

操作技能對思考與實作表現影響之研究

林坤誼* 游光昭** 洪國峰***

本研究著重於探究操作技能與思考和實作表現之間的關係，並分析強化學習者的操作技能，是否有助提升學習者思考的深度與實作表現的完整性。為達成前述目的，本研究以兩班共 61 名八年級學生為對象，採準實驗設計的不相等控制組設計來進行實驗研究，並透過質性與量化資料的分析獲得以下的具體結論：(1)強化國中生的操作技能並無法有效提升其思考的表現，而是需強化其概念性知識以提升思考能力；(2)強化國中生的操作技能對其實作表現雖稍有助益，但更重要的是，需強化其程序性知識以提升實作能力；(3)思考強且實作強的學生若不能瞭解及運用質性知識，仍不足以掌握科技實作的運作系統。

關鍵字：操作技能、思考、實作、質性知識、國中學生

* 作者現職：國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系助理教授

** 作者現職：國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系教授

*** 作者現職：台北市立蘭雅國民中學教師

通訊作者：游光昭，e-mail: kcyu@ntnu.edu.tw

壹、緒論

一、研究背景與動機

在科技實作活動的相關研究中，透過做中學（learning by doing）的策略來整合理論與實作，常是教學者與研究者強調的重點，如 Dewey（1952）所提出的經驗模式理論便是如此。但該理論亦強調科技活動應該提供學生有目的性的規劃，以瞭解如何將科學知識應用於實作中，並讓學生在設計製作的過程中進行自我反思，以深化科學知識的應用，進而適切的解決所面臨的問題（Petrina, 2007）。而此一有關「思考」（即自我反思）與「實作」（即應用科學知識以解決問題並完成設計製作）間的互動關係，更是近年許多學者探究的重要課題（于富雲、陳玉欣，2007；Agassi, 1997；Weaver, 1998）。McCormick（2004）認為科學知識所以能深植學習者腦海的原因，主要取決於學生在遭遇真實問題情境時，他們思考到可用以解決真實問題的科學知識為何。McCormick（2004）這個觀點再次強調了思考與實作間的緊密連結關係，也因此他提出了以下的論點：科技教育的教學者要使學生能動手實作，並且透過動手實作來促進思考，最後再從實作後的回饋來影響思考。此一實作影響思考、思考影響實作的論點，確實點出了科技活動的關鍵理念。而如何透過科技活動的相關研究來驗證此一論點，則是本研究期盼達到的目標之一。

科技活動中思考或實作間的關係，一直是一個相當受到重視的課題，Weaver（1998）在探究如何透過不同的科學教學策略來促進學生的概念改變時，發現動手實作活動十分受到學生的喜愛，但若能結合討論與思考等活動，則更能有效促進學生的概念改變。游光昭、林坤誼和洪國峰（2010）曾從思考與實作的觀點來檢視國中生在科技活動中的學習表現，就發現國中生在科技實作活動中的思考表現多優於實作的表現，而實作表現不佳的原因則在學生的操作技能普遍不佳。因此，該研究建議若能在科技活動前先強化學習者的操作技能，可有助於提升學習者思考的深度與實作表現的完整。有關操作技能與學習之間的關聯性，許多學者將此視為一個重要的研究課題，無論是探究操作技能對於概念改變的影響（Weaver, 1998），或者是探究操作技能與其他技能學習間的關係（Morlaix, 2010；Singley & Anderson, 1989）。然而，操作技能的相關研究雖相當多，但多未能深度探究學習者在運用操作技能時，其對思考的助益。因此，若能探討操作技能對於學習者思考深度與實作表現的影響，應對操作技能的研究有相當的貢獻。

爲了驗證游光昭等人（2010）所提出的論點，本研究將操作技能定義爲學生運用機器、工具等設備的能力；而思考表現則定義爲學生在實作過程中遭遇問題時的自我反思、檢討與改善能力，這包含自我評鑑（self-evaluation）、歸因（attributions）、自我反應（self-reactions）、及調整（adaptability）等四項（Zimmerman & Schunk, 1989）；至於實作表現，則定義爲學生應用科學知識及操作技能以解決問題並製作出的作品表現，此實作表現著重在作品的材料、造

型、構造及功能等四個層面(朱益賢, 2008)。更具體而言, 學生在思考表現中的自我反思能力, 偏向於 McCormick (2004) 所指概念性知識 (conceptual knowledge) 的學習, 即完成一個作品所需的相關知識與系統化的概念, 例如能確實繪製作品的系統圖, 並能清楚的表達與解釋系統中所蘊含的相關知識等, 如此一來學生才能夠正確的設計與製作出該成品; 至於學生在實作表現中的作品表現, 則屬於 McCormick (2004) 所指程序性知識 (procedural knowledge) 的學習, 即製作一個作品所需的設計或問題解決計畫等方面的知識, 要能夠具備這些知識, 學生才能夠正確的設計與製作一個科技作品。

除了探究操作技能對於思考與實作的影響之外, 許多學者也觀察到學生在實作的活動中, 除了涉及有關概念性知識與程序性知識的運用之外, 許多在活動過程中的思考與表現, 更值得深入探究, 而這些表現所運用知識被稱為質性知識 (qualitative knowledge) (McCormick, 2004; Polanyi, 1962)。例如, 當學習者在製作一項科技產品時, 會因應其所遭遇的實務問題, 提出具體的解決方法並執行, 而在解決實務問題的過程中, 其思考的表現經常如 McCormick (2004) 所云是掩蔽的或是隨機的。因此, 本研究亦會針對學習者在思考與實作過程中的質性知識運用情形, 作較深入的探討, 以瞭解學習者的知識運用是否完整。

依據前述有關動手實作活動的研究趨勢, 本研究認為科技活動中思考和實作表現之間的關係是一項重要且值得進行的研究問題, 故便以 McCormick (2004) 的理論與游光昭等人 (2010) 的研究發現為依據, 實際設計一個科技實作活動並進行實驗教學, 據此探究學生在思考和實作表現之間的關係, 進而驗證 McCormick 的理論, 以作為後續研究科技學習及推動科技活動設計的參考。

二、研究目的

依據前述研究背景與動機, 本研究主要探討在科技活動中, 操作技能與思考和實作表現之間的關係。本研究將分析在科技活動前先強化學習者的操作技能, 是否有助於提升學習者思考的深度與實作表現的完整; 此外, 本研究亦會深入了解學習者在科技活動中運用質性知識的情形, 以便能對實作活動的設計與學習提出較具體的建議。總上所述, 本研究的研究目的如下:

1. 探討操作技能是否有助於提升國中生思考及實作的表現。
2. 分析國中生在科技活動中, 其思考與實作間的互動關係。

貳、文獻探討

近年來, 科技教育的研究已逐漸著重於探究學生在教室中所發生的事情, 包含瞭解學生在程序性知識的學習經驗 (如問題解決與設計)、分析學生在教室中使用科學知識與科技知識的學習情形、以及探究質性知識在科技教室中的使用情形等 (McCormick, 2004)。從這些研究趨勢上可發現, 近年來的科技教育

研究已逐漸將研究情境從科技教育應該要學習什麼，逐漸的轉移到科技教育能幫助學生學些什麼，以改善過去研究僅著重在教室的相關規定上（如探究科技教室的課程及設備標準等），而疏忽探究學生在教室的學習行爲（McCormick, 2004）。以下分別針對實作學習的觀點、科技知識的觀點、以及科技活動中的質性知識運用等三方面進行探討，以作為研究設計之依據。

一、實作學習的觀點

實作學習主要在探究學習者的操作技能對學習上的影響，例如 Weaver（1998）曾指出實作活動非常受到學生的歡迎，但若能結合討論與反思，則更能促進學生的概念改變。此外，Morlaix（2010）則針對孩童的操作技能進行評量，並探究操作技能對於孩童在學習上的影響，其研究結果指出操作技能的學習與其他技能的學習相關，且操作技能亦可用來預測學生未來的學習情形。針對操作技能與學習的關係，McCormick（2004）認為知識的學習必須能結合具體的背景，才能讓學習者深植腦海；反之，若知識的學習僅仰賴抽象概念的話，那麼學習者便不容易有深刻印象。也因此，當教師在教導知識時，如何引導學習者結合具體情境來思考問題，應該是值得重視的課題。

McCormick（2004）這個論點可以引伸出一個重要的概念，那就是強調了「思考」與「實作」之間的緊密關係，亦即，實作會影響思考，而思考也影響實作。換言之，一個人會先思考然後再開始動手，而在動手做的時候也會影響他的思考，因為認知會影響下一個動作，而動作也影響了思考。這個論點對科技教育是重要的，就學習意義來說，科技教育就是要使學生會實作，並透過實作來思考，之後再從實作來影響他們的思考。

依據前述的論點，科技教育所規劃的實作活動十分符合 McCormick（2004）所提的，知識的學習必須結合具體背景的理念。因為，許多科技的實作活動，常以設計情境式的問題解決活動為主，而此一設計方式便是引導學習者結合具體情境來思考問題。在具體情境的規劃上，其理念是強調學生必須能夠主動參與，且此一情境必須對學生是重要且有意義的（Lave, 1988）。因此，透過實作活動所營造的具體情境來幫助學習者進行概念的學習，將能使學習者面對更真實的問題情境。

有鑑於實作學習的重要性，許多學者也紛紛針對實作學習進行深入的探討，藉以瞭解實作學習的實際效益（Roth, 2001; Sidawi, 2009; Tempelman & Pilot, 2010）。例如，Roth（2001）曾提出了一個許多科學教育家內心共同的疑問：科技導向的實作活動是否真能提供一個支持學生學習科學的環境？為解決這個共同的疑問，Sidawi（2009）曾針對科技的實作活動進行廣泛的文獻探討，而其結論為：學生通常沒有辦法在科技的實作活動中有效的應用先前所學過的科學知識。

Sidawi（2009）的結論讓許多科學教育家與科技教育家感到失望，因為倘若學生沒有辦法在科技的實作活動中有效的應用先前所學過的科學知識，那麼

是否也代表著科技導向的實作活動並無法提供一個支持學生學習科學的環境？反觀 McCormick (2004) 所提出的理論，科技導向的實作活動若能夠進一步檢討與改善該如何提供支持學生學習科學，相信能改善 Sidewi (2009) 所指出的問題，並思考整合科學與科技學習的最佳策略。

二、科技知識的觀點

教導學生學習科技的目的之一是協助學生瞭解科技的本質和科技如何運作，以使他們能對科技有所瞭解，並能夠善用科技。此觀點與科學或其他科目的學習觀是雷同的，以數學為例，Schoenfeld (1996) 認為學生應該學習透過數學的方式來思考，並且能與其他人討論數學的方法，亦即，雖然不是每個學生將來都會成為專業的數學家，但是學生應該要能夠學習瞭解數學的本質。Schoenfeld 這個觀點，其實也同樣適用於科學領域、科技領域，或其他領域，因此，為了讓學生能夠瞭解科技的本質和科技如何運作，便必須瞭解科技知識的觀點。而這些都有助於學生在科技活動中的實作學習，並透過對於科技的瞭解，建構出支援科學學習的有效架構。

就科技知識的觀點而言，Ihde (1997) 指出科技知識可以分為下列三個面向：(1)與科技相關的知識 (knowledge about technologies)：代表工程師或技術人員的知識，亦即如何製作機器、如何操作機器的知識；(2)理論的科技知識 (theoretical technology knowledge)：應用於特定科技中的物理、化學或電學的定律與原理，亦即科學家或科學工程家的知識；(3)運用科技所產生的知識 (knowledge through technologies)：代表一種特殊種類的實踐或使用性知識，此種知識廣泛遍布於人類行動中。Ihde (1997) 對科技知識所做的分類，主要是以科技知識的應用來分類。而 McCormick (2004) 則認為科技知識的基本類型為程序的知識和概念的知識：(1)程序性知識包含：設計、問題解決計畫、最佳化、模組化、關鍵思考 (啟發式教學、演算法、後設認知)；(2)概念性知識：指系統概念，如能夠確實的把科技產品的系統圖繪製出來，並能清楚的表達與解釋系統中所蘊含的原理與概念。McCormick 的分析觀點與 Lewis (1999) 針對科技課程所提出的論述十分相似，Lewis (1999) 在討論科技課程的學習時，也針對科技課程應該強調在課程內涵，或是對科技活動的過程進行深入的剖析。但無論是針對內涵抑或者過程，其實都代表著科技知識包含程序性知識與概念性知識兩個類別。

以馬桶的水箱為例，水箱的浮球主要用來控制水面的高度，這雖然是一個非常簡單的概念，但是當許多學生被要求畫出水箱的系統圖時，卻可能會繪製出許多不同的圖，但若僅要求其解釋浮球的功用時，卻是比較容易。換言之，學生在學習有關水箱的科技知識時，教師可以透過講解水箱運作的方式來傳遞概念性的科技知識，以協助學生理解浮球的功用；但是在程序性知識方面，教師若想要讓學生能夠設計與製作出水箱的浮球，便需要透過實作活動的配合才能夠強化或完整其在程序性知識的學習。在科技實作中，學生需要學會連結程序知識(procedural knowledge)及概念知識(conceptual knowledge)，這程序性知識

強調的是實作中的設計工作，而概念性知識則是與此實作的相關科技及科學原理與知識。然而，在科技學習活動中，很多教師多強調其中的程序知識而忽略與其相關的概念知識，這使得科技的活動缺乏與其他科目連結的機會(Levinson, Murphy, & McCormick, 1997)。

依據上述的示例，科技教育的研究者應該要關切透過什麼樣的情境方能協助學生學習系統概念，以及學生在科技活動的實作過程中，是如何理解在科技活動中所涉及到的相關概念。依據 McCormick (2004) 的論點，學生在科技活動中的學習歷程，仍舊像是一個黑箱般，值得科技教育的研究者深入探究，以瞭解學習者在科技實作活動中運用程序性知識與概念性知識的情形。

前述針對程序性知識與概念性知識的探討可發現，在科技實作活動中，學生是否能夠具備完善的程序性知識與概念性知識是十分的重要。但是，是不是學生只要具備了完善的程序性知識與概念性知識之後，便可以有完善的實作表現，則是另外一個值得探究的課題。因為，即便是學生具備了完善的程序性知識與概念性知識，但若在實作過程中無法將這些思考與實作結合時，學生在實作時便有可能是透過隨機的試誤方式來進行。而此有關學生如何在科技實作中進行思考與實作的課題，便為是質性知識的展現。

三、科技實作的質性知識－思考與實作間的互動

除了探究學習者在實作活動中有關概念性知識與程序性知識的運用之外，為更深入的了解學習者在實作活動中的具體表現，許多學習者亦曾針對學習者的學習過程進行分析，並著重探究學習者的思考與表現，且將此類的知識運用定義為質性知識 (McCormick, 2004; Polanyi, 1962)。有關學習者在實作活動中的相關研究，如游光昭、林坤誼和王詩婷 (2007) 發展了一個整合數學、科學、科技的動手實作課程，並對學生在此一課程中有關數學、科學、科技知識的學習進行探究。然而，該研究僅能肯定學生在科技實作活動中學習數學、科學、科技知識的效益，並無分析其在科技實作活動中的過程。此外，在游光昭等人 (2010) 的研究，為探究學習者在科技實作活動中的學習歷程，曾設計科技實作活動的學習歷程紀錄表，藉以探究學生在科技實作活動中的表現情形，其研究結果則指出了學生在科技實作活動中的思考表現相對較佳，而實作表現則有待加強。

雖然近年來在探究學生於科技活動中的學習歷程已有初步的研究成果，但是這些研究主要在分析學生在科技實作中的概念性或程序性知識學習情形，而缺乏對學生在科技學習歷程中的質性知識運用情形進行探討 (McCormick, 2004)。Polanyi (1962) 曾以啄木鳥存錢筒的機械裝置活動為例 (如圖 1)，分析學生在質性知識方面的表現。在此啄木鳥存錢筒的機械裝置中，右上方有一個投幣孔，當把錢幣投進去時，錢幣會撞到下方長方形的水平控制桿，並掉落到下方的錢幣盒，而水平控制桿則會同步帶動啄木鳥使其做出啄木的動作。

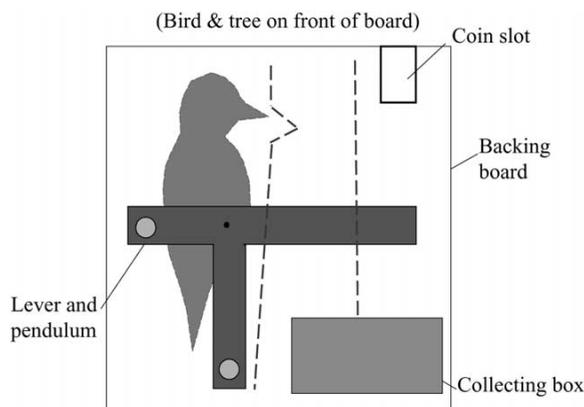


圖 1 啄木鳥存錢筒的機械裝置圖

資料來源：McCormick, 2004, p.37.

Polanyi (1962) 在此活動的過程中，得到以下的論點：科學知識的運用會提供不同錢幣所產生的結果，或是將槓桿加長的效果；然而，如果工程師想要瞭解讓鐘擺擺動的效益，他們多不會用量化的科學方式，反而會用多次嘗試方式，例如增加錢幣掉落的高度，或是讓槓桿右邊末端稍長些等，而這些方式便可歸類為質性思考。McCormick (2004) 在談到啄木鳥存錢筒的裝置時，也指出學生在設計與製作啄木鳥存錢筒的裝置時，多僅運用極少的科學知識，甚至有許多嘗試錯誤的迷思概念產生。由此可知，McCormick(2004)和Polanyi(1962)都有一致的看法，認為科技教育者應該開始教導質性的思考方式，且須對系統觀念有所瞭解，否則可能會變成學生僅是以嘗試錯誤方式，隨機的製造出成功的機械裝置。

McCormick (2004) 針對學生在質性知識的運用，歸納出兩個特點：(1)學習要著重在實務層面而非抽象層面；(2)學習要著重在運用機具設備知識，如操作技巧等 (Gott, 1988)。而依據此兩項質性知識的特點，McCormick (2004) 也提出兩個重要的觀點，值得未來進行有關質性知識研究的參考：(1)教師應該培養學生思考機器和其他科技設備的能力；(2)由於前述的思考通常是隱藏的，因為教師可能無法監控這種學生之間的相互影響，但是如何挖掘出這些思考與討論的歷程卻是十分重要的。

因此，科技教育的研究者除了著重在概念性與程序性的科技知識的研究外，亦應加強探究學生在科技實作中的質性知識表現，而這個部份的研究，便如同 McCormick (2004) 所提及，仍為未來科技教育研究者必須探究的複雜研

究問題。在本研究中，研究者嘗試透過量化與質性研究的方式，企圖針對此一複雜的研究問題進行探究，期能瞭解學生在科技實作活動中的學習現象與問題。

參、研究設計與實施

一、研究架構

由於科技活動應該提供學生有目的性的規劃，以讓學生瞭解如何將科學知識應用於動手實作活動中，並使學生在設計的過程中進行反思性的詢問，以藉此深化科學知識的應用，進而適切的解決所面臨的問題（Dewey, 1952; Petrina, 2007）。本研究的研究架構如圖 2 所示，是以 Dewey（1952）的經驗理論為學生學習的循環過程，再以 McCormick（2004）的論點為研究問題，透過科技活動的實驗教學來觀察學習者在科技學習活動的過程中，是否符合「實作影響思考、思考影響實作」的論點。此外，為了釐清研究架構中的重要名詞，針對將其定義與衡量方式列述如表 1 所示，以利後續資料的分析與詮釋。

表 1 重要研究名詞定義與衡量方式說明

重要名詞	定義	衡量方式
思考表現	學生在實作活動過程中遭遇問題時的自我反思、檢討與改善能力	採用反思歷程學習單中的歸因與調整，以量化分析為主
實作表現	學生應用科學知識及操作技能以解決問題並製作出的作品表現	採用實作作品檢核表，以量化分析為主
程序性知識	製作一個作品所需的設計或問題解決計畫等方面的知識	採用反思歷程學習單中的自我反應與調整
概念性知識	完成一個作品所需的相關知識與系統化的概念	採用反思歷程學習單中的自我評鑑與歸因
質性知識	學生在實作活動中運用程序性知識與概念性知識的實際表現	針對反思歷程學習單與實作成品進行分析，探究學生設計圖的概念能否符合投石車的核心系統概念，以及提出的改善建議是否能解決製作時的缺失

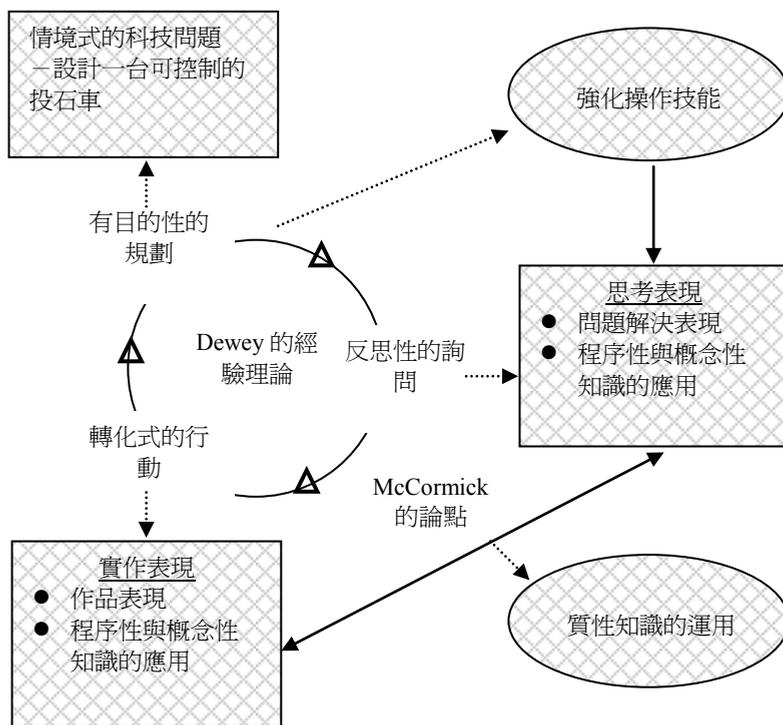


圖 2 本研究架構圖

二、研究對象

本研究以臺北市某國中兩個八年級常態編班的學生為研究對象，研究者任選其中之一班的 31 名學生為實驗組，另一班的 30 名學生為對照組，以準實驗設計的不相等組前測後測設計，來探究強化操作技能對於學生在思考與實作的表現。本研究所規劃的科技活動為投石車，而投石車的設計製作與測試需要較長的時間及較大的場地來執行，因此需要能夠配合這樣需求的學校。本研究所挑選的實驗學校之自然生活科技課程，其授課方式是將兩節課程（共九十分鐘）連排在一起，因此能夠提供研究者充裕的活動實施時間。此外，由於該國中為臺北市自然與生活科技的重點學校，在教學場域及機具設備都較為充足，且本研究群中亦有一位擔任本研究的實驗教學，因此能配合本研究實務所需。

三、實驗教學流程

本研究將實驗對象分為實驗組與控制組，其中實驗組與控制組的差異在實驗組於進行投石車的實作教學活動前，須先接受三週的操作技能訓練，而其訓

練方式是以「製作相框」的活動，來增強學生操作機具及材料運用的能力。在投石車的科技實作教學活動方面，其主要課程內涵總計 11 週，包含：(1)認知學習部份：含一週的投石車實作活動內容簡介與四週有關投石車的相關認知學習內容；(2)實作學習部份：含六週的投石車設計製作及測試，並分為兩個階段，第一個階段讓學生製作第一台投石車，而第二個階段則是讓學生在思考、檢討、以及提出改善建議後，再製作第二台投石車。此外，在活動過程中學生也必須應用工具、材料及其他各種教學資源，並從閱讀、討論、寫作、分享等過程，來監控自我的表現及評價學習進展，以增強他們的成就感與自我效能。

四、研究工具

為分析學生的思考及實作表現，本研究的研究工具分為反思歷程學習單及實作作品檢核表兩種。

(一) 反思歷程學習單

為瞭解研究對象對第一次實作後的學習經驗與其思考情形，本研究引用游光昭等人（2010）所發展的反思歷程學習單，以分析學生在第一次實作活動後的自我反思表現。此學習單是以問答題的方式由學生填寫，並以此分析學生在投石車製作過程中（含材料、造型、構造及功能等面向），其自我反思（含自我評鑑、歸因、自我反應及調整等歷程）的思考情形與實作表現的關係。此學習單的自我反思題目如表 2 所示。

表 2 自我反思題目

項目	題目
一、自我評鑑	請你仔細想一想，反思在投石車設計與製作的過程中，在材料、造型、構造及功能等四方面，所表現出來的優、缺點有那些，並以文字記錄在表格中。
二、歸因	經過上面的自我評鑑後，你覺得在投石車設計與製作的材料、造型、構造及功能上，產生了什麼問題？請你把原因找出來，並以文字記錄在表格中。
三、自我反應	請各位同學輪流上台報告自己在設計與製作投石車時，最引以為傲的是什麼？最令你挫折的又是什麼？最後，將你與同學間分享與討論的收穫以文字記錄在表格中。
四、調整	經過上述過程後，你會針對前一次製作投石車時所遭遇問題做什麼調整與改善呢？請你從材料、造型、結構及功能等四方面著手規劃，並以文字記錄在表格中。

(二) 實作作品檢核表

為分析研究對象在第二次實作的作品表現，本研究以朱益賢（2008）所發展之操作技能評量表，作為檢核研究對象的實作表現。此評量表的項目包括材料、造料、構造及功能等四個層面，其評分方式主要區分為優=5、佳=4、普通=3、稍差=2、差=1 等五個層次，評分說明如表 3 所示。

在此實作作品的評分者信度上，本研究邀請兩位具科技教育背景且熟悉自律學習理論的現職教師，分別對實驗組 31 位及對照組 30 位研究對象的實作作品之材料與加工的適切性、造型的獨特性、構造的穩定性及功能的適切性進行評分，此兩位評分者之間相關係數為.97，且達到顯著水準。

表 3 實作作品檢核表

檢核項目	得分	評分標準
材料與加工適切性	5	材料選擇與加工方法均得當
	4	部份材料選擇錯誤，導致功能不全
	3	加工方法不妥，導致發射裝置功能不佳
	2	加工方法不妥，導致發射時穩定性不佳
	1	部份結構材料與加工方法選擇錯誤，導致功能喪失
造型獨特性	5	造型與其他小組相比具明顯獨特性
	4	雖然與其他組略為類似，但有其獨特性
	3	雖然與其他組類似，但整體造型有主題性
	2	與超過一半的小組造型相似，但略加變化
	1	與超過一半的小組造型相似
構造穩定性	5	主體構造與發射裝置穩定性佳且堅固不易損壞
	4	主體構造或發射裝置穩定性尚可且堅固不易損壞
	3	主體構造與發射裝置輕微跳動且堅固不易損壞
	2	主體構造或發射裝置跳動激烈且堅固不易損壞
	1	與超過一半小組的構造相似，且不堅固易損壞
功能適切性	5	精準調整力道大小及方向
	4	精準調整力道大小或方向
	3	可調整力道大小及方向
	2	可調整力道大小或方向
	1	投射裝置可正常運作

五、資料處理與分析

本研究為探討操作技能與思考與實作間的相互關係，在操作技能與思考的互動分析上，是以透過質性資料的處理與分析進行論證；而在操作技能與實作

的互動分析上，則透過量化資料與分析進行論證；至於有關思考與實作之間的互動關係，則透過個案分析的方式進行論證。以下針對量化資料、質性資料、以及個案資料的處理與分析方法說明如下：

（一）質性資料的分析

為驗證 McCormick (2004) 所提出的思考與實作相互影響的論點，本研究針對學生在投石車學習歷程紀錄表中所填寫的內容進行初步的分析。透過本研究的三位研究者進行共識評量，主要著重在判斷學生在投石車製作過程中的思考表現，包含學生在思考過程中所探究有關程序性知識與概念性知識的問題，以及針對前述問題所研擬的解決方法等。透過此質性資料的分析，研究者藉此探究操作技能會影響思考的論點之適切性。

（二）量化資料的分析

本研究在量化資料方面主要包含學生的反思與實作表現兩大類，反思的量化資料是指學生在實作活動過程中遭遇問題時的自我反思、檢討與改善能力的表現。研究者針對學生在第一次的實作活動的過程與成果進行自我反思（題目如前述表 2 所示），並檢視學生所提出的檢討與改善方案是否適切，藉此呈現學生的思考能力表現。若以某位同學在材料方面的反思能力表現為例，其在材料面所歸因出的問題有 12 項，而在所提出的 5 個調整方案中，有 3 個能夠解決所歸因出的 6 個問題，因此其在材料上的反思能力就評定為 $50\% (6 \times 100\% / 12 = 50\%)$ 。

實作的量化資料主要是指學生實際製作出成品的表現成果，在本研究中主要是指學生在投石車作品中的「材料」、「造型」、「構造」、「功能」等四方面的表現分數（其評分方式如前述表 3 所示）。例如，某同學在材料部份為 5 分、造型部份為 5 分、構造部份為 4.5 分、功能部份為 4 分，則其實作的表現為 18.5 分。

依據前述量化資料，為探討操作技能是否影響思考與實作的表現，本研究採用共變數分析，其中，第一次製作投石車作品所獲得的實作分數作為共變量，藉此以排除研究對象間的先天差異，而透過量化資料的分析，研究者亦可藉此深入探究操作技能是否會影響實作表現。

（三）個案資料的分析

探討學生在科技活動中思考與實作間的互動情形，即是一種質性知識的表現。而質性知識通常是隱性的，教師或研究者都很難監控學生的質性知識，但可從學生在學習單中的記錄情形分析出來。有鑑於此，研究者便從學生的個案資料進行分析，著重探究學生在學習歷程記錄中所呈現出有關思考與實作間互動的情形，以了解學生在質性知識方面的運用情形。

肆、結果與討論

本研究的目的是探究國中生操作技能對於思考與實作的影響。為瞭解國中生在加強操作技能訓練後，其在思考與實作的表現是否有影響，研究方法是透過準實驗設計的不相等控制組設計來進行。在實驗過程中，實驗組與控制組學生皆必須進行同樣的投石車實作活動學習模組，而實驗組學生另須先接受三週的操作技能加強訓練。以下針對強化操作技能對於國中生思考與實作表現的影響進行深入探討，並選出思考表現與實作表現皆優異的國中生進行個案分析，以了解國中生在思考與實作方面的互動情形。

一、強化操作技能對於國中生思考表現的影響

McCormick (2004) 認為科技教育的教學者要能使學生會動手實作，並且透過動手實作來促進思考，最後再從實作後的回饋來影響思考。然而，欲驗證操作技能對於思考表現的影響並不容易，本研究係藉由圖 3、4 的分析，嘗試探討 McCormick (2004) 的論點，進而歸納出操作技能對於思考表現具有正面影響的結論。圖 3、4 的繪製方式主要是依據實驗組與控制組學生在投石車活動過程中的表現，其中，思考表現是指學生在第一次製作過程中找出問題，並於第二次製作時確實調整、改善的表現；至於實作表現則是指學生在製作投石車時，其在材料、造型、構造、功能等四方面的綜合表現。

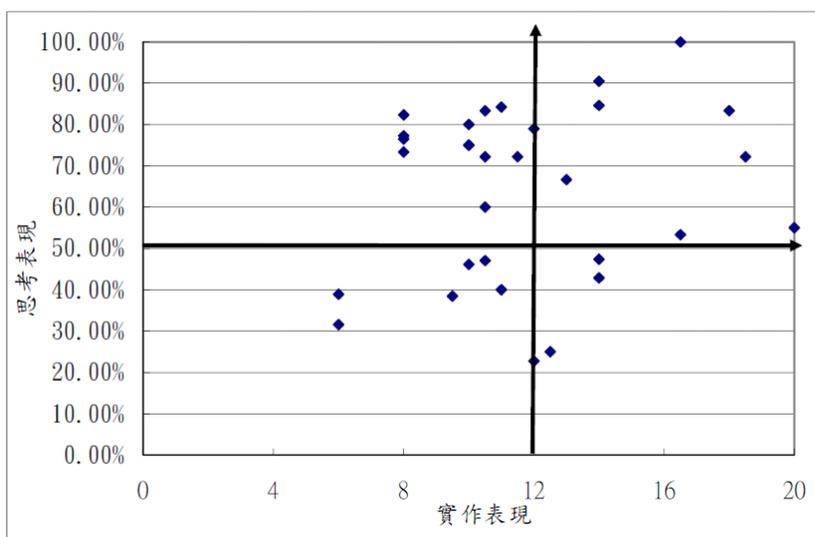


圖 3 實驗組學生思考與實作分析圖

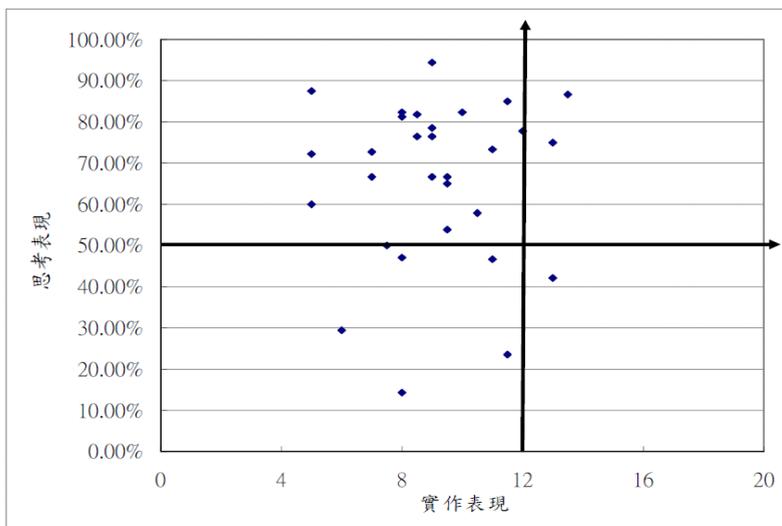


圖 4 控制組學生思考與實作分析圖

依據圖 3、4 的分析結果顯示，在實驗組中，歸屬於思考強／實作強的國中生有 9 位；歸屬於思考強／實作弱的國中生有 14 位；歸屬於思考弱／實作弱的國中生有 7 位；至於歸屬於思考弱／實作強的國中生則有 4 位。而在控制組中，歸屬於思考強／實作強的國中生有 3 位；歸屬於思考強／實作弱的國中生有 21 位；歸屬於思考弱／實作弱的國中生有 5 位；至於歸屬於思考弱／實作強的國中生則有 1 位。

此外，依據游光昭等人（2010）的研究指出，在此一投石車的學習活動中，有多數學生的表現屬於思考強／實作弱的類型，而此一論點也與本研究的控制組學生表現（如圖 4）相類似。然而，若檢視實驗組學生的表現（如圖 3）時發現，歸屬於思考強／實作強的學生有 9 位，較控制組的 3 位更多，此一結果或許可以支持 McCormick（2004）的論點。然若仔細檢視圖 3、4 的分析結果，則發現在控制組的學生部份，其歸屬於思考弱的國中生僅有 6 位（即落在第三、四象限的國中生），而實驗組的學生部份，其歸屬於思考弱的國中生卻有 11 位。若依據此一結果來檢視操作技能對於國中生思考表現的助益，似乎又挑戰了 McCormick（2004）的論點。

從圖 3、4 的分析結果，本研究認為此一分析結果較適合用於支持「強化操作技能能夠提升學生的實作表現」，但卻無法用以支持「強化操作技能能夠提升學生的思考表現」。此一歸納主要依據的是，倘若操作技能真的能夠有助於提升國中生的思考表現，那麼在實驗組的學生應該會在思考表現上優於控制組的學

生。然依圖 3、4 的資料分析結果顯示，實驗組學生的表現並未能支持此一假設，其在思考強／實作強（第一象限）的人數增加，應該是協助原本思考強的學生，使其在實作方面也能夠有較佳的表現。因此，實驗組學生在此一象限的人數較多，但仍無法據此用以支持 McCormick 的論點。

因此，若想要透過強化操作技能來提升學生在科技實作活動中的思考表現，依據本研究分析結果而言，並無法達到預期的效益。此一資料分析結果與 Weaver (1998) 的研究結果不相符合，因為在 Weaver 的研究中指出動手實作活動若能結合討論與反思，確實有助於促進學生在科學概念方面改變，但本研究卻無法有效的改變學生的科技知識。本研究認為，依據 McCormick (2004) 對科技知識的描述，程序性知識著重在設計、問題解決計畫等方面的知識，而概念性知識則著重在有系統概念等方面的知識。故若欲透過強化操作技能來提升思考表現，在教學的過程中，教師應更注重學生在概念性知識的完整。

二、強化操作技能對於國中生實作表現的影響

依據前述圖 3、4 的資料分析結果，本研究發現強化操作技能應該有助於國中生的實作表現，然而，為了更嚴謹的驗證此一論點，本研究以學生第一次製作投石車的分數作為共變量，並對實驗組與控制組學生在第二次投石車的表現進行共變數分析，據此分析操作技能對國中生實作表現的影響。由表 4 針對實驗組與控制組學生在實作方面的表現結果可知，實驗組與控制組學生在後測的表現皆優於前測之表現，且在有關材料部份皆有較大幅度的成長。

表 4 實驗組與控制組學生實作表現情形

組別	實作表現		材料		造型		構造		功能	
	<i>M</i>	<i>SD</i>								
實驗組(n=31)										
第一次實作	8.25	3.49	2.18	1.01	2.19	.99	1.97	.92	1.91	.87
第二次實作	11.53	3.43	3.24	.89	2.82	.90	2.79	.94	2.68	.94
差距	3.28		1.06		0.63		0.82		0.77	
控制組(n=30)										
第一次實作	6.17	2.07	1.62	.65	1.68	.77	1.57	.57	1.30	.47
第二次實作	9.10	2.33	2.67	.63	2.23	.77	2.27	.68	1.93	.65
差距	2.93		1.05		0.55		0.7		0.63	

註：差距代表第二次實作減去第一次實作之分數。

由表 5 的共變數分析摘要表發現，就學生在投石車活動的整體實作表現而言，若將共變項（指第一次投石車實作分數）對依變項（指第二次投石車實作分數）的影響力（變異量）剔除後，自變項（指強化操作技能與否）所造成的

變異量 F 值為 2.500、 p 值為.119，並未達到.05 的顯著水準。這表示學生在第二次投石車的實作表現不會因為有否接受操作技能而有差異，亦即，操作技能的強化並不影響學生在投石車實作的表現。此外，除了對整體的實作表現進行共變數分析之外，依據表 5 的資料分析結果顯示，強化學生的操作技能也不影響學生在材料、造型、構造、功能等四個項目的實作表現。

依據上述資料分析的結果，由於本研究將實作表現定義為學生實際製作出成品的表現成果，而有關材料、造型、構造、功能等方面的表現，其實並不僅只是涉及實作表現而已，若從科技知識的角度來看，有關投石車的製作，其實也涉及概念性知識（即系統概念）的應用。亦即，學生有可能經操作技能的強化後，確能使其在操作技能方面有所提升，但是若要有效的提升實作表現，所涉及的還包含概念性知識的展現，而若僅強化操作技能，則將不足以提升學生的實作表現。因此，若能輔以概念性知識的學習，則將有助提升學生的實作表現。

表 5 強化操作技能對學生的實作表現之共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p	η^2
1.實作表現						
組間	7.812	1	7.812	2.500	.119	.343
組內	13.212	1	13.212	4.229*	.044	.525
誤差	187.465	60	3.124			
2.材料						
組間	.701	1	.701	2.224	.141	.312
組內	.995	1	.995	3.155	.081	.416
誤差	18.924	60				
3.造型						
組間	1.220	1	1.220	3.122	.082	.413
組內	2.731	1	2.731	6.987*	.010	.739
誤差	23.449	60	.391			
4.構造						
組間	1.025	1	1.025	2.520	.118	.346
組內	1.932	1	1.932	4.751*	.033	.573
誤差	24.403	60	.407			
5.功能						
組間	.580	1	.580	1.982	.164	.283
組內	.023	1	.023	.080	.778	.059
誤差	17.569	60	.293			

三、國中生在科技實作中思考與實作間的互動關係－質性知識的運用

依據前述的資料分析結果亦發現，表 5 的共變數分析結果與前述圖 3、4 的資料分析結果並未一致。而為更深入的分析學生在科技活動中對於思考與實作的互動情形，以期能解釋前述共變數分析結果，與圖 3、4 的資料分析結果未能一致的原因，研究者針對思考強／實作強的九名學生進行個案的分析。藉此探究這九名學生在投石車活動中運用質性知識的表現情形，並進一步瞭解此九名學生是否對於科技知識的系統觀念有完整的瞭解，抑或者僅是透過嘗試錯誤的學習方式，隨機製造出成功的投石車而已。因此，在本研究所作的質性研究分析中，將以「思考強／實作強的學生是否能瞭解投石車的系統觀念，抑或者僅是嘗試錯誤的學習」為主要研究命題，藉此分析學生在投石車活動中的質性知識表現，以作為後續研究的主要參考。

為了論證上述命題，本研究透過兩個重點來探究學生在製作投石車時，是否真能瞭解投石車的科技知識系統觀點，抑或僅是透過嘗試錯誤的學習方式，隨機製作出成功的投石車而已。這兩個重點分別為：(1)繪製設計圖的概念是否能符合投石車的核心系統觀念；(2)提出改善的建議是否能與投石車製作成果的缺失相吻合。以下針對此兩項重點，分述探討如下：

(一) 設計圖與核心系統概念的符合程度

在分析思考強／實作強的學生其所繪製設計圖的概念，是否符合投石車的核心系統觀念，研究者針對此九名學生的部分學習歷程紀錄表進行分析，並歸納出如表 6 的結果。如表 6 所示，並非所有的思考強／實作強的學生都能夠妥善的、正確的提出設計圖的核心概念，如 80102、80110 等兩位同學，其在方向調整與刻度控制方面，並未能舉出正確的範例，這意謂著當這兩位同學在設計投石車的設計圖時，尚無法妥善的將投石車的核心系統概念運用在設計圖中，亦即，學生在有關概念性科技知識（即系統概念）的運用上仍有不足。而在檢視此兩位同學的設計圖時發現，80102 同學（如圖 5）僅有呈現部份有關刻度控制的設計，但整體而言的設計圖並不明確，而 80110 同學（如圖 6）則皆未呈現，此與表 6 的資料分析結果一致。

從上述的資料分析結果可知，在這九位思考強／實作強的學生中，仍有兩位在繪製設計圖時未能符合投石車的核心系統觀念的缺失，此兩名學生所成功製作出的投石車，很有可能僅是透過嘗試錯誤的學習方式，隨機製作出成功的投石車而已。

表 6 設計圖與核心系統概念的符合程度分析表

原理	思考強／實作強的學生								
	8010	80102	80104	80110	80113	80114	80115	80117	80125
槓桿原理	○	○	○	○	○	○	○	○	○
方向調整	○	x	○	x	○	○	○	○	○
刻度控制	○	x	○	x	○	○	○	○	○

註 1：(1)槓桿原理：須指出日常生活中利用槓桿原理的物品，並畫出圖形及文字說明，以及標示出施力點、受力點、支點；(2)方向調整：須找出日常生活中可以調整方向的物品；(3)刻度控制：須找出日常生活中可以表示刻度大小並控制裝置的物品。

註 2：○代表符合；x代表不符合。

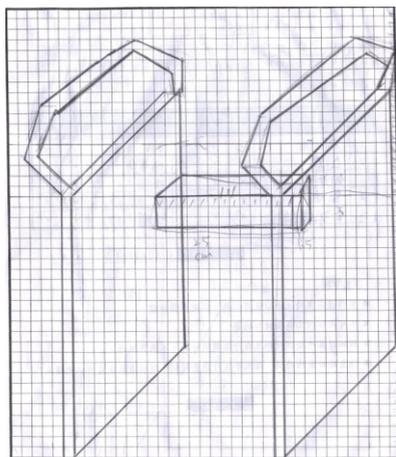


圖 5 80102 同學設計圖

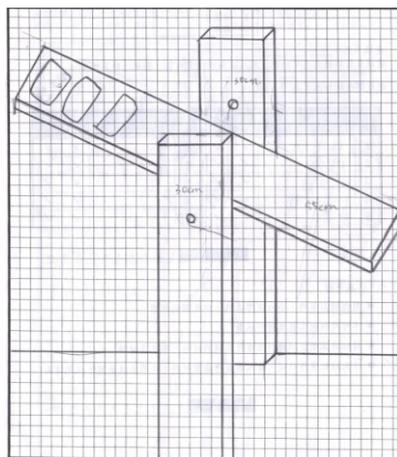


圖 6 80110 同學設計圖

(二) 改善建議與投石車成果的符合程度

除了前述的分析之外，若要探討思考強／實作強的學生是否能瞭解投石車系統觀念的另一種方式，便是分析學生針對投石車成品所提出的改善建議，及是否有效的反映出其對於投石車系統觀念的瞭解。表 7 主要針對改善建議與投石車成果的符合程度所進行的分析，學生依據其所製作出的投石車進行反思，

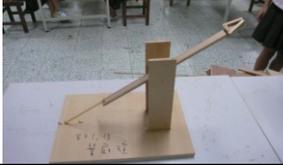
並對材料分配、工具使用、造型機構、接合方式、以及時間控制等五個現象提出改善的建議。依據表 7 的分析結果發現，僅 80114、80117、80125 等三位同學的改善建議與投石車的成果相互符合，其餘同學所提出的改善建議多為無建設性的建議，例如「多加利用現有木材(80110)」、「造型要做的好看一點(80115)」等；此外，許多學生在思考造型機構的改善建議時，過度偏重於造型方面，而忽略有關機構方面的改善建議，例如「外型應該再有創意、特別一點(80101)」、「可以多做點造型，不要太單調(80113)」等。這些資料均顯示，學生在有關程序性科技知識（即設計、問題解決計畫等知識）的運用上仍有不足。

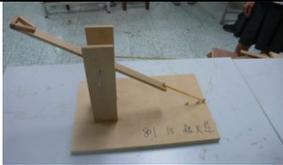
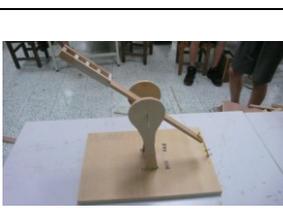
透過上述的分析，可以歸納出思考強／實作強的學生在改善建議與投石車成果的符合程度部份僅有三位（佔三分之一），此顯示其餘同學尚無法完全確切的掌握投石車的系統觀念，並確實依據這些和新的系統觀念進行反思、檢討、以及提出具體的改善建議。

依據上述針對學生繪製設計圖的概念是否能符合投石車的核心系統觀念，以及學生提出改善的建議是否能與投石車製作成果的缺失相吻合等兩方面的分析，本研究對「思考強／實作強的學生是否能瞭解投石車的系統觀念，抑或僅是嘗試錯誤的學習」這項命題的結論是：在投石車的科技實作活動中，思考強／實作強的學生並非皆能瞭解投石車的系統觀念，仍有部份同學僅是採用嘗試錯誤的學習方式，以隨機製造出成功的投石車而已。

總上所述，透過前述本研究針對操作技能對思考與實作的分析，以及在實作過程中有關程序性知識、概念性知識、以及質性知識的應用分析，可以歸納出強化操作技能並無法有效的提升學生的思考表現。此一結果雖然與 Weaver（1998）的研究結果不相符合，但也代表著若欲提升學生在科技實作活動中的思考表現，除了強化操作技能外，必須再輔以更有效的概念性知識之教導。再者，強化操作技能僅稍有助卻無法有效提升學生的實作表現，此一結果也意謂著提升實作表現並非僅止於操作技能的因素而已，更重要的是該如何輔以有效的程序性知識之教導，才能有效的讓學生在擁有完善的設計、問題解決計畫下，提升其實作的能力。最後，依據本研究針對學生在實作活動的質性資料分析，除了支持前述的論點之外，研究者也發現，即使依據量化資料中所挑選出表現較佳的學生，其在科技知識的展現方面仍不夠完整，有部分同學僅是採用嘗試錯誤的方式，以隨機製造出成功的成品。因此，未來科技教師應參考 McCormick（2004）和 Polanyi（1962）的建議，著重在教導學生對科技系統觀念的理解，方能有效提升學生在思考與實作上的表現。

表 7 改善建議與投石車成果的符合程度分析表

思考強 ／實作 強學生	投石車成品	改善建議				
		材料 分配	工具 使用	造型 機構	接合 方式	時間 控制
80101		沒什麼需要改善的	用木螺絲釘的時候不要釘太斜(O)	外型應該再有創意、特別一點(X)	榫接的時候小心別把洞切太大(O)	時間控制上沒什麼大問題
80102		能做造型的材料需要分配好(X)	切割機的用法技巧要加強(O)	底盤的設計，顏色的搭配(X)	白膠的黏法還需研究(X)	不能只花時間在某部份，要每一個地方都有時間製作(O)
80104		較沒問題(O)	切割機運用不熟悉，會歪歪地，要去磨平(O)	有點沒創意，和大家做出來差不多(X)	白膠塗抹要均勻(O)	排隊時間較久，下次要快一點(X)
80110		多加利用現有木材(X)	可以試試木筷(O)	可以有創意一點(X)	用更堅牢的接合(O)	排隊排很長時可以先做別的事(O)
80113		無	無	可以多做點造型，不要太單調(X)	無	完成木頭接合，切割的時間縮短(O)
80114		底板可以修小一點(O)	敲釘子時要小心，別敲到手(O)	發射點可以再高一些(O)	螺絲釘不宜釘太深、白膠得用少一點(O)	先做好規劃，搶機器的動作要快一點(O)

80115		利用資源(X)	無	造型要做的好看一點(X)	不把白膠塗到外面(O)	把切割、設計的部份縮短(O)
80117		將力臂長度重新測量(O)	木釘釘的更準確(O)	切割出線條(O)	白膠用量取適當，榫接處切割的更準確(O)	把每次的進度都做，可善用時間(O)
80125		無	不熟練(O)	造型難看，而且構造不堅固(O)	忽略榫接所需的高度，且榫接的孔切歪了(O)	時間沒掌握好，而且沒規劃好製作程序(O)

註：(O)代表該項改善建議適切；(X)代表該項改善建議不適切；其餘未標示者代表學生覺得該項沒有問題。

伍、結論

本研究主要著重在探究 McCormick (2004) 所提出的實作影響思考、思考影響實作的論點，依據前述本研究的資料分析與討論，本研究提出以下三點研究結論：

一、強化國中生的操作技能並無法有效提升其思考的表現，而是需強化其概念性知識以提升思考能力

依據本研究前述的資料分析結果，雖然 McCormick (2004) 認為科技教育的教學者試圖使學生會動手實作，並且透過動手實作來促進思考，最後再從實作後的回饋來影響思考。但實際依據本研究的資料顯示，本研究的資料分析結果並無法用以支持「強化操作技能能夠提升學生的思考表現」，此一研究結果雖然與 Weaver (1998) 的研究結果不相符合，但卻能與 Sidawi (2009) 的研究結果相互呼應，亦即，學生沒有辦法在科技活動中有效的應用先前所學過的知識。研究者認為造成此一衝突的原因可能在於 Weaver (1998) 主要以探討科學知識的改變為主，但科技知識的屬性其實與偏重知識性的科學概念不同。故若欲透過強化操作技能來提升科技知識，則除了強化操作技能外，必須再輔以更有效的概念性知識之教導。

除了上述的分析之外，Roth (2001) 所提出的疑問也值得再重新仔細省思：「科技導向的實作活動是否真能提供一個支持學生學習科學的環境？」倘若能夠支持學生學習科學，那麼未來該如何架構科技導向的實作活動？倘若無法支持學生學習科技或科學的知識，那麼科技導向的實作活動之價值又應該著重在哪處呢？由於本研究的研究樣本有限，且僅能針對實驗教學班級中的幾位個案進行深入的探討，故難以解決 Roth (2001) 的疑問，而未來的研究者或許可以思考如何架構一個能夠支持學生學習科學的實作活動，並探究其實質的效益。

二、強化國中生的操作技能對其實作表現雖稍有助益，但更重要的是，需強化其程序性知識以提升實作能力

依據本研究共變數分析的結果可知，透過操作技能的強化課程，並無法顯著影響學生在投石車的實作表現，然而，若針對學生個別表現的分佈圖方面，則可大致看出強化操作技能對於實作方面應有助益。因此，依據此一資料分析結果，強化學生操作技能有助於提升學生實作表現的理論亦無法獲得支持。雖然本研究的資料分析結果並無法在統計上獲得支持，但這並不代表強化操作技能的課程並不重要，相反地，若從學生個別表現的分佈圖來看，確實發現實驗組（接受強化操作技能課程）的學生在實作表現方面是有成長。

若從強化操作技能僅稍有助卻無法有效提升學生實作表現的角度來看，此一結果也意謂著在科技實作活動中的實作表現並非僅止於操作技能的提升而已，更重要的是該如何輔以有效的設計與問題解決計畫等知識的教導，才能使學生在擁有完善的程序性知識下，提升其實作的表現。但若從強化操作技能能有助於學生在實作表現成長的角度來思考，此一研究結果便與 Morlaix (2010) 的研究相互呼應，Morlaix 的研究也認為操作技能的培養會有助於學生在其他技能方面的表現。然而，由於本研究在操作技能上的訓練時間僅有三週，在操作技能的提升效益方面可能十分有限，故如何讓學生的操作技能能夠高到通過一定的門檻以提升其實作表現，則應該是未來研究者值得進一步深入探究的重點。

三、思考強且實作強的學生若不能瞭解及運用質性知識，仍不足以掌握科技實作的運作系統

針對研究目的三「探究國中生在科技活動中運用質性知識的表現情形」，研究者主要提出「思考強／實作強的學生是否能瞭解投石車的系統觀念，抑或者僅是嘗試錯誤的學習」這項命題。依據本研究前述的資料分析結果顯示，在科技實作活動中，思考強／實作強的學生並非全部皆能瞭解投石車的系統觀念，仍有部份同學僅是採用嘗試錯誤的學習方式，以隨機製造出成功的投石車而已。此一研究結果也與 McCormick (2004) 和 Polanyi (1962) 的論點相互呼應，亦即，若學生在科技實作活動中無法對系統觀點有所瞭解，那麼學生很有可能變成嘗試錯誤學習，僅能隨機的製造出成功的機械裝置。

因此，研究者建議未來若欲進行投石車製作活動，抑或者其他科技實作活動時，科技教師在教學過程中應該要重視以下兩個重點，以協助學生建構系統概念，進而學習深入的質性知識：(1)培養學生運用工具、材料、機器的能力；(2)探究學生在科技實作活動間相互影響、思考、以及討論的歷程。

致謝

本研究感謝國科會提供之專題研究計畫補助（NSC 95-2511-S-003-019-MY3），以及承蒙兩位審查委員細心的指正，並惠賜寶貴建議，對本文裨益良多，謹致謝忱。

參考文獻

- 于富雲、陳玉欣（2007）。不同知識表徵建構的學習策略對自然科學習成效之影響。 *科學教育學刊*，15（1），99－118。
- 朱益賢（2008）。從社會環境成份探討學生的實作技能與科技創造力—透過科技競賽策略。行政院國家科學委員會（NSC 95-2511-S-003-021-MY3）。
- 游光昭、林坤誼、王詩婷（2007）。自然與生活科技領域統整課程的反思與實踐。 *當代教育研究*，15（1），143－180。
- 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。
- Agassi, J. (1997). Thought, action and scientific technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 33-48.
- Dewey, J. (1952). *Experience and nature* (2nd ed.). Chicago, IL: Open Court Publishing Company.
- Gott, S. P. (1988). Apprenticeship instruction for real-world tasks: the coordination of procedures, mental models and strategies. In E. Z. Rothkopf (Ed.), *Review of Research in Education*. Washington, D.C.: American Educational Research Association.
- Ihde, D. (1997). The structure of technology knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1), 73-79.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Levinson, R., Murphy, P., & McCormick, R. (1997). Science and technology concepts in a design and technology project: A pilot study. *Research in Science and Technological Education*, 15(2), 235-255.

- Lewis, T. (1999). Content or process as approaches to technology curriculum: Does it matter come Monday morning? *Journal of Technology Education*, 11(1), 45-59.
- McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21-44.
- Morlaix, S. (2010). Assessing pupils' skills: implications for research. *Journal of Curriculum Studies*, 42(3), 395-409.
- Petrina, S. (2007). *Advanced teaching methods for the technology classroom*. Hershey, PA: Information Science Publishing.
- Polanyi, M. (1962). *Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Roth, W. M. (2001). Learning science through technological design. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 768-790.
- Schoenfeld, A. (1996). In fostering communities of inquiry, must it matter that the teacher knows the answer? *For the Learning of Mathematics*, 14(1), 44-55.
- Sidawi, M. M. (2009). Teaching science through designing technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 269-287.
- Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Tempelman, E., & Pilot, A. (2010). Strengthening the link between theory and practice in teaching design engineering: an empirical study on a new approach. *International Journal of Technology and Design Education*. doi: 10.1007/s10798-010-9118-4
- Weaver, G. C. (1998). Strategies in K-12 science instruction to promote conceptual change. *Science Education*, 82(4), 455-472.
- Zimmerman, B. J. & Schunk, D. H. (1989). Models of self-regulated learning and academic achievement. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theory, research, and practice* (pp. 1-25). New York: Springer-Verlag.

The Effect of Practical Skills on Thinking and Hands-On Performance

Lin, Kuen-Yi *

Yu, Kuang-Chao ** Hong, Guo-Fong ***

This study focuses on investigating the effect of practical skills on students' thinking and hands-on performance when working on a technology project. Also, this study tries to verify the effect of students' thinking and hands-on performance by enhancing their practical skills. Sixty-one 8th graders were investigated in this study. A nonequivalent control group design of quasi-experimental design was conducted, and following conclusions were made: (1) Enhancing students' practical skill did not necessarily promote their thinking performance. It was suggested that the conceptual knowledge was needed to further improve their thinking ability. (2) Enhancing students' practical skill had little effect on their practical performance. It was suggested that the conceptual knowledge was needed to further improve their practical performance. (3) Students with good thinking and practical ability did not necessarily fully understand the technology system, only if qualitative knowledge in technology was used.

Keywords: practical skills, thinking, hands-on, qualitative knowledge, junior-high-school student

*Lin, Kuen-Yi, Assistant Professor, Department of Technology Application and Human Resources Development, National Taiwan Normal University

**Yu, Kuang-Chao, Professor, Department of Technology Application and Human Resources Development, National Taiwan Normal University

***Hong, Guo-Fong, Teacher, Taipei Municipal Lanya Junior High School

