

中小學「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的發展與效化

盧秀琴*

摘 要

本研究根據中小學生物科細胞相關課程的命題知識陳述，配合大台北地區中小學學生的另有概念分析，做為編製「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」（簡稱 RCTC，Reading Comprehension Tests of Cell-related Curriculum）的依據，本工具的目的在偵測學生學習細胞相關課程時，產生另有概念是否因為閱讀理解能力不佳所造成；RCTC 分為國小卷、國中卷和高中卷，包含四個分量：重要概念、科學詞彙、邏輯推理和分析預測等。本研究建立 RCTC 的表面效度、內容效度和構念效度，使科學文章適合學生閱讀，其文章內容可以充分反映中小學細胞相關課程的內涵，而題幹陳述與答案選項可以充分反映學生如何產生另有概念；同時確立 RCTC 之四個評測分量為測驗中的主要構念，各可以解釋的變異量有 32.79%（國小卷）、40.99%（國中卷）和 34.95%（高中卷）。

本研究以大台北地區的國小五年級、國中一年級和高中二年級學生為對象，發展並效化 RCTC，得到內部均質性信度分別達 0.7322（國小卷）、0.8063（國中卷）和 0.7594（高中卷），顯示 RCTC 已建立內部均質性信度。另外，本研究利用試題的項目分析，得到各試題難度為 0.292~0.801（國小卷），0.327~0.779（國中卷）和 0.298~0.902（高中卷）；鑑別度為 0.005~0.700（國小卷），0.038~0.711（國中卷）和 0.100~0.667（高中卷）。最後，根據難度和鑑別度，將不適合的文章段落、題幹陳述與答案選項做最後的修正。

關鍵詞：細胞相關課程閱讀理解能力測驗、重要概念、科學詞彙、邏輯推

* 盧秀琴：國立臺北師範學院自然科學教育學系教授

投稿收件日：93 年 3 月 29 日；修正日：93 年 6 月 8 日；接受日：93 年 6 月 21 日

理、分析預測

中小學「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的發展與效化

盧秀琴*

壹、前言

所有的生物都是由細胞所構成的，有些細胞如雞蛋或蛙卵是肉眼可見的，有些細胞太小需藉助顯微鏡的觀察，不同的顯微鏡工具可以觀察細胞的不同構造。不管是原核生物、單細胞生物或是多細胞的微小生物，都必須依賴細胞完成生理生化的反應以表現生命力；所以細胞是活的，細胞質內有許多胞器和酵素以進行代謝作用，而細胞膜是具有選擇性的鑲嵌流體半透膜，能夠進行擴散與滲透作用等生理現象。學生從小學到大學學習生物學時，生物學的入門之一便是細胞相關課程，由此發展到生物的層次，如組織、器官、系統到生物個體，足見細胞相關課程的重要性（Campbell & Reece, 2003）。

學生學習生物學時對於廣泛的、統整的概念比較有困難，不同於物理科學的問題通常起源於違反直覺的想法，許多學生學習生物學產生困難，是因為學生需要整合多方面的生物知識才能獲得概念認知，如細胞生理概念及生物演化概念等，當學生在學習細胞的構造和生理現象時，必須整合各種分子的特性、溶液的定義與濃度的關係，才能說明細胞膜的特性與產生的細胞生理現象（Pearsall, Skipper, & Mintzes, 1997; Good, Trowbridge, Demastes, Wandersee, Hafner, & Cummins, 1994）。學者 Stepan (1991) 認為學生持有另有概念可能來源有六個方面：(1)教師缺乏對於學生的另有概念察覺及興趣；(2)日常生活的語言和隱喻；(3)「只要教就馬上能學到」的假設；(4)「話語用字就可以代表是否理解」的假設；(5)教科書呈現的概念；(6)過分強調講述法。

* 盧秀琴：國立臺北師範學院自然科學教育學系教授

中小學學生學習細胞相關課程既然重要，那麼中小學學生是否能獲得正確的概念認知也值得探討。盧秀琴（民 92a，民 92b）發展顯微鏡下的世界兩階層診斷式紙筆測驗（Two-tier multiple choice Instrument of the World under Microscope，簡稱 TIWM）用來診斷我國中小學學生的細胞相關概念，盧秀琴和童禕珊（民 92）利用 Odom and Barrow（1995）發展的擴散與滲透作用診斷測驗（Diffusion and Osmosis Diagnostic Test，簡稱 DODT）用來診斷我國高中生的細胞生理相關概念。對於中小學學生產生細胞相關課程的另有概念成因探討，一方面可從教師的教學策略著手（盧秀琴，民 93a），另一方面可從不同的學生表徵去研究（盧秀琴，民 92c），還有從教科書呈現的概念去研究（盧秀琴，民 93b）。另外，也可以從學生的語言能力探討是否因為學生閱讀理解能力不足，而產生細胞相關之另有概念。可是目前仍找不到相關的閱讀理解能力測驗可以探討學生的細胞相關概念的學習，故本研究擬編製中小學「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」（簡稱 RCTC，Reading Comprehension Tests of Cell-related Curriculum）當作評量工具，本工具的目的在偵測學生學習細胞相關課程時，產生另有概念是否因為閱讀理解能力不佳所造成，本研究的發展將可以成為中小學學生學習細胞相關課程的一種診斷工具。

根據 Stepan (1991) 的說法，學生持有另有概念可能來自「話語用字就可以代表是否理解」的假設；Lemke (1990) 認為學習科學是在學習如何說科學 (talking science)，也就是學習如何像科學社群裡的人一樣，用科學的語言 (language of science) 來溝通。學生透過在科學教室中的師生對話，來學習科學名詞的語意關係 (semantic relationship)，各個語意關係彼此會聯結，這些相關的語意關係彼此聯結的模式就是對話中的主題模式 (thematic pattern)，主題模式和科學知識相關的部分，就是科學概念與科學概念之間的關係。但是，學生除了可以從師生互動中學習如何說科學外，從科學文章的閱讀去學習科學的知識也是重要因素的探討；楊文金 (民 81) 認為閱讀理解的過程分為兩個階段，一為文章基底 (text base) 的建構，一為文章的精義；欲瞭解閱讀者如何理解文章，必須知道其藉以理解文章精義的結構與內容。在科學文章測驗的情境中，受試者如何理解試題的內容，將決定其解題的表現，同時，如果可知受試者理解試題的過程，將對於詮釋測驗的結果有直接的貢獻。

貳、文獻探討

一、科學文章閱讀理解能力之相關研究

Gagn'e, Yekovich, and Yekovich (1993) 將閱讀理解分爲 1.字面文義的理解 (literal comprehension)，是指閱讀時能知道字彙的意義，並能理解字彙與字彙串連形成命題的意義。2.推理理解 (inferential comprehension)，是指更深入了解文章中的內涵、意義，超越字面意義的理解。3. 理解的監控 (comprehension monitoring)，是指讀者在閱讀時監控自己，注意是否能理解閱讀的內容，包括目標的設定、選擇閱讀的策略，及發現有不清楚時，知道該如何補救。Gunning(1996) 綜合許多學者的研究 (Cook, 1986; Ames, Ilg & Baker, 1988; Huck, Helper & Hickman, 1993; Sulzby & Teale, 1991)，將閱讀理解能力的發展分爲五個階段，其中國小四到六年級學生處於第四階段：由閱讀中學習期 (reading for learning)，這階段的學生，其學習的課程內容開始出現很多複雜的訊息、抽象的概念（如：自然、科學科目），而用以說明這些訊息、概念的文字或句子也愈來愈長、愈來愈複雜，因此他們需要認識更多生字的意義、理解課程內容，並在認知系統中建構、組織概念。國中以上的青少年則屬於第五階段：抽象閱讀期 (abstract reading)，此時，青少年一樣由閱讀獲得新的概念、知識，但他們不再只依賴背誦、記憶的方式吸收知識（如：記憶動物的類別），他們開始由閱讀的內容中理解事、物的組織原則、系統。此外，他們在閱讀時亦能建構不同層面的假設，考慮不同的觀點，思考各種合理的解釋、理由或替代方案。

黃秀英（民 88）曾以「細胞分裂與染色體」爲研究材料來探究國中生物科的文本與學生閱讀理解的關係，並總結如下：1.學生閱讀理解最困難的概念爲「染色體套數」，大部分學生混淆「對數」和「套數」，其次是「細胞分裂和減數分裂的區別」；2.閱讀理解困難原因可能是文本中的專有名詞過多、文本圖片說明不足而失去輔助閱讀的功能。銚寶香（民 88）探究國小學童之閱讀理解能力，發現會隨著年齡增加而增強閱讀理解能力，尤其是瞭解文章基本事實的能力，而抽取文章大意的能力則發展最差；對於故事類記敘文的理解優於說明文的理解。謝添裕（民 91）探討國小學童對於科學文章的閱讀情況，結果發現：1.閱讀純文字說明

式科學文章的學生，其閱讀理解能力略高於閱讀圖文並呈的學生；2.喜歡閱讀敘述式科學文章的學生多於喜歡閱讀說明式文章的學生；3.有 75 %的學生覺得說明式科學文章較難理解而需增加閱讀的時間；4.學童認為在說明式科學文章附加圖片，並做淺易解釋較能吸引他們閱讀。陳明彥（民 91）探討國小學童語言能力、閱讀理解能力、及寫作表現三者之關係，整理重點：1.就整體閱讀理解能力而言，六年級學童優於四年級學童，女生優於男生；2.學童語言能力與閱讀理解能力呈現高度正相關；3.學童閱讀理解能力與寫作表現呈現中度正相關；4.語言能力對國小學童閱讀理解能力具有預測效果。

陳秋芬（民 92）探討科學性文章中的時間序列對國小五年級學生閱讀理解的影響，認為：1.學生對於文章閱讀順時間序列版本的表現，優於閱讀逆時間序列版本者；2.學童的先前知識與閱讀能力會影響閱讀表現，較優的先前知識與閱讀能力者的表現較佳；3.較優的先前知識者閱讀順時間序列版本的表現優於閱讀逆時間序列版本；而低先前知識者在閱讀這兩個版本時其表現沒有差異。張筱莉、林陳涌（民 90）研究國一學生眼中的科學專有名詞，認為在學習前學生解釋專有名詞，習慣將其視為個別文字，再拼湊為語詞的整體意義；文字的常用語意會影響學生對科學專有名詞的認識，在學習後，學生對於複合詞的描述仍多停留在學習前的相同敘述，可能原因是學生習慣於使用文字的字面意義學習部分專有名詞的意義。

綜合上述，認為國小高年級到高中學生的閱讀理解能力已經從閱讀中學習進展到抽象的閱讀，他們可以理解科學詞彙的意義和科學課程的內容，並在認知系統中建構並組織概念，隨著年齡增長，學生也能建構不同層面的假設，考慮不同的觀點，思考各種合理的解釋或替代方案等，學生認為閱讀敘述式的科學文章比閱讀說明式的科學文章容易，而學生語言能力與閱讀理解能力呈現高度正相關，這些將作為編製閱讀理解能力測驗的依據。

二、閱讀理解能力測驗編製的相關理論

閱讀是一種複雜的、動態的心智活動，包含知覺、語言、認知及動作協調等交互運作的認知歷程，而且會受到自動化、注意力、記憶力和文章的語法結構、語意關聯度或清晰度所影響（Dickinson, Wolf, & Stotsky, 1989）。自民國 79 年開始，以電腦模擬模式（computer simulation model）來解釋人類的閱讀歷程，已經成為閱讀理論的主流，亦較符合人類大腦神經元啟動（activated）與傳導的方式（Anderson, 1983; Just & Carpenter, 1992; Scharkey, 1990）。國內也有許多學者致力

於閱讀理解能力的研究，如：由下而上模式（bottom-up model）、由上而下模式（top-down model）、交互模式（interactive model）或是循環模式（recycling model）等（林清山，民 87；柯華葳，民 82），不管其所著眼的認知歷程為何，閱讀的最終目的是在賦予文本意義，亦即理解內文的意涵。

許多學者認為閱讀理解能力包含很多，而主要是由讀者自行建構閱讀內容的意義，其牽涉三項歷程：1.以命題形式（propositional form）建構文本的基本意義（text base），2.提取相關知識解釋文本內容，3.經解釋所獲得之意義與已儲存在記憶系統中的相關訊息做比較。編製閱讀理解能力的試題，必須讓讀者瞭解字彙的意義，並能理解字彙與字彙的串聯，即是字面文義的理解（literal comprehension）（Kintsch, 1974; Norman & Rumelhart, 1975; Gagn'e, et al., 1993）。此外，當受試者閱讀較長或較複雜的文章時，必須超越字面文義的理解，提取相關知識做比較，方能連貫整篇的文章表徵，此歷程需涉及 1.統整（integration），即覺察句子間各個概念間的相關性，並能將其整合在一起形成一個較複雜的概念；2.摘要（summarization），即閱讀後找出文章的重點、大意或大架構；3.再深入整合（elaboration），即將新閱讀的訊息與已建立的知識整合，賦予內容更寬廣、豐富的意義（Gagn'e, et al., 1993）。

本研究將依照編製「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」所需，探討與之相關的文獻，分為重要概念、科學詞彙、邏輯推理和分析預測等逐項說明。1.重要概念與閱讀理解：大部分有組織的文章都會順著一個主題將人物、事件、事實、概念、原則、問題或特徵等呈現出來，因此，文章的功能在將不同的意義單位或概念串聯，整合形成前後連貫、凝聚（coherent）的說明；讀者要能自己組織閱讀的內容，尋找直接的陳述重點或隱含的主題。研究指出，學生從國小三年級開始慢慢能理解文章的重要概念，對於直接的陳述較能理解，遠超過隱含的主題，而且隨著年齡的增加，理解文章的重要概念會越來越好（Lehr, 1988；吳敏而，民 82；Moes, Foertsch, Stewart, Dunning, Rogres, Seda-Santana, Benjamin, & Pearson, 1984）。2.科學詞彙與閱讀理解：科學社群希望以精簡的文字對自然現象做精確的描述，就是科學詞彙，或稱科學專有名詞，每個科學詞彙代表一個科學概念，在科學教科書中，科學詞彙常以黑體字呈現，如「細胞」，教師在教學時，會以科學家的定義來講述這些科學詞彙（Bamett, 1992; Lynch, Benjamin, Chapman, Holmes, Mccammon, Smith, & Symmons, 1979）。學生透過文章學習科學詞彙的語意關係時，很容易與該字的字面意義產生聯想，另外，學生會以日常生活的經驗解釋科學詞彙，企圖將文字的一般性內涵加諸在生物學的情境中，因此經常與科

學家的意義大不相同 (Bishop, 1970; Evans, 1978; Warner & Wallace, 1994)。3.邏輯推理與閱讀理解：很多文章並非將每個細節都呈現出來，所以讀者必須根據文章脈絡、一般知識和讀者的先前知識 (prior knowledge) 等自行加上缺失的訊息，以建構完整的意義而理解所閱讀的文章內涵，這就是邏輯推理 (Rickheit, Schnotz, & Strohner, 1985)。如：讀到代名詞「它」時所做的邏輯推理，就是前後句之間訊息的聯結。邏輯推理是閱讀理解能力的一項高層次的技能，為瞭解文章內容，讀者必須依狀況做適當推論，研究發現閱讀理解能力高的學生比一般或低閱讀理解能力的學生，會作更多的邏輯推理 (Winne, Graham, & Prock, 1993)。4.分析預測與閱讀理解：九年一貫課程強調學生要能做科學思考，即由某一問題聯想出平行層次的各種想法或做法，或由單一問題深入作邏輯推理、循序進行探索，以分析預測將來可能的結果 (連啓瑞、盧玉玲，民 91)。故分析預測是閱讀理解能力的一項更高層次的技能，學生必須由閱讀的內容中去理解人、事、物的組織原則、系統，並能做邏輯性的思考，將新閱讀的訊息與已建立的知識整合，賦予內容更寬廣、豐富的意義，而能分析預測科學文章所沒有呈現的概念之間的關係 (Gagn'e, et al., 1993)。

參、研究方法與過程

一、研究樣本

(一) 預試評量卷的研究對象：以本研究群所服務學校的國小五年級、國中一年級和高中二年級學生為對象，抽取兩班的全部學生，由研究群進行測試，以了解評量卷的表面效度，將題意不清的試題或選項予以修改。

(二) 正式評量卷的研究對象：本研究以大台北地區之國小五年級、國中一年級和高中二年級學生為母群體，採隨機取樣(Random sampling)與集群取樣(Cluster sampling)的方式進行抽樣。首先將樣本分為臺北縣和台北市兩群，再將兩縣市內的國小、國中和高中，依班級數的多寡分為大(76班以上)、中(31--75班)、小(30班以下)三類群，再從這三類群學校中，依學生數之比例抽取三所學校之一定班級數為樣本，所抽到的班級之全部學生皆為研究對象。在剔除無效樣本後，得國小五年級樣本數為265位，國中一年級為265位，高中二年級為269位。

由於本研究的母群體為臺北地區之國小五年級、國中一年級學生和高中二年級學生，故研究結論如欲推演至台北以外地區之國小、國中和高中學生，必須十分謹慎。「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的發展與效化在選取學校時，研究者雖注意城鄉的分布，但班級數極少的偏遠地區樣本未予納入，因此本研究如欲推論到大台北地區以外或包含班級數極少的偏遠地區的學童，必須十分審慎。

二、研究工具之設計

本研究曾利用「另有概念檢測法」進行北部地區中小學學生的 TIWM、DODT 二階層診斷測驗，根據測試結果分析中小學學生如何形成細胞相關課程之另有概念（盧秀琴，民 92b，盧秀琴和童禕珊，民 92）；另外，進行北部地區中小學的生物課室觀察，也歸納整理學生學習細胞相關課程時所形成的另有概念（盧秀琴，民 92c；民 93a）。然後，根據中小學細胞相關課程的「命題知識陳述」對應於中小學學生形成的另有概念，編製「細胞相關課程閱讀理解能力測驗，以後簡稱 RCTC」，目的在檢測中小學學生學習細胞相關課程時，其所形成的另有概念有哪些是起源於學生閱讀理解能力的關係，和學生的年齡成長是否相關。

RCTC 分為國小卷、國中卷和高中卷，每個評量卷包含五篇科學文章，每篇科學文章之後有五題評量題，包含四個分量：重要概念、科學詞彙、邏輯推理和分析預測。將設計好的 RCTC 先對國小五年級、國中一年級和高中二年級兩班的全部學生施測，建立各評量卷的表面效度；然後，每個評量卷各聘請三位某國立師大生物系和某國立師院的生物科教授，六位擔任中小學生物科多年的有教學經驗教師，就 RCTC 評量卷的代表性、周延性、適配性與合理性加以審閱，以建立內容效度。之後，進行大台北地區中小學學生的施測，分析每個評量卷的構念效度（construct validation）、內部均質性信度分析（internal consistency reliabilities analysis）、難度分析、鑑別度分析和試題內部相關分析，做最後修正，完成本研究的評量卷。

三、實施程序

本研究主要採用 TIWM、DODT 二階層診斷測驗和課室觀察，分析整理中小學學生「細胞相關課程」之另有概念，作為編製 RCTC 工具之依據。其實施程序可分為準備階段及編製階段。

(一)準備階段：根據研究動機與目的，詳細分析中小學學生TIWM、DODT二階層診斷結果和課室觀察的資料，提出多數學生可能的另有概念，對照相關的命題知識陳述，以確定本評量卷的科學文章方向與測驗題型。

(二)編製階段：本評量卷的科學文章方向與測驗題型確定後，隨即進行文獻探討以及學生半結構晤談調查，決定評量卷之科學文章內容分量，以及測驗題目對於重要概念、科學詞彙、邏輯推理和分析預測等的比例分配。然後，經由研究群集體撰寫、討論和修改後，將編輯好的評量卷初稿經過預試、試題的項目分析、信效度考驗後，完成RCTC的編製。

四、資料處理

(一)資料整理：研究群將受試者的原始資料中，把基本資料及作答不完整的部份予以刪除，再透過電腦資料轉換方式，將原始資料轉入SPSS10.0視窗板統計套裝軟體，進行資料整理與分析。

(二)資料分析：本研究將蒐集到的資料，採用下列的方法分析：1.請生物專業領域之科教專家及中小學資深生物科教師來檢驗RCTC之內容效度。2.以「主成分分析法」(Principal components analysis)進行RCTC之共同因素分析，建立概念效度。3.以內部均質性係數來考驗RCTC之內部均質性信度。4.進行試題難度、鑑別度和試題內部相關分析以考驗RCTC之適合度。

肆、研究結果與討論

本研究旨在分析 RCTC 評量卷的表面效度、進行信度、效度考驗以及試題之項目分析，以建立可以施測之「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」。

首先，根據中小學細胞相關課程的「命題知識陳述」對應於中小學學生形成的另有概念（經由TIWM、DODT測試結果和課室觀察的資料整理而得），作為編製RCTC的依據。RCTC分為國小卷、國中卷和高中卷，整理各評量卷的編製依據如表1、表2 和表3 所示。

表1 國小「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」之編製依據

細胞相關課程 閱讀能力測驗	相關的命題知識陳述	學生產生的另有概念
第一篇： 製作水埋片標 本進行顯微鏡 的觀察	1.能依正確的步驟，製作一個水埋 法的玻片標本進行觀察。 2.能認識顯微鏡的各部位構造名 稱並了解其功能。 3.能依正確的步驟操作顯微鏡，進 行觀察。	1.認為製作水埋標本不應該先加水， 加水後標本就不好放，會皺在一起。 2.製作水埋片時，認為水分越多越 好，才能把標本片展平。 3.觀察顯微鏡時，認為光線越多越 好，才看得清楚。
第二篇： 如何使用顯微 鏡	1.能認識顯微鏡的各部位構造名 稱並了解其功能。 2.能依正確的步驟操作顯微鏡進 行觀察，能夠瞭解更換不同接物 鏡倍率的正確操作步驟。 3.在複式顯微鏡下觀察到的影像 是和實際的物體左右相反、上下 顛倒。	1.認為複式顯微鏡可以看到立體構 造。 2.操作複式顯微鏡，要調整反光鏡到 最亮，因為光線多才看得清楚。 3.使用最高倍接物鏡尋找目標物，因 為接物鏡的倍率越高，越好找到目 標物。 4.複式顯微鏡看到的觀察圖和實物一 樣，影像只是實物的放大但方向一 樣。
第三篇： 顯微鏡下觀察 的細胞	1.細胞是構成生物體的基本單位。 2.植物細胞和動物細胞的形態及 構造有些差異。 3.植物細胞具有細胞壁及大型液 胞，部分植物細胞具有葉綠體可 行光合作用。	1.認為植物細胞都有葉綠體的構造。 2.認為植物細胞比動物細胞小。 3.認為構成生物體的基本單位是細胞 核。 4.認為所有生物細胞都有細胞壁、細 胞膜、細胞核及細胞質。
第四篇： 動植物細胞	1.植物細胞和動物細胞的形態及 構造有些差異。 2.動物細胞不具細胞壁，液胞較 小，不具葉綠體，無法行光合作 用。 3.細胞的基本構造包括細胞膜、細 胞核、細胞質，細胞質中有些構 造，如粒線體和葉綠體。	1.認為只要是規則排列的構造就是細 胞。 2.認為所有的細胞都有細胞壁。 3.動物細胞排列比植物細胞較為整 齊、緊密，所以口腔皮膜細胞排列 比較整齊，水蘊草細胞比較不整齊。 4.認為細胞核可以提供能量給細胞， 所以是細胞中最重要的構造。

第五篇： 顯微鏡下的微小生物	1.有些水中的微小生物會行光合作用，是主要的生產者。 2.有些水中的微小生物會攝食更小的微小生物，是消費者。 3.有些細菌、黴菌會使有機物體腐敗，是生態系的分解者。	1.認為能夠給別人吃的生物，本身就是生產者。 2.認為分解者就是把屍體分解掉，自己不需要利用養分生存。 3.認為水中的氧氣是因為陽光照射使水產生化學變化而產生的。
-------------------	--	---

根據表 1 所示，國小卷希望學生能夠藉由閱讀，理解要如何製作水埋片標本放在顯微鏡下觀察，學習正確的顯微鏡操作步驟，以及明白在顯微鏡下所觀察到的細胞和微小生物，其影像是上下顛倒、左右相反的；同時建立細胞與微小生物的簡單概念認知。

表2 國中「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」之編製依據

細胞相關課程 閱讀能力測驗	相關的命題知識陳述	學生產生的另有概念
第一篇： 解剖顯微鏡的觀察	1.光學顯微鏡可以將微小物體放大，包含複式和解剖顯微鏡。 2.解剖顯微鏡屬於光學顯微鏡，可以看到觀察物的立體構造。 3.在解剖顯微鏡下觀察到的物體影像，方向和實體相同，只是影像放大。	1.錯誤把複式顯微鏡當作解剖顯微鏡，所以認為觀察物應該透明很薄的。 2.認為複式顯微鏡的影像具有立體感，但左右相反，上下不顛倒。 3.認為解剖顯微鏡下的影像為左右相反，上下顛倒的。
第二篇： 血管和血液	1.血液中含有紅血球、白血球及血小板等血球。 2.動物體的靜脈管腔最大，動脈次之，但富有彈性，微血管管腔最小。 3.血液在血管中流動是由動脈到微血管到靜脈，其中微血管一次只能讓一個紅血球通過。	1.認為三種血管分別具有不同的血球（分別具有紅血球、白血球、血小板），故三種血管的功能不同。 2.認為生物體動脈的管腔最大，靜脈次之，微血管最小。 3.對於血球細胞的認識混淆，認為白血球的數量最多。

第三篇： 細胞的定義是什麼？	1.依據生物的主要特徵（包含細胞構造），將生物分為原核生物、原生生物、菌物界、植物界和動物界。 2.植物細胞具有細胞壁及大型液胞，形態較為規則，如表皮細胞（因為有細胞壁），部分植物細胞具有葉綠體可行光合作用（如葉肉細胞）。 3.生物可依核膜的有無分為原核生物及真核生物。	1.認為只有部分植物細胞有細胞壁，像洋蔥表皮細胞沒有細胞壁。 2.認為所有的植物細胞都有葉綠體的構造，動物細胞則沒有。 3.認為藍綠藻沒有細胞壁，因為只有植物細胞才有細胞壁。 4.認為原核生物沒有任何膜狀構造，所以沒有細胞膜。
第四篇： 原核生物	1.原核生物包含細菌和藍綠藻。 2.多數的細菌扮演分解者的角色，可分解生物遺體或排泄物以獲得養分，並將其內的元素歸回土壤中。 3.藍綠藻（藍綠菌）是生產者，具有藻藍素，可行光合作用，自行製造養分。	1.認為藍綠藻沒有膜狀構造，沒有細胞膜也沒有細胞核。 2.認為細菌和藍綠菌都是原核生物，扮演分解者的角色。 3.認為細菌大都是有利的微生物，為維護健康，應該盡量殺死細菌。
第五篇： 原生生物	1.水中有許多微小生物，包含生產者、消費者與分解者。 2.原生生物包括原生動物、原生菌類和藻類。 3.草履蟲是原生動物的一種，具有纖毛和口溝，會攝食是消費者。	1.認為草履蟲含有葉綠體會行光合作用，是生產者。 2.認為原生生物都是單細胞的生物，都很微小，要用顯微鏡才能看到。 3.認為眼蟲具有葉綠體的構造，是綠藻的一種，是生產者。

根據表 2 所示，國中卷希望學生能夠藉由閱讀，理解複式和解剖顯微鏡工具如何選擇性的使用和其影像差異的比較，並藉由閱讀，理解較複雜而系統性的細胞相關概念認知，同時認識原核生物、原生生物以及顯微鏡下觀察的血管與血球的構造。

表3 高中「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」之編製依據

細胞相關課程 閱讀能力測驗	相關的命題知識陳述	學生產生的另有概念
------------------	-----------	-----------

第一篇： 光學顯微鏡的 操作與觀察	1.在複式顯微鏡下觀察到的物體影像左右相反、上下顛倒。 2.解剖顯微鏡屬於光學顯微鏡，可以觀察目標物的立體構造。 3.在解剖顯微鏡下觀察到的物體影像，方向和實體相同，只是影像放大。	1.錯誤把複式顯微鏡當作解剖顯微鏡，所以認為標本應該具有立體感。 2.複式顯微鏡的影像具有立體感，但左右相反，上下不顛倒。 3.認為解剖顯微鏡的影像為左右相反，上下顛倒的。
第二篇： 真核細胞和原 核細胞	1.生物可依核膜的有無分為原核生物及真核生物。 2.染色質主要是由去氧核糖核酸（DNA）及蛋白質組成；DNA 上帶有基因，可以轉錄成 RNA、再轉譯為蛋白質，藉由這些蛋白質管制細胞的生理活動。 3.原核生物不具核膜及核仁，染色質僅由一條 DNA 折疊而成、不具有蛋白質，細胞中欠缺如真核生物般的膜狀胞器。	1.認為藍綠藻為原核細胞，而原核細胞沒有任何膜狀構造，如：細胞膜。 2.認為藍綠藻是原核生物，缺乏細胞質和遺傳物質的構造。 3.認為染色體就是染色質，染色質就是 DNA，DNA 就是基因構造。 4.RNA 可以轉錄 DNA，DNA 可以轉譯蛋白質。
第三篇： 細胞的基本構 造	1.動物細胞則不具細胞壁，形態較不規則；液泡較小，不具葉綠體，無法行光合作用(如口腔黏膜細胞)。 2.植物細胞具有細胞壁及大型液泡，形態較為規則，如表皮細胞(因為有細胞壁)，部分植物細胞具有葉綠體可行光合作用(如葉肉細胞)。 3.細胞的基本構造包括細胞膜、細胞核、細胞質，細胞質中有多種不同功能的胞器，如液泡等。	1.動植物細胞最大的差別在於葉綠體的有無，植物細胞都有葉綠體，而動物細胞沒有。 2.細胞的液泡會積存許多染料，而使顏色變深。 3.認為細胞的胞器都有膜的構造，否則不叫胞器。 4.認為除了細胞核、葉綠體以外，胞器都很小，必須用電子顯微鏡才能看得到。
第四篇： 細胞膜的構造 與功能	1.細胞膜為選擇性的通透膜，其成分包含磷脂、蛋白質、醣類及膽固醇。 2.細胞膜為單層膜，由兩層磷脂分子相對排列所組成，稱為「脂雙層」。 3.脂雙層具有油脂特性，所以脂溶性分子較易擴散通過，帶電荷的離子不易通過，可藉由通道蛋白進出細胞。	1.認為細胞膜是固定不動的，磷脂、蛋白質都不會移動。 2.認為只要物質夠小，不管帶電不帶電是否有極性，都能輕易穿過細胞膜。 3.認為細胞膜的「脂雙層」就是由磷脂排列成雙層細胞膜的構造。

第五篇： 擴散與滲透	1. 擴散是指物質由高濃度往低濃度移動的現象，不需要能量參與，為被動運輸；而水通過一層選擇性通透膜的擴散作用稱為滲透作用。 2. 擴散作用與滲透作用是單純的物理現象，當達到濃度平衡時，表面看起來濃度沒有改變，其實內部小分子仍不斷的向內或向外移動，維持一個動態平衡。	1. 認為分子的移動到兩個區域濃度相等時即停止。 2. 認為分子在液體狀態下呈現運動，在固體狀態下則靜止不動。 3. 無法理解高張、低張溶液的定義，認為水會從高張溶液流向低張溶液。 4. 認為細胞死後滲透與擴散會停止，因為細胞的功能無法運作。
---------------	---	--

根據表 3 所示，高中卷除了和國中卷一樣，希望學生能夠藉由閱讀，理解複式和解剖顯微鏡工具如何選擇性的使用和其影像差異的比較外，並藉由閱讀，理解細胞的基本構造、真核細胞與原核細胞的差異；瞭解細胞膜的構造與功能，才能理解細胞的擴散作用和滲透作用。

RCTC 評量卷旨在測量學生對於細胞相關課程的瞭解，各有五篇相關科學文章，每篇文章下有五個題目作測試，包含四個分量的閱讀理解能力：重要概念、科學詞彙、邏輯推理和分析預測。受試者首先閱讀科學文章，然後根據文章內容回答問題，包含：1.重要概念的陳述，如：你認為這篇文章的主旨是什麼？2.科學詞彙的定義，如：本文中提到的草履蟲用以排除體內多餘水分的構造是下列哪一項？3.根據文章內容做邏輯推理，如：下列那一句話顯示細胞膜具有選擇性通透膜的特性？4.根據文章內容做分析預測，如：請比較 DNA、基因和染色質的關係為何？將 RCTC 的布題情形整理成表 4 所示。

表4 「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的題目分布

題目分布	國小卷	國中卷	高中卷
重要概念 (A)	1-1, 1-3, 2-3, 2-4, 3-2, 3-4, 4-1, 4-4, 4-5, 5-1, 5-5	1-3, 2-1, 2-5, 3-4, 4-1, 4-2, 5-2, 5-3.	1-2, 2-2, 2-4, 4-4, 5-5.
科學詞彙 (B)	1-2, 2-5, 3-1, 5-4.	1-4, 4-5, 5-4.	1-5, 2-1, 3-2, 3-4, 4-1, 5-4
邏輯推理 (C)	1-4, 2-1, 3-3, 3-5, 4-2, 5-2.	1-1, 1-2, 2-2, 2-3, 3-1, 3-3, 3-5, 4-4, 5-1.	1-1, 1-3, 2-3, 3-3, 3-5, 4-2, 4-5, 5-1
分析預測 (D)	1-5, 2-2, 4-3, 5-3.	1-5, 2-4, 3-2, 4-3, 5-5.	1-4, 2-5, 3-1, 4-3, 5-2, 5-3

一、RCTC 評量卷的表面效度分析

研究者為瞭解RCTC的文章內容與各題題意是否清楚明白，以預試評量卷的研究對象進行本評量卷初稿的試測，結果發現國小學生的閱讀能力較差，較能接受敘述式的科學文章，而對於說明式的科學文章則產生閱讀困難，因此將國小卷全部改成敘述式的科學文章；最後完成修改文章表達不恰當的共有五篇，題意不清楚的有12題。列舉修改最多的一篇國小卷科學文章如下所示：

小明要觀察洋蔥表皮細胞。首先，在載玻片上滴一滴水，接著剝下一片洋蔥片，在上面劃一個「井」字，用鑷子撕下「井」字中央的薄膜，將薄膜平整的放入載玻片的水滴中，最後將蓋玻片以45度角度慢慢地將薄膜蓋住，吸掉多餘的水分，這樣就做好水埋片標本。小明發現水埋片中有些氣泡，就用筆尖輕輕敲打蓋玻片，把氣泡趕出來，然後準備用顯微鏡來觀察。小明先轉動旋轉盤，使最低倍率的接物鏡轉到正中央，調節光圈和反光鏡使視野的光度剛剛好；然後將載物台調到最高的位置，再將作好的水埋片放在載物台上的圓孔中央，並且用玻片夾固定載玻片，然後眼睛透過接目鏡觀察，轉動調節輪使載物台慢慢下降，一直到看清楚細胞的影像清晰為止；小明發現光線不足看不清楚，於是將反光鏡調到凹面鏡使光線更加充足。小明想看清楚細胞的構造，於是就轉動旋轉盤，使用高倍率的接物鏡來觀察細胞；最後，從接目鏡中觀察到的洋蔥表皮細胞是一個個很大的長方形細胞。

二、RCTC 評量卷的效度分析

本研究所編製的RCTC之效度分析，包含內容效度和構念效度。

（一）內容效度：經過專家審閱後，認為評量卷的內容符合國小五年級、國中一年級和高中二年級所學的範圍，與學生的學習程度相符合。在RCTC評量卷的代表性及周延性方面，專家認為文章內容可以充分反映中小學細胞相關課程的內涵，但是在試題的某些選項需做部份修正，以求更明確，已經依照專家的建議一一做修正。列舉評量卷的某一題說明之，其原始的題目如下：

下列有關顯微鏡的敘述，何者正確？(A)顯微鏡包括光學顯微鏡、複式顯微鏡和解剖顯微鏡；(B)目鏡可以決定放大的倍率；(C)光學顯微鏡名稱的來源與光線無關；(D)調節輪可用來調整影像的放大倍率。

專家認為就廣義來說，「目鏡對放大倍率具有決定性」容易誤導學生，以為只有目鏡具有決定性，若改為「目鏡的放大倍率就是顯微鏡目前狀況下的放大倍率」或許更好。研究群討論後，建議修改如下：

下列有關顯微鏡的敘述，何者正確？(A)顯微鏡包括光學顯微鏡、複式顯微鏡和解剖顯微鏡；(B) 目鏡的放大倍率就是顯微鏡目前狀況下的放大倍率；(C)光學顯微鏡名稱的來源與光線有關；(D)調節輪可用來調整影像的放大倍率。

另外，專家認為RCTC評量卷能充分反映細胞相關課程之命題知識陳述的內涵架構與學生的另有概念，但是在某些文章的陳述與題幹選項部分，需做部份的修正，以求更周延，已經依照專家的建議一一做修正。列舉評量卷的某一題說明之，其原始的題目如下：

根據上文，下列有關藍綠藻的敘述何者錯誤？(A) 藍綠藻為原核生物；(B) 當藍綠藻過度繁殖會消耗水中大量氧氣；(C) 藍綠藻扮演分解者角色；(D) 有些藍綠藻具有固氮作用。

專家認為試題選項是否定的題目，應該在否定的地方畫底線，提醒學生注意。另外，選項：藍綠藻扮演分解者角色，若改成：藍綠藻的細胞質中具有膜狀胞器，更符合文章的內容陳述。研究群討論後，建議修改如下：

根據上述短文，下列有關於藍綠藻的敘述，何者錯誤？(A) 藍綠藻為原核生物 (B) 當藍綠藻過度繁殖會消耗水中大量氧氣 (C) 藍綠藻的細胞質中具有膜狀胞器 (D) 有些藍綠藻具有固氮作用。

(二) 構念效度：為確立RCTC之四個評分量為測驗中主要構念，本研究以「主成分分析法」進行RCTC之共同因素分析，並利用KMO取樣適當性檢定及Bartlett球面性考驗，來檢定以相關係數矩陣進行因素分析的適當性。其次，採用Guttman (1954) weaker lower bound方式，抽取共同因素之數目應大於1的特徵值數目，並使用Cattell (1966) 所建議的Scree test，即當曲線開始接近水平的起始點處，即為共同因素的抽取該停止的時刻。最後，考量因素結構的可解釋性，抽出共同因素的因素結構最能被賦予合理的意義。研究結果，獲得的中小學「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」之因素矩陣分析和解釋變異量如表5、表6和表7所示。

表5 國小「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」之因素矩陣

		因素			
	試題編號	1	2	3	4
重要概念	1-1			.575	
	1-3			.465	
	2-3	.331			
	2-4	.452	.386		
	3-2			.342	
	3-4			.376	
	4-1				
	4-4				
	4-5				.389
	5-1	.605			.330
科學詞彙	5-5	.342			
	1-2			.465	
	2-5		.587	.316	
	3-1	.438			
	5-4	.395			.579
邏輯推理	1-4	.489			
	2-1	.393	.493		
	3-3			.444	
	3-5	.316	.431	.336	
	4-2		.607		
	5-2	.468			
分析預測	1-5		.389		
	2-2	.357			
	4-3			.367	.396
	5-3	.550			

就表5所示，國小RCTC可以抽出四個因素，這四個因素總共解釋了32.79%的變異量，而國小RCTC四個分量，「重要概念」和「科學詞彙」傾向於因素1及因素3中，「邏輯推理」傾向在因素1及因素2中；而「分析預測」則分散在各因素中。

表6 國中「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」之因素矩陣

		因素				
	試題編號	1	2	3	4	5
重要概念	1-3			.326		
	2-1	.378		.363		
	2-5	.540				
	3-4	.420				
	4-1			.509		
	4-2	.486				
	5-2	.494				
	5-3		.478			
科學詞彙	1-4		.569			

	4-5		.510	.643	
	5-4		.313		
	1-1	.634			
	1-2			.747	
	2-2			.418	.331
	2-3		.443	.396	
邏輯推理	3-1			.388	
	3-3			.501	
	3-5				.497
	4-4			.524	
	5-1			.613	
	1-5	.477			.588
	2-4				.649
分析預測	3-2			.686	
	4-3				.771
	5-5				.662

就表6所示，國中RCTC可以抽出五個因素，這五個因素總共解釋了40.99%的變異量，而國中RCTC四個分量，「重要概念」包含在因素1及因素3中，「科學詞彙」則是因素2的範疇，「邏輯推理」傾向在因素4中，而「分析預測」則歸屬於因素5中。

就表7所示，高中RCTC可以抽出四個因素，這四個因素總共解釋了34.95%的變異量，而國中RCTC四個分量，「重要概念」、「科學詞彙」和「邏輯推理」傾向在因素1及因素2中，而「分析預測」則分散在各因素中。

表7 高中「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」之因素矩陣

試題編號		因素			
		1	2	3	4
	1-2			.734	
重要概念	2-2	.491			
	2-4	.492			
	4-4		.380		
	5-5		.464		
	1-5	.579			
科學詞彙	2-1			.312	.482
	3-2	.325			.305
	3-4	.390	.483		
	4-1		.414		
	5-4		.499		
邏輯推理	1-1				
	1-3			.460	

	2-3	.494		
	3-3		.310	.517
	3-5	.471		
	4-2	.550		
	4-5		.636	
	5-1	.604		
	1-4			.663
	2-5	.407	.444	
分析預測	3-1		.630	
	4-3	.449		
	5-2			.665
	5-3			.636

三、RCTC評量卷的信度分析

RCTC評量卷分為國小卷、國中卷和高中卷，每個評量卷各有四個分量，內部一致性信度分別就這四個分量及總測驗卷以Cronbach α 係數進行考驗，以瞭解總試題與各試題間的關係，經SPSS Reliability副程式分析其結果如表8、表9和表10。

表8 RCTC國小卷之內部均質性信度分析摘要表

組成成分	總測驗卷	重要概念	科學詞彙	邏輯推理	分析預測
平均數	14.32	5.84	2.93	3.54	2.03
標準差	4.34	2.17	1.11	1.48	1.05
題數	25	11	4	6	4
樣本人數	265	265	265	265	265
Cronbach α	0.7322	0.7157	0.6178	0.6649	0.6234

由表8知道RCTC國小卷平均得分為14.32分，總測驗卷之Cronbach α 係數為0.7322，四個分量為0.7157、0.6178、0.6649和0.6234，顯示RCTC國小卷的內部均質性信度良好。

表9 RCTC國中卷之內部均質性信度分析摘要表

組成成分	總測驗卷	重要概念	科學詞彙	邏輯推理	分析預測
平均數	12.75	4.25	1.29	4.78	2.43
標準差	5.11	1.85	0.92	2.22	1.36
題數	25	8	3	9	5
樣本人數	265	265	265	265	265
Cronbach α	0.8063	0.7755	0.6538	0.7913	0.7426

由表9知道，RCTC國中卷平均得分為12.57分，總測驗卷之Cronbach α 係數為0.8063，四個分量為0.7755、0.6538、0.7913和0.7426，顯示RCTC國中卷的內部均質性信度良好。

表10 RCTC高中卷之內部均質性信度分析摘要表

組成成分	總測驗卷	重要概念	科學詞彙	邏輯推理	分析預測
平均數	17.88	4.38	3.63	5.34	4.54
標準差	3.93	0.94	1.21	1.59	1.37
題數	25	5	6	8	6
樣本人數	269	269	269	269	269
Cronbach α	0.7594	0.7438	0.7255	0.7489	0.7367

由表10知道，RCTC高中卷平均得分為17.88分，總測驗卷之Cronbach α 係數為0.7594，四個分量為0.7438、0.7255、0.7489和0.7367，顯示RCTC高中卷的內部均質性信度良好。

四、RCTC評量卷的項目分析

試題的項目分析旨在分析題目的難度、鑑別度，並探討各試題與總測驗卷的內部相關，將不佳的題目予以修正或刪除，以獲得最佳的考驗。

(一)試題難度與鑑別度分析：試題的難度與鑑別度分析，首先是將受試者在RCTC的得分，以總分的高低取其上下各27%的樣本人數，總分高的前27%的受試者稱之為高分組，總分低的後27%的受試者稱之為低分組。難度的計算公式為： $P = (P_H + P_L) / 2$ ， P_H 代表高分組通過某一題目的百分比， P_L 代表低分組通過某一題目的百分比， P 代表難度指數， P 值愈大題目愈簡單， P 值愈小題目愈困難。鑑別度的計算公式為： $D = P_H - P_L$ ， D 代表鑑別度指數， D 值愈大題目愈有鑑別度， D 值愈小題目愈沒有鑑別度。經SPSS的統計分析，將中小學「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的難度與鑑別度分析，整理成表11所示。

表11 「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的難度與鑑別度分析

國小卷			國中卷			高中卷		
題號	難度	鑑別度	題號	難度	鑑別度	題號	難度	鑑別度
1-1	.663	.430	1-1	.702	.480	1-1	.875	.100
1-2	.666	.504	1-2	.443	.577	1-2	.885	.192
1-3	.604	.588	1-3	.606	.404	1-3	.743	.475

1-4	.594	.568	1-4	.385	.500	1-4	.668	.248
1-5	.657	.279	1-5	.462	.615	1-5	.646	.520
2-1	.538	.557	2-1	.769	.423	2-1	.603	.644
2-2	.491	.120	2-2	.404	.616	2-2	.851	.298
2-3	.365	.005	2-3	.395	.519	2-3	.400	.484
2-4	.714	.532	2-4	.500	.538	2-4	.877	.246
2-5	.653	.409	2-5	.491	.711	2-5	.760	.255
3-1	.716	.569	3-1	.779	.327	3-1	.708	.469
3-2	.371	.156	3-2	.461	.307	3-2	.574	.551
3-3	.292	.274	3-3	.683	.519	3-3	.298	.386
3-4	.454	.563	3-4	.414	.173	3-4	.876	.173
3-5	.680	.601	3-5	.519	.462	3-5	.815	.332
4-1	.634	.406	4-1	.491	.327	4-1	.902	.120
4-2	.589	.454	4-2	.587	.481	4-2	.698	.415
4-3	.588	.417	4-3	.337	.250	4-3	.667	.667
4-4	.565	.578	4-4	.414	.481	4-4	.885	.155
4-5	.344	.170	4-5	.327	.038	4-5	.752	.346
5-1	.567	.581	5-1	.568	.519	5-1	.743	.364
5-2	.609	.700	5-2	.395	.327	5-2	.674	.539
5-3	.504	.421	5-3	.385	.385	5-3	.851	.298
5-4	.801	.359	5-4	.558	.615	5-4	.598	.388
5-5	.703	.511	5-5	.587	.519	5-5	.824	.314
國小：難度 0.292~0.801 ； 鑑別度 0.005~0.700								
國中：難度 0.327~0.779 ； 鑑別度 0.038~0.711								
高中：難度 0.298~0.902 ； 鑑別度 0.100~0.667								

從表11的分析發現，RCTC國小卷的難度介於0.292~0.801之間，鑑別度介於0.005~0.700之間；從其中篩選題目2-2、2-3、3-2和4-5等鑑別度較低的四題準備做修正。RCTC國中卷的難度介於0.327~0.779之間，鑑別度介於0.038~0.711之間；從其中篩選題目3-4和4-5鑑別度較低的二題準備做修正。RCTC高中卷的難度介於0.298~0.902之間，鑑別度介於0.100~0.667之間；從其中篩選題目1-1和4-1鑑別度較低的二題準備做修正。

（二）各試題與總測驗卷內部相關分析：RCTC評量卷經難度及鑑別度的分析後，可以看出那些題目必須修改或分析理由，接下來要進一步分析RCTC三種評量卷的各試題與總測驗卷內部相關，看各試題與總測驗卷分數的一致性，經由SPSS統計分析而得，如表12、表13和表14。

表12 RCTC國小卷各試題與總測驗卷內部相關統計分析表

試題編號	刪除該題後 之平均數	刪除該題後 之變異數	試題與總分 之相關	刪除該題後 之 α 係數
1-1	13.6278	17.5628	.2660	.7242
1-2	13.7707	17.4755	.2610	.7246
1-3	13.7256	17.3621	.2942	.7222
1-4	13.6917	17.0744	.3748	.7163
1-5	13.6767	17.8121	.1895	.7296
2-1	13.7594	17.0891	.3587	.7174
2-2	13.8722	18.2176	.0819	.7376
2-3	13.8496	18.2037	.0843	.7374
2-4	13.5301	17.2387	.4117	.7154
2-5	13.5639	17.4846	.3154	.7211
3-1	13.6241	17.2468	.3519	.7183
3-2	13.9737	17.9955	.1467	.7325
3-3	14.0564	18.1062	.1375	.7325
3-4	13.8647	17.0835	.3594	.7173
3-5	13.5188	17.0129	.4927	.7107
4-1	13.7932	17.7797	.1855	.7302
4-2	13.6579	17.5391	.2633	.7244
4-3	13.7481	17.7590	.1931	.7296
4-4	13.8346	17.1574	.3388	.7188
4-5	14.0677	18.1086	.1404	.7322
5-1	13.7180	17.2372	.3272	.7198
5-2	13.6692	17.2788	.3277	.7198
5-3	13.8158	17.6905	.2069	.7286
5-4	13.5226	17.8127	.2440	.7257
5-5	13.6466	16.9614	.4197	.7133
有效樣本人數=265		試題=25	$\alpha = 0.7322$	

從表12 結果發現，RCTC國小卷的內部均質性 α 為0.7322，刪除國小卷的其他試題時，影響RCTC的內部相關 α 係數並不大，所以決定不刪除RCTC國小卷的試題。

表13 RCTC國中卷各試題與總測驗卷內部相關統計分析表

試題編號	刪除該題後 之平均數	刪除該題後 之變異數	試題與總分 之相關	刪除該題後 之 α 係數
1-1	12.0566	24.0385	.4077	.7968
1-2	12.2830	24.0370	.3692	.7984
1-3	12.0792	24.2778	.3446	.7996
1-4	12.3057	24.1146	.3546	.7991
1-5	12.2792	24.0808	.3597	.7988

2-1	12.0340	24.1011	.4044	.7970
2-2	12.3245	24.2503	.3281	.8003
2-3	12.4491	23.9529	.4292	.7958
2-4	12.2830	23.6431	.4533	.7943
2-5	12.2075	23.9302	.3927	.7972
3-1	12.0566	24.3718	.3318	.8001
3-2	12.2453	24.2616	.3211	.8007
3-3	12.0566	24.1445	.3834	.7979
3-4	12.3962	24.7704	.2298	.8048
3-5	12.2340	24.0663	.3623	.7987
4-1	12.1585	24.6869	.2387	.8045
4-2	12.1623	24.2122	.3383	.7998
4-3	12.3585	24.9278	.1903	.8067
4-4	12.3245	24.0837	.3635	.7986
4-5	12.4491	25.2029	.1478	.8081
5-1	12.1925	24.1484	.3479	.7994
5-2	12.3774	24.4480	.2950	.8018
5-3	12.3472	24.5002	.2784	.8026
5-4	12.2038	23.7310	.4357	.7951
5-5	12.1585	24.1415	.3541	.7991
有效樣本人數=265		試題=25	$\alpha = 0.8063$	

從表13 結果發現，RCTC國中卷的內部均質性 α 為0.8063，刪除國中卷的其他試題時，影響RCTC的內部相關 α 係數並不大，所以決定不刪除RCTC國中卷的試題。

表14 RCTC高中卷各試題與總測驗卷內部相關統計分析表

試題編號	刪除該題後 之平均數	刪除該題後 之變異數	試題與總分 之相關	刪除該題後 之 α 係數
1-1	16.7908	14.9475	.2078	.7563
1-2	16.8281	14.4301	.3650	.7479
1-3	16.9341	14.3548	.3081	.7508
1-4	17.0344	14.4011	.2595	.7544
1-5	17.0573	14.0772	.3463	.7482
2-1	16.9943	14.0804	.3642	.7469
2-2	16.7994	14.2240	.4875	.7421
2-3	17.3725	14.4413	.2692	.7534
2-4	16.8023	14.5614	.3474	.7493
2-5	16.8596	14.4601	.3230	.7500
3-1	16.9713	14.0452	.3845	.7455
3-2	17.0057	13.8448	.4298	.7421
3-3	17.2923	14.6385	.1916	.7592
3-4	16.7507	14.7566	.3539	.7503
3-5	16.8338	14.3171	.4000	.7458
4-1	17.5874	15.9155	-.1865	.7715
4-2	16.9628	14.0647	.3828	.7457
4-3	16.9628	13.9842	.4074	.7440
4-4	16.7822	14.9812	.2031	.7564
4-5	16.8940	14.6525	.2358	.7553
5-1	17.0315	14.3927	.2625	.7542
5-2	16.8825	14.6040	.2581	.7539
5-3	16.8052	14.9734	.1844	.7575
5-4	17.0201	14.5772	.2131	.7576
5-5	16.7679	14.9431	.2369	.7549
有效樣本人數=198		試題=25	$\alpha = 0.7594$	

從表14結果發現，RCTC高中卷的內部均質性 α 為0.7594，刪除高中卷的其他試題時，影響RCTC的內部相關 α 係數並不大，所以決定不刪除RCTC高中卷的試題。

(三) 完成編製RCTC評量卷：根據前面的研究，建立了RCTC國小卷、國中卷和高中卷的編製依據、表面效度、內容效度和構念效度分析、內部均質性信度分析、難度與鑑別度分析和試題內部相關分析。決定修改RCTC國小卷4題、國中卷2題和高中卷2題，整理如表15、表16和表17所示。

表15 根據難度和鑑別度對RCTC國小卷做最後的修正

題號	難度	鑑別度	試題內容	修改內容或分析原因
2-2	.491	.120	在複式顯微鏡下觀察水中微生物時，發現輪蟲一直向左邊移動，這時你該如何移動載玻片，才能順利地觀察到輪蟲？(A)向上移動(B)向下移動(C)向左移動(D)向右移動（分析預測）。	學童雖然知道顯微鏡下的影像是左右相反，上下顛倒，但邏輯推理能力不足，無法連結，所以認為載玻片要向右移動。故本題可以檢測學生的邏輯推理。
2-3	.365	.005	一開始使用顯微鏡觀察時，你必需：(A)把細胞標本染色，才能看到細胞(B)水埋片標本要放在載物台的中央圓孔上，才能觀察細胞(C)使用高倍率的物鏡，細胞樣本才看得清楚(D)反光鏡先調到凹面鏡，才能聚集夠多的光線（重要觀念）。	選項(A)把細胞標本染色，才能看到細胞，容易誤導學生認為要先做好標本片，才能進行顯微鏡觀察，所以決定改選項(A)為：先要調整光圈到最小，才不會傷害眼睛。
3-2	.371	.156	根據本文，下列的敘述中，哪一個描述是錯誤的？(A)動物細胞和植物細胞的形態及構造有些差異(B)植物細胞具有細胞壁，形狀、大小比較一樣(C)所有植物細胞都具有葉綠體的構造(D)細胞中有許多的胞器存在細胞質內（重要概念）。	33.9%的學童認為植物細胞都具有葉綠體的構造，這是很多學童所具有的另有概念，文章中雖只提到水蘊草具有葉綠體，洋蔥表皮細胞沒有葉綠體，學童仍認為所有植物都具有葉綠體。故本題可以檢測另有概念。
4-5	.344	.170	下列有關於細胞核的敘述，哪一個是錯誤的？(A)可以提供能量給細胞(B)可以控制細胞的代謝(C)具有遺傳的物質(D)藉由染色可以清楚的觀察到細胞核（重要概念）。	學生對於細胞核的先前知識不足，文章內容敘述又過於簡要，可能使學童無法抓住文章之重點，故修改文章內容敘述，使其更完整。

表16 根據難度和鑑別度對RCTC國中卷做最後的修正

題號	難度	鑑別度	試題內容	修改內容或分析原因
3-4	.414	.173	下列何者敘述錯誤？(A)因為原核生物的細胞內沒有核膜等膜狀構造，因此也不具細胞膜；(B)動植物細胞的狀況不等於所有生物細胞的狀況；(C)沒有細胞壁的細胞就不屬於植物細胞；(D)同一個生物個體的細胞也會有差異。(重要概念)	本題作答的學生有 38.3%集中在(C)選項，因(C)選項雙重否定的語句易造成誤解，故將(C)選項修正為「植物細胞具有細胞壁」。
4-5	.327	.038	根據上述短文，下列何者敘述正確？(A)「兼氣菌」的氣指的是氧氣。(B)「兼氣菌」的氣指的是一般的空氣。(C)「兼氣菌」必須生長在存有氧氣的環境中。(D)氧氣的存在會造成「兼氣菌」的死亡。(科學詞彙)	從學生的答案發現，學生難以由本文中瞭解「好氣菌」、「厭氣菌」及「兼氣菌」的意義。故決定修改文章，加入「即有些細菌在有氧的環境才可生存，有些則不需要，另外有一部份則是在兩種情況下皆可存活。」一段，以說明其意義。

表17 根據難度和鑑別度對RCTC高中卷做最後的修正

題號	難度	鑑別度	試題內容	修改內容或說明原因
1-1	.875	.100	下列哪一種樣本利用解剖顯微鏡來觀察，會比利用複式顯微鏡來觀察具有較佳的呈像效果？(A)水蘊草的葉綠體 (B)昆蟲的附肢 (C)口腔黏膜細胞 (D)植物的氣孔構造(邏輯推理)。	本題對於高中生來說，題目較容易，難度不高，故鑑別度較低。
4-1	.902	.120	下列有關於細胞膜的「脂雙層」敘述，何者正確？(A)由磷脂分子排列成兩層膜，像液體 (B)由磷脂分子排列成一層膜，像液體 (C)由磷脂分子排列成兩層膜，像固體 (D)由磷脂分子排列成一層膜，像固體(科學詞彙)。	高中生在生物課都學習過脂雙層，故感覺不難。但有些學生對於「脂雙層」的概念還是模糊，因而決定修改文章內容，詳細介紹細胞膜的特性。

伍、結論與建議

本研究之目的在編製「細胞相關課程閱讀理解能力測驗，簡稱 RCTC」，包括國小卷、國中卷和高中卷，本工具的目的在偵測學生學習細胞相關課程時，產生另有概念是否因為閱讀理解能力不佳所造成；RCTC 包含四個分量：重要概念、科學詞彙、邏輯推理和分析預測等。茲將本研究之重要發現及建議詳述如下：

一、研究發現

本研究發展與效化的「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」，是根據中小學生理科細胞相關課程的命題知識陳述，配合大台北地區中小學學生的另有概念分析編製而成的，可以用來檢測中小學學生學習細胞相關課程後，是否能藉由閱讀科學文章，尋找文章的概念陳述或隱含的主題，所理解的科學詞彙是否就是科學社群所做的精確描述，並根據文章脈絡和讀者的先前知識，是否能邏輯推理文章中概念與概念之間的關係，甚至預測分析科學文章以外的概念之間的關係。

一份良好的測驗編製首重信度、效度的考驗。本研究在「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的效度考驗方面，首先建立表面效度，認為國小卷的科學文章應該以敘述式編寫，國中卷和高中卷則可以用說明式編寫；其次建立內容效度，使文章內容可以充分反映中小學細胞相關課程的內涵，而題幹陳述與答案選項部分反應學生的另有概念具有周延性；最後建立構念效度，確立 RCTC 之四個評分量為測驗中的主要構念，各可以解釋的變異量有 32.79%（國小卷）、40.99%（國中卷）和 34.95%（高中卷）。本研究也建立「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的內部均質性信度，分別達 0.7322（國小卷）、0.8063（國中卷）和 0.7594（高中卷），顯示 RCTC 具有良好的內部均質性信度。另外，利用試題的項目分析，包括：各試題的難度、鑑別度和各試題與總測驗卷內部相關分析，得到各試題難度為 0.292~0.801（國小卷），0.327~0.779（國中卷）和 0.298~0.902（高中卷）；鑑別度為 0.005~0.700（國小卷），0.038~0.711（國中卷）和 0.100~0.667（高中卷）。根據難度和鑑別度，將不適合的文章段落或題幹陳述與答案選項部分做詳細的討論和修正，最後完成編製「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的國小卷、國中卷和高中卷。

綜合上述的研究發現，本研究所編製的「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」是一份具有良好信度、效度之測驗卷，可用於檢測國小高年級、國中一年級和高

中二年級學生對於細胞相關概念的閱讀理解情形，這將作為本研究從事「細胞與細胞生理現象」的概念改進教學之一種評量工具。

二、建議

中小學教師進行細胞相關課程的教學時，一般為講解課程內文、解說實驗、示範實驗等，學生隨著教師的講解，進行操作實驗、整理筆記和隨堂小考等。事實上，許多教師沒有察覺學生的另有概念，過分強調講述法與「只要教就馬上能學到」的假設，常造成學生產生另有概念，而且持續很長的一段時間。如果教師進行細胞相關課程的教學時，能配合「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」作為評量，將能幫助教師適時的瞭解學生的另有概念，提出較為有效的教學策略，去幫助學生的學習。

誌 謝

本研究能夠順利完成，首先感謝國科會科教處給予的經費支持（NSC 92 - 2522 - S - 152 - 011），其次，感謝本研究群的辛苦參與，大台北地區接受測試的中小學學生；最後，感謝幫忙建立內容效度與試題統計分析的數位生物科教師與學者專家們。

參考文獻

- 吳敏而（民 82）。國小小學學生文章理解層次分析。**國民小學國語科教材教法**，3，73-85。台灣省國民學校教師研習會。
- 林清山（民 87）。**教育心理學**。台北：遠流出版社。
- 柯華蕓（民 82）。語文科的閱讀教學。輯於李永吟主編，**學習輔導**（頁 307-349）。台北：心理出版社。
- 陳明彥（民 91）。**國小學童語言能力、閱讀理解能力與寫作表現關係之研究**。臺中師範學院諮商與教育心理研究所碩士論文。
- 陳秋芬（民 92）。**科學性文章中的時間序列對國小五年級學生閱讀理解的影響**。國立中正大學教育研究所碩士論文。
- 連啓瑞、盧玉玲（民 91）。九年一貫課程「自然與生活科技」領域中之創造思考。**國立台**

- 北師範學院學報，15，229-264。
- 張筱莉、林陳涌（民 90）。學童眼中的科學專有名詞。**科學教育學刊**，9（3），219-234。
- 黃秀英（民 88）。國中生物科文本調整與學生閱讀理解之研究。國立高雄師範大學特殊教育研究所碩士論文。
- 楊文金（民 81）。由閱讀理解探討形成假說測驗試題的結構。**國立台北師範學院學報**，5，469-500。
- 錡寶香（民 88）。國小學童閱讀理解能力之分析。**國教學報**，11，100-133。
- 盧秀琴（民 92a）。顯微鏡下的世界兩階層診斷式紙筆測驗的發展與效化。**國立台北師範學院學報**，16（1），112-136。
- 盧秀琴（民 92b）。台灣北部地區中小學學生的顯微鏡操作技能與相關概念之發展。**國立台北師範學院學報**，16（2），161-186。
- 盧秀琴（民 92c）。不同學生表徵影響國中學生學習顯微鏡相關課程之探究。**92 學年度國立台北師院教育學術論文發表會論文集**（頁 231-250）。國立台北師院。
- 盧秀琴和童禕珊（民 92）。台北市高中生的擴散與滲透作用概念認知之研究。**92 學年度師範學院教育學術論文發表會論文集**（光碟編號：92606）。國立台南師院。
- 盧秀琴（民 93a）。不同教學策略影響中小學學生學習顯微鏡相關課程之探究。**國立台北師範學院學報**，17（1），147-172。
- 盧秀琴（民 93b）。中小學教科書影響學生學習「細胞相關課程」之研究。**科學教育學刊**，投稿中。
- 謝添裕（民 91）。國小學童對不同型式以及不同圖文配置之科學文章其閱讀理解與閱讀觀點之研究。臺中師範學院科學教育研究所碩士論文。
- Ames, L. B., Ilg, F. L., & Baker, S. M. (1988). *Your ten- to fourteen-year-old*. New York: Delacorte.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bamett, J. (1992). Language in the science classroom: some issues for teachers. *The Australian Science Teachers Journal*, 38(4), 8-13.
- Bishop, R. (1970). Big words bother me. *Education Research*, 13(1), 75.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2003). *Biology concepts & connections* (6th ed). Benjamin Cummings Company, U. S. A.
- Cattell, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate behavioral research*, 1, 245-276.
- Cook, D. M. (1986). *A guide to curriculum planning in reading*. Madison, WI: Wisconsin Department of Public Instruction.
- Dickinson, D., Wolf, M., & Stotsky, S. (1989). Words move: The interwoven development of oral and written language. In J. Berko-bleason (Ed.), *The development of language* (pp. 225-273). New York: MacMillan.

- Evans, J. D. (1978). Putting names to concepts in biology. *Journal of Biological Education*, 12(4), 261-266.
- Gagn'e, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). **The cognitive psychology of school learning** (2nd ed.). New York: Harper Collins College Publishers.
- Good, R., Trowbridge, I., Demastes, S., Wandersee, I., Hafner, M., & Cummins, C. (1994). **Proceeding of the 1992 evolution education research conference**. Baton Rouge: Louisiana State University.
- Gunning, T. G. (1996). **Creating reading instruction for all children**. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Guttman, L. (1954). Some necessary conditions for common-factor analysis. *Psychometrika*, 19, 149-161.
- Huck, C. S., Helper, S., & Hickman, J. (1993). **Children's literature in the elementary school** (5th ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99(1), 122-149.
- Kintsch, W. (1974). **The representation of meaning in memory**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lehr, S. (1988). The child's developing sense of theme. *Reading Research Quarterly*, 23(3), 337-357.
- Lemke, J. M. (1990). **Talking science: Language, learning, and value**. Norwood, NJ: Ablex.
- Lynch, P. P., Benjamin, P., Chapman, T., Holmes, R., Mccammon, R., Smith, A., & Symmons, R. (1979). Scientific language and the high school pupil. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(4), 351-357.
- Moes, M., Foertsch, D., Stewart, J., Dunning, D., Rogres, T., Seda-Santana, I., Benjamin, L., & Pearson, P. D. (1984). Effects of text structure on children's comprehension of expository material. In J. Niles & L. Harris (Eds.), **Changing perspectives on research in reading / language processing and instruction**. Rochester, NY: the National Reading Conference.
- Norman, D. A., & Rumelhart, D. E. (1975). **Explorations in cognition**. San Francisco, CA: W. H. Freeman.
- Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (1), 45-61.
- Pearsall, N. R., Skipper, JO E. J. & Mintzes J. J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: A longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81, 193-215.
- Rickheit, G., Schnotz, W., & Strohnner, H. (1985). The concept of inference in discourse comprehension. In G. Richeit & H. Strohnner (Eds.), **Inferences in text processing** (pp.

- 393-406). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Scharkey, N. E. (1990). A connectionist model of text comprehension. In D. A. Batota, G. B. F. Flores d'Arcais, & K. Rayner (Eds.), *Comprehension processes in reading* (pp. 487-514). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Stepans, J. I. (1991). Developmental in students' understanding of physics concepts. In S. M. Glynn, R. J. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 261-275). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Sulzby, E. & Teale, W. (1991). Emergent literacy. In R. Barr, M. L. Kamil., P. Mosenthal, & P. D. Pearson (Eds.), *Handbook of reading research, vol. II* (pp. 727-757). New York: Longman.
- Warner, J. & Wallace, J. (1994). Creative writing and students' science learning in a science and technology context. *The Australian Science Teachers Journal*, 40(4), 71-75.
- Winne, R. H., Graham, L., & Prock, L. (1993). A model of poor readers' text based inferences: Effects of explanatory feedback. *Reading Research Quarterly*, 28, 536-566.

The Development and Validation of Reading Comprehension Tests of Cell-related Curriculum in Elementary and Middle Schools

Chow-chin Lu *

ABSTRACT

Based on the proposition knowledge statements of cell related curriculum and the analysis of alternative conception of the elementary and middle schools students, this research is aimed to organize the Reading Comprehension Tests of Cell-related Curriculum (RCTC). The purpose of the instrument is to test whether the students' alternative conception is due to their poor reading comprehension. The contents of RCTC were divided into three parts: the elementary school test papers, the junior high school test papers and the senior high school test papers. RCTC contains four components: important concepts, scientific glossaries, logical inferences and analytical predictions. This research has established superficial validity, content validity and construct validity. RCTC is able to allow the contents of scientific articles to fully reflect the cell related curriculum in elementary and middle schools. The cell related curriculum examination items are also capable to fully reflect how students form their alternative conception. The four components of RCTC are constructed and the variation can be explained, 32.79%(elementary school test papers), 40.99%(junior high school test papers) and 34.95%(senior high school test papers).

This research took grade 5, grade 7 and grade 11 students as subjects who lived in Taipei areas. The results showed that the internal consistency reliability of RCTC were 0.7322 (elementary school test papers), 0.8063 (junior high school test papers) and 0.7594 (senior high school test papers). The research found that the reliability and validities of RCTC were satisfactory. The factor analysis revealed that the Difficulty Index for RCTC were 0.292~0.801 (elementary school test papers), 0.327~0.779

* Chow-chin Lu: Professor, Department of Natural Science Education, National Taipei Teachers College

(junior high school test papers) and 0.298~0.902 (senior high school test papers); the Discrimination Index for RCTC were 0.005~0.700 (elementary school test papers), 0.038~0.711 (junior high school test papers) and 0.100~0.667 (senior high school test papers). Finally, inappropriate article paragraphs or test items were revised according to the results of difficulties and resolutions of RCTC.

Key words: the Reading Comprehension Tests of Cell-related Curriculum, important concepts, scientific glossaries, logical inferences and analytical predictions.