

結合形態仿生於形態仿繪之觀察力教學研究

林鳳君^{1*} 黃世輝² 王照明³ 羅婷筠⁴

^{1,2} 國立雲林科技大學設計學研究所

³ 國立雲林科技大學數位媒體設計系

⁴ 福建理工大學工業設計系

*linesther33@gmail.com

摘要

小學高年級學童對於寫實繪畫表現常以「畫得像」為標竿，但因缺少實際可行的方法而感到氣餒，導致繪畫動機逐年減弱，此階段兒童認知發展必需具有實物協助思考與操作。本研究企盼提升高年級學童繪畫觀察之寫實表現，設計以科學觀察介入繪畫寫實觀察之教學模式，運用形態仿生於形態仿繪之繪畫細部觀察，並以實驗教學分析觀察法是否能提升五年級學童對於物種細部特徵之掌握程度，藉由獨立樣本 t 檢定與卡方檢定，量化驗證形態仿生觀察法之學習成效。研究結果為：(1)形態仿生教學法提出先理解內部結構和功能，再仿繪外觀形態，最後進行形態仿生設計角色；(2)結合形態仿生於形態仿繪之教學模式分為「預備知識→仿繪行動→轉化知識→驗證知識」四階段；(3)形態仿生觀察力之教學能以科學邏輯方式觀察局部特徵，提高特徵的理解與操作能力。從研究結果顯示，當教學者引導學童以科學觀察的方法用於寫實繪畫，能提升學童描繪出細節特徵的能力，因此結合形態仿生於形態仿繪之觀察力教學已具初步成效，後續將朝向形態仿生觀察力之延續性和穩固性做深度分析。

關鍵詞：形態仿生、形態仿繪、觀察力、教學模式、視覺藝術

一、前言

1-1 研究背景與動機

兒童繪畫發展與認知發展息息相關，有鑑於小學高年級學童處於認知發展之具體運思期，對於視覺藝術創作的自我期許，常以畫得像之寫實表現為標竿，新課綱對於審美素養，需透過理解方能實踐觀察內涵。部定教科書中，自然科學與藝術是分開的兩個領域，高年級學童於寫實操作時，常因缺乏科學的觀察，而重現主觀刻板印象，導致寫實創作達不到內心渴望的層次而缺乏成就感。藝術和科學息息相關，透過令人信服的圖像可以傳達科學知識和理解(Matthäus, Matthäus, Harris & Hillen, 2020)。因此本研究期盼透過具體可操作的藝術的科學觀察教材，結合自然科學與藝術領域，引導學童發展兒童藝術客觀之觀察創作(Lowenfeld & Brittain, 1987)。

1-2 研究目的

依據研究者教學經驗及相關文獻得知，小學高年級學童需要發展其客觀觀察之具體的科學方法，因

此教學者於教學前建立學童具體可依循的觀察法，提升其寫實觀察之繪畫表現，本研究之目的為：

1. 建構形態仿生觀察法。
2. 開發結合形態仿生與形態仿繪之教學模式。
3. 探討形態仿生觀察力教學對學童觀察物種特徵之影響。

二、文獻探討

2-1 觀察力與觀察物種

小學中、高年級的兒童正值生命分期之「兒童中期」(張春興, 2001)，瑞士兒童心理學家皮亞傑(Piaget, 1964; Piaget & Inhelder, 1969; 董奇, 1993)將此階段定義為認知發展的「具體運思期」(Concrete Operations)。此時期兒童已能根據情境的內隱實質(inferred reality)之具體思維來解決問題，具備「類包含」的分類能力，已能依物體的屬性進行分類，並非停留單以物體的外形作為分類依據。而此時期的繪畫發展階段正值「寫實前期」，喜愛挑戰觀察力的寫實表現，能依據物體的表象觀察進行創造性改造(霜田靜志, 1993)。雖然兒童發展有其固定分期，但後天環境因素亦會影響兒童之認知發展(Diane, & Sally, 1994)。

Lowenfeld 與 Brittain(1987)將國小高年級兒童之藝術發展定為寫實創作時期，因此在教學方面應提供更多視覺觀察的資源，協助兒童進行客觀觀察，此與伊彬等(2019)增進繪畫表現的觀察力相關研究相符，教師應提供實物、模型或圖片等視覺材料，以供兒童從「不同角度觀察」以豐富視覺經驗。但若只放任兒童自由觀察，沒有提供明確方向使其依循，則效果可能不彰或落入舊經驗之主觀重現，依據陳金桃(2017)的兒童自行閱讀青蛙科普繪本之研究中指出，科普繪本涉及許多擬人化的內容，觀察力未必提升，或可能會延生新的另有概念。另外，陸維元(2019)以中小學學生進行攝影探索之研究，讓學生對影像的觀察，僅停留表面內容之描述，源自親身經驗不足，因此教學者可採取分段循序的方式，將有助學生觀察。故若將觀察建構為可複製的知識，就能跳脫習慣，讓知識如同濾鏡，可以讓人看到平常看不到的細節(蔡志浩, 2017)。綜合上述，借助教師的引導，適時提供兒童繪畫所需的正確知識與觀察教具，或許可避免因擬人化所造成的制式化概念，進而促進知識與觀察力的增長。

若從科學層面探討提升視覺的觀察認知，諸多學者的研究亦能說明。Warren(1993)提出視覺感知發展金字塔(圖 1)說明視覺感知能力乃將觀看的訊息由低層次逐步達到高層次，分別為視覺敏銳度(眼球動作、視野、視力)→注意力→搜尋→圖形辨別→記憶→認知，較高層次的視覺感知能力乃由較低層次的視覺能力整合發展而來，較高層次之視覺能力受較低層次視覺能力之連帶影響。神經生物學家以視覺和大腦的內部運作方式，巧妙地彌合科學與藝術之間的關聯，為人類在觀察時的視覺感知提供科學確據(Livingstone, 2014)。誠如神經科學家 Kandel (2018)闡述，科學如何能夠為我們體驗藝術作品的方式提供信息並尋求理解其涵義。謝佩君(2020)運用圖像設計與觀察理解之研究中顯示，僅提供兒童視覺圖像而缺乏認知教導，有可能造成混淆，因此觀察若要達到視覺認知則非僅僅表面的圖形辨識，而更應提供理解的資訊以輔助記憶與認知的形成。

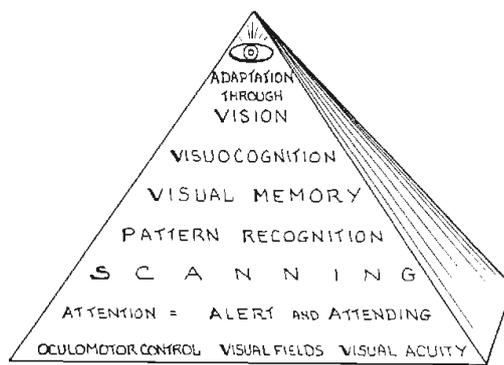


圖 1. 視覺感知發展金字塔 (繪圖：Josephine C. Moore / Warren, 1993)

本研究以教學實驗案例所屬學校之在地保育類諸羅樹蛙為觀察物種，依據專家訪談(附錄 1 之專家 A 和 B)和相關文獻(林文燦、鄭先祐，2009；莊孟憲，2014；楊謔如，2016；謝煒智，2004)彙整與比對驗證所得之諸羅樹蛙生態與特徵敘述如下。台灣珍貴稀有之特有種諸羅樹蛙，學名 *Rhacophorus arvalis*，為平原樹蛙，體型為中小型，雄蛙約 4-5cm、雌蛙約 5-8cm，生命週期 4 年，第二年可繁殖。白天會分開停棲在高 2-3 公尺且遮蔽良好的植物體，4 至 9 月繁殖期下雨的傍晚，雄蛙才會下到低處求偶鳴叫(圖 2)，通常為數隻齊鳴的群體展示形態，待雌蛙前來配對，才會帶到下雨積水處產卵(圖 3)。諸羅樹蛙棲地環境常見於雲嘉南與農墾有關的果園或竹林等地，屬於面臨諸多環境危機之碎裂化棲地(陳江河、賴榮孝、賴榮正、鍾愛幸、陳樹德，2016)，目前僅存的大且完整面積之棲息地為台南三崁店次生林區，實地觀察隱密難行且需等候下雨的夜晚，有其困難處，但也因而利於保護自然棲地，達成 David (1979) 所倡導之生物多樣性之永續。

其外表特徵為背部黃綠色、佈滿許多細緻小顆粒、腹部為白色或淡紅色，由吻端至尾端全緣均鑲上白色褶邊、虹膜呈草綠色、鼓膜大而明顯、趾間有蹼、吸盤發達及腳指數量為前四後五，以覓食飛行昆蟲為主。雄蛙具有單一下鳴囊，鳴囊略帶黃色或橘色，特別喜歡雨夜求偶，發出高而輕脆之一連串「ㄍㄨㄨ」的清脆聲(謝煒智，2004)，有固定的鳴叫模式，有別於其它樹蛙種類(林文燦、鄭先祐，2009)。



圖 2. 求偶中的雄諸羅樹蛙 (資料來源：莊孟憲，2011)



圖 3. 交配中的諸羅樹蛙 (資料來源：吳仁邦，2014)

2-2 教學實驗與觀察

課程發展歷程之實驗性教學有助於課程不斷精進發展，其中課堂中的教學觀察(Teaching Observation)，帶動教學的協同運作，對教學成效帶來莫大助益。一般而言分為教學前的診斷性觀察、教學中之形成性觀察和教學結束的總結性觀察，因此實踐多元化的教學實驗，有助於教師傳遞不同知識之教學實施發展與評估模式，可檢視教學目標是否達成，使課程發展著重理論結合實踐，以提升教學成效，培養學生核心能力(張添洲，2000；王文科、王智弘，2014；蔡清田，2017)。

他山之石，國外教師透過開放教學現場，讓專家提供客觀建議回應教學者，支持教師專業發展已行之多年。以 POT(Peer Observation of Teaching)教學同儕觀察方法為例，有諸多學者以此發展為教學實驗

之評量基石。Sullivan 等學者(2012)結合受訓過之 POT 知識專家進行課堂同儕觀察，發展為 POT 觀察四階段「預觀察會議、觀察、觀察後回饋與反思」，應用此觀察進程不僅提高了教學質量，亦促成教師專業發展。另外，教學中導入觀察力之教學在知識建構佔有舉足輕重之地位。Oguz-Unver 與 Yurumezoglu(2009)以科學教育發展觀察力的觀察策略，引導學生收集證據、組織和提出解釋，使科學觀察不僅引導學生專注於某些領域，也有助於更詳細、系統且豐富觀察的結果。

另外，Haury (2002) 也指出，觀察力是科學建構的核心，無論是教學過程之觀察，或是觀察力教學，均能將視角朝向更多元客觀展現，進而豐富觀察所得之結果。如此教學中不斷地實驗創新與觀察，能發揮教育之實質意義，解決現實世界的諸多問題(Ge & Er, 2005)，並透過行動與感知之指導與回饋中，增強學生之學習體驗(Hwang, Chu, Shih, Huang, & Tsai, 2010) 及促進教師專業發展。

2-3 形態仿生與形態仿繪

源於師法自然的仿生思維，已能跨域整合應用與解決諸多問題(Silverstein & Silverstein, 1970; Benyus, 2002; 孫寧娜, 2010)，最早由 J. E. Steele 於 1960 首先提出仿生學一詞(Thomson, 1963)，受自然啟發以達成解決、永續與創新之成果(Kennedy, Fecheyr-Lippens, Hsiung, Niewiarowski, & Kolodziej, 2015; Seki, Furusho, & Takada, 2010; Khan, 2020)。本研究將觀察之寫實繪畫定義為形態仿繪，為觀察實物或照片後進行模仿繪畫，有別於模仿畫作之仿畫，而形態仿生則透過生物體之仿生設計，切入更多元的生物面向，進行融合設計，已跳脫單純模仿之仿繪，卻保留仿生之基本內涵，將仿生概念應用於繪畫觀察中，期待解決小學高年級學童眼高手低之寫實創作難題。

藉由仿生可發現涉及在生物系統中的結構、方法和流程，因教師進行教學前可依仿生思維進行知識建構(Emami et al., 2008)，並從觀察自然的生物科學應用過程中建立分析能力(Brewer & Smith, 2011; Sagarin & Pauchard, 2012)，建立知識層面基石，進而應用於寫實繪畫之技能展現，因此將圖像透過視覺的認知，簡化複雜的訊息，以便更好理解和提升學習成效(Eitel & Scheiter, 2015)。故回到仿生學起初之對於生物體內部結構與功能之認知，可形成外顯功能性的對應。例如研究動物之學者(Gorb & Beutel, 2001; Federle et al., 2006; Xiao et al., 2010) 將動物腳墊分為剛毛和表皮墊兩類，樹蛙腳趾屬表皮墊類別，具備細胞粘液腺的微細結構，方能達成抓取與附著於光滑面之功能。

故本研究以仿生思考面向作為依據，發展為本研究觀察力之教材基礎。跳脫外觀觀察之框架，於形態仿繪前先建構學童仿生科學之認知基礎。從外觀無法看見的生物體內部之「結構和功能」為知識起點，延伸對應外部自然美感「造形、色彩和肌理」，將生物整體意象或身體某部份特徵加以模仿、轉形、抽象化等，藉以達到造形目的(江潤華, 2002)，並賦予仿生色彩特徵，最後透過肌理表現體現美感意涵。

藝術和科學息息相關，透過令人信服的圖像以傳達科學知識和理解(Matthäus et al., 2020)，雖然仿生應用之類別能個別獨立論述其涵義，但都連結於自然鑑賞中，看似相異卻又存在共通關聯性，Rolston(2000)從自然環境中探討其存在之美感價值。中外學者對於藝術角度切入自然中的美感鑑賞亦持有相同看法-藝術應能兼顧感性與理性能力的培植，從自然鑑賞中能帶動美感的深層理解，與情意內涵之整合(郭禎祥, 1992; Carlson, 2005)。故本研究嘗試以形態仿生建立本研究觀察教材之圖像，從自然之科學觀察中奠定認知基礎，並期待從形態仿繪之技能中達成情意的整合。

三、研究方法

本研究使用調查研究法中之訪談法、調查法與觀察法 (管倖生等, 2018), 共分為三階段。階段一為教學前建構形態仿生知識理論, 搜集諸羅樹蛙之文獻, 並佐以諸羅樹蛙專家訪談資料; 階段二則運用第一階段的知識理論, 提供不同觀察法的圖片, 讓藝術教育能積極提供解釋視覺圖像之課程 (Knight, 2010), 並以實驗教學方式, 將兩班分為實驗組和對照組進行形態仿生觀察力分組教學實驗; 最後於階段三進行問卷調查法之「獨立樣本 t 檢定」和觀察法之「卡方檢定」進行學習成效分析, 如圖 4 所示, 並說明如下 3-1~3-3。

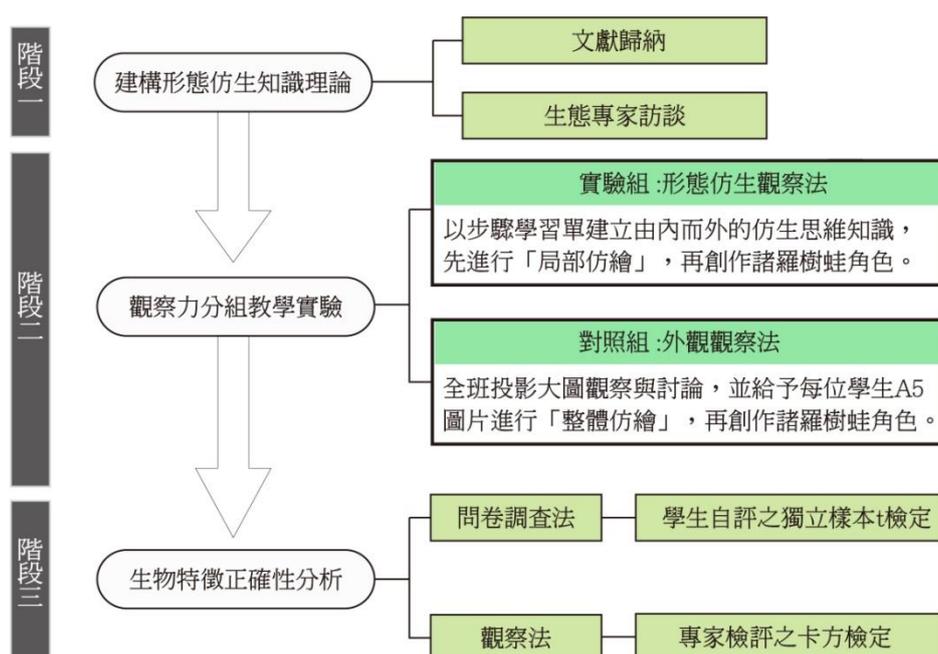


圖 4. 研究架構

3-1 階段一：建構形態仿生之知識理論

本研究建構之諸羅樹蛙形態仿生知識, 先蒐集文獻彙整相關資料並擬定訪談題目, 前後共訪談兩次, 首次邀請生態保育專家 (附錄 1) 於教學實驗學校所在地區之諸羅樹蛙棲息地, 由生態保育專家 A 進行實地導覽後, 研究者以擬定好之問題口頭提問並錄音, 內容包含與諸羅樹蛙相關之諸羅樹蛙存在之重要性、此棲息地之歷史與生態意義、諸羅樹蛙最具代表之特徵、諸羅樹蛙觀察時機與困難及不同場域諸羅樹蛙棲息地之差異; 第二次則與生物學家 (附錄 1) 訪談, 過程中生物學家輔以電腦播放投影片說明諸羅樹蛙特徵, 訪談內容包含「兩棲類共同特徵與諸羅樹蛙骨骼構造、諸羅樹蛙特徵辨識與生態習性、分佈與雄雌比例、諸羅樹蛙的覓食」。

許育齡(2020)曾說：

鬆動僵固知覺探索美感的旅程, 具有深化知性、涵容感性以及激發主體成長的潛力, 值得持續深化理論建構, 並於教學實踐落實與開展。

故啟發知覺和美感對於教學實踐之落實與開展深具意義, 本研究將藉由專家之訪談, 使專家之實務經驗與理論能交互淬鍊, 指引本研究觀察物種之明確方向, 避免因經驗不足而侷限停留於表面內容的觀

察。

第二次訪談，再次比對相關文獻加以驗證訪談內容之正確性，並建構諸羅樹蛙教學理論「形態仿生知識」，以「結構和功能」之生物體內部原理，供學童認知內外對應之關聯，開啟觀察力的嶄新可能，並仿繪外觀造形之「形態、色彩和肌理」，以體悟自然美感之呈現。

3-2 階段二：觀察力教學實驗

本研究課程實施方式採用實驗研究法之真實實驗設計，觀察力分組教學實驗為了排除受測者資質因素之無關變相，降低對實驗內在效度的干擾，故教學者將授課的小學五年級兩個班（當屆配課僅有兩個五年級班別）進行隨機抽籤，分為實驗組班級「形態仿生觀察力教學組 25 人」和對照組班級「一般表象觀察力教學組 27 人」，透過連續兩週的視覺藝術課（每週兩節，共四節課 160 分鐘），進行教學實驗。實驗組施以形態仿生觀察力教學的實驗處理(X1)，對照組則依一般表象觀察進行觀察力教學(X2)，實驗後兩組進行後測(O1；O2)，即為實驗的依變項，以比較兩種教學法對學童觀察力之影響。

1. 觀察力教學

依據具體運思期兒童認知發展，以具體圖片配合教學能協助學童思考，能發展其觀察力。而小學教育的職責應包括提供學生理解陌生的視覺圖像評估時所需的工具(Knight, 2010)，才不致自由觀察時缺乏重點提示，而落入主觀刻板印象。故觀察力教學流程以圖片觀察為主體的學習單設計，而實驗組和對照組實施不同的觀察力教學策略。

2. 實驗組觀察力教學：形態仿生觀察法

依據學習單內容逐題默讀作答，教學者不複習也不解釋題意、學生過程中不討論也不交談，以學習單架構的形態仿生知識內容逐步作答，引導學童從學習單進行內部結構原理對應其外顯功能，再從外觀的局部觀察進行局部仿繪，建構感知自然美感之感性思考，依序融入形態仿生方法引導觀察，再引導進入外觀美學之形態、色彩與肌理之觀察，最後創作具備諸羅樹蛙特徵的角色造形設計。此為根據仿生思維知識認知的「由內而外」觀察，有別於一般僅限於外觀之觀察。

3. 對照組觀察力教學：外觀觀察法

對照組先以單槍投影機展示諸羅樹蛙大圖，由教學者帶領受測學童先觀察單槍投影的諸羅樹蛙放大圖片，並由教學者根據第一節導覽內容逐一出題，讓全班學生口頭發表複習諸羅樹蛙特徵，此複習的教學活動有別於實驗組的靜態觀察。待複習結束，再發給每個學童觀察的學習單(附錄 5)，學習單中包含諸羅樹蛙放大圖片，以一般外觀觀察法進行「整體仿繪」。

3-3 階段三：觀察力成效分析-生物特徵檢核

1. 問卷信度與學生自評的學習成就問卷

課程結束實驗組和對照組施以內容相同的觀察力學習成就問卷，問卷內容為依據階段二的投影片講解內容，以自編問卷並完成前測，以 Cronbach' alpha 係數檢視其信度需大於 0.7 方能達成信度水準（吳統雄，1985；Hee, 2014）（本研究前測 Cronbach' alpha 係數 0.898 > 0.7），讓學童進行以 Likert 五點量表的特徵掌握度自評，課後將分數以 SPSS 統計分析軟體施以獨立樣本 t 檢定，檢驗兩個組別問卷得分

的平均數是否存在顯著差異。問卷內容 (附錄 2) 除了擷取自投影片和網路影片教學內容，亦隱藏包含本研究建構之形態仿生知識理論。其中第 1 題主要測驗學童是否已具備辨識諸羅樹蛙之主要特徵「側邊白色褶線」；而第 10 題則基於諸羅樹蛙野外觀察時，因雄蛙求偶鳴叫才會被發現其蹤跡，故「鳴囊」發聲構造主要測驗學生是否理解雄蛙獨有構造的功能與結構特徵。

2. 專家檢評物種角色設計圖之描述性分析

為避免學生自評問卷調查中，學生理解與應用之間產生的偏差，故課程結束後，將兩組設計圖作為描述分析樣本，藉由專家觀察設計圖樣本，記錄不同組別應用諸羅樹蛙特徵之實際情形，藉以了解學童實際應用每一題於設計圖之表現，並透過 SPSS 軟體以卡方檢定(Test of Goodness-of-Fit) 分析設計圖實際應用特徵的次數分佈情形，最後再交叉比對學生自評得分和專家檢評之間的關聯，以進行特徵掌握適合度之描述比較分析。

四、研究結果與分析

4-1 形態仿生觀察法

1. 形態仿生「內部原理」之觀察

此內部原理分類依據外觀看不見的隱藏實質，包含骨骼結構與因著功能傳達展現於外的動作(表 1)。結構仿生中，諸羅樹蛙其骨骼特徵為後肢長於前肢 (前肢三個大關節、後肢四個大關節利於跳躍)、腳趾數量前後不同 (前肢四隻、後肢五隻，均利於抓握)。而功能仿生以不同部位的功能傳達不同訊息，例如後肢比前肢長，利於肌肉收縮釋放之跳躍大動作；腳趾長，在樹上生活時能夠輕易抓握枝幹，尤其無名指特長；發達的吸盤則利於垂直壁面之吸附，讓樹蛙有別於一般兩棲蛙類，其表皮墊會分泌黏液，更利於盤爬時穩固附著；發聲構造屬單一咽下鳴囊，求偶時發出一連串響亮的「ㄍ一滴」聲，接著為 3-8 聲連續「各各各.....」的短促聲音；鼓膜為聽覺器官，諸羅樹蛙的雌蛙聽雄蛙鳴聲而受其吸引；跳躍降落的降落傘功能的蹼，幫助平衡和滑翔。

表 1. 諸羅樹蛙形態仿生「內部原理」之特徵觀察

結構特徵	骨骼：後肢長於前肢 (前肢三個大關節、後肢四個大關節)、 腳趾數量為前四後五 (無名指最長)。
功能特徵	後肢-跳：肌肉收縮釋放時之大動作跳躍。
	長腳趾-抓握：長腳趾可輕易抓握枝幹，利於樹上生活。
	吸盤-黏附：腳趾表皮墊具備粘液腺的微細結構，可附著於光滑垂直面。
	鳴囊-鳴叫：發聲構造，屬於單咽下鳴囊，會發出一連串響亮的「ㄍ一滴」聲，接著為 3-8 聲連續的短促「各」音。
	舌頭-覓食：能伸縮瞬間捕捉飛行昆蟲。
	鼓膜-聽覺：雌蛙聽雄蛙鳴聲而受吸引。
	蹼-平衡：跳躍降落時猶如降落傘，幫助平衡和滑翔。

2. 形態仿生之「外觀造形」之觀察

形態仿生之外觀造形師法自然之美感原則具備其豐富性，對應諸羅樹蛙的造形特徵（表 2）。為「腳趾數量前四後五、鼓膜大明顯」、色彩特徵「背部黃綠色、白色褶邊、草綠色虹膜等」和肌理特徵「背部皮膚細緻的微小顆粒質感」，從細部特徵對照仿生思維列舉，更具體突顯物種在科學分類中之獨特性。

表 2. 諸羅樹蛙形態仿生「外觀造形」之特徵觀察

造形特徵	體型：為♂4-5cm、♀5-8cm。
	鳴囊：咽下單一鳴囊
	趾間有蹼
	腳指數量：前四後五
	前肢短、後肢長
	鼓膜大且明顯
	顫褶清晰
色彩特徵	身體吻端至尾端均鑲上一圈白色褶邊，為辨識諸羅樹蛙主要特徵
	沿著白色褶邊下緣有不規則細邊黑線
	背部：黃綠色
	腹部：大部分呈現白色，時而帶些淡黃色或淡紅色。
肌理特徵	虹膜：草綠色
	背部有許多細緻的微小顆粒

4-2 結合形態仿生於形態仿繪之教學設計

1. 諸羅樹蛙觀察力教學

(1) 實驗組之觀察力教學

本研究針對實驗組所發展的形態仿生觀察學習單（附錄 3 和附錄 4），學習單 P1 以仿生思考方式透過不同題型奠定學童對於物種內部原理「結構和功能」之理解，隨之再進行 P2 局部外觀對應「造形、色彩和肌理」之形態仿繪。

學習單 P1 上半部的連連看，屬於理解內部原理之理性思考，在骨骼關節標示圖中已圈出不同部位大關節，讓學童從觀察內部骨骼結構中，找出關節對應位置，讓繪畫發展階段正值寫實前期的兒童，透過形態仿生教學由內到外的特徵對照，引導觀察並精進藝術之寫實表現。學習單 P1 下半部之填填看，屬於理解內部原理之理性思考，先將填空對應的部位名稱列出，再依課程投影片介紹的內容，敘述說明部位特徵，使學生能找出相關詞彙填入空格內。學習單 P2 進入形態仿生外觀特徵之局部仿繪，屬於外觀造形美感之呈現，依照虛線圈起之部位，進行觀察外部之造形、色彩與肌理之寫實繪畫。

(2) 對照組的觀察力教學

對照組在此仿繪階段以「一般外觀觀察法」進行整體仿繪，提供個別觀察工具為學習單（附錄 5）中的物種放大圖片不同角度之四張。發下整體仿繪學習單之前，先以投影片展示學習單之圖片，學生從投影片觀察中口頭發表課程投影片介紹過的內容，待全部特徵複習完畢再發下學習單，讓學生從個別觀察工具中自由觀察，並同時播放投影片放大圖加強對照，進行整體之寫實仿繪。

2. 諸羅樹蛙角色設計

經過分組觀察力教學後，實驗組和對照組均發下相同之諸羅樹蛙角色設計學習單（附錄 6），引導實驗組和對照組學童以背景留白方式，針對因著求偶鳴叫而容易被發現的「雄」諸羅樹蛙，進行特徵應用的角色造形設計。

4-3 形態仿生觀察力教學之學習成效分析

1. 學生自評問卷之 t 檢定分析

角色造形和問卷信度分析後，隨之檢測兩組學生學習成就自評問卷之得分差異，統計結果（表 3）以 t 檢定 P 值 0.05 和平均數(M)3 分為基準，先檢視各題項 P 值 (P=0.001、P < 0.01、P > 0.05)，其兩組 P 值差異大之題項則再回歸平均值 M，進一步分析差異大之因素，如表 3 所示。

表 3. 自評學習成就問卷之獨立樣本 t 檢定分析

題目	組別	N	M	SD	t 值	P 值	差異比較
1 我了解諸羅樹蛙最主要特徵是從嘴巴到尾椎的「側邊白色褶線」。	實驗組	25	4.20	0.76	3.657***	0.001	實驗組 >對照組
	對照組	27	3.30	1.00			
2 我能將「側邊白色褶線」特徵畫出來。	實驗組	25	4.12	0.78	2.498*	0.016	實驗組 >對照組
	對照組	27	3.48	1.05			
3 我能將樹蛙發達的「吸盤」特徵畫出來。	實驗組	25	4.04	1.06	3.301**	0.002	實驗組 >對照組
	對照組	27	3.04	1.13			
4 我能將降落時幫助平衡的「蹼」特徵畫出來。	實驗組	25	4.32	0.75	3.825***	0.001	實驗組 >對照組
	對照組	27	3.19	1.33			
5 我能將聽辨聲音的「鼓膜」特徵畫出來。	實驗組	25	4.04	0.93	4.728***	0.001	實驗組 >對照組
	對照組	27	2.56	1.31			
6 我能將明顯的「顫褶」特徵畫出來。	實驗組	25	3.76	1.01	4.559***	0.001	實驗組 >對照組
	對照組	27	2.33	1.24			
7 我能將腳趾頭數量「前四後五」正確畫出來。	實驗組	25	4.28	0.89	2.791**	0.008	實驗組 >對照組
	對照組	27	3.37	1.42			
8 我能應用「關節可彎曲」的功能，幫助動作更生動。	實驗組	25	4.12	0.78	2.241*	0.030	實驗組 >對照組
	對照組	27	3.44	1.34			
9 我能將背部皮膚的「微小顆粒」肌理畫出來。	實驗組	25	3.80	0.96	4.161***	0.001	實驗組 >對照組
	對照組	27	2.48	1.31			
10 我知道雄的諸羅樹蛙有「鳴囊」發聲構造，屬於咽下單一鳴囊。	實驗組	25	3.96	0.93	1.690	0.098	未達顯著水準
	對照組	27	3.40	1.39			

問卷各題分析如下所述，題 1「白色褶邊」、題 4「蹼」、題 5「鼓膜」、題 6「顫褶」和題 9「微小顆粒肌理」等特徵的 P 值=0.001，拒絕虛無假設，表示實驗組和對照組的觀察力表現存在差異性，且達到極高度顯著水準。

題 2「側邊白色褶線」、題 3「吸盤」、題 7「前四後五」和題 8「關節可彎曲」等特徵的 P 值 < 0.01，

拒絕虛無假設，表示實驗組和對照組的觀察力表現達到非常顯著水準的差異。題目 10 的 P 值 > 0.05 ，為問卷十題中唯一接受虛無假設題項，表示實驗組和對照組的觀察力表現並無顯著差異，且兩組平均數皆介於 3~4 分之間，實驗組高於對照組 0.56 分。造成此結果之原因，其一可能為第一節課介紹諸羅樹蛙時，學童普遍不知道蛙類鳴叫構造「鳴囊」是雄蛙專屬，因此教學者刻意強調雄諸羅樹蛙因著求偶鳴叫，藉由聲音吸引雌蛙之行為，也較易透露其蹤跡；其二原因為學習單之題目敘述以畫出諸羅樹蛙「男主角」為設計規範，無意中也提示學生設計前思考雄蛙有別於雌蛙的特徵。

從平均數 M 進一步分析，對照組較低分之題項題 5「鼓膜」、題 6「顛褶」和題 9「微小顆粒肌理」的得分平均數皆低於 3 分，為學童較難從一般表象觀察後，進一步應用於設計。推測其原因回溯至觀察力教學過程，對照組於第二節雖然先以投影機展示放大圖片，學生僅以口頭發表方式複習鼓膜、顛褶、微小顆粒肌理等細節特徵，此部分與實驗組學習單進一步以文字標示鼓膜、顛褶微小顆粒肌理等部位名稱，加深學童學習新知識認知，故學童在學習諸羅樹蛙的細部特徵之新知識，實驗組和對照組學習過程因著細節部位標示和文字輔助不同導致認知落差，也形成後續學生自評問卷之學習成效差異得分。

綜合上述，在整體 t 檢定的得分得知，一般學童（對照組）對於繪畫觀察時，普遍停留於制式化思考模式，容易受限舊經驗的認知框架，而忽略細部特徵觀察與應用，而形態仿生觀察法，透過引導局部觀察與理解，跳脫舊往的觀察模式，而加深觀察理解與設計繪畫時的應用能力。

2. 兩種檢定對應分析：學生自評之 t 檢定與專家檢評之卡方檢定

為「避免主觀意識弱化問卷成效」，故由專家整合學生的諸羅樹蛙角色設計圖，逐一檢視物種特徵是否確實畫出，客觀進行「卡方檢定」分析，藉以得知兩組變數的關聯性。隨後再比較獨立樣本 t 檢定與卡方檢定之顯著性是否一致。

(1) 側邊白色褶線特徵觀察之分析

題 1 和題 2 學生自評之平均分數，實驗組皆大於 4 分和對照組皆小於 4 分，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。專家檢評之兩組學生畫出來之比例分別為 92%（實驗組）和 33%（對照組），且卡方檢定有差異，實驗組優於對照組。故綜合分析之，第一節課導覽提及辨識諸羅樹蛙物種最重要特徵為白色褶線，但第二節課實施兩組不同觀察策略，實驗組以局部仿繪，學習單教學將白色褶邊局部圈起，並輔以文字說明，而對照組則以表象觀察進行整體仿繪。故此兩組無論在 t 檢定或卡方檢定中，均顯現觀察「細膩度不同」所造成的學習差異。

(2) 吸盤特徵觀察之分析

學生自評之平均分數實驗組大於 4 分和對照組小於 4 分，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。經專家檢評之兩組學生之比例分別為 72%（實驗組）和 74%（對照組），且卡方檢定無差異，實驗組相當於對照組。綜合分析「吸盤」的應用表現，於獨立樣本 t 檢定與卡方檢定結果不一致，雖然兩種檢定之顯著性有差異性，然而檢定之平均數與百分比皆高於中間值。造成兩種檢定不一致的差異現象可能原因為，導覽介紹樹蛙的腳趾末端的吸盤構造，引起學童間極大迴響，一開始學童認為樹蛙的吸盤像一般的工具吸盤般，透過空壓原理而吸附，但經由教師透過顯微鏡放大圖片解釋，樹蛙吸盤吸附原理為表皮墊細胞結構間分泌粘液(Federle et al., 2006)，才能黏著在物體上，雖外表看似功能與吸盤工具相同，但結構原理並不相同。因此吸盤構造於第一節課兩組相同課程時，引起學生視覺注意力，實際操作時，兩組學生

皆能因著導覽對於吸盤能具備圖形辨識能力而畫出來，但學生對於吸盤認知之自評，實驗組仍高於對照組，表示局部仿繪對於觀察後的視覺認知仍產生助益。

(3) 蹼特徵觀察之分析

學生自評之平均分數分別為 4.32 (實驗組) 和 3.19 (對照組)，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。專家檢評兩組學生將蹼特徵畫出來之比例分別為 56% (實驗組) 和 22% (對照組)，且卡方檢定有差異，實驗組優於對照組。綜合分析：兩組學生於相同課程導覽介紹時，對於「蹼」特徵感到陌生，動態跳躍影片讓學生從視覺輔助中，認知蹼於降落時發揮如降落傘之平衡功能，但對照組在第二節課的整體觀察複習，並無法加深多數學童對蹼構造的形態對應，而實驗組在局部仿繪觀察，學童能依據圖片提示和文字解說，加強對蹼認知的功能與形態理解，以至角色設計時也有超過半數的學童都能實際操作應用出來。

(4) 鼓膜特徵觀察之分析

兩組學生自評之平均分數分別為 4.04 (實驗組) 和 2.56 (對照組)，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。經由專家檢評將蹼特徵畫出來之比例分別為 52% (實驗組) 和 0% (對照組)，且卡方檢定有差異，實驗組優於對照組。從 t 檢定和卡方檢定的一致綜合分析-形態仿生對於諸羅樹蛙「鼓膜」特徵的觀察力應用，具備極顯著的影響。雖然兩種 t 檢定和卡方檢定的顯著結果一致，但若回歸學生自評的得分平均數檢視，則發現鼓膜特徵的在對照組的平均數中，是全部題目中第三低分之題項，且不達平均值 3 分，但實驗組依然高於 4 分，表示兩組的差距更懸殊。因此從兩種檢定的顯著性和對照組自評的平均數特別低可推測，教學過程中實驗組從起初導覽鼓膜時，學童對於鼓膜為聽覺器官的陌生，到第二節課局部仿繪，針對鼓膜以標示圖和文字強調其位置、形態和功能，此與對照組第二節課僅以投影片的指示複習，其細節教授程度不同，故對學童學習之圖像理解內化層度也大不相同。

(5) 顯褶特徵觀察之分析

學生自評之平均分數為 3.76 (實驗組) 和 2.33 (對照組)，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。專家檢評之比例則為 32% (實驗組) 和 0% (對照組，無人畫出顯褶)，且卡方檢定有差異，實驗組優於對照組。綜合分析：此顯褶題項特別之處，與上一題「鼓膜」特徵題項有其相仿之處-同樣都是對照組全部忽略之處，且實驗組應用此兩種特徵的作品都未達半數，尤其「顯褶」特徵，在學童自評的學習成就問卷中，實驗組的平均數低於 4 分，為全部題目中實驗組的自評得分最低之題項。造成對照組全部忽略與實驗組最低分之此現象，可能因素為「顯褶」和「鼓膜」對於學童而言都是「較陌生的名詞」，以至於實驗組雖然經過形態仿生練習，已具備圖形辨識能力，但未達「記憶→視覺認知」的程度，故應用表現沒有其它題項明顯，對於沒有經過形態仿生練習的學童而言，則更容易忽略曾觀察過的細節，而呈現更籠統不清的表現。

(6) 腳趾數量前四後五特徵觀察之分析

學生自評之平均分數分別為 4.28 (實驗組) 和 3.37 (對照組)，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。經由專家檢評兩組學生將腳趾特徵畫出來之比例分別為 56% (實驗組) 和 33% (對照組)，卡方檢定無差異，實驗組相當於對照組。綜合分析學生自評的 t 檢定與專家檢評腳趾數量之卡方檢定存在落差，可能原因為四肢腳趾數量共 18 隻，為數量繁複的特徵，每隻腳趾的構成需要透過繪製兩條線條才能完成，過程繁複瑣碎，因此在設計圖創作表現時，學童容易缺乏耐心而導致知識理解到操作之落差。雖

然形態仿生對於學童觀察力的知識認知理解似乎產生助益，但實際應用則無法顯著提升學童對於較為複雜數量的操作。

(7) 關節可彎曲特徵觀察之分析

學生自評之平均分數分別為 4.12 (實驗組) 和 3.44 (對照組)，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。專家檢評之比例分別為 64% (實驗組) 和 59% (對照組)，且卡方檢定無差異，實驗組相當於對照組。綜合分析：「關節可彎曲」的特徵從學生自評的 t 檢定，與實際操作之間存在落差，其一可能原因為導覽課程時，帶入樹蛙跳躍之動畫影片，加以說明樹蛙生動的跳躍動作，讓兩組學生皆印象深刻，因此在最後的主角設計階段，對照組實際操作應用的比例提升，拉近與實驗組在自評問卷中的差距。其次，高年級學童普遍對於樹蛙的關節可彎曲的知識，與人類關節可彎曲的結構相同，從對照組 12 件作品以擬人化姿態呈現樹蛙樣貌看出端倪，故對照組學童若以畫人物的舊經驗延伸到畫樹蛙四肢可彎曲之表現，則較容易自然呈現彎曲樣貌，屬於較熟悉的特徵應用。

(8) 背部皮膚的微小顆粒肌理特徵觀察之分析

兩組學生自評之平均分數分別為 3.80 (實驗組) 和 2.48 (對照組)，且 t 檢定有差異，實驗組優於對照組。專家檢評之比例分別為 24% (實驗組) 和 0% (對照組)，且卡方檢定有差異，實驗組優於對照組。綜合分析：從兩種檢定結果 P 值 < 0.05 得知，置入形態仿生於觀察力教學的實驗組，對於諸羅樹蛙微小顆粒肌理特徵的實際操作應用，可以提升學童對於皮膚肌理的表現。故微小顆粒肌理的應用表現，其獨立樣本 t 檢定與卡方檢定之結果一致，皆達顯著水準，表示-形態仿生觀察法對學童觀察諸羅樹蛙背部的「微小顆粒肌理」的特徵應用，具備顯著的影響。值得注意的是，此題項微小顆粒肌理與鼓膜和顫褶特徵之題項有兩點相仿之處：1. 對照組在此三個特徵的學生自評平均數均低於 3 分，而此題「微小顆粒肌理」為對照組所有得分平均數中，次低分的題項，僅有 2.48 分，僅次於顫褶的 2.33 分；2. 此三個特徵在設計角色的實際應用，均為對照組全部忽略之處（完全沒有人實際畫出這些特徵），而實驗組應用微小顆粒肌理和顫褶特徵的作品都未達半數。

(9) 雄蛙的單一咽下鳴囊特徵觀察之分析

學生自評：兩組學生自評之平均分數分別為 3.96 (實驗組) 和 3.40 (對照組)，且 t 檢定未達顯著，實驗組與對照組無顯著差異。專家檢評之比例分別為 60% (實驗組) 和 48% (對照組)，且卡方檢定無差異，實驗組相當於對照組。綜合分析：此題為所有題項中「兩種檢定結果皆未達顯著水準」的題項，其中學生自評的平均分數，兩組皆未達 4 分。推論其原因為-學童對於蛙類的發聲構造為雄蛙專屬，且鳴叫聲專為求偶需求，是學童在第一節導覽介紹中最多人感到驚訝的新知識，因為研究者進行實驗的學校屬於都會型學校，下雨方能偶爾聽見蛙鳴為學童聽覺之感觀舊經驗，殊不知蛙鳴之知識層面乃屬於雄蛙求偶行為，課堂導覽以影片讓學童觀察諸羅樹蛙的動態活動，加上鳴叫聲，普遍引起學童熱烈關注，透過教學者講解，學童才認知蛙類鳴叫為雄蛙專屬，目的是吸引母蛙前來交配。

4-4 討論

本研究從學生自評之獨立樣本 t 檢定分析，到專家檢評之卡方檢定，分別以主觀和客觀不同角度切入，過程中發現兩種檢定之顯著性大抵相同，卻又時而分歧。兩種檢定具備相同處，其中鳴囊是兩種檢定均顯示沒有顯著差異的唯一特徵；而兩種檢定均顯示具有顯著差異的特徵有：側邊白色褶線、蹼、鼓

膜、顫褶和微小顆粒，當中包含諸羅樹蛙獨有的側邊白色褶線、樹蛙科特有的蹼、蛙類的聽覺器官鼓膜及與鼓膜相連的顫褶、諸羅樹蛙皮膚的微小顆粒等。

兩種檢定結果不同之特徵包含吸盤、腳趾頭數量前四後五、皮膚的微小顆粒，此三種特徵皆為學生自評的 t 檢定具備顯著性，但後續研究者依照設計圖比對的卡方檢定卻沒有顯著差異，此顯示學生知識認知和操作之間的落差，因此在認知學習與實際操作間達成連結，或許可在教學當下透過多元教學策略，讓學生認知學習後即時操作與反饋，或許也是有助於平衡觀察力與操作內化之間的差異。從上述之分析得知，本研究對學童而言最困難之題目特徵為顫褶和皮膚的微小顆粒，其原因可能為顫褶之名詞較為陌生，需要更多次的反覆使學習內化，而皮膚的微小顆粒之肌理特徵，可能缺少觸感體驗而易被忽略，因此在教學時需要更多輔助學習的教具，誠如伊彬等人(2019)指出教師應協助兒童從多元角度觀察才能增進其繪畫之觀察力表現。此外，以貼近寫實「前後肢著地的四腳仔」之姿態而言，實驗組 84% 學生多於對照組 59% 學生較能掌握實際樹蛙之俯臥姿態，也為此課程實驗有趣之初步發現。

五、結論與建議

5-1 結論

1. 形態仿生教學法：先理解生物內部原理「結構和功能」，其次仿繪外觀局部之「造形、色彩與肌理」之要素，最後再應用於物種角色設計。

本研究透過前後兩種不同的檢定方式，得知經由形態仿生觀察力教學的實驗組，無論在 t 檢定或卡方檢定的多數題項掌握特徵的理解與操作表現，高於一般外觀觀察的對照組，表示形態仿生觀察對於特徵理解與應用在多數題項中具備顯著性。因此依循本研究形態仿生教學法，建構出形態仿生觀察法共分為「內部原理解」、「外觀造形仿繪」和「觀察力應用」等三步驟。從內部原理解過程，認知外觀看不到的生物內部運作之原理知識；再進行外觀美學之局部仿繪，使自然美感體驗由小細節逐步建立觀察深度，有別於一般外觀仿繪之整體概念；最後再將所學之觀察知識應用於角色創作。借助本研究建構的形態仿生觀察法，使兒童期中期的寫實前期學童，能藉由形態仿生觀察力教學，最終達成細部觀察之洞察力。

以下將本研究建構的形態仿生觀察法分為三個步驟說明之，如圖 5 所示。

- (1) 步驟一「內部原理」理解：本研究分析物種的形態仿生分類中，屬於內部生物原理類型的有影響動作表現的「結構」特徵，以及因結構動作而產生的「功能」特徵。故將物種內部結構等活動特徵透過造形技巧傳達，對應功能的應用，可達成理性之垂直思考，藉以平衡創作時的感性思考。
- (2) 步驟二「外觀造形」仿繪：應用外觀造形之形態特徵、色彩特徵和肌理特徵，若與內部原理達成知識的連結，即能打破依照表面眼見為憑的慣性觀察，加深思考的深度，從物種造形之「形態、色彩與肌理」等思考著眼，體驗大自然的美學涵養，藉以將外觀的感官美感與內在情意感受達成連結，促進感性的水平思考。
- (3) 步驟三「觀察力」應用：從步驟一的理解操作和步驟二的局部仿繪，奠定仿生觀察思維的觀察基礎，並應用於物種角色創作時，大幅提高觀察力的發展與應用，使得形態仿生觀察法顛覆一般觀察模式，以非慣性方式改變觀察，並透過觀察力的提升培養創造力，藉以達成美國心理學之父 William James

主張觀察能培養創造力，而非習慣性的方式觀察事物，為天才的一種境界。

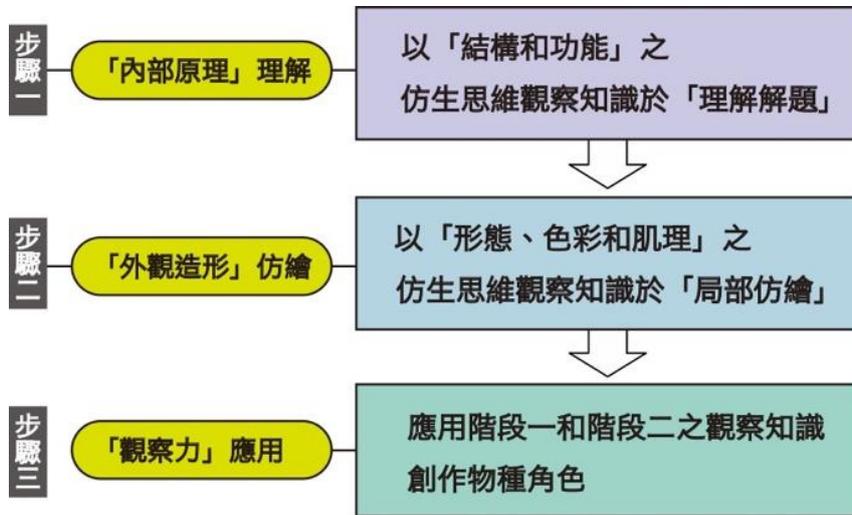


圖 5. 形態仿生觀察法步驟圖

2. 結合形態仿生於形態仿繪之教學模式：「骨骼結構知識→外觀造形知識→形態仿生創作應用→評量觀察成效」之四階段滾動修正循環模式。

此教學模式整合本研究發展的觀察知識理論，與觀察教學學習單，有別於學童舊經驗的觀察方式，藉由觀察力教學研究分析呈現之顯著性，說明形態仿生觀察法能提升具體運思期兒童的觀察創作表現。本研究將研究過程的架構延伸發展為形態仿繪仿生之教學模式分為四階段解析，如圖 6 所示。

- (1) 階段一「預備知識」：骨骼結構知識

於本階段進程中，課程之目標 內涵為教師於課前先建立形態仿繪與仿生觀察知識，為所觀察物種彙整觀察之知識理論，並後續從知識理論進展為教導學生觀察之學習單的內容方法。

- (2) 階段二「仿繪行動」：外觀造形知識

從階段二的階段進程為認知知識，透過學習單步驟引導，主動探索觀察物種之內部結構功能和外觀之局部特徵，依照學習單逐步操作形態仿生觀察法。

- (3) 階段三「轉化知識」：形態仿生創作應用

此階段為學生在課堂中應用階段二所學，進階應用形態仿生知識，轉化於物種角色設計創作，彰顯物種特徵。

- (4) 階段四「驗證知識」：評量觀察成效

教育行動不斷地回饋及改進的歷程和結果為課程發展重要環節，故階段四之階段進程，為課後教師分析學生自評，並由專家檢核學生作品，雙管齊下以驗證形態仿生應用於觀察成效，使形態仿生因著提升觀察力之教育目標，滾動修正教學理論的實際行動，促進課程之教學模式不斷地精進以達更卓越之教學成效。

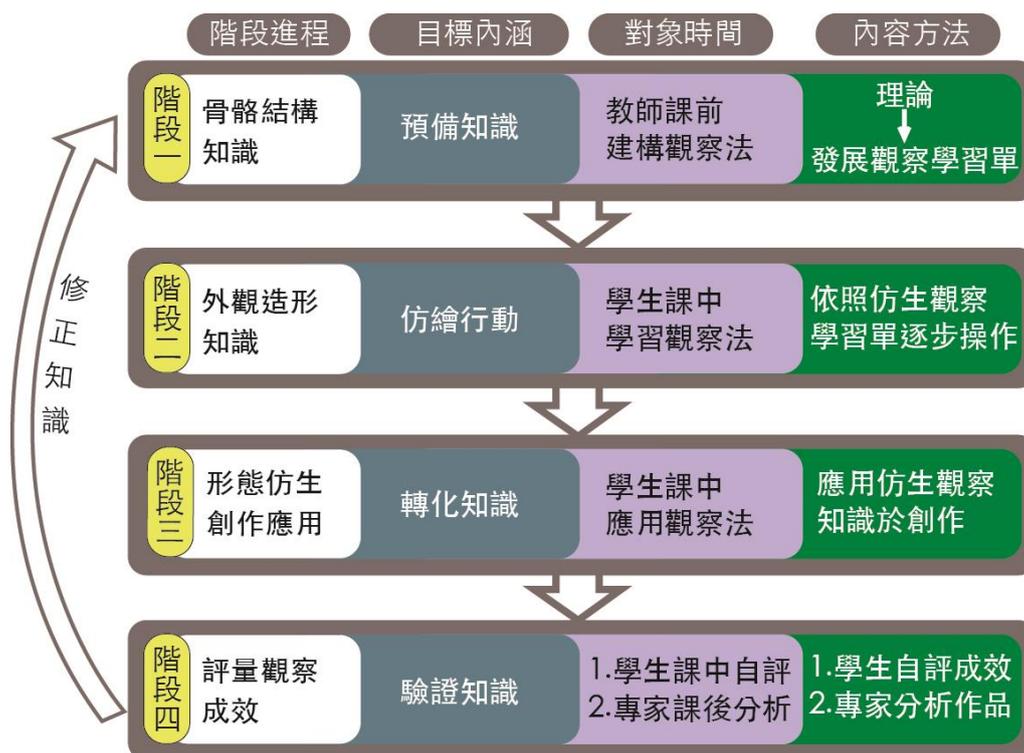


圖 6. 形態仿生觀察力教學模式圖

3. 形態仿生觀察力教學以科學方式觀察局部特徵，提高多數兒童對物種「特徵的理解與操作」能力。

從本研究將仿生思維轉化為形態仿生觀察奠定實驗組觀察基礎，測試學童對於諸羅樹蛙特徵的造形表現之影響，無論在學童主觀自評或專家檢評的客觀分析，均可發現「形態仿生觀察力教學」之實驗組，於多數題項顯著高於「外觀觀察力教學」的對照組。

在具備顯著性的題項中，對學童愈陌生或細微的特徵：鼓膜、顫褶和微小顆粒肌理等題項，雖具顯著性，但兩組在此三題分數，同屬平均值偏低之題項。然而經過形態仿生觀察力教學的實驗組，依然能保持在中間值 3 分以上或甚至更高分。當實驗組以形態仿生觀察方法學習時，局部的觀察仿繪，對於較陌生名詞與圖像的認知理解，比起一般表象觀察的對照組，更能即時呈現當下的學習果效。

從專家檢評的卡方檢定結果亦得知，60%的題項達顯著性，包含「側邊白色褶線、蹼、鼓膜、顫褶、皮膚微小顆粒的肌理」等特徵的實際應用，其中對照組最低分題項為「鼓膜、顫褶和皮膚微小顆粒的肌理」，此與學童自評的 t 檢定同屬對照組得分最低之題項。然而學生主觀自評與專家檢評之間亦存在落差，包含「吸盤、腳趾數量前四後五、關節可彎曲和鳴囊」等四個題項，表示理解與實際操作之間存在差異性。

根據 Jenó 等人 (2019) 針對生物學學生識別物種的研究表示，學生識別的分數低主要在於識別物種方面的經驗不足。觀察力為視覺藝術創作基礎，因此本研究依據不同的觀察力學習方式，也在這當中造成識別物種特徵之經驗層次的落差。實驗組依循學習單引導複習，以逐題操作探索局部特徵之結構、功能、形態、色彩和肌理，累積細微的觀察識別經驗；而對照組跟隨教師的口頭複習答題，認知後的實際操作經驗少於實驗組。

形態仿生對於觀察力之影響，從視覺感知的學習過程中，能針對局部特徵對焦強調複習物種特徵，讓學童能有目的地搜尋已認知的圖像，以進行圖形辨別→記憶→視覺認知，故能在創作時，更細膩建構

新認知的圖像。而一般表象觀察力教學時，則以整體觀察的方式進行整體仿繪，雖然教學過程透過師生口頭互動與放大圖片複習物種特徵，但並未將觀察的對象予以知識條理化的科學邏輯式呈現，因此學童仍以習慣性的制式觀察進行學習，缺少科學方式加以體驗其信息並理解涵義(Kandel, 2018)。

具體運思期的兒童，如何在學習新圖像時，更具學習成效，本研究提供的形態仿生觀察法可作為一種新的嘗試，讓此階段兒童以更貼近其認知發展的類包含思維方式進行觀察，並滿足繪畫發展寫實前期階段喜愛挑戰寫實觀察之渴望。

儘管因形態仿生之新觀察法介入，而輔助當下提升對物種特徵的認知能力，但並不代表能相對提升平常觀察事物的表現，因此無法從本研究的實驗的小範圍推測至整體的觀察力。誠如神經科學家 Kandel (2018)闡述：「科學如何能夠為我們體驗藝術作品的方式提供信息並尋求理解其涵義，在記憶到認知，以及體驗藝術中內化，使理解其含義仍需要不斷練習與時間的淬鍊。」。若欲達到形態仿生觀察法之內化實踐，經驗的反覆累積仍是必要的，視覺藝術課堂中，由教學者建立細部觀察的教材，以「豐富學童的觀察經驗」，如此才能「跳脫制式的整體觀察模式」，幫助學童以更具體地理解觀察物種。

故教師應有目的引導學生的視覺感知(Warren, 1993)，提供圖像並給予觀察物之內隱實質，讓學生的觀察不限於「圖形辨識」，而是發展至更高層次的「記憶」，進而從中具體思考產生「視覺認知」，藉由科學邏輯方式找出細部特徵，創造美感新體驗。

5-2 建議

1. 形態仿生觀察法之進階發展：不同年齡層之認知發展迥異，不同之觀察物種特徵亦差異甚遠，因此形態仿生觀察法應隨著學齡與觀察物種不同而滾動修正，使形態仿生觀察力教學模式能經歷多方驗證，而具備延續性和穩固性，發展更多非習慣性觀察方法，締造更多精進觀察力新契機，與探索更多學習之可能性。
2. 建立形態仿生觀察資料庫：十二年國教藝術領域核心素養「藝-E-C1」之具體內涵為「識別藝術活動中的社會議題」，其中包含關懷自然生態與人類永續發展之議題。本研究結合研究案例所屬學校之保育物種「諸羅樹蛙」來進行寫實繪畫觀察，希冀本研究能延續在地特色之觀察創作，激發學童在地情懷和保育意識，根基於國內現存記錄台灣物種之網站，例如台灣生物多樣性網絡、台灣物種名錄等，並進一步建立台灣生物多樣性之形態仿生觀察資料庫，透過互動媒體設計，實踐素養導向的自主行動及具體化學習歷程。

參考文獻

1. Silverstein, A., & Silverstein, V. B. (1970). *Bionics: Man Copies Nature's Machines*. McCall Publishing Company.
2. Brewer, C. A., & Smith, D. (2011). *Vision and Change in Undergraduate Biology Education*. Washington. American Association for the Advancement of Science.
3. Carlson, A. (2005). *Aesthetics and the environment: The appreciation of nature, art and architecture*. Routledge.
4. David, A. (1979). *Life on Earth : A natural history*. Collins.
5. Eitel, A., & Scheiter, K. (2015). Picture or text first? Explaining sequence effects when learning with pictures and text. *Educational Psychology Review*, 27 (1), 153-180.
6. Emami, J., Tashakori, M., & Tashakorinia, Z. (2008). Bionic design in industrial design education at university of Tehran. *The 10th International Conference on Engineering and Product Design Education*. University Politecnica De Catalunya.
7. Kennedy, E., Fecheyr-Lippens, D., Hsiung, B. K., Niewiarowski, P. H., & Kolodziej, M. (2015). Biomimicry: A Path to Sustainable Innovation. *Design Issue*, 31 (3), 66-73.
8. Federle, W., Barnes, W.J.P, Baumgartner, W., Drechsler, P., & Smith, J.M. (2006). Wet but not slippery: boundary friction in tree frog adhesive toe pads. *Journal of the Royal Society Interface*, 3 (10), 687-699.
9. Ge, X., & Er, N. (2005). An online support system to scaffold real-world problem solving. *Interactive Learning Environments*, 13 (3), 139-157.
10. Gorb, S., & Beutel, R. (2001). Evolution of locomotory attachment pads of hexapods. *Naturwissenschaften*, 88, 530-534.
11. Haury, D. L. (2002). Fundamental skills in science: Observation. *ERIC Digest*. ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education.
12. Hee, O. C. (2014). Validity and Reliability of the Customer-Oriented Behaviour Scale in the Health Tourism Hospitals in Malaysia. *International Journal of Caring Sciences*, 7 (3), 771-775.
13. Hwang, G. J., Chu, H. C., Shih, J. L., Huang, S. H., & Tsai, C. C. (2010). A decision-tree-oriented guidance mechanism for conducting nature science observation activities in a context-aware ubiquitous learning environment. *Educational Technology & Society*, 13 (2), 53-64.
14. Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. HarperTrade.
15. Jenö, L. M., Vandvik, V., Eliassen, S., & Grytnes, J. A. (2019). Testing the novelty effect of an m-learning tool on internalization and achievement: A Self-Determination Theory approach. *Computers & Education*, 128, 398-413.
16. Thomson, J. R. (1963). Current Applications of Biological Science : Part I. Bionics. *BIOS*, 34 (2), 60-68.
17. Kandel, E. (2016). *Reductionism in art and brain science: Bridging the two cultures*. Columbia University Press.
18. Knight, L. (2010). Why a Child Needs a Critical Eye, and Why the Classroom is Central in Developing It. *The International Journal of Art & Design Education*, 29 (3), 236-243.
19. Livingstone, M. (2014). *Vision and Art: The Biology of Seeing*. Abrams.
20. Lowenfeld, V., & Brittain, W. L. (1987). *Creative and Mental Growth* (8th ed.). Macmillan.

21. Matthäus, F., Matthäus, S., Harris, S., & Hillen, T. (Eds.). (2020). *The Art of Theoretical Biology*. Cham: Springer.
22. Oguz-Unver, A., & Yurumezoglu, K. (2009). *A Teaching Strategy for Developing the Power of Observation in Science Education*. Online Submission.
23. Piaget, J. (1964). Cognitive development in children: Piaget. *Journal of Research in Science Teaching*, 2 (2), 176-186.
24. Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The psychology of the child*. Basic Books.
25. Rolston, H. (2000). Aesthetics in the Swamps. *Perspectives in Biology and Medicine*, 43 (4), 584-597.
26. Sullivan, P. B., Buckle, A., Nicky, G., & Atkinson, S. H. (2012). Peer observation of teaching as a faculty development tool. *BMC Medical Education*, 12, 1-6.
27. Sagarin, R., & Pauchard, A. (2012). *Observation and ecology: Broadening the scope of science to understand a complex world*. Island Press.
28. Seki, T., Furusho, H. & Takada, H. (2010). *Luigi Colani Concept Design Of Tomorrow - ルイジ・コラーニ第4集*. Tokyo: 三才書房.
29. Warren, M. (1993). A hierarchical model for evaluation and treatment of visual perceptual dysfunction in adult acquired brain injury, part 1. *American Journal of Occupational Therapy*, 47 (1), 42-54.
30. XIAO, L. J., WANG, X. J., & Quan, L. I. (2010). Bionic design of the surface morphology of rubber bush covered on driving drums. *Advances in Natural Science*, 3 (2), 120-127.
31. Khan, A. (2020)。仿生設計的大未來:人類進步的下一個關鍵(周沛郁譯)。如果。
32. Diane, E. P., & Sally, W. O. (1994)。兒童發展(黃慧真譯)。桂冠。
33. 王文科、王智弘(2014)。課程發展與教學設計論。東華。
34. 伊彬、邱佳勳、陳翊慈(2019)。低視力兒童繪畫表現特徵與教學策略初探。藝術教育研究, 37, 1-48。
35. 江潤華(2002)。仿生設計與產品語意在造形關聯性之初探。中華民國設計學會2002年設計學術研究成果研討會論文集。國立臺灣科技大學。
36. 吳仁邦(2007)。「台南市永康區三崁店糖廠舊宿舍諸羅樹蛙保護議題」投影片。
37. 吳統雄(1985)。態度與行為研究的信度與效度 - 理論、反應、反省。民意學術專刊·夏季號, 29, 53。
38. 林文燦、鄭先祐(2009)。諸羅樹蛙的鳴叫類型。環境生態學報, 2 (1), 33-51。
39. 孫寧娜(2010)。仿生設計。董佳麗(主編)。湖南大學。
40. 張春興(2001)。教育心理學。東華。
41. 張添洲(2000)。教材教法-發展與革新。五南。
42. 莊孟憲(2014)。台南市諸羅樹蛙棲地生態調查及規劃案期末報告。臺南市政府農業局。
43. 許育齡(2020)。探究想像力帶動美感知覺與經驗發展的學習方案設計與實踐研究。教育研究集刊, 66 (4), 1-38。
44. 郭禎祥(1992)。中美兩國藝術教育鑑賞領域實施現況之比較研究。師大學報, 37, 579-707。
45. 陳江河、賴榮孝、賴榮正、鍾愛幸、陳樹德等(2016)。2016 諸羅樹蛙棲地保育計畫成果報告。荒野保護協會。
46. 陳金桃(2017)。擬人化科普繪本對小學童概念學習之影響 - 以青蛙主題為例(未出版之碩士論文)。

- 國立彰化師範大學科學教育研究所。
47. 陸維元 (2019)。國民中小學攝影教學應用與問題之探索性研究：12 位教師的觀點。《藝術教育研究》· 37 · 83-133。
 48. 楊懿如 (2016)。共護臺灣蛙蛙世界。《科學發展》· 522 · 12-18。
 49. 董奇 (1993)。《兒童創造力發展心理》。五南。
 50. 管倖生、阮綠茵、王明堂、王藍亭等 (2018)。《設計研究方法(第四版)》。全華。
 51. 蔡志浩 (2017 年 11 月 1 日)。《使用者研究：從發現到驗證》。Design Information & Thinking Lab。
<http://www.ditldesign.com/news/2017/10/22/--1>。
 52. 蔡清田 (2017)。《核心素養的課程發展》。五南。
 53. 謝佩君 (2020)。《序列圖與禁止圖故事教學對兒童防火認知影響之研究》(未出版之博士論文)。國立雲林科技大學設計學研究所。
 54. 謝煒智 (2004)。《諸羅樹蛙群集展示行為之研究》(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學生命科學研究所。
 55. 霜田靜志 (しもだ せいし) (1993)。《兒童畫的心理與教育 (兒童画の心理と教育)》(蔡金柱、李瑞民譯)。世界文物。(原作 1960 年出版)

附錄

附錄 1 本研究之專家列表

專家編號	專業領域簡介	備註
A	生態保育專家-社區大學環境行動研究員33年	文獻觀察物種之專家訪談
B	生物學家23年-生態公司負責人	文獻觀察物種之專家訪談
C	小學美術教育7年	設計圖之專家檢評

附錄 2 形態仿生之諸羅樹蛙觀察力自評問卷對應分析

題號	題目敘述	題型說明	形態仿生對應類型
1	我了解諸羅樹蛙最主要特徵是從嘴巴到尾椎的「側邊白色褶線」。	諸羅樹蛙主要	色彩、形態
2	我能將「側邊白色褶線」特徵畫出來。	辨識特徵	色彩、形態
3	我能將樹蛙發達的「吸盤」特徵畫出來。	樹蛙獨特構造	形態、功能
4	我能將降落時幫助平衡的「蹼」特徵畫出來。	樹蛙獨特構造	形態、功能
5	我能將聽辨聲音的「鼓膜」特徵畫出來。	青蛙聽覺器官	形態、功能
6	我能將明顯的「顛褶」特徵畫出來。	及其旁的特徵	形態
7	我能將腳趾頭數量「前四後五」正確畫出來。	骨骼數量	形態、結構
8	我能應用「關節可彎曲」的功能，幫助動作更生動。	骨骼關節特徵	結構、功能
9	我能將背部皮膚的「微小顆粒」肌理畫出來。	皮膚質感	肌理
10	我知道雄的諸羅樹蛙有「鳴囊」發聲構造，屬於咽下單一鳴囊。	雄蛙獨有的鳴叫構造	形態、結構、功能

附錄 3 實驗組-結合形態仿生於形態仿繪之學習單(P1)-內部原理

諸羅樹蛙特徵觀察學習單P1

Step1 :連連看 將青蛙骨骼的說明連到正確的位置。

下圖是諸羅樹蛙骨骼的模擬圖片，●是大關節 ●是小關節，○代表連連看說明的位置

後肢比前肢長，且更有力，用於跳躍

轉頭時動到脊椎連接頭的關節

腳趾數量：前肢四隻、後肢五隻(前4後5)，在樹上可抓握樹枝

嘴巴關節在覓食時會開闔

大關節數量後肢比前肢多一個

最長的腳趾頭是「無名指」

Step2 :填填看



部位	我的觀察理解填一填
骨骼 (長短數量)	1. 後肢和前肢哪一個比較長? () 2. 關節數量:前肢()個大關節、後肢()個大關節。 3. 腳趾數量為前()後()，後肢腳趾的無名指最長。
後肢	肌肉收縮釋放的瞬間大動作可以做什麼活動? (<input type="checkbox"/> 跳躍或 <input type="checkbox"/> 爬)
長腳趾	樹蛙的長腳趾，可輕易()樹枝，利於樹上生活。
吸盤	發達的腳趾吸盤，表皮墊分泌的粘液可()於光滑垂直面。
舌頭	舌頭的伸縮功能，能瞬間捕捉飛行昆蟲來()。
鳴囊	公蛙的發聲構造，屬(<input type="checkbox"/> 單 或 <input type="checkbox"/> 雙)咽下鳴囊，會發出一連串響亮的「 滴……」聲，接著為 3-8 聲連續的短促「各各……」之聲音。
鼓膜	蛙類的聽覺器官，(<input type="checkbox"/> 公或 <input type="checkbox"/> 母)蛙聽雄蛙鳴叫的聲音吸引前來。
蹼	跳躍降落時像降落傘功能，幫助()和()

()年()班 ()號()

附錄 4 實驗組-結合形態仿生於形態仿繪之學習單(P2)-外觀美感

諸羅樹蛙特徵觀察學習單P2

Step3：局部畫畫看 根據各部位的特徵說明，在框框中模仿畫出來。

眼睛和耳朵：黑眼球外包著一層草綠色的「虹膜」，眼睛旁邊還有突起的一條皺摺「**顛摺**」，顛摺下方有「**鼓膜**」可聽辨聲音。

前腳趾：4支
有「**吸盤**」
吸盤有分泌黏液的「**表皮墊溝槽**」結構

趾間有「蹼」。
後腳趾：5支

圖 / 莊孟憲

皮膚：背部大多是黃綠色，佈滿雞皮疙瘩的小小顆粒。

從嘴巴到尾椎環繞一圈的「**白線**」，是諸羅樹蛙主要特徵，白線以下的腹部是白色或淡粉紅色。

鳴囊：
雄蛙才有的，求偶時才會連續鳴叫「**一兮一.....**」，屬於鳴囊類型的「**咽下單一鳴囊**」。

莊勝凱 攝影

()年()班 ()號()

附錄 5 對照組-外觀造形之觀察仿繪學習單



諸羅樹蛙特徵觀察仿繪學習單

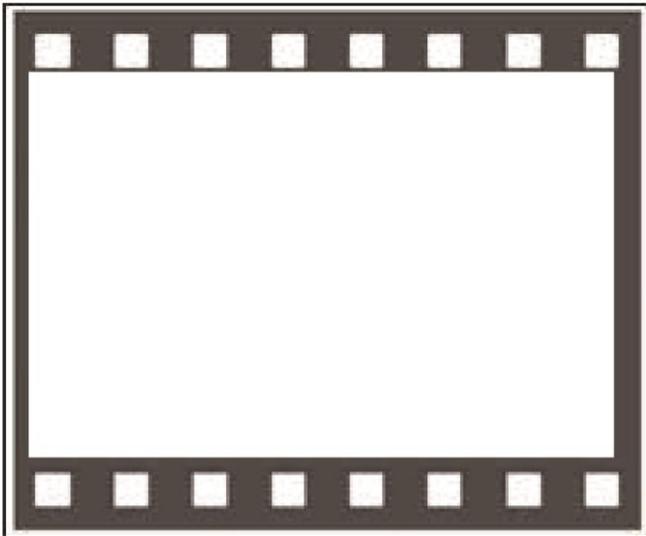
仔細觀察投影片和上面諸羅樹蛙之放大圖，根據介紹過的諸羅樹蛙特徵，在框框中模仿畫出其中一隻諸羅樹蛙。



附錄 6 實驗組與對照組相同學習單-諸羅樹蛙角色設計



諸羅樹蛙角色設計學習單



我是設計師：請設計獨一無二的諸羅樹蛙男主角，要盡可能畫出諸羅樹蛙的特徵，並將腳趾數量全部畫出來，可以發揮創意讓角色更有趣喔!

我的諸羅樹蛙男主角名字是

牠的特色是

_____ (雄蛙實際的身體長度大約 5公分)

()年()班 ()號()

附錄 7 實驗組與對照組之角色造形設計作品

實驗組之諸羅樹蛙角色造形設計作品

<p>A1</p> 	<p>A2</p> 	<p>A3</p> 	<p>A4</p> 	<p>A5</p> 
<p>A6</p> 	<p>A7</p> 	<p>A8</p> 	<p>A9</p> 	<p>A10</p> 
<p>A11</p> 	<p>A12</p> 	<p>A13</p> 	<p>A14</p> 	<p>A15</p> 

控制組之諸羅樹蛙角色造形設計作品

<p>B1</p> 	<p>B2</p> 	<p>B3</p> 	<p>B4</p> 	<p>B5</p> 
<p>B6</p> 	<p>B7</p> 	<p>B8</p> 	<p>B9</p> 	<p>B10</p> 
<p>B11</p> 	<p>B12</p> 	<p>B13</p> 	<p>B14</p> 	<p>B15</p> 

Research on Observation Teaching Model Combining Form Bionics with Form Imitation Drawing

Fong-Chun Lin^{1*} Shyh-Huei Hwang² Chao-Ming Wang³ Ting-Yun Lo⁴

^{1,2}Graduate School of Design, National Yunlin University of Science and Technology

³Department of Digital Media Design, National Yunlin University of Science and Technology

⁴Department of Industrial Design, Fujian University of Science and Technology

*linesther33@gmail.com

Abstract

Senior students often take "painting likeness" as the benchmark for realistic painting performance, but they feel discouraged due to the lack of practical methods, which leads to the weakening of painting motivation year by year. At this stage of cognitive development, children must have concrete objects to assist thinking and operations. This study hopes to improve the realistic performance of senior students' painting observation, so it conducts a design teaching model that intervenes in scientific observation and realistic observation of painting, use morphological imitation to observe the details of paintings in morphological imitation painting, experimental teaching was also used to analyze whether the observation method can improve fifth grade students' mastery of the detailed characteristics of species. The independent sample t test and chi-square test were used to quantitatively verify the learning effectiveness of the morphological bionic observation method. The results were as follow: (1) The morphological bionic teaching method proposes first "understanding the internal" structure and function of an objet, then "imitating the appearance" of the objet, and finally conducting "morphological bionics" in character design ;(2) The teaching model that combines morphological bionics with form imitation drawing consists of four phases : "preparing knowledge → mimetic action → knowledge transformation → knowledge verification"; (3) The teaching of morphological bionic observation skills employs the scientific and logical observation of local features to enhance students' abilities to understand and manipulate forms. The results demonstrate that when instructors guide to apply scientific observation methods to realistic drawing, the students' ability to depict detailed features improves. Therefore, the observation method that combines morphological bionics with morphological imitation painting has achieved preliminary results. In the future, we will conduct in-depth analysis towards the continuity and stability of morphological bionics observation power.

Keywords: form bionics, form imitation drawing, observation ability, teaching model, visual art.