概念與細胞層級「微觀」概念。需要仔

細的說明發生這些生命現象的脈絡，才能避免另有概念的發生。

4.水分含量方面，學生的另有概念，約可分為三類。一為對概念做直覺式推理，像是直接流汗的現象與口渴時體內的水分狀態。其次是無法釐清血液濃度與水分含量間的關係；第三是對字詞的直接聯想，像是認為水分在身體是不會變化。「相對性」是學習恆定性中必須建立的觀念，這個部份是生物教師們必須努力的部份。

5.血糖方面，學生在血糖的「存」與「釋」調節，調節與反應，疾病與病因的關係上有另有概念。在調整與反應的問題上，神經與內分泌必須接受到刺激，才能發出必要的反應。與負責消化的初級功能不同，消化器官接受食物的刺激再由神經與內分泌做出反應，這些調整的反應是「次級」功能，這是教授這個單元時，教師必須小心處理的部份。

參考文獻

1. 林英杰、林樹聲（2005）。**應用二段式診斷工具探究國中二年級學生對生物恆定性概念的了解**。論文發表於中華民國第二十一屆科學教育學術研討會。彰化市：國立彰化師範大學。
2. 林陳涌、徐毓慧（2002）。國一學生對血糖恒定性的先前概念。**科學教育學刊，10**（4），373-387。
3. 邱美虹（2000）。概念改變研究的省思與啟示。**科學教育學刊，8**（1），1-34。
4. 高慧蓮、蘇明洲、許茂聰（2003）。國小六年級學童呼吸作用另有概念之質化研究。**師大學報：科學教育類，48**（1），63-92。
5. 國立編譯館（2007）。**自然與生活科技：第一冊**。台北：國立編譯館。
6. 張春興（1996）。**教育心理學：三化取向的理論與實踐**。台北：東華。
7. 張筱莉、林陳涌（2001）。學童眼中的科學專有名詞。**科學教育學刊，9**（3），219-234。
8. 教育部（2003）。**國民中小學九年一貫課程綱要－自然與生活科技學習領域**。台北：教育部。
9. 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。**彰化師範大學學報，1**，279-320。
10. 郭生玉（1999）。**心理與教育測驗**。台北：精華。
11. 黃台珠（1984）。概念的研究及其意義。**科學教育月刊，66**，44-56。
12. 楊坤原、張賴妙理（2004）。發展和應用二段式診斷工具來偵測國中一年級學生之遺傳學另有概念。**科學教育學刊，12**（1），107-131。
13. Barras, R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education*, *18*(3), 201-206.
14. De Posada, J. M. (1997). Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: Structure and evolution. *Science Education, 81*, 445-467.
15. Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues on the study of students'conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education, 10*, 37-60.
16. Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne,

& A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 1-9). Buckingham, England: Open University Press.

17. Duit, R., & Treagust, D. F. (1995). Students' conceptions and constructivist teaching approaches. In B. J. Fraser & H. J. Walberg, (Eds.), *Improving science education* (pp. 46-69). Chicago, Illinois: The University of Chicago Press.
18. Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
19. Finley, F. D., Stewart, J., & Yarroch, W. L. (1982). Teacher' perceptions of important and difficult science content. *Science Education, 66*(4), 531-538.
20. Gilbert, J. K., & Watts, M. (1983). Concepts, misconceptions and alternations: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education, 10*, 61-88.
21. Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education, 21*, 203-211.
22. Hergenhahn, B. R., & Olson, M. H. (2005). *An introduction to theories of learning*. Upper saddle River, New Jerse: Peason Education Inc.
23. Mann, M., & Treagust, D. F. (1998). A pencil and paper instrument to diagnose students' conceptions of breathing, gas exchange and respiration. *Australian Science Teachers Journal, 44*(2), 55-59.
24. Mervis C. B., & Rosch, E. (1981). Categorization of natural objects. *Annual Review of Psychology, 32*, 89-115.
25. Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education, 35*(3), 118-124.
26. Modell, I. H. (2000). How to help students understand physiology? Emphasizes general models. *Advances in Physiology Education, 23*(1), 101-107.
27. Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring collage biology students' understanding and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(1), 45-61.
28. Paradhan, H., & Bano, Y. (2001). Science teachers' alternate conceptions about direct-currents. *International Journal of Science Education, 23*(3), 301-318.
29. Peterson, R. F., Treagust, D. F., & Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade 11 and 12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 26*(4), 301-314.
30. Sanders, M. (1993). Erroneous ideas about respiration: The teacher factor. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(8), 919-934.
31. Seymour, J. (1991). Respiration-that's breathing isn't it? *Journal of Biological Education, 25*(3), 177-183.
32. Simpson, W. D., & Marek, E. A. (1988). Understanding and misconceptions of biology conceptions held by students attending small high schools and students attending large high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, *25*(5), 361-374.
33. Starr, C., & Taggart, R. (1992). *Biology: The unity and diversity of live.* California: Wadsworth Publishing Company.

34. Tan, K. C. D., Goh, N. K., Chia, L. S., & Treagust, D. F. (2002). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic of instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(4), 283-301.
35. Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic test to evaluate student's misconceptions in science. *International Journal of Science Education, 10*(2), 159-169.
36. Treagust, D. F. (1995). Research reforming practice. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the school* (pp. 327-346). New Jersey: Laurence Erlbum.
37. Treagust, D. F. (2000). *An instrument to diagnose students' conceptions of breathing, gas exchange and respiration*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, USA.
38. Treagust, D. F. (2006). Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention. *Proceedings of the Assessment in Science Teaching and Learning*, 1-9.
39. Vosniadou, S. (1997). On the development of the understanding of abstract ideas. In K. Härnqvist & A. Burgen (Eds.), *Growing up with science: Developing early understanding of science* (pp. 41-58). Härnqvist. London: Jessica Kingsley.
40. Wang, J. R. (2004). Development and validation of a two-tier instrument to examine understanding of internal transport in plants and the human circulatory. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*, 131-157.
41. Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1992). A cross-age study of students understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(1), 51-61.
42. Yen, C. F., Yao, T. W., & Mintzes, J. J. (2007). Taiwanese students' alternative conceptions of animal biodiversity. *International Journal of Science Education, 29*(4), 535-553.

Study of Junior Students' Alternative Conceptions on Homeostasis

Lin-Shu Hua[1] and Liu-Yao Cheng[2]

[1]Department of Biology, National Changhua University of Education

[2]Graduate Institute of Biology, National Changhua University of Education

Abstract

The purpose of this study was to develop a two-tier diagnostic instrument–Two-Tier Diagnostic Test for Homeostasis (TTDTH) to find juniors' alternative conceptions of homeostasis. None-hundred twenty students were sampled from six junior high schools in the middle of Taiwan. These students were administered the TTDTH. The results showed that the average difficulty and average index of discrimination of the TTDTH were 0.47 and 0.59 respectively. The Cronbach alpha value for internal consistency was 0.81. Even though the students had received instruction in biology classrooms, 7-9th grade students still had alternative conceptions about the definition of homeostasis, source of body temperature, difference between endothermic animal and poikilothermic animals, homeostasis mechanism of body temperature, difference between respiration and respiratory movement, homeostasis mechanism for gases, accumulation and depletion of the water, homeostasis mechanism for water, importance of blood sugar, source of blood sugar and the homeostasis mechanism of blood sugar. Findings of this study suggested that the TTDTH could be used as a diagnostic test for homeostasis. The identification of alternative homeostasis conceptions can be a valuable resource for diagnosis of students and for instruction and curriculum development related to homeostasis.

Key words: Two-Tier Diagnostic Test, Homeostasis, Alternative Conceptions