科學教育學刊
2013, 第二十一卷第四期, 401-429
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2104.02

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(4), 401-429

大學普通生物學實驗課程應用探究鷹架自我評估策略對學生探究能力表現之影響

何宗穎[1]　王敏男[2]　謝佩妤[3]　郭幸宜[4]　趙大衛[4]　黃台珠[3、*]

[1]國立高雄師範大學 科學教育研究所
[2]高雄市立高雄高級中學
[3]國立中山大學 通識教育中心
[4]國立中山大學 生物科學系

摘要

本研究採準實驗研究法，以南部某國立大學生物科學系修習「大學普通生物實驗」課程的學生爲研究對象，實驗組班級人數22人，對照組班級人數20人。研究過程中，實驗組學生實施「探究鷹架自我評估策略」，先給予「探究式實驗指示單」作爲說明，再給予「科學探究能力評分準則」作爲學習鷹架，與對照組學生進行相同的實驗課程，研究者再以「科學探究能力評分準則」評量實驗組與對照組學生在實驗報告中探究能力的表現。研究結果顯示：(一)前測兩組學生的探究能力得分均偏低，代表學生的起始探究能力不佳；(二)經由共變數分析發現，實驗組的整體探究能力得分明顯優於對照組；(三)進一步從科學探究能力的各向度及各分向度看來，實驗組在形成問題、處理數據兩向度的得分均明顯優於對照組，並在概念的運用、問題的形成、數據的適切性、數據的紀錄、數據的組織、數據的轉換等分向度實驗組的得分均優於對照組；(四)在學生感受方面，多數的學生(95.5%)認爲使用「科學探究能力評分準則」對他們的學習是有幫助的。

關鍵詞：科學探究能力、科學探究評分準則、學習鷹架

壹、緒論

一、研究背景與動機

回溯近代科學教育發展，日漸著重科學探究的本質，國內外的科學課程標準中多次提到自然科教學要以「探究」爲基礎，提倡科學探究活動(scientific inquiry activity)對科學教學的重要性(National Research Council [NRC], 1996)。所謂的科學探究活動，指的是藉著對自然現象的探討，嘗試陳述科學解釋，經歷數據收集、處理的歷程，學習用科學社群的共同語言來呈現探究成果。

通常傳統學校實驗課程的開放程度普遍不足，並多以食譜式教學方式進行，並未

*通訊作者：黃台珠
(投稿日期：民國101年5月31日，修訂日期：民國101年12月4日，接受日期：民國102年2月27日)

理解科學探究中各個階段活動的意義，因此也無法將探究的活動內化成爲學習者本身的能力。近年來，科學教育研究者逐漸體認到創造一個允許學生從事探究性活動之環境的重要(Roth & McGinn, 1998)，開始嘗試將實驗活動做適度的開放，提供學生自由探究的機會，並呼籲應以系統的觀點將實驗室活動轉化爲科學探究的活動(Hofstein & Lunetta, 2004; Hume, 2009; Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007)。

過去臺灣的科學發展深受升學主義影響，儘管近年隨著教育改革與升學制度的改進，國中與高中的科學實驗活動開始嘗試融入科學探究的相關活動，但整體而言學生接觸科學實驗的機會與科學探究活動的機會仍然較少。以生物科系學生爲例，於大一開設的普通生物實務課程目標在於幫助學生熟悉生物學實驗技術及操作方法，以引導其進行後續生物專業課程的學習，但在教學過程發現大一學生的科學探究能力普遍不足且成效有限，過去的研究亦發現儘管學生可以按照步驟操作儀器以得到預定的結果，若課程中沒有提供學生主動探究的機會(Lunetta, 1998)，在實驗活動中亦沒有提供學生對科學探究能力發展與認識的適當指引，學生常在不瞭解實驗本質或目的下就進行實驗，實驗活動僅是儀器的操作而非心靈的運思(Lunetta)，其實驗能力往往沒有太大的提升。

另一方面，如何在實驗課程中針對探究能力作指導則很少被提及，也鮮少以學生在實驗中的探究能力表現作評量，以致於在一些開放探究的課程中，無法明確檢視學生的學習成效。在許多學者對實驗探究課程的建議中，提到應幫助學生瞭解探究技能的內涵，提供合適的學習鷹架作爲引導，在課程中和學生溝通與檢視探究技能的表現(劉宏文，2001；Hackling & Fairbrother, 1996; Reveles, Kelly, & Durán, 2007)。爲幫助學習者能將科學探究活動於動手作與動腦想間進行有效的連結，教學者應該設計適當的探究活動鷹架幫助學習者瞭解科學探究活動的內容，並配合反思鷹架引導學習者對探究活動的計畫與監控進行反思，以幫助學習者於探究活動中展現自我評估與自我調節(葉辰楨、王國華、葉明致，2010)。

實驗課程爲實作過程，其評量不應像一般陳述性知識以紙筆測驗來評分，應針對學生的實作技能作評鑑，可由學生的實作過程以及成果報告中的能力表現情形作評分(Lunetta, 1998)。Woolnough (1991)建議應針對探究技能建立評量標準，以整個探究過程：計畫、實行、解釋、討論等階段來檢視學生表現。建立明確的評量標準不只是教師判斷學生表現的好工具，在國外許多高等教育的學習中，更常針對課程設立評量準則(assessment rubrics)來引導幫助學生學習，教師可藉著評分準則的引進來傳達教學目標，並讓學生以評分準則來檢視自己的表現。針對實驗探究的過程，Hackling與Fairbrother (1996)也提出，應讓學生參與評估自己的表現，可根據探究技能訂定自我評估檢核表，以自我評量方式來幫助學生反思自己的學習成效、學習與主動學習。

基於以上研究背景，爲改進現有普通生物實驗課程無法有效提升學習者興趣及提供探究能力的問題，但若是缺乏完整的規劃以及相當的探究教學帶領經驗，將會增加課程設計的複雜度，而在開放式探究中學生雖然可以發展自己的問題，發展實驗設計進行研究，但可能會遇到教材內容不適合、學習者探究經驗不足及難以評量學生探究能力等困

難(葉辰楨等，2010)，研究者認爲可以參考設計研究法進行小規模的設計實驗，先進行鷹架策略的發展與評估，後續再深入探討生物實驗課程開放性的課程修改，因此在實驗課程中增進學生的科學探究能力發展，研究者認爲可根據探究能力的內涵建立合適的評分準則，一方面作爲學生的學習鷹架，另一方面引導學生進行自我評估的反思鷹架，在課程中與學生一起檢視自己的學習成果，讓學生藉著對自己表現優缺點的瞭解，促使其更精緻的學習與進步。

二、研究目的與問題

基於以上目的，本研究擬回答下列問題：

(一)使用探究鷹架自我評估策略，實驗組與對照組學生在科學探究能力各向度的表現爲何？

(二)探究鷹架自我評估策略作爲普通生物學實驗課程學習鷹架，實驗組學生科學探究能力的表現是否有所差異？

(三)實驗組學生對應用探究鷹架自我評估策略作爲普通生物學實驗課程學習鷹架的感受爲何？

貳、文獻探討

一、實驗課程的角色與發展

科學實驗科學教育與科學探究上是不可缺少的一環(張惠博，1993)，許多科教學者亦不斷地推崇，實驗是促進有效科學教學和學習的重要因子(Lucas & Roth, 1996)。Tobin (1990)亦強調實驗活動提供學生真正瞭解科學的學習方法，藉著科學活動的操作以建構科學知識，而一個好的實驗教學活動即可提供學生實際進行知識建構的機會。

但真實教學中，學生在實驗課程中的學習成效卻一直存在爭議。1970年代以來，隨著課程改革運動的發展，許多研究開始對實驗活動在教學上所扮演的角色提出質疑(Hofstein & Lunetta, 1982)，Hodson (1990)指出，多數的學校實驗活動，在教育上的目的不明確、瑣碎、而且也未善加計畫與組織。不少學者亦紛紛指出實驗室的教學活動，不但無助於學生在科學知識或技能的學習，且學生常常是在不瞭解實驗的本質或目的下進行實驗(White, 1996)。Roth (1994)提到，實驗課程的編排，常以食譜式活動方式進行，不但降低了學生在實驗室的參與度，實驗的過程方法也變得毫無意義，導致實驗活動的學習成效不彰。

Herron (1971)針對實驗活動功能及角色作探討，將實驗的過程簡化爲三個主要的組成，亦即問題、方法與答案，並且將各個組成按其開放情形區分爲四個等級，其中等級越高者，代表其開放程度越高，也越有探究性。針對Herron提出探究四個層次的開放程度，其說明如下：1. Level 0：爲確認(confirmation/verification)層次，問題、操作方法、操作步驟以及答案均提供給學生，學生只需依步驟去進行操作，驗證已知的結果；2. Level 1：爲結構式探究(structured inquiry)層次，問題以及操作的方法及步驟，學生只需依步驟去進行操作，就可以得到結果；3. Level 2：爲引導性探究(guided inquiry)層次，學生雖探索教師所展示的問題，但學生使用自己設計或選擇的步驟解決問題；4. Level 3：爲開放性探究(open inquiry)層次，學生探索與主題相關的問題，所探究的問題是由學生在選擇、設計的程序中所產生的。本研究的研究場域與課程提供探究問題與操作方法

給學生，在Herron的開放程度分類中屬於一級探究活動(level 1)。

大學階段的實驗課程也常以結構化與食譜式的實驗活動加以組織(Tamir, 1990)，這樣的課程設計極少提供機會讓學生確認問題、形成假設、設計與執行實驗，也很少有機會讓學生討論實驗假設、分析實驗結果、形成結論。另一方面也可能由於學生僅是依照設計好之食譜式實驗進行器材操作與預設的實驗結果驗證，對於實驗活動的內涵與本質沒有充分的理解。

美國國家科學教育標準(NRC, 1996)中提到，科學探究的過程已成爲現代科學教學的核心，而實驗課程可說是格外的重要，對引導學生科學概念、過程知識以及相關技能具有重要的角色。在實驗課程中進行探究性活動，並讓學生培養高層次科學技能。Hofstein與Lunetta (2004)對二十一世紀實驗教學提出的建議中指出，要能讓學生真正體驗科學探究的過程，我們所建構的實驗學習環境應該從「教師主導」的模式，改變成「學生主導」的主動探究模式。讓學生覺察他們在實驗課程中的學習目標，瞭解探究的內涵及每個階段的過程，並且在課程中針對相關的技能作指導，並應於互動中，讓學習者學習互動的文化，幫助學習者聯結日常的語言與科學的知識，藉由談科學的互動有表達自己想法的機會，藉此進行意見的交流與論證(Lemke, 1990; Mehan, 1979; Wells & Arauz, 2006)。在評量方面，評量工具應能從學生的成果檢測其探究技能表現、對科學探究的理解以及需運用的相關科學概念。亦即，評量必須與課程目標相符，實驗課程中應評量整個學習過程中學生的表現，從探究的歷程及成果作評鑑(NRC)。

二、科學探究能力的內涵

NRC在1996年指出，科學探究意指學生在科學活動中發展知識及瞭解科學觀念，就像科學家在自然世界的學習一樣，探究活動包括觀察、設計問題，使用工具來收集、分析及解釋數據，作評估及預測。過程中需要驗證假設，使用批判和邏輯性思考來解釋與說明，學生應從中學習透過科學探究來解決問題的能力。然而，在從事科學活動時，科學教師往往讓學生遵循既定的模式及步驟操作，忽略讓學生瞭解步驟、過程的意義，導致學生即使熟悉整個程序，卻無法應用在新的情境上(Collette & Chiappetta, 1994)。

但科學探究能力的內涵很少確切地界定，也很少對於學生的探究能力作評鑑，根據National Science Education Standards (NSES; NRC, 1996)中對探究技能的定義，探究能力包括：運用背景概念去形成合適的探究問題，清楚地傳達自己的探究設計，利用各種數學及科技方法來增進探究結果的傳達，及建立科學模式，並爲自己的探究結果作辯護等一系列高層次的科學技能，描述在完整探究過程中需使用到的能力。國內九年一貫課程中對科學探究過程所提及的是五項獨立的科學過程技能，包括：觀察、比較與分類、組織與關連、歸納研判與推斷，以及傳達等能力，這幾項雖不是以探究過程的階段作區分，但這些技能的內涵亦與探究的過程相通，分別在不同探究階段中出現(教育部，1998)。

美國奧勒岡州教育部(Oregon Department of Education, 2011)的評量標準，如表1，針對科學探究能力所提出的評分指標(2002-2003 Scientific Inquiry Test Scoring Guide)中，按照科學探究的過程將科學探究能力分爲四個向度，詳細指明了探究過程中所運用到的技能

表1：科學探究能力評分準則分向度總表

向度＼層面	科學知識的應用	溝通與傳達	科學探究的本質
形成問題	概念的運用	問題的形成	問題的適切性
設計流程	變因的控制	步驟的完備性	數據的適切性
處理數據	數據的記錄	數據的組織	數據的轉換
分析討論	分析解釋結果	對主題的討論	檢視及評估

及評量方式：1.形成問題(forming a question or hypothesis)：利用最相關的科學背景知識或初步觀察對此研究提出聚焦的基本原理，接著提出假說並由背景知識對假說清楚解釋，而能提出特定研究程序。試著公式化或重新架構假說，以科學關係對研究作聚焦的定義(如：相關、相依、因果)。2.設計流程(designing an investigation)：應用科學研究程序考慮相關變因建立一個可控制的、精確安全而與接受的科學訓練相符的設計，傳達一個一致而彈性的設計及因預期需要調整而可完全重複的合理細節，呈現一個可以得到回答問題或檢定假設所需足夠的合理有效數據的設計。3.處理數據(collecting and presenting data)：紀錄符合複雜步驟的適當數據，並依需要處理不適當數據，合理有組織地用合適單位對觀察或測量建立精確的呈現(如：表格)。進一步轉換數據成爲可有力顯現可被分析解釋的關係，或有助於科學分析的形式(如：關係圖)。4.分析討論(analyzing and interpreting results)：應用科學概念、模式、原理正確分析解釋研究關係，明確分析研究結果作支持問題假說或研究關係的結論。進一步依據結果分析評論設計和步驟，作有洞察力的修正和延伸。

細究其內涵，在此四個能力向度中包含了「科學知識的應用」、「溝通與傳達」、「科學探究的本質」三個層面。1.「科學知識的應用」層面(application of scientific knowledge)，此層面指的是在科學探究的每個階段中應用合適的科學知識：在形成問題方面，須以正確的背景知識作原理的探討；在設計流程方面，必須運用科學知識去安排變因控制的方式、正確的流程順序；在處理數據方面，必須知道如何收集數據，及辨別數據的合理性；在分析討論方面，則必須應用正確的科學概念來分析解釋結果。2.「溝通與傳達」層面(communication)，此層面指的是在科學探究的每個階段中，如何將探究內容作良好的溝通傳達；在形成問題方面，須能夠用相關概念清楚解釋假說以及說明整體研究架構；在設計流程方面，必須傳達一個清楚且可完全照作的步驟流程；在處理數據方面，必須使用正確的單位合適地組織所得數據以清楚呈現結果；在分析討論方面，則必須明確分析研究結果，針對實驗主題作清楚的結論。3.「科學探究的本質」層面(nature of scientific inquiry)，此層面指的是在科學探究的每個階段中，能符合探究的本質：在形成問題方面，須試著以可探究的科學關係來聚焦問題(如：相關、因果等)；在設計流程方面，所規劃步驟必須可以得到檢定研究假設所需之充分質量數據；在處理數據方面，須試著轉換數據成促進科學分析的方式(如：統計、作圖等)；在分析討論方面，則必須對研究結果作整體的分析評估，提出進一步的修正建議。

此評量標準乃按照進行科學探究的過程

所制定，其與NSES及國內課程標準提到的探究技能大致符合，亦與許多研究提到的探究階段相符，故本研究以此作爲科學探究能力內涵的依據，據以訂定本研究課程中的科學探究能力評分準則。

三、自我評量作為科學探究能力發展的鷹架工具

Paris與Ayres (1994)將自我評量定義爲個人對其成就、進步情形與發展的反省與覺察。自我評量的目的在於幫助學習者變得更爲主動，瞭解到自己對學習所負的責任，並幫助學習者認清自己的優缺點，藉由自我反省思考如何精進自己的表現(Harris, 1997)。Boud (1995)認爲所有形式的自我評量，其特質在使學生鑑別教師要求他們的工作標準，並判斷自己符合此標準的等級。Orsmond, Merry與Reiling (2000)認爲自我評量可以提供老師及學生清楚界定學習結果的機會，老師可利用自我評量和學生進行有意義的對話，讓學生思考執行作業的過程，而評分準則是師生共同理解的評量工具，清楚的評分準則不但可以增進評量的品質，還可對學生的學習產生重要影響。NSES (NRC, 1996)的教學標準中亦提及教師應引導學生進行自我評量，使學生瞭解自己學習的目的，提供學生機會發展評估與反思自己科學成就的能力，這種標準的內化，對學生在科學上的成就是重要的。

當前科學教育強調的是後設認知思考技能與科學知識的結合，在科學概念的學習方面，顯示將後設認知思考融入科學內容中，所教導的概念可維持較長的時間，學生展現較爲長久且重構的理解；運用自我評量的策略，有助於連結深入取向的學習、自我調節學習及後設認知技能，使得學習成效更爲提升(Georghiades, 2004; Kirby & Downs, 2007)。游光昭、林坤誼與洪國峰(2010)的研究，參考Zimmerman (1998)的自我調整學習理論發展科技實作活動的學習模組，透過引導反思的鷹架，包含自我評鑑、歸因、自我反應與調整等四個方面，幫助國中階段的學習者加強實踐活動中操作與思考的連結，雖然研究結果指出學生仍在設計與實踐操作的能力較弱，但藉由適當的引導學生能展現出對其實踐活動的反思能力。

由於學習者在進行科學學習時，或許可以根據要求或指導表現出特定的行動，然而學習者卻不能明確的知道爲什麼以及怎麼做等問題(Hutchison & Hammer, 2010)，研究者認爲幫助學習者能對其經驗進行反思之外，需幫助學習者知道該做什麼以及怎麼做，亦即應根據實驗活動與學習者的需求提供學習者行動的參考鷹架，其他研究也顯示，學生在進行探究活動可能會遭遇到探究經驗與能力不足等困難，包括：探究經驗與能力不足(陳姿妙，2005；黃鴻博，2000；楊秀停，2003)。魯俊賢與吳毓瑩(2007)也發現學生普遍欠缺實驗設計與推理的高層次思考能力，而「根據結果推論並下結論」的能力也需要加強。顯示學生進行探究活動，極需教師提供適切鷹架的支持。

由工具的觀點思考科學探究標準或科學探究能力的內涵，希望學習者能學會或表現出某些科學探究能力，研究者認爲可以由活動理論的觀點來思考，亦即，學習者是透過什麼工具才表現出這些科學探究的行爲或能力，從社會活動的角度，Engeström (1987)指出人類是透過工具來達成目標，並產生具體的成果，因此人類爲了達成特定的目標必然需要考量到工具的問題，當學習者進入科學探究活動中，學習者爲了要達成探究活動，

必須有許多可以用的工具，包含了具體的工具以及抽象的、符號的工具(Kozulin, 1998; Vygotsky, 1978)，透過這些工具的使用，學習者才能完成任務。

Wood等利用鷹架的隱喻用以說明學習者在教學者的支持下能有更好的表現(Wood, Bruner, & Ross, 1976)，若能結合鷹架與活動理論中工具中介的想法，鷹架的功能不只是提供學習者相關資源與協助，亦是學習者作爲行動與解決問題的工具，並可如Hutchison與Hammer (2010)所提到的知識論架構(epistemological framing)，同時也是學習者的心理工具(Kozulin, 1998)，用以幫助學習者重新組織其思考，用將各種思考的功能，例如推理、假設等組合成爲解決問題可以應用的能力。

許多學者在對實驗探究課程的建議中提到，應幫助學生瞭解探究技能的內涵，提供合適的學習鷹架作爲引導，在課程中和學生溝通並檢視探究技能的表現(Hackling & Garnett, 1991)。在實驗課程的評量方面，則可由學生的實作過程及成果報告中的能力表現情形作評分(Lunetta, 1998)。本研究先由相關文獻探討科學探究能力的內涵，據以訂定合適的探究能力評分準則，並以此準則作爲引導學生的學習鷹架，以評量學生探究能力表現的依據。

綜合以上討論，本研究擬以「探究鷹架自我評估策略」應用於大一學生的普通生物實驗課程，探究鷹架自我評估策略是指在課程中以實驗指示單提供學生自己進行主題探究的機會，向學生說明科學探究的過程及意義，提供所謂的「探究鷹架」，並根據探究能力的內涵建立「科學探究能力評分規準」，以探究能力評分準則作反思鷹架，引導學習者以自我評估的策略促進後設學習，在課程中與學生一起檢視自己的學習成果，讓學生藉著對自己表現優缺點的瞭解，促使其能有更精緻的學習而有進步。

參、研究方法

一、研究對象

本研究受限於既有的課程規劃，研究場域以研究者所任教之普通生物實驗課程進行課程改進實驗，爲採準實驗研究法設計，以南部某國立大學生物科學系修習「大學普通生物實驗」課程學生作爲研究對象，依照選課結果將兩班級分爲實驗組及對照組。實驗組班級人數22人，男生14人，女生8人；對照組班級人數20人，男生14人，女生6人。

二、研究工具

(一)科學探究能力評分準則

參考美國奧勒岡州教育部門評量標準中的科學探究能力評分標準，以及專家意見，配合實驗課程內容修訂而成(郭幸宜，2004)。整個準則分爲「形成問題」、「設計流程」、「處理數據」及「分析討論」等四個能力向度，各向度依「科學知識的應用」、「溝通與傳達」、「科學探究的本質」三個層面作劃分，共分爲十二個分向度(表2)。修訂後的評分準則每分向度根據學生表現程度分爲五個等級，每個等級明列具體標準，各得1至5分，作爲在課程中評鑑學生科學探究能力的依據。

(二)探究式實驗指示單

內容爲探究式實驗內涵的說明，針對各向度探究能力對學生提出引導及建議。此指示單爲研究者依據實驗探究能力各分項的內涵所設計，以作爲學生的學習鷹架，在學期

表2：科學探究能力評分準則

向度	分向度	評分	準則
形成問題	科學知識的應用：概念的運用	5	針對研究主題提出主要的概念及詳細的說明
		4	提出跟研究主題有關的概念，並簡要說明
		3	提出相關的概念，但未作說明
		2	提出的概念與研究主題不太相關或有錯誤
		1	沒有提出任何概念
	溝通與傳達：問題的形成	5	針對主題提出明確的研究主題及研究設計
		4	針對主題提出概略的研究問題及方法
		3	提出的研究問題不完全合乎實驗主題
		2	提出的研究主題是不太清楚的
		1	提出的研究問題是不合理或沒有根據的
	科學探究的本質：問題的適切性	5	所架構的問題，可定義出確切的科學關係
		4	所架構的問題，指向某種科學關係
		3	所架構的問題，能經由實驗收集數據作回答
		2	所架構的問題，無法經由實驗收集數據作回答
		1	所架構的問題根本無法經由實驗回答
設計流程	科學知識的應用：變因的控制	5	針對問題的變因性質，說明實驗及對照組的安排
		4	提出實驗相關變因，說明操作與控制的方式
		3	提出實驗相關變因，但缺乏控制組的安排
		2	提出實驗相關變因，但操作方式存有錯誤
		1	沒有提到任何變因控制
	溝通與傳達：步驟的完備性	5	設計彈性且可完全重複的合理細節步驟
		4	設計有足夠細節、有組織的合理步驟
		3	提出一些可進行的步驟，但不夠完善
		2	提出一個合理但缺乏細節的概略流程
		1	提出不清楚或不合理的步驟設計
	科學探究的本質：數據的適切性	5	提供充分質量數據，直接對應問題中的科學關係
		4	能提供充分的數據去回答研究問題
		3	能提供相關但不足以回答問題的數據
		2	能提供的數據與研究問題沒有直接的關係
		1	所做設計沒有提供任何適用數據

中依照學生學習狀況提供三個階段的指示。第一階段主要說明探究式實驗的進行方式，以及自我評估策略的施行。第二階段則在學生進行兩次實驗評估後，根據學生在各個分項進行上的相關疑問進行說明，讓學生能清楚針對各個項目作修正。第三階段在學生進行六次實驗評估之後，對課程進行方式及各項能力的學習方向已較熟悉，特別針對一些細節提供較深入的建議，提供學生進行實驗的參考，並引導學生反思使其能更精進其學習，除了提升實驗的技能，並能體會科學探究的精神，詳如附錄一。

表2：科學探究能力評分準則(續)

向度	分向度	評分	準則
處理數據	科學知識的應用：數據的紀錄	5	紀錄符合步驟的適當數據並依需要處理不當數據
		4	紀錄符合設計步驟的合理數據
		3	紀錄符合設計步驟的合理數據但不夠完整
		2	紀錄不完全符合設計步驟之數據
		1	紀錄與設計步驟無關的數據
	溝通與傳達：數據的組織	5	將數據有組織地用合適方式作呈現
		4	將數據有組織地作呈現，但存有缺點
		3	以有點不完整或不太有組織的方式呈現數據
		2	以不完整或沒有組織的方式呈現數據
		1	以不正確、混亂的方式呈現數據
	科學探究的本質：數據的轉換	5	轉換數據成有助回答研究問題的形式
		4	轉換數據成促進科學分析的形式
		3	將數據轉換成可用作檢視結果的形式
		2	數據處理無法清楚呈現結果
		1	沒有將數據作進一步轉換
分析討論	科學知識的應用：分析解釋結果	5	由所得數據趨勢，詳細分析研究結果，討論關係
		4	由所得數據報告結果，對現象提出解釋
		3	由所得數據報告結果，提出解釋，但不完整
		2	不正確地使用數據報告結果、提出解釋
		1	沒有以所得數據解釋結果
	溝通與傳達：對主題的討論	5	依照研究結果，運用相關概念對問題下正確結論
		4	依照研究結果對研究問題作檢定並下結論
		3	作相關但不完全回答研究問題的結論
		2	提出不太關於研究問題的結論
		1	沒有任何清楚合理的結論
	科學探究的本質：檢視及評估	5	依據結果評析研究設計，作有洞察力的修正延伸
		4	提出重要限制及誤差來源之正確討論
		3	總結步驟及結果但輕率地處理誤差及限制
		2	以有些不清楚的方式總結研究結果
		1	未檢視或總結研究結果

(三)普生實驗學習問卷

此問卷爲研究者爲更深入了解學生進行探究鷹架自評策略中，對實驗課程的學習情形及學習感受而設計。問題皆爲半開放式，以收集更多學生學習感受及回饋意見，詳如附錄二。

三、研究步驟

本研究所採用的課程爲「大學普通生物實驗」課程，其內容安排根據普通生物學課程進度，共進行十次實驗，本研究的實驗活動都屬一級的探究活動，其研究問題及實驗方法是由教材所設定的，學生並未實際去形

成問題及設計實驗方法。本研究選擇其中六個實驗(如表3)，以選擇的第一個實驗作爲前測，選擇的最後一個實驗作爲後測。

本研究在課程中以「探究式實驗指示單」配合解說對實驗組學生說明實驗探究的過程，讓學生了解探究式實驗的內涵，鼓勵學生以主題研究的方式進行實驗，除了實驗手冊的內容外可以加入自己的研究設計，並以「科學探究能力評分準則」作爲反思實驗的鷹架及自我評量工具，讓學生按照其中向度學習探究技能，在每次實驗後以「科學探究能力評分指標」針對自己的實驗成果做評估，研究者再針對其評估情形與其討論並提供回饋。對照組學生則不提供指示單與評分準則，以傳統方式讓學生直接按照實驗手冊進行實驗，沒有給予其他的指示或說明。研究者則在每次實驗後，以「科學探究能力評分準則」對實驗組與對照組學生的實驗報告中的探究能力表現作評量。在學期末讓實驗組的學生填寫學習感受問卷，以了解學生對評分準則的使用情形與感想。

四、資料蒐集與分析

1.本研究運用學生於前、後測在探究各向度的得分情形分布的百分比來進行分析，作爲兩組學生科學探究能力比較。評分者爲該實驗課程的四名助教之一，每週參與實驗班課程的進行，在課程開始時，其主要的角色是鷹架提供者，以指示單、自我評估表來輔助學生進行探究式實驗，亦在整個過程扮演學習的協助者，針對學生學習情形與其協商、對話，提供學習上的建議並選出好的典範，讓學生效仿。另一方面也在每週學生完成課程後由研究者於每次實驗後對學生報告進行分析評分。評分信度部分，先於本研究的預試前導研究中，研究者與課程助教以此工具針對兩班共43份實驗報告進行評分，將兩者評分結果進行Spearman等及相關分析，所得之交互評分信度如表4。正式研究中延用此評分工具與方式，先由研究者與其它三位助教首先針對評分準則進行充分的討論，並以評分準則針對實驗一前測學習者的表現進行評

表3：實驗單元內容分析

實驗名稱	內容	問題	方法	答案	探究等級
前測					
植物對逆境的適應能力	觀察不同植物對淹水逆境的適應能力	✓	✓	×	1
Exp.1酸鹼及緩衝液	緩衝液性質的測定	✓	✓	×	1
Exp.4滲透作用	固體中液體的擴散作用 利用擴散作用估算細胞質濃度	✓	✓	×	1
Exp.5細胞膜的滲透性	利用細胞滲透估算細胞質濃度 醇類對細胞的相對滲透速率	✓	✓	×	1
Exp.6酵素	酵素濃度、酸鹼值、溫度對酵素作用的影響	✓	✓	×	1
Exp.7光合作用	光合作用色素的分離，吸收光譜及葉綠素含量測定	✓	✓	×	1
Exp.8呼吸作用	酵母菌的發酵作用 植物的呼吸作用觀測 過氧化酵素活性測定	✓	✓	×	1
後測					
植物對逆境的適應能力	觀察不同植物對淹水逆境的適應能力	✓	✓	×	1

表4：實驗探究能力評分準則信度分析

向度	項目	交互評分信度
形成問題	概念的運用	.71
	問題的形成	.85
	問題的適切性	.82
設計流程	變因的控制	.90
	步驟的完備性	.84
	數據的適切性	.81
處理數據	數據的紀錄	.91
	數據的組織	.83
	數據的轉換	.86
分析討論	數據的解釋	.81
	分析與討論	.63
	檢視與評估	.73
總評分表		.89

分。

2.本研究的評分先由研究者與其它三位助教先針對實驗一前測來進行評分，四位助教分別爲生命科學系研究所學生及現職的高中生物教師，並已經有前導研究的評分經驗，在評分過程中針對有差異之處根據評分準則進行討論後達成共識，給予評分。

3.將實驗班及對照班前、後測探究各能力分項得分及總分以SPSS18.0軟體進行共變數分析，比較兩班在實驗課程中各項能力表現是否有差異。

4.統計學生在「普生實驗學習問卷」各選項的勾選百分比，以分析學生對此實驗課程學習感受。

肆、研究結果與討論

下文將以三部分呈現研究發現，第一部分爲描述性統計，呈現實驗組及對照組學生前後測之科學探究能力的測量結果，百分比結果呈現學生各科學探究能力散佈狀況，平均分數則用以呈現學生整體科學探究能力的程度推估。第二部分爲共變數分析，以比較檢定實驗組及對照組學生科學探究能力的改變程度是否一致。第三部分則是以百分比分析學生對探究鷹架使用的主觀態度。

一、使用探究鷹架自我評估策略，實驗組與對照組學生探究能力表現

(一)學生之「形成問題」探究能力

「形成問題」向度分成「概念的運用」、「問題的形成」、「問題的適切性」等三個分向度，以下分別就三個分向度討論實驗組與控制組在前後測的表現：

表5爲實驗組與對照組學生在「形成問題」探究能力的得分百分比分佈，由表5中得知實驗組與對照組學生前測的得分是一致的，例如，在「概念的應用」分向度，實驗組與對照組學生前測的得分都是只得1.00分，「問題的形成」分向度也是一樣，除了在「問題的適切性」分向度對照組學生得分平均略高。

圖1爲實驗組及對照組的後測得分平均，以及前測的得分平均。在圖1假設實驗組與對照組前測得分相似，所以前測平均分數是實驗組22人以及對照組20人，共42人平均。整體「形成問題」探究能力學生前測得分平均爲1.49分，對照組後測平均爲2.10分，實驗組後測平均則進步到2.56分。在各個分向度上，在「概念的應用」分向度部分，學生前測平均爲1.00分，對照組後測平均爲1.30分，實驗組後測平均則進步到2.27分。「問題的形成」分向度部分，學生前測平均爲2.00分，對照組後測平均爲2.00分，實驗組後測平均則進步到2.36分。在「問題的適切性」

表5：實驗組與對照組在「形成問題」各分向度得分表現

向度	評分	實驗組(N = 22)		對照組(N = 20)	
		前測(%)	後測(%)	前測(%)	後測(%)
概念的運用	5	0.0	13.6	0.0	0.0
	4	0.0	18.2	0.0	10.0
	3	0.0	9.1	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	**100.0**	**59.1**	**100.0**	**90.0**
問題的形成	5	0.0	0.0	0.0	0.0
	4	0.0	18.2	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	**100.0**	**81.8**	**100.0**	**100.0**
	1	0.0	0.0	0.0	0.0
問題的適切性	5	0.0	0.0	0.0	0.0
	4	0.0	13.6	0.0	0.0
	3	9.1	**81.8**	30.0	**100.0**
	2	0.0	0.0	20.0	0.0
	1	**90.9**	4.5	**50.0**	0.0

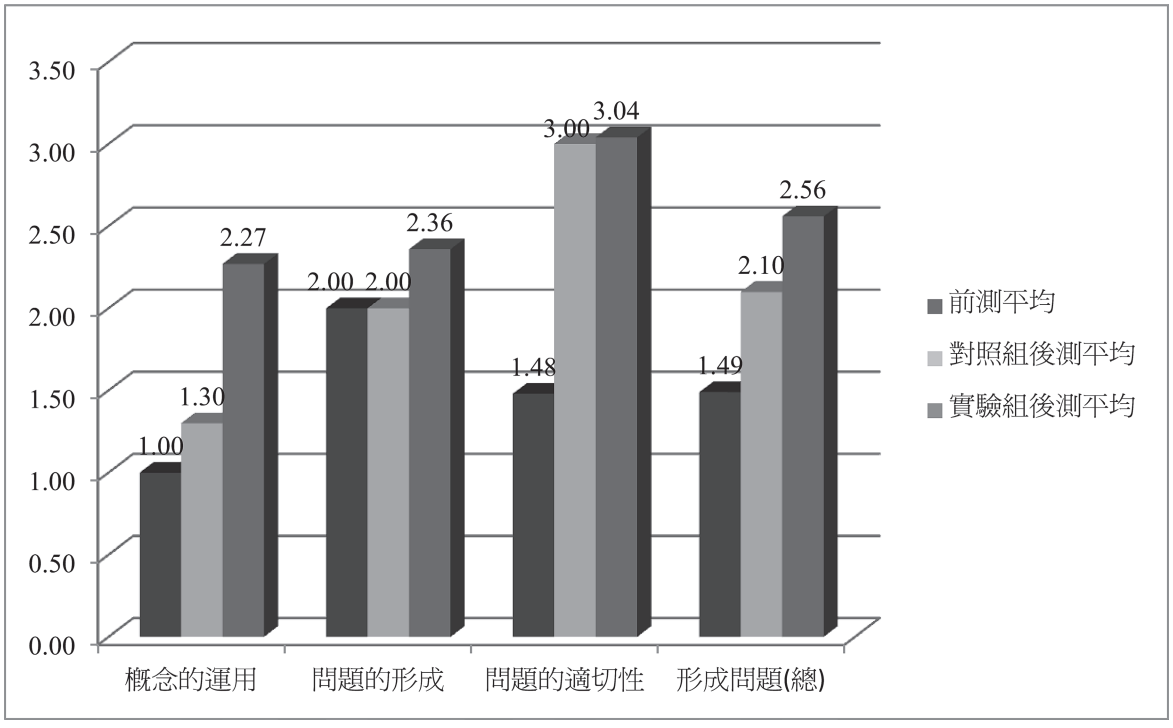

圖1：實驗組與對照組在「形成問題」各分向度得分圖

分向度，學生前測平均爲1.48分，對照組後測平均爲3.00分，實驗組後測平均則進步到3.04分。

(二)學生之「設計流程」探究能力

「設計流程」向度分成「變因的控制」、「步驟的完備性」、「數據的適切性」等三個分向度，以下分別就三個分向度討論實驗組與控制組在前後測的得分表現。

表6爲實驗組與對照組學生在「設計流程」探究能力的得分百分比分佈，由表6中得知實驗組與對照組學生前測的得分是一致的，例如，在「變因的控制」分向度部分，實驗組前測學生多數得分爲3.00分，對照組在學生在前測的得分表現皆爲3.00分。在「步驟的完備性」分向度，實驗組學生在前測中，半數的得分表現爲2.00分，半數的得分表現爲3.00分，對照組多數學生的前測得分表現也皆爲3.00分與2.00分。在「數據的適切性」分向度中，實驗組學生的前測得分多爲4.00分與3.00分，對照組多數的前測表現爲3.00分與4.00分。

圖2爲實驗組及對照組的後測得分平均，以及前測的得分平均。在圖2假設實驗組與對照組前測得分相似，所以前測平均分數是實驗組22人及對照組20人，共42人平均。整體「設計流程」探究能力學生前測得分平均爲2.33分，對照組後測平均爲2.93分，實驗組後測平均則進步到2.97分。在各個分向度上，在「變因的控制」分向度部分，學生前測平均爲2.08分，對照組後測平均爲3.00分，實驗組後測平均則爲2.82分。「步驟的完備性」分向度部分，學生前測平均爲2.41分，對照組後測平均爲2.60分，實驗組後測平均則爲2.50分。在「數據的適切性」分向度，學生前測平均爲2.50分，對照組後測平均爲3.20分，實驗組後測平均則進步到3.59分。

表6：實驗組與對照組在「設計流程」各分向度得分表現

向度	評分	實驗組($N=22$)		對照組($N=20$)	
		前測(%)	後測(%)	前測(%)	後測(%)
變因的控制	5	0.0	9.1	0.0	10.0
	4	0.0	22.7	0.0	25.0
	3	**90.9**	**59.1**	**100.0**	**65.0**
	2	0.0	4.5	0.0	0.0
	1	9.1	4.5	0.0	0.0
步驟的完備性	5	0.0	4.5	0.0	0.0
	4	0.0	4.5	0.0	15.0
	3	**50.0**	**63.6**	**60.0**	**85.0**
	2	**50.0**	27.3	40.0	0.0
	1	0.0	0.0	0.0	0.0
數據的適切性	5	0.0	4.5	0.0	0.0
	4	**68.2**	**86.4**	20.0	**55.0**
	3	27.3	9.1	**80.0**	45.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	4.5	0.0	0.0	0.0

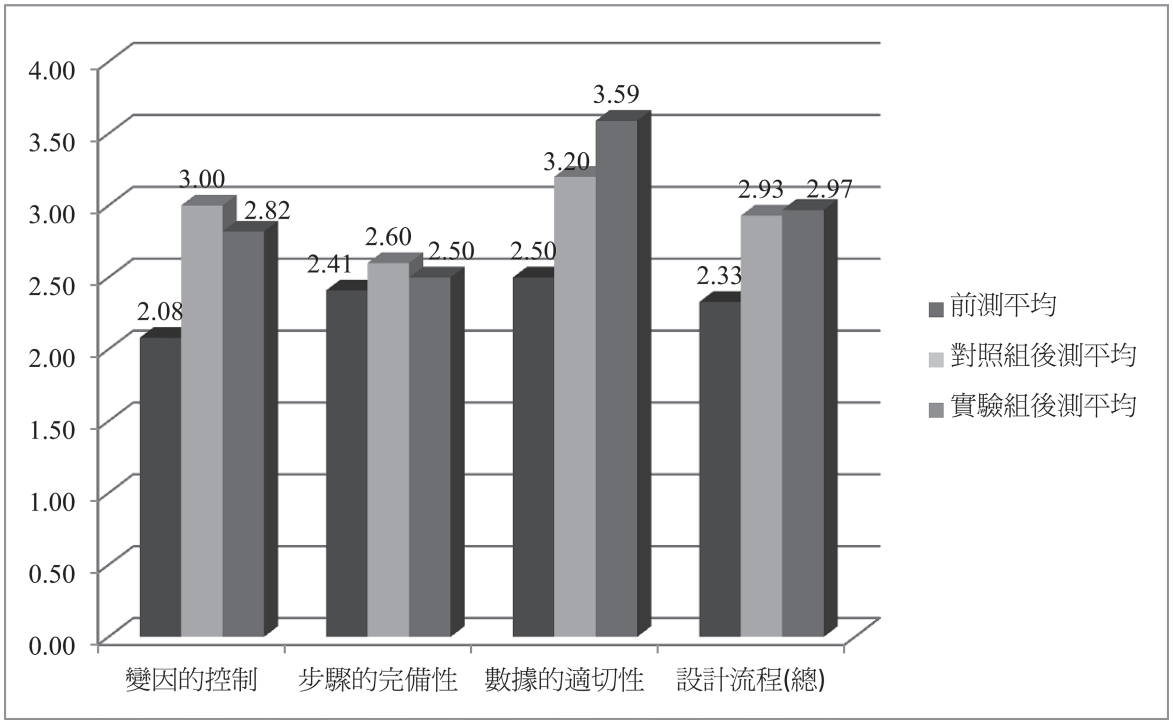

圖2：實驗組與對照組在「設計流程」各分向度得分圖

(三)學生之「處理數據」探究能力

「處理數據」向度分成「數據的紀錄」、「數據的組織」、「數據的轉換」等三個分向度，以下分別就三個分向度討論實驗組與控制組在前後測的表現：

表7爲實驗組與對照組學生在「處理數據」探究能力的得分百分比分佈，由表7中得知實驗組與對照組學生前測的得分是一致的，例如，在「數據的紀錄」分向度，實驗組學生前測得分表現多爲4.00分，控制組多數學生的前測得分表現爲3.00分。在「數據的組織」分向度，實驗組學生的前測得分表現多爲4.00分與3.00分，控制組學生的前測得分表現則分佈在3.00分、2.00分與4.00分。「數據的轉換」分向度，實驗組學生的前測表現爲3.00分，控制組學生前測表現也多爲3.00分。

圖3爲實驗組及對照組的後測得分平均，以及前測的得分平均。在圖3假設實驗組與對照組前測得分相似，所以前測平均分數是實驗組22人及對照組20人，共42人平均。整體「處理數據」探究能力學生前測得分平均爲3.11分，對照組後測平均爲3.35分，實驗組後測平均則爲3.82分。在各個分向度上，在「數據的紀錄」分向度部分，學生前測平均爲3.43分，對照組後測平均爲3.45分，實驗組後測平均則進步到3.86分。「數據的組織」分向度部分，學生前測平均爲3.17分，對照組後測平均爲3.50分，實驗組後測平均則進步到4.00分。在「數據的轉換」分向度，學生前測平均爲2.74分，對照組後測平均爲3.10分，實驗組後測平均則進步到3.59分。

(四)學生之「分析討論」探究能力

「分析討論」向度分成「分析解釋結

表7：實驗組與對照組在「處理數據」各分向度得分表現

向度	評分	實驗組(N = 22)		對照組(N = 20)	
		前測(%)	後測(%)	前測(%)	後測(%)
數據的紀錄	5	0.0	0.0	0.0	0.0
	4	**77.3**	**86.4**	20.0	45.0
	3	18.2	13.6	**75.0**	**55.0**
	2	0.0	0.0	5.0	0.0
	1	4.5	0.0	0.0	0.0
數據的組織	5	0.0	13.6	0.0	0.0
	4	**45.5**	**72.7**	30.0	**50.0**
	3	**45.5**	13.6	**40.0**	**50.0**
	2	4.5	0.0	30.0	0.0
	1	4.5	0.0	0.0	0.0
數據的轉換	5	0.0	4.5	0.0	0.0
	4	0.0	50.0	5.0	20.0
	3	**68.2**	45.5	**75.0**	**70.0**

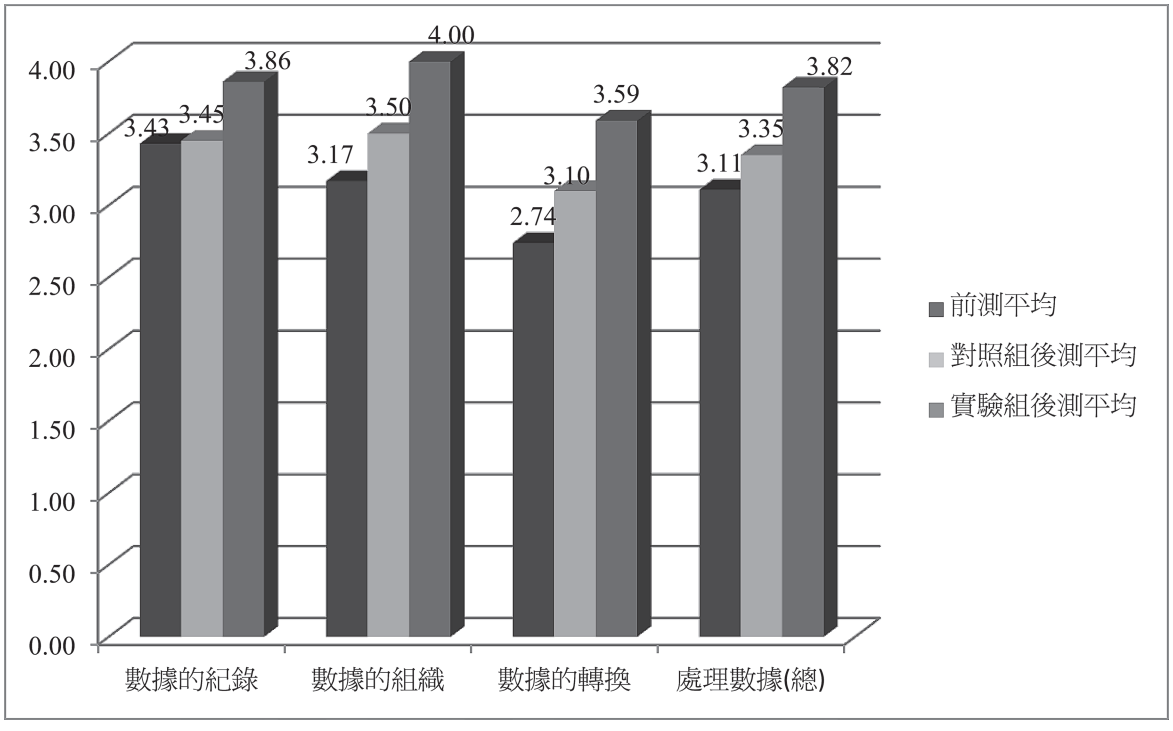

圖3：實驗組與對照組在「處理數據」各分向度得分表現圖

果」、「對主題的討論」、「檢視及評估」等三個分向度，以下分別就三個分向度討論實驗組與控制組在前後測的表現：

表8爲實驗組與對照組學生在「分析討

表8：實驗組與對照組在「分析討論」各分向度得分表現

向度	評分	實驗組(N = 22)		對照組(N = 20)	
		前測(%)	後測(%)	前測(%)	後測(%)
分析解釋結果	5	0.0	9.1	0.0	10.0
	4	72.7	86.4	65.0	85.0
	3	18.2	0.0	35.0	5.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	9.1	4.5	0.0	0.0
對主題的討論	5	0.0	9.1	0.0	0.0
	4	59.1	72.7	25.0	95.0
	3	36.4	18.2	75.0	5.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	4.5	0.0	0.0	0.0
檢視及評估	5	0.0	4.5	0.0	0.0
	4	9.1	36.4	15.0	25.0
	3	72.7	50.0	75.0	75.0
	2	13.6	9.1	5.0	0.0
	1	4.5	0.0	5.0	0.0

論」探究能力的得分百分比分佈，由表8中得知實驗組與對照組學生前測的得分是一致的，例如，在「分析解釋結果」分向度，實驗組與對照組學生前測的得分表現都是多爲4.00分。在「對主題的討論」分向度，實驗組多數學生的前測表現爲4.00分，次之爲3.00分，對照組學生的前測表現多爲3.00分，次之爲4.00分。「檢視及評估」分向度也是一樣，實驗組與對照組學生前測的得分表現都是多爲3.00分。

圖4爲實驗組及對照組的後測得分平均，以及前測的得分平均。在圖4假設實驗組與對照組前測得分相似，所以前測平均分數是實驗組22人及對照組20人，共42人平均。整體「分析討論」探究能力學生前測得分平均爲3.30分，對照組後測平均爲3.75分，實驗組後測平均則爲3.74分。在各個分向度上，在「分析解釋結果」分向度部分，學生前測平均爲3.60分，對照組後測平均爲4.05分，實驗組後測平均則爲3.96分。「對主題的討論」分向度部分，學生前測平均爲3.38分，對照組後測平均爲3.95分，實驗組後測平均則進步到3.91分。在「檢視及評估」分向度，學生前測平均爲2.93分，對照組後測平均爲3.25分，實驗組後測平均則進步到3.36分。

經過一學期的課程之後，實驗組與對照組學生對相同實驗題目的報告上，後測的表現在「設計流程」、「處理數據」、「分析討論」三個分向度都優於前測，而實驗組學生在經過一學期的訓練後，後測時面對相同的實驗題目有優於前測的表現，代表學生更能掌握探究活動的內涵，所以再做一次相同實驗時，在報告的表現上更能符合探究能力評分準則中較高分的標準。

由分向度的比較發現，實驗組學生有較多的比例能表現出高層次的科學探究能力，實驗組學生對於科學探究能力與科學探究本

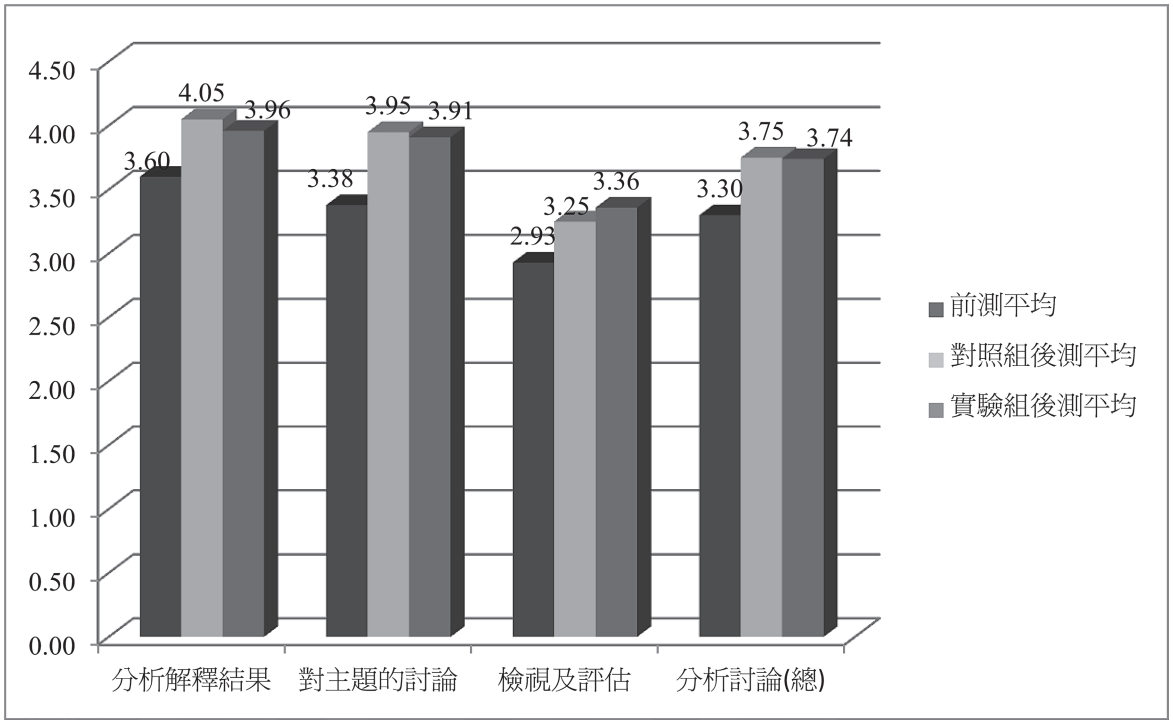

圖4：實驗組與對照組在「分析討論」各分向度得分表現圖

質能有較多的認識，表示實驗採用的探究鷹架自我評估策略能提供學習者了解科學探究方法與內涵的機會，可以幫助學生完成實驗活動與有意義的反思。

此外，實驗組與控制組學生在前測的探究能力表現普遍不佳，由於參與本實驗的學生都是大學一年級的學生，這種情形應該與學生在高中階段的學習有關，高中階段的實驗活動可能受限於課程安排、時間限制等因素(Costenson & Lawson, 1986)，實驗課程多屬食譜式實驗活動，學生對於探究實驗活動缺乏整體經驗，也較不重視學生對探究內涵的了解。

整體而言，實驗組與控制組學生在後測表現均有優於前測的表現，但從各向度與分向度的比較中發現，實驗組學生在許多分向度能達到較高層次的探究能力表現，實驗組在與科學探究本質相關的分向度中，均有學生能達到較高層次的得分表現，表示實驗組所接受的鷹架指導，能夠幫助實驗組更深入瞭解科學探究的方法與內涵。

二、使用探究鷹架自我評估策略，學生科學探究能力的表現差異

本研究以學生後測的科學探究能力各向度與分向度的得分作爲依變項，前測的科學探究能力各向度與分向度的得分作爲共變項，瞭解實驗組與對照組於探究能力表現是否有差異，在進行共變數分析之前，則先檢定組內迴歸係數同質性之假定，以考驗各實驗處理組內共變項對依變項進行迴歸分析所得到的斜率是否相等。結果顯示迴歸係數同質性考驗$p > .050$。這說明共變數分析中組內迴歸係數符合同質性的假定，可以繼續進行共變數分析，其結果如表9。

表9：後測對前測學生科學探究能力得分的共變數分析結果

項目	*F*檢定	顯著性	平均數差異(實驗組－對照組)	效果量
一、形成問題	**8.474****	**.006**	**1.780****	**.208**
A.概念的運用	5.464*	.024	0.973*	.305
B.問題的形成	4.233*	.046	0.364*	.029
C.問題的適切性	0.464	.500	0.095	.056
二、設計流程	**0.055**	**.816**	**-0.090**	**.343**
A.變因的控制	0.349	.558	-0.150	.187
B.步驟的完備性	2.202	.146	-0.260	.245
C.數據的適切性	5.077*	.030	0.313*	.146
三、處理數據	**12.277****	**.001**	**1.187****	**.680**
A.數據的紀錄	4.193*	.047	0.285*	.081
B.數據的組織	7.341*	.010	0.423*	.366
C.數據的轉換	9.504**	.004	0.546**	.159
四、分析討論	**0.006**	**.940**	**-0.026**	**.330**
A.數據的解釋	0.221	.641	-0.086	.198
B.分析與討論	0.368	.547	-0.078	.407
C.檢視與評估	0.735	.396	0.155	.295
總分	4.691*	.037	2.645*	.653

*$p < .050$ **$p < .010$.

根據分析結果顯示(圖5)，經過一學期的訓練後，實驗組學生的科學探究能力得分總分明顯優於對照組學生的科學探究能力總分($p < .050$)。如果以各向度得分來看，實驗組學生在「形成問題」($p < .010$)、「處理數據」($p < .010$)兩個向度的得分明顯優於對照組，但在「設計流程」、「分析討論」兩個向度的得分則無顯著差異。若從各向度的分向度得分來看，實驗組學生在「概念的運用」($p < .050$)、「問題的形成」($p < .050$)、「數據的適切性」($p < .050$)、「數據的紀錄」($p < .050$)、「數據的組織」($p < .050$)、「數據的轉換」($p < .010$)等分向度的得分明顯優於對照組，但是在「問題的適切性」、「變因的控制」、「步驟的完備性」、「數據的解釋」、「分析與討論」、「檢視與評估」等分向度的得分則無顯著差異。

由探究能力得分總分的共變數分析看來，對於一級探究活動而言，由分析結果看來(圖5)，經過一學期的訓練，面對相同實驗題目的探究能力表現明顯優於對照組，顯示以「探究式實驗指示單」與「科學探究能力評分準則」作爲學生探究學習的學習鷹架，對一級探究的實驗活動教學，是一個有效的學習與教學策略。

實驗組學生「形成問題」向度得分明顯高於對照組學生，其中，「概念的運用」、「問題的形成」兩分向度得分也有顯著差異。本研究的實驗均屬一級探究實驗活動，學生的實驗問題、實驗方法都是依照實驗教材的指示進行，只有結果是開放的。所以，這個結果顯示：即使學生並未自己去形成問題，但是在經過一學期的訓練後，實驗組學生更能掌握科學探究的內涵，因此在實驗報

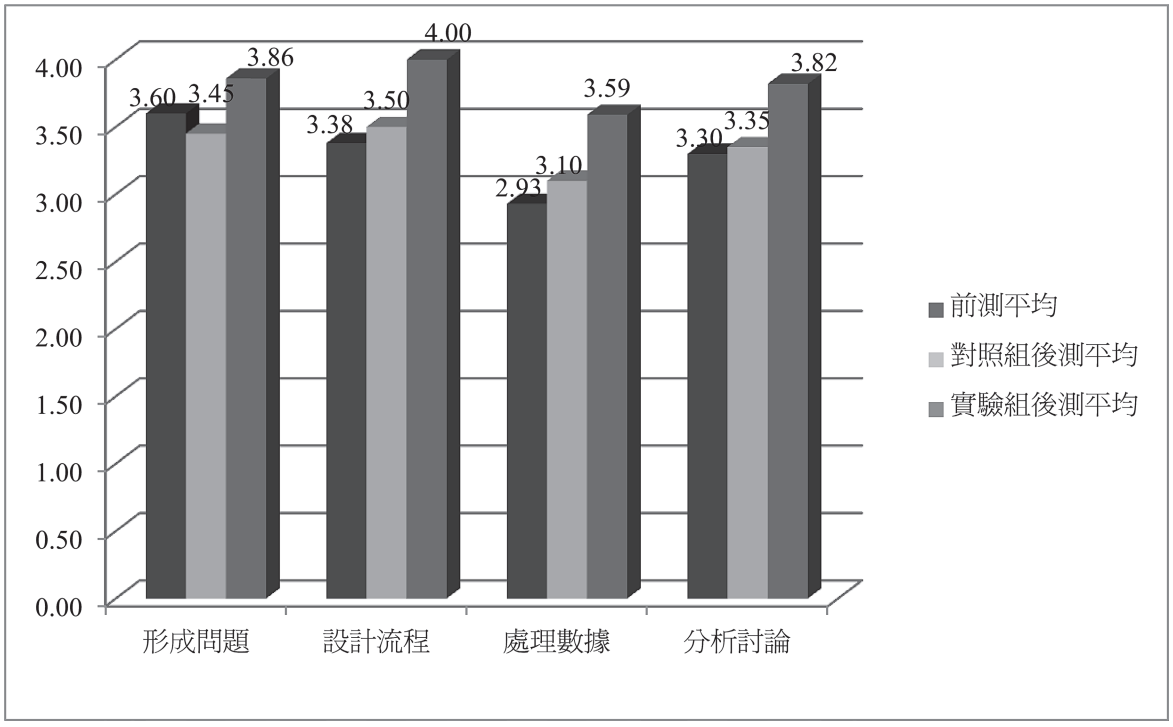

圖5：實驗組與對照組學生在探究能力各向度得分表現圖

告的呈現上，更能符合「科學探究能力評分準則」中較高的水準。而「設計流程」向度中的「數據的適切性」分向度與「處理數據」向度的得分，實驗組都明顯高於對照組，顯示實驗組學生在經過一學期的訓練後，即使在不需自行形成問題、設計流程的一級探究實驗活動中，對數據的收集與處理的能力也能有較明顯的進步。

實驗組學生在「設計流程」、「分析討論」兩向度的得分，與對照組學生的得分並無顯著差異，此結果可能與本實驗的探究情境有關，參與的學習者主要的探究活動是依照實驗指引進行，學習者受限於實驗指引的內涵以及任務要求，實驗室活動中並未特別安排公開討論實驗結果與數據的活動，學習者並沒有獲得充分討論實驗結果的機會。當前許多科學探究教學活動研究提出的建議，除了提供學習者參與實際探究的經驗之外，應該鼓勵學習者能夠藉由討論與對話，從說科學中與同儕交流，藉由適當的對話進行論證與反思，有助於其科學探究能力的發展(Lemke, 1990; Mehan, 1979; Wells & Arauz, 2006)。國內有許多研究以高中學生爲研究對象發展科學探究教學模組或科學探究教學的鷹架策略，例如楊志平(2008)利用巢狀探究教學模式發展酸鹼滴定的探究教學活動，並採用與本研究類似的奧勒岡探究能力評分準則對探究能力進行評分，其研究結果發現學習者在資料收集與解釋分析兩個向度有顯著提昇，與本研究結果實驗組學生在形成問題與處理數據兩個向度表現較佳有所差異，後續的研究應可就兩個策略進行比較與改進。許瑋琇(2009)以高中一年級學生作爲研究對象，於科學探究課程中應用「明示鷹架」、「隱

喻鷹架」與「漸褪鷹架」幫助學習者發展科學概念、科學探究能力與科學探究認識，研究結果發現學生在各向度均有顯著進步，並進一步發現漸褪鷹架有助於學生表現較高層次的探究能力，參照本研究結果，在實驗指示單與科學探究評分準則兩個鷹架策略並未參考學習者表現進行動態調整，未來應可根據學習者能力發展情形，逐步開放實驗的探究層級，並調整鷹架於各階段的設計與應用。

三、學生對使用探究鷹架及自我評估策略課程感受

回收實驗組學生的「普生實驗學習問卷」，並對學生勾選的選項作人數與百分比的統計，其結果如表10。

當問及學生對應用「科學探究能力評分準則」的感受時，在科學探究能力的四個向度感受相近。在「運用概念提出問題」方面，大多數學生覺得有進步(95.5%)，原因以「比較會去整理實驗用到的概念」(63.6%)最多，「會更仔細思考每個實驗要探討的重點是什麼」(36.4%)次之。在「設計步驟及流程」方面，大多數學生覺得有進步(90.9%)，原因以「會注意到有哪些變因、如何去控制」(50.0%)最多，「會清楚整理出收集數據的重點」(40.9%)次之。在「組織以及轉換數據」方面，大多數學生覺得有進步(90.9%)，原因以「會從原始數據作進一步的分析比較」(50.0%)最多，「會去規劃安排數據的組織呈現方式」(45.5%)與「會設法用一些標示說明讓結果更清楚」(45.5%)次之。在「分析討論以及評估」方面，大多數學生覺得有進步(90.9%)，原因以「會更仔細審視實驗過程中的缺失」(63.6%)最多，「會整理更多的相關內容作爲補充」(27.3%)次之。

當問到填寫「科學探究能力評分準則」對學習有何影響時，多數學生認爲有幫助(86.4%)，原因以「從評估的過程可以去檢視自己完成報告的情形」(45.5%)最多，「評估的項目可以作爲自己努力方向的指引」(40.9%)次之。

應用探究鷹架自我評估策略的實驗指示單提供了知識論架構的鷹架功能(Hutchison & Hammer, 2010)，提供學生一個可以參考的科學探究活動架構，知道學探究需要做什麼、注意什麼，並提供評分準則作爲心理工具(Kozulin, 1998)，引導學習者注意到實驗的合理性、精確性等問題，並能夠回饋到學生的實驗活動，但由問卷回應的使用情形發現，評分準則若能更明示其心理工具功能，引導學習者在實驗活動、報告以此準則爲思考依據，效果應更加顯著。

伍、結論與建議

綜合本研究的分析發現，提出以下幾點結論：

一、使用「探究鷹架自我評估策略」的實驗組於科學探究能力的表現優於控制組

由實驗組與控制組的學生前測探究能力得分情形看來，學生的初始表現普遍不佳，由研究結果分析，實驗組學生在形成問題階段的「問題適切性」、處理數據向度的「數據的紀錄」及「數據的適切性」等向度的探究能力得分優於控制組學生，且達顯著水準，另一方面，由得分的分佈情形可以發現有較多實驗組學生探究能力能達到較高層次的表現，例如形成問題階段中「概念的運用」、「問題的形成」與「問題的適切性」，設計流程階段的「步驟的完備性」、「數據的適切性」，處理數據階段的「數據

表10：學生「普生實驗學習問卷」分析結果

題項	選項	人數	百分比
1.每次的實驗你對評估表的使用情形是：	在寫實驗報告時針對上面的項目來完成自己的報告	4	18.2
	在寫完實驗報告後才根據上面配合的項目作勾選	16	72.7
	當作例行作業，完成報告時簡單勾一勾	1	4.6
	會依據每次的評估情形作爲下次報告的改進參考	0	0.0
	其他	1	4.6
2-1. 整個學期的評估下來，你覺得自己在**運用概念提出問題**方面：	有進步，主要是：	21	95.5
	比較會去整理實驗用到的概念	14	63.6
	會根據實驗主題另外提出要探討的問題	5	22.7
	會更仔細思考每個實驗要探討的重點是什麼	8	36.4
	其他	0	0.0
	跟以前一樣	1	4.6
	其他	0	0.0
2-2. 整個學期的評估下來，你覺得自己在**設計步驟及流程**方面：	有進步，主要是：	20	90.9
	會比較注意步驟的安排	6	27.3
	會注意到有哪些變因、如何去控制	11	50.0
	會清楚整理出收集數據的重點	9	40.9
	其他	0	0.0
	跟以前一樣	2	9.1
	其他	0	0.0
2-3. 整個學期的評估下來，你覺得自己在**組織以及轉換數據**方面：	有進步，主要是：	20	90.9
	會去規劃安排數據的組織呈現方式	10	45.5
	會設法用一些標示說明讓結果更清楚	10	45.5
	會從原始數據作進一步的分析比較	11	50.0
	其他	0	0.0
	跟以前一樣	2	9.1
	其他	0	0.0
2-4. 整個學期的評估下來，你覺得自己在**分析討論以及評估**方面：	有進步，主要是：	20	90.9
	會針對實驗主題作更深入的探討	4	18.2
	會更仔細審視實驗過程中的缺失	14	63.6
	會整理更多的相關內容作爲補充	6	27.3
	其他	0	0.0
	跟以前一樣	2	9.1
	其他	0	0.0
3.你認爲填寫評估表對你的學習	有幫助，因爲：	19	86.4
	從評估的過程可以去檢視自己完成報告的情形	10	45.5
	評估的項目可以作爲自己努力方向的指引	9	40.9
	會提醒自己更加盡心地完成報告	3	13.6
	其他	0	0.0
	幫助不大	3	13.6

的紀錄」、「數據的組織」與「數據的轉換」，分析討論階段的「對主題的討論」與「檢視及評估」。

二、「探究鷹架自我評估策略」作為學習鷹架能提升學生探究能力

以「科學探究能力評分準則」作爲大學生普通生物學實驗課程探究實驗活動的學習鷹架，有助於學生探究能力的提升，實驗教學上可以加以應用。大一上學期普通生物學實驗課程的內容，多爲一級探究實驗活動，學習者主要的探究活動是根據實驗指引進行。本研究的結果顯示：以「科學探究能力評分準則」作爲學習鷹架，有助於學生發展較佳的科學探究能力。

三、運用「探究鷹架自我評估策略」作為實驗課程學習鷹架的功能

整體而言，實驗組學生對「科學探究能力評分準則」的運用大多持肯定的態度。實驗組學生認爲，經過一年的練習，在科學探究能力的四個向度都更進步，並可以透過「科學探究能力評分準則」的運用，對自己完成報告的情形更有幫助，並使自己有更明確的努力方向。

除了應用實驗指示單提供學生進行實驗的學習鷹架，並藉由科學探究能力評分準則引導學生有目的的對個人的實驗活動與探究能力進行反思與評估，由實驗問卷結果發現，實驗組學生應用科學探究能力評分準則進行自我評估的時機多爲在實驗後根據實驗報告完成情形自我評分，雖然符合本研究預先設定之目的，未來可以在策略上鼓勵學習者將探究能力評分準則視爲完成實驗的指導鷹架，亦即實驗步驟、報告可以參考評分準則的能力描述以調整自己的學習。

四、對未來研究的建議

(一)大學普通生物學實驗課程的探究活動應增加其開放性

本研究中探討的大學普通實驗課程，在實驗活動的安排上主要仍以提供學習者探究問題及方法的探究活動，與多數大學普通實驗課程都類似以食譜式活動方式進行，經由研究發現，實驗組學生在此課程活動的安排中若能給予適當的鷹架策略引導，學習者的科學探究能力可獲得提升。

本研究所應用之「實施探究鷹架自我評估策略」對於處理數據與分析討論兩個向度，受限於原有之實驗活動的設計，後續的實驗課程安排若能逐步增加探究活動的開放程度，除了增加形成問題與處理數據階段的開放程度之外，提供時間與引導讓學生在處理數據與分析討論等探究階段能有充分的討論與交流，對學生科學探究能力的增進應該有所幫助。

(二)未來可以將科學探究能力評分準則應用於不同開放層級的探究實驗課程

本研究初期是爲了改進原有的實驗課程，藉以實驗探討實驗活動所需的鷹架及效果，所選擇的實驗課程爲提供問題及方法較低層次的科學探究活動，而在教學策略中使用科學探究能力評分準則顯示有具體成效。未來可嘗試調整實驗課程的開放層次，並配合鷹架設計概念與動態鷹架的想法，逐步調整改進長久以來固定而較缺乏效率的實驗課程，亦可更深入「科學探究能力評分準則」對較高層次的探究實驗課程的適用性與成效。

誌謝

本研究感謝國科會科技素養計畫——公民科技素養調查研究(第二期)計畫的經費補助，計畫編號NSC 101-2511-S-110-007-MY3。

參考文獻

1. 張惠博(1993)。邁向科學探究的實驗教學。**教師天地**，**62**，12-20。
2. 教育部(1998)。**國民教育階段九年一貫課程總綱綱要**。臺北市：作者。
3. 許瑋琇(2009)。**鷹架式探究課程對高中生探究能力之影響**。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學地球科學系暨研究所，臺北市。
4. 郭幸宜(2004)。**應用探究鷹架之自我評量策略對大學普通生物實驗課程學生科學探究能力之影響**。未出版之碩士論文，國立中山大學生物科學系研究所，高雄市。
5. 陳姿妙(2005)。**利用探究式教學提昇七年級學生科學學習成效之行動研究**。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
6. 游光昭、林坤誼、洪國峰(2010)。從反思與實踐看國中生在科技實作活動中的學習歷程表現。**課程與教學季刊**，**13**(3)，219-250。
7. 黃鴻博(2000)。兒童科學探究活動遭遇問題的探討。**臺中師院學報**，**14**，389-410。
8. 楊志平(2008)。**利用「巢狀探究教學模式」提升高中生科學探究能力之行動研究——以「酸鹼滴定」為例**。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
9. 楊秀停(2003)。**以合作式行動研究協助國小自然科教師實施探究式教學**。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
10. 葉辰楨、王國華、蔡明致(2010)。後設認知鷹架策略融入科學探究教學之探討。**科學教育研究與發展季刊**，**58**，1-32。
11. 劉宏文(2001)。**高中學生進行開放式科學探究活動之個案研究**。未出版之博士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
12. 魯俊賢、吳毓瑩(2007)。過程技能之二階段實作評量：規劃、實踐與效益探究。**科學教育學刊**，**15**(2)，215-239。
13. Boud, D. (1995). *Enhancing learning through self assessment*. London: Kogan Page.
14. Collette, A. T., & Chiappeta, E. L. (1994). *Science instruction in the middle and secondary school* (3rd ed.). Columbus, OH: Merrill.
15. Costenson, K., & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classrooms? *The American Biology Teacher*, *48*(3), 150-158.
16. Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Finland: Orienta-Konsultit Oy.
17. Georghiades, P. (2004). Making pupils' conception of electricity more durable by means of

situated metacognition. *International Journal of Science Education*, *26*(1), 85-99.

18. Hackling, M. W., & Fairbrother, R. W. (1996). Helping students to do open investigations in science. *Australian Science Teacher Journal*, *42*(4), 26-33.
19. Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1991). Primary and secondary school students' attainment of science investigation skills. *Research in Science Education*, *21*(1), 161-170.
20. Harris, M. (1997). Self-assessment of language learning in formal settings. *ELT Journal*, *51*(1), 12-20.
21. Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review*, *79*(2), 171-212.
22. Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, *71*(256), 33-40.
23. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Education Research*, *52*(2), 201-217.
24. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, *88*(1), 28-54.
25. Hume, A. (2009). Authentic scientific inquiry and school science. *Teaching Science*, *55*(2), 35-41.
26. Hutchison, P., & Hammer, D. (2010). Attending to student epistemological framing in a science classroom. *Science Education*, *94*(3), 506-524.
27. Kirby, N. F., & Downs, C. T. (2007). Self-assessment and the disadvantaged student: Potential for encouraging self-regulated learning? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, *32*(4), 475-494.
28. Kozulin, A. (1998). *Psychological tools: A sociocultural approach to education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
29. Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex.
30. Lucas, K. B., & Roth, W. M. (1996). The nature of scientific knowledge and student learning: Two longitudinal case studies. *Research in Science Education*, *26*(1), 103-127.
31. Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contemporary teaching. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 249-262). Boston, MA: Kluwer Academic.
32. Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
33. Mehan, H. (1979). *Learning lessons: Social organization in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

34. National Research Council. (1996). *National science education standards: Observe, interact, change, learn*. Washington, DC: National Academy Press.
35. Oregon Department of Education. (2011). *Official Scientific Inquiry Scoring Guide High School*. Retrieved November 29, 2013, from http://www.ode.state.or.us/wma/teachlearn/testing/scoring/guides/2011-12/science_inquiry_hs_eng.pdf
36. Orsmond, P., Merry, S., & Reiling, K. (2000). The use of student derived marking criteria in peer and self-assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, *25*(1), 23-38.
37. Paris, S. G., & Ayres, L. R. (1994). *Becoming reflective students and teachers with portfolios and authentic assessment*. Washington, DC: American Psychological Association.
38. Reveles, J. M., Kelly, G. J., & Durán, R. P. (2007). A sociocultural perspective on mediated activity in third grade science. *Cultural Studies of Science Education*, *1*(3), 467-495.
39. Roth, W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(2), 197-223.
40. Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1998). Knowing, researching, and reporting science education: Lessons from science and technology studies. *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(2), 213-235.
41. Tamir, P. (1990). Evaluation of student laboratory work and its role in developing policy. In E. Heggarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 242-266). London: Routledge.
42. Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, *90*(5), 403-418.
43. Vygotsky, L. L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
44. Wells, G., & Arauz, R. M. (2006). Dialogue in the classroom. *The Journal of the Learning Sciences*, *15*(3), 379-428.
45. White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, *18*(7), 761-774.
46. Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *17*(2), 89-100.
47. Woolnough, B. E. (1991). *Practical science: The role and reality of practical work in school science*. Philadelphia, PA: Open University Press.
48. Zimmerman, B. J. (1998). Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: An analysis of exemplary instructional models. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice* (pp. 1-19). New York: The Guilford Press.

附錄一：探究式實驗指示單

科學才能有這麼豐碩的成果。身爲生物科學的新鮮人，將來這個領域的研究進展，需要的就是你們的努力。當虎克、孟德爾、達爾文要將棒子交接給你的時候，你是不是已經做好了準備？如果還沒有，不妨就從現在開始。這個學期的普生實驗，希望讓你們以比較開放的方式去進行，試著開始培養自己以後作研究的能力。所以在每一次實驗時，希望你能試著以探討問題的方式來進行，以呈現研究結果的方式來寫報告。每次的實驗將提供你一份評分表，依照進行科學研究的方法，以及一份成果報告應該注意到的因素來評分。請你利用它來檢視每次自己所做的實驗，並依照實際的情況爲自己做評估，這個評估分數並不會作爲成績的依據，而是希望你能從這個探索過程中得到進步。以下是每個評分項目的說明：

1.形成問題

(1)**相關概念**——針對這個實驗的主體，將你覺得主要的概念整理出來，可以做補充，但不是做主題介紹，節錄一大堆相關資料，而是有系統的提出核心概念。

(2)**提出問題**——針對這些主題概念，試著去整理實驗要探討的問題，並注意到問題的適切性，你可以由實驗手冊的問題出發，但如果能有自己想探討的問題更好。

2.設計流程

(1)**變因控制**——看看你所決定的實驗問題，是否需要考慮到變因的操作和控制。

(2)**數據收集的方法**——你在安排實驗流程的時候，是不是有提到數據如何收集。

(3)**步驟的呈現**——試著將流程簡明有系統地表達出來。

3.處理數據

(1)**數據的組織**——紀錄數據的時候考慮要怎樣組織才清楚，要標明哪些條件。

(2)**數據的轉換**——是不是可以將數據進一步處理，讓大家更容易看出你得到的結果。

4.分析討論

(1)**解釋結果**——針對你的結果對實驗問題作解釋回答。

(2)**對主題的討論**——將實驗結果用相關概念作進一步的討論。

(3)**檢視及評估**——對這整個實驗作一個整體的檢視，對誤差來源和重要限制作討論。

實驗手冊裡的各個單元都不太相同，或許並不是每個實驗都能做到以上的項目，如果無法進行的項目，可以不用勾選。另外，要把每一項做好的確得花相當的心力，同學們不要把它當成是很大的壓力，只要照著你所能做到的程度去做就行了。不過，當你付出的心力越多的時候，你同樣從課程裡所能學到的也越多，這些將會成爲你的資產，相信對你以後的任何研究都會有也所幫助，也希望你們能從中得到一些研究的樂趣。如果在進行時有任何的疑問或意見，可以在評估表的意見欄裡註明，助教將會針對你的問題作回應。大家加油囉…

附錄二：普生實驗學習問卷

這份問卷是爲了瞭解這學期實驗課同學們的學習情形。這些問題並沒有標準答案，只是作爲以後實驗課程的參考，所以請同學按照自己的情形回答，寫出真實的感受和想法即可。

謝謝你！(每題皆可複選)

1.每次的實驗你對評估表的使用情形是：	□在寫實驗報告時針對上面的項目來完成自己的報告 □在寫完實驗報告後才根據上面配合的項目作勾選 □當作例行作業，完成報告時簡單勾一勾 □會依據每次的評估情形作爲下次報告的改進參考 □其他：
2.整個學期的評估下來，你覺得自己	2-1.在運用概念提出問題方面： □有進步，主要是： ○比較會去整理實驗用到的概念 ○會根據實驗主題另外提出要探討的問題 ○會更仔細思考每個實驗要探討的重點是什麼 ○其他 □跟以前一樣 □其他：
	2-2.在設計步驟及流程方面： □有進步，主要是： ○會比較注意步驟的安排 ○會注意到有哪些變因、如何去控制 ○會清楚整理出收集數據的重點 ○其他 □跟以前一樣 □其他：
	2-3.在組織以及轉換數據方面： □有進步，主要是： ○會去規劃安排數據的組織呈現方式 ○會設法用一些標示說明讓結果更清楚 ○會從原始數據作進一步的分析比較 ○其他 □跟以前一樣 □其他：
	2-4.在分析討論以及評估方面 □有進步，主要是： ○會針對實驗主題作更深入的探討 ○會更仔細審視實驗過程中的缺失 ○會整理更多的相關內容作爲補充 ○其他 □跟以前一樣 □其他：

3.你認爲填寫評估表對你的學習	□有幫助，因爲： ○從評估的過程可以去檢視自己完成報告的情形 ○評估的項目可以作爲自己努力方向的指引 ○會提醒自己更加盡心地完成報告 ○其他 □幫助不大，因爲：
4.其他想要補充的話：	

科學教育學刊
2013, 第二十一卷第四期, 401-429
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2104.02

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(4), 401-429

The Influence of Using Scaffolding and Self-Assessment Strategy on College Students' Scientific-Inquiry Ability in a General Biology Curriculum

Tsung-Ying Ho[1], Min-Nan Maynard Wang[2], Pei-Yu Hsieh[3], Hsin-Yi Kuo[4], David Chao[4] and Tai-Chu Huang[3,*]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University
[2]The Kaohsiung Municipal Kaohsiung Senior High School
[3]Center for General Education, National Sun Yat-sen University
[4]Department of Biological Sciences, National Sun Yat-sen University

Abstract

This quasi-experimental study aimed to examine the effect of using a self-assessment strategy on college students' ability of scientific inquiry. Two classes of biology major students from a university in southern Taiwan were selected as an experimental group (22 people) and a control group (20 people). The experimental group read scoring rubrics before starting a biology practical course. The control group did not read scoring rubrics before starting another similar course. Students' scientific-inquiry ability and reactions toward the course were collected at the beginning and the end of the courses. The results showed that although both groups of students showed poor ability in scientific inquiry at the beginning of the courses, students in the experimental group made larger progress than the control group. The improvement had six dimensions of "forming a question," "completing procedures," "collecting sufficient data," "organizing data," transferring data," and "revising and evaluating." In addition, 95.5% of the students in the experimental group showed positive attitudes toward the usage of scoring rubrics to scaffold learning.

Key words: Scientific-Inquiry Ability, Scientific Inquiry Scoring Rubrics, Learning Scaffolding

* Corresponding author: Tai-Chu Huang