以「科學探究能力評分準則」作為大學普通生物學實驗課程學習鷹架之研究

王敏男[1] 郭幸宜[2] 趙大衛[2] 黃台珠[3]
[1]國立高雄師範大學科學教育研究所、高雄中學生物科
[2]國立中山大學生物科學系、[3]國立高雄師範大學科學教育研究所
maynard@ms12.hinet.net

摘 要

本研究以某國立大學生物科學系九十三學年度上學期修習「大學普通生物實驗」課程的學生為研究對象，對照組及實驗組各 25 人。研究過程中，實驗組學生給予「探究式實驗指示單」作為說明，再給予「科學探究能力評分準則」作為學習鷹架，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」評定實驗組與對照組學生在實驗報告中探究能力的表現。結果顯示，實驗組學生在「概念的運用」、「問題的形成」、「變因的控制」、「步驟的完備性」、「數據的適切性」、「數據的轉換」、「數據的解釋」、「分析與討論」及「檢視與評估」等九個分項上的表現明顯優於對照組學生；而學生於學期末填寫的「學習感受問卷」亦指出：多數學生認為「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、評分準則、學習鷹架

一、研究動機與目的

回顧近代科學教育的發展，對科學探究的本質日漸重視，國內外的科學課程標準中多次提到自然科教學要以「探究」為基礎，提倡科學探究活動對科學教學的重要性（NRC,1996），在美國國家科學教育標準中也提到：科學教學應促進學生對科學探究的認知以及科學探究能力的養成。

在科學課程中，以實驗活動最能夠提供學生進行科學探究的機會。早期有許多關於實驗技能的研究指出，學生對於形成假設、設計實驗以及資料處理與推論的能力很差，只記憶科學概念但不了解意義，很難應用所學的概念去作推論和統整（Friedler & Tamir, 1984）。近年來，科學教育學者逐漸體認到：創造一個允許學生從事探究性活動之環境的重要（Roth & McGinn, 1998）。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為引導，在課程中和學生溝通並檢視探究技能的表現（Hackling & Fairbrother, 1996）。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，並以此準則作為引導學生的學習鷹架，以評量學生探究能力表現的依據。

二、文獻探討

Trowbridge 與 Wbyee（1986）指出探究是確定研究問題、描述假說、設計實驗方法、收集數據、作結論等一系列的過程。薩克曼則認為主動探究模式（Inquiry Training Model）之教學過程可分為五個階段：1.提示問題；2.蒐集資料，確認問題；3.建立假設；4.實驗，收集數據；5.探究過程分析。此方法以提出問題的方式，促進學生思考、運用合宜的科學概念作推理判斷，學生需具問問題、觀察、收集資料及分析數據、探討等能力（王美芬與熊召弟，1995）。舒煒光與邱仁宗（1990）則將科學探究的模式歸納為：收集有關的全部事實、對這些事實加以分析、比較和歸納，以及據此重新檢驗已經提出的假說等四個階段。美國奧勒岡州教育部門在針對科學探究能力所提出的評分指標（2002-2003 Scienctific Inquiry Test Scoring Guide）中，照科學探究的過程將科學探究能力分為：形成問題或假說、設計研究程序、收集呈現數據、分析闡述結果等四個向度，每個向度各再區分為：科學知識的應用、溝通與傳達、科學探究的本質等三個層面，詳細指明了探究過程中所運用到的技能及評量方式（Oregon Department of Education, 2002）。

Hackling 與 Fairbrother（1996）指出，在實驗探究的過程中應讓學生評估自己的表現，可根據探究技能訂定自我評估檢核表，以自我評量的方式來幫助學生反思自己的學習成效。Paris 與 Ayres（1994）將自我評量定義為個人對其成就、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為主動，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）認為自我評量的特質是在使學生能鑑別教師所要求的標準，並判斷自己符合此標準的等級。Orsmond、Merry 與 Reiling （2000）認為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，而評分準則可作為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的影響。

三、研究方法

(一)、研究對象

本研究以某國立大學生物科學系九十三學年度上學期修習「大學普通生物實驗」課程學生為研究對象，依照選課結果以週一上課班級作為實驗組，週三上課班級作為對照組。對照組及實驗組各有 25 人，且皆為男 15 人、女 10 人。

(二)、研究工具

1.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。整個準則分為「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」(a)、「溝通與傳達」(c)、「科學探究的本質」(n) 三個層面作劃分，共分為十二個分項(表 1)。修訂之後的評分準則每分項根據學生表現程度分為五個等級，每個等級明列具體標準，各得 1 至 5 分，作為研究者在課程中評鑑學生科學探究能力的依據。

表 1. 科學探究能力評分準則分項總表

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

2.探究式實驗指示單：內容為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。

3.學生學習感受問卷：為了解學生經過評分準則的鷹架引導及進行自我評量策略後，對實驗課程的學習感受而設計的問卷。

(三)、研究步驟

1.選擇六個實驗，在實驗組提供「探究式實驗指示單」讓學生了解探究式實驗的內涵，並以「科學探究能力評分準則」作為學習鷹架及自我評量工具，讓學生按照其中向度學習探究技能，在每次實驗後針對自己的實驗成果做評估並與教師互動；對照組則不提供指示單與評分準則。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。

2.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)、數據分析

1.兩組學生科學探究能力比較：以選擇的第一個實驗作為前測，選擇的最後一個實驗作為後測，以 SPSSWIN 軟體將兩組學生各分項的得分進行共變數分析。

2.學習感受問卷分析：統計學生在各選項的勾選百分比。

四、研究結果

(一)、兩組學生各分項前後測比較

前段探討兩組學生在各次實驗中各項能力表現的情形，分別以實驗一及實驗八作為前、後測成績進行共變數分析，探討兩組學生在課程前後各分項能力表現是否達到顯著差異。其結果如表 2 所示。

表2.兩組學生探究能力各分項前後測共變數分析

分項	對照組（N=25）		實驗組（N=25）			
	平均值	標準差	平均值	標準差	F	p
F-a	2.88(3.04)	1.64(1.57)	3.92(3.35)	0.81(1.37)	**27.949****	**.000**
F-c	3.12(3.40)	1.56(1.26)	4.00(3.87)	1.04(0.34)	**10.555****	**.002**
F-n	2.92(2.52)	1.41(0.87)	3.40(2.78)	0.87(0.42)	2.653	.110
D-a	3.52(3.84)	1.33(0.80)	3.72(3.43)	1.17(1.38)	**5.735***	**.021**
D-c	3.28(3.64)	1.59(1.32)	3.60(3.00)	1.15(1.60)	**14.598****	**.000**
D-n	4.20(3.84)	1.66(0.80)	4.40(3.48)	1.38(1.38)	**5.077***	**.029**
P-a	3.60(4.00)	1.12(0.00)	4.00(3.83)	0.41(0.83)	3.988	.052
P-c	4.00(3.96)	1.35(0.35)	4.24(4.22)	0.66(0.60)	0.003	.956
P-n	4.24(3.80)	1.36(0.41)	4.32(3.43)	0.69(0.59)	**8.901****	**.005**
A-a	3.44(1.68)	1.58(1.35)	4.48(2.30)	0.92(1.52)	**10.707****	**.002**
A-c	3.44(1.76)	1.56(1.30)	4.56(2.39)	0.87(1.47)	**13.476****	**.001**
A-n	3.36(1.72)	1.22(1.10)	4.04(2.35)	0.45(1.19)	**4.481***	**.040**

*$p<.05$　**$p<.01$

由結果可知，兩組學生後測的表現在「概念的運用」、「問題的形成」、「變因的控制」、「步驟的完備性」、「數據的適切性」、「數據的轉換」、「數據的解釋」、「分析與討論」及「檢視與評估」等九個分項上達到顯著差異，且實驗組學生進行課程後在此九個分項上的表現優於對照組。另外，在「問題的適切性」、「數據的紀錄」、「數據的組織」等三個分項上，兩組學生並無顯著差異。

(二)、三層面能力之前後測分析

將兩組學生在三個層面的得分，進行前後測共變數分析。其結果如表 3。

表 3.兩組學生探究能力三層面前後測共變數分析

分項	**對照組（N=25）**		**實驗組（N=25）**			
	平均值	標準差	平均值	標準差	F	p
科學知識的應用	13.44(13.13)	5.16(2.40)	16.12(12.91)	2.89(4.03)	**15.212****	**.000**
溝通與傳達	13.84(13.52)	5.80(2.92)	16.40(13.48)	3.39(3.79)	**15.325****	**.000**
科學探究的本質	14.72(12.48)	5.37(1.56)	16.16(12.04)	3.01(3.10)	**7.519****	**.009**

*$p<.05$**$p<.01$

由表 3 的結果可知，兩組學生進行課程後在「科學知識的應用」、「溝通與傳達」、「科學探究的本質」三個層面的表現達到顯著差異（$p<0.01$），且實驗組學生的表現優於對照組學生。

(三)、學習感受問卷分析

以學生學習感受問卷來探討學生使用評分規準後的學習情形，結果如表 4。

表 4.學習感受問卷結果分析(各題選項可複選)

1.每次的實驗你對評估表的使用情形是：	人數	%
在寫實驗報告時針對上面的項目來完成自己的報告	3	12
在寫完實驗報告後才根據上面配合的項目作勾選	17	68
當作例行作業，完成報告時簡單勾一勾	9	36
會依據每次的評估情形作為下次報告的改進參考	2	8
其他	1	4
2.你認為填寫評估表對你的學習	人數	%
有幫助，因為：	17	68
從評估的過程可以去檢視自己完成報告的情形	5	20
評估的項目可以作為自己努力方向的指引	8	32
會提醒自己更加盡心地完成報告	6	24
其他	2	8
幫助不大	8	32
3.在運用概念提出問題方面：	人數	%
有進步，主要是：	21	84
比較會去整理實驗用到的概念	13	52
會根據實驗主題另外提出要探討的問題	3	12
會更仔細思考每個實驗要探討的重點是什麼	11	44
其他	2	8
跟以前一樣	3	12
其他	1	4
4.在設計步驟及流程方面：	人數	%
有進步，主要是：	22	88
會比較注意步驟的安排	10	40
會注意到有哪些變因、如何去控制	8	32
會清楚整理出收集數據的重點	12	48
其他	1	4
跟以前一樣	3	12
其他	0	0
5.在組織以及轉換數據方面：	人數	%
有進步，主要是：	17	68
會去規劃安排數據的組織呈現方式	9	36
會設法用一些標示說明讓結果更清楚	5	20
會從原始數據作進一步的分析比較	10	40
其他	1	4
跟以前一樣	8	32
其他	1	4
6.在分析討論以及評估方面：	人數	%
有進步，主要是：	18	72
會針對實驗主題作更深入的探討	1	4
會更仔細審視實驗過程中的缺失	16	64
會整理更多的相關內容作為補充	3	12
其他	1	4
跟以前一樣	7	28
其他	0	0

從本表的結果顯示，對評分規準的使用，大多數學生是在完成報告後再對照評估項目作自我評分（68%），但也有學生對做自我評量較不重視，傾向把評分規準作為自我評量當成被要求的附加作業，而未確實執行（36%）。至於對學習的影響，大部分學生認為使用評估表進行自我評量對學習有幫助（68%），其中許多學生認為評分規準中的項目可以作為增進自己表現的指引（32%）。

在形成問題方面，多數學生覺得自己有進步（87%），學生表示比較能夠整理實驗用到的概念（52%），也有不少學生表示能更仔細思考實驗要探討的重點（44%）。在設計流程方面，多數學生覺得自己有進步（88%），有部分學生覺得進步在於會清楚整理出收集數據的重點（48%），有些則是會比較注意步驟的安排（40%），還有學生認為會注意到有哪些變因、如何去控制（32%）。多數學生覺得自在數據的處理方面有進步（68%），其中很多認為自己會從原始數據做進一步的分析比較（40%）。大多數學生覺得自己在分析討論方面有進步（72%），其中過半數認為自己會更仔細審視實驗過程中的缺失（64%）。

五、討論與建議

由兩組學生實驗報告的表現看來，實驗組學生在科學探究能力評分準則的各分項中，有多數分項得分明顯優於對照組學生，顯示此教學策略對大學普通生物實驗課程教學的提升有顯著的成效。在學生的感受上，多數也認為使用評分準則對他們實驗課的學習是有幫助的。本研究應用的課程內容以細胞生理學為主，郭幸宜(2004)曾以相同的策略應用於大學普通生物學實驗，課程內容以分類與動物生理學為主，也得到顯著的效果，顯示科學探究能力評分準則在生物領域實驗課程的應用範圍很廣。因此，建議可以嘗試將科學探究能力評分準則應用在其他科學實驗課程的教學活動中。

自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開始質疑（Hofstein & Lunetta, 1982）。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，實驗過程及方法也變得毫無意義，導致實驗活動的學習成效不彰。我國的大學普通生物學實驗課程亦多數以食譜式活動方式進行，以本研究的研究對象而言，其所上的實驗課程多屬於Herron (1971)所謂的一級探究活動。若在實驗課程的安排上能增加較高等級的探究活動，對學生探究能力的學習或許有所幫助。

本研究所選擇的實驗課程均屬一級探究活動，在教學策略中使用科學探究能力評分準則有顯著效果。未來可以將科學探究能力評分準則應用在更高等級的探究實驗課程中，以瞭解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。

六、參考文獻

王美芬、熊召弟（1995）。國民小學自然科教材教法。台北市：心理出版社。

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。國立中山大學生物科學系碩士論文(未出版)。

舒煒光、邱仁宗 (1990)。當代西方科學哲學述評。台北市：水牛出版社。

Boud, D. (1995). *Enhancing Learning through Self Assessment.* London: Kogan Page.

Friedler, Y. & Tamir, P. (1984). Teaching and learning in high school laboratory classes in Iarael. *Review on Science Education, 15,* 86-96.

Hackling, M. W. & Fairbrother, R. W. (1996). Helping students to do open investigations in science. *Australian Science Teacher Journal, 42,* 26-33.

Harris, M. (1997). Self-assessment of language learning in formal settings. *ELT Journal, 51*(1), 12-20.

Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review, 79*(2), 171- 212.

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。

Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: historical perspectives and contemporary teaching. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International handbook of science education*, 249-262.

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Academy Press.

Oregon Department of Education. (2002). 2002-2003 Scientific Inquiry Test Scoring Guide.

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),* 23-28.

Paris, S.G. & Ayres, L. R. (1994). *Becoming reflective students and teachers with portfolios and authentic assessment*. Washington: American Psychological Association.

Roth, W. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching, 31,* 197-223.

Roth, W. & McGinn, M. K. (1998). Knowing, researching, and reporting science education: Lesson from science and technology. *Journal of Research in Science Teaching, 35(2),* 213-235.

Trowbridge, L. S. & Wbyee, R. W. (1986). *Becoming a Secondary School Science Teacher.* New York: Merrill Press.