

**【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)**

教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE107146

學門分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：2018.08.01-2019.07.31

將三維列印與創造思考融入機械元件設計課程對學生創造力影響之研究/ The influence over creativity of students by integrating 3D printing and creative thinking into lectures of machine element design

電腦輔助機械設計與實習 II / Computer Aided Mechanical Design and practice II

計畫主持人(Principal Investigator)：楊政融

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立屏東科技大學/

機械工程系

繳交報告日期(Report Submission Date)：2019.08.24

## 將三維列印與創造思考融入機械元件設計課程對學生創造力影響之研究

### The influence over creativity of students by integrating 3D printing and creative thinking into lectures of machine element design

#### 一. 報告內文

##### 1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

機械元件設計課程是培育機械工程系學生擁有設計元件能力的重點課程。課程的學習成效將影響學生評估未來是否有能力擔任機械設計工程師的能力。機械設計在日常生活中的應用很廣泛，只要是生活中會動的物品都會牽涉到，譬如車輛、鬧鐘、果汁機、冷氣等。這堂課程的教育重點在強調學生可以完成兼具功能性與安全性的元件。然而，這是一件不是件容易的事情。進入此課程前須完成機械製圖(Mechanical Drawing)、靜力學(Statics)、動力學(dynamics)、機構學(mechanics)跟材料力學(material mechanics)跟電腦輔助科技(Computer aided technology)的課程學習。由目前的教學成果來看，學生在元件設計過程中自行創作元件上的能力不足和容易在虛擬與真實情境的轉換上產生障礙。創作能力不足可藉由老師在課程中增加創意思考內容與導引來改善；虛擬與實際情境的轉換則需由實體物件的製造來補足。受限於時間與成本的限制，3d 列印科技是一個很好引入的工具。

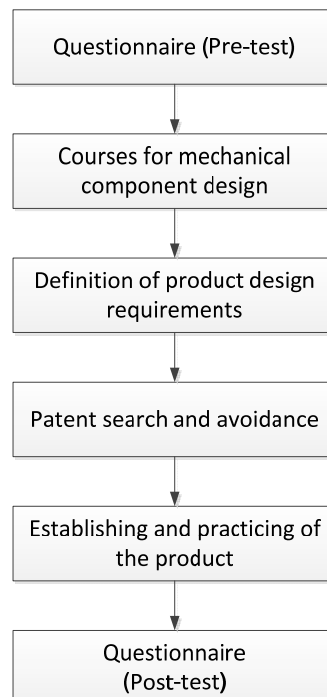
##### 2. 文獻探討(Literature Review)

在 2013 年，一個先期計畫將 21 台的 3d 列印機引入到 21 所學校中，透過 3d 列印機器進行教學。從多數學校的回饋報告中得知，3d 列印機器作為教學資源，是有潛力增加學生的學習動機，也增強了 STEM subjects 在推廣上的力量[1]。Makino 等人透過建構公共的數位製造空間 “Eki-Fab” 給予國中與高中學校學生探索與認知 3D 列印在數位製造的特性。針對大學生，則利用 PBL 的方式來學習了解 3D 打印機和建模技術之間的關係[2]。Makino 等人提出 3D 列印可以使用在 science, technology, engineering and mathematics (STEM) education 上。他們已哨子作為範例，透過更改哨子 CAD 圖的幾何尺寸並列印出來，來研究吹出來聲音的頻率與聲響上差異的狀況[3]。Bull 等人的研究提到，3D 列印技術使得在工程領域設計和製造的套件能夠通過相關實驗用於促進學習[4]。Hamidi 等人使用一系列實踐協作小組學習活動進行了一系列的學習體驗的設計跟實作，包括機器人、3d 建模與 3d 列印，讓學生更理解機電工程與計算機科學教育 [5]。Togou 等人執行 EU Horizon 2020 NEWTON project，建構了 NEWTON Fab Lab STEM，目標是評估使用 3d 列印作為支持工具的影響，以提高學生對 STEM 科目的興趣，最終統計 83%的學生喜愛整合 3d 列印課程到科學教育內[6]。Buehler 等人探索 3d 列印的幾項特殊功能，包括 STEM engagement, 無障礙課程內容創建教育輔助工具，以及製作定制自適應設備的可能性。從結果得知，治療師，以及希望實施的教育工作者和管理者這些設計

工具在特殊教育環境中都可使用[7]。Buehler 等人從 3D 列印導入特殊教育研究成果中發現，學生，教師和護理人員都可獲得益處。它包含三個服務於不同能力人群的位置，包括具有認知，運動和視力障礙的個體 [8]。Audette 等人探討在 ONR-funded project 中對國家海軍人士使用 3D 列印技術的回饋。海軍將 3D 列印用於逆向工程上，提高成員對計算機輔助設計，增材製造，產品生命週期管理和部件檢索等概念相關的技能。這個過程也推廣培養 STEM 知識和專業發展，讓船員通過創造性的設計方法解決問題[9]。Verner 與 Merksamer 探討學校老師利用一系列教育課程增加學生數位設計與製造的知識與技巧。從研究成果中得知，conceive-design-implement-operate (CDIO) approach 平衡學習教學基礎，培訓技術技能和教學實踐。該研究也表明，課程中的學習活動有助於發展視覺素養技能[10]。Garcia 等人探討 3d 列印技術在衛生教育上的應用。在解剖學上，外科醫生為由 3D 列印幾何的創建、優化列印參數、選擇合適的 3D 列印機器與材料來完成教學。這種過程可明顯改善學員在新一代外科醫生的知識與技巧在具有解剖學保真度的患者特异性模型由成像數據集創建 [11]。本研究目的是探討採用 3D 列印科技並搭配創新課程教授，以小型輔具設計為案例，來增加產品創意設計能力與改善學生對於虛擬與實際情況落差狀況。讓產業界實際進行產品設計的情境能在課堂上被呈現，減少學用落差。

### 3. 研究方法(Research Methodology)

小型輔具的開發課程內容包括:基礎元件設計、臨床需求觀察、專利前案檢索和學生分組與討論。在課程施行之前與結束後都給予問卷測驗，目的在於確認學習成效。下圖一為本研究的實施流程圖，課程內容的解釋依序在下面段落說明。



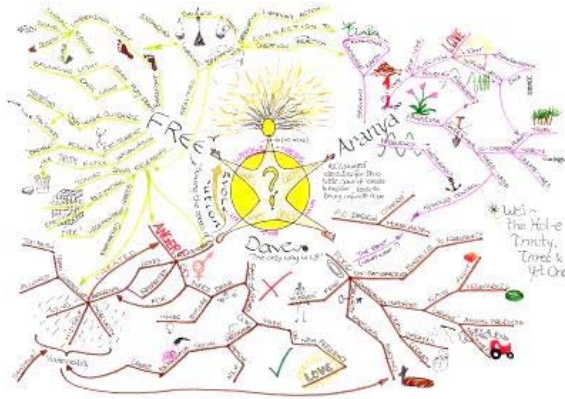
圖一、研究流程圖

### 3-1 基礎元件設計 Courses for mechanical component design

課程的規劃目標著重在教授元件安全性與功能性觀念，安全性部分的課程內容有不同形態負荷的設計，主要分析元件受力的方式所產生的破壞與疲勞壽命的狀況。功能性則有針對公差配合、鍵、聯軸器、齒輪四大部分內容解說，包括尺寸幾何設計和受力破壞的機制。

### 3-2 設計需求定義 (心智圖 Mind map) Definition of design requirements

課程的主軸在開發小型輔具。輔具的開發過程要考慮的要點很多，從臨床需求觀察到顧客需求定義，為了讓學生更明確鎖定目標與定義問題需求，採用了分析工具-心智圖。心智圖是使用一個中央關鍵詞或想法引起形象化的構造和分類的想法;它用一個中央關鍵詞或想法以輻射線形連接所有的代表字詞、想法、任務或其它關聯專案的圖解方式[12]。它可以利用不同的方式去表現人們的想法，如引題式，可見形象化式，建構系統式和分類式。它普遍地用作在研究、組織、解決問題和政策制定中。心智圖的範例如下圖。



圖二、心智圖[13]

### 3-3 專利前案檢索 Patent search and avoidance

從心智圖的輔助可明確定義出開發輔具的產品樣貌，而環顧市面上也早已有類似的產品在販售。為了正確區隔出新設計與市售產品的差異，透過專利前案的檢索與比對，就可以獲得雙方產品技術的差異性。專利比較的過程也可以創造出可能突破的技術亮點。獲得一個具備新穎性、進步性甚至是產業利用性的產品構思，也有機會在強化技術功能後，進一步申請到發明專利。專利前案的檢索我們使用了 google 專利搜尋跟中華民國智慧財產局網頁。

### 3-4 產品功能建立與實踐 Establishing and practicing of the product

學生分組討論是為了讓他們落實 pbl 的精神，一組人數為 4-5 位，推派一人為組長，負責與授課老師跟助教之間的溝通。有一人為紀錄，負責紀載團隊在專案開發過程中的資訊，並進到督促同儕進度執行的角色。組員們需依照時間規畫進度，找尋資料、討論並且繪製產品創作概念的 3d 圖以及完成 3d 列印。

### 3-5 問卷測驗 Questionnaire

學生的學習成效是讓學生進行問卷測試來確認。共分為兩次，一次在課程開始前施行，一次在課程結束後施行。藉由分析前後測的資料來進行討論。問卷的內容總共 23 題，每題可給予的分數為 1-5 分。1 分為非常不同意、2 分為不同意、3 分為普通、4 分為同意、5 分為非常同意。問題主要分成四個部分，包括“學習內容與技巧”、“團隊合作參與程度”、“任務達成”和“總結”。問卷的內容如下表一到表四。

表一、學習內容與技巧

1	我了解本專題教學的基本理念及課程設計
2	本專題的教學方式能增進我了解課程的教學內容及獲得該主題領域的知識
3	本專題的教學方式能幫助我將該主題領域的知識與以前所學習的知識鏈接
4	透過本專題教學方式，在解決問題的過程中，能促使我主動學習增加學習的動機
5	本專題能幫助我有效運用多元資訊來解決問題
6	本專題能提升我統整理論及實務的能力
7	本專題能提升我課程自我學習上的技巧
8	本專題能增進我批判思考的能力
9	在探討課程主題的過程當中，能提升我檢視問題技巧的能力
10	在探討課程主題的過程當中，老師能從中引導學生思考解決問題的方法

表二、團隊合作參與程度

11	透過本專題我能瞭解團隊合作對組織能力的訓練與發揮是相當重要的
12	針對本專題的主題，團隊組員彼此能相互協調、共同決定討論的方向並且進行分工合作
13	本專題教學方式能提升我與他人團隊合作與溝通的能力
14	在探討本專題課程主題的過程中，我能就蒐集的資料進行意見分享並與組員共同討論
15	在探討本專題課程主題的過程中，組員們能在討論中發揮不同的意見，讓我學習到不同的表達技巧

表三、任務達成

16	我與團隊成員對於本專題課程主題所要做工作內容，均能充分討論並且達成共識
17	在團隊的分工中，我能主動參與並且確實完成分配的工作任務
18	在本專題課程的學習中，我能妥善進行自我學習規劃與管理工作進度來提升我的學習的成效
19	本專題的教學方式能提升我解決問題的能力

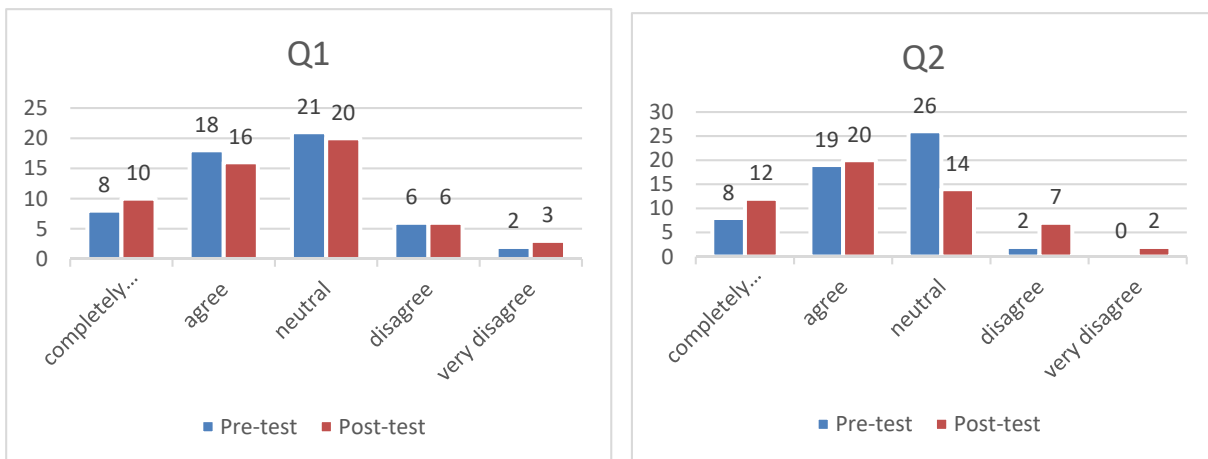
表四、總結

20	透過本專題的教學方式，能培養我獨立思考與團隊合作的能力
21	整體而言，本專題對於我的實務學習有正面的幫助
22	在本專題課程中我積極參與並認真學習
23	關於老師以本專題教學內的容，是否認為仍有改進的空間?

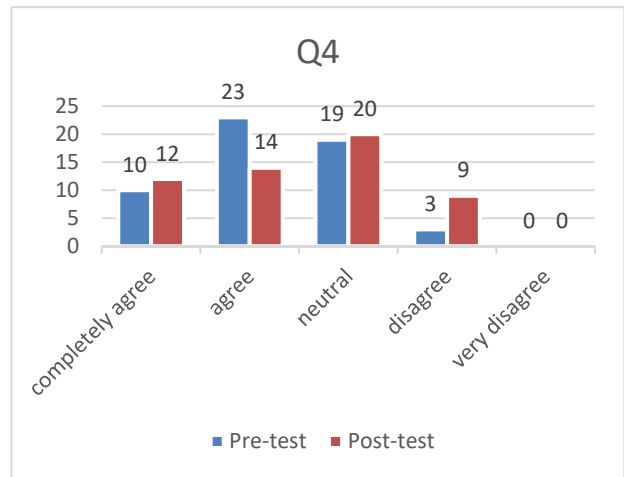
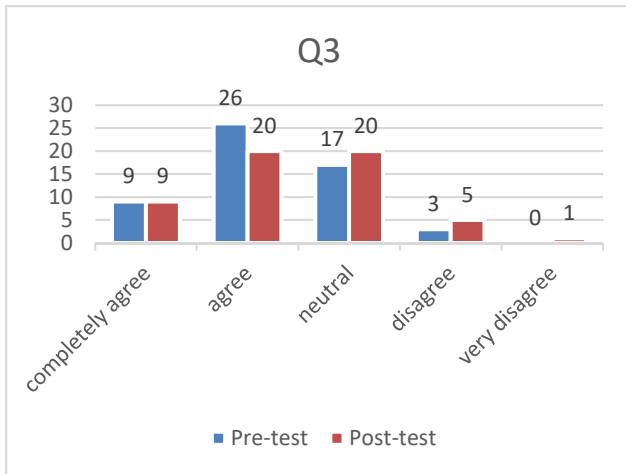
#### 4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

##### (1) 教學過程與成果

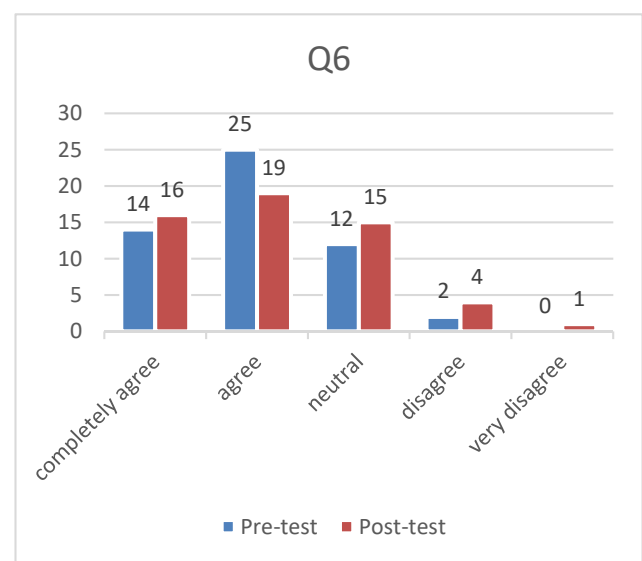
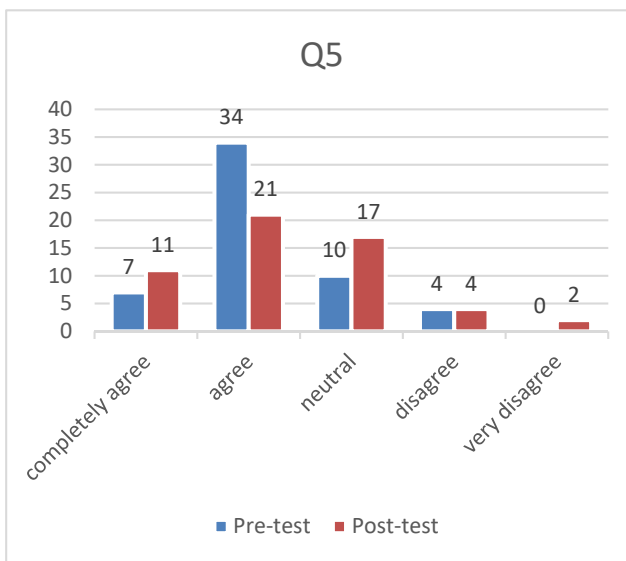
問卷統計結果分成四部分，圖三到圖七是第一部分”學習內容與技巧”的前後測結果。圖八到圖十是第二部分”團隊合作參與程度”的前後測結果。圖十一到圖十二是第三部分”任務達成”的前後測結果。圖十三到圖十四是第四部分”總結”的前後測結果。



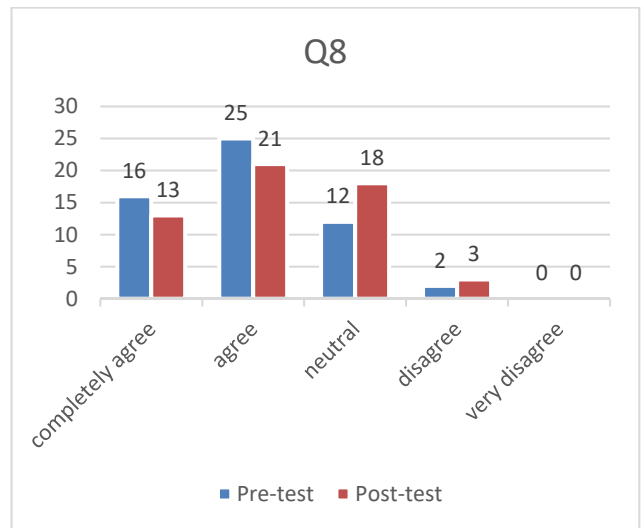
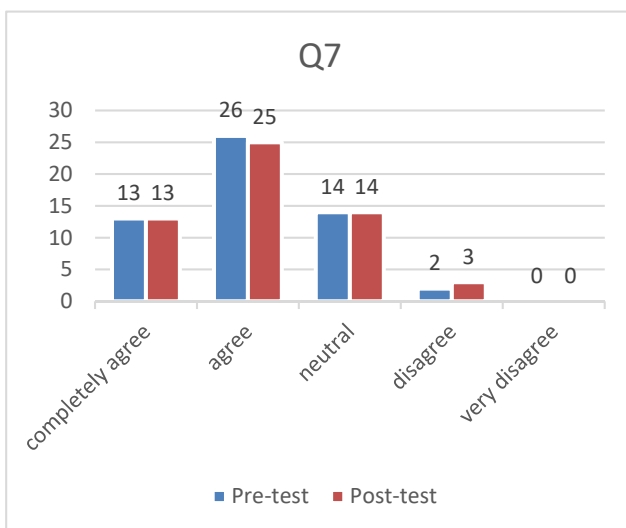
圖三、問題 1 與問題 2 的前後測統計結果



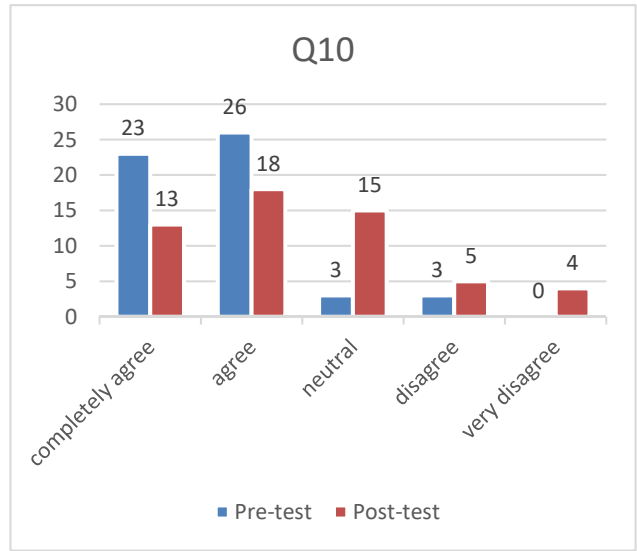
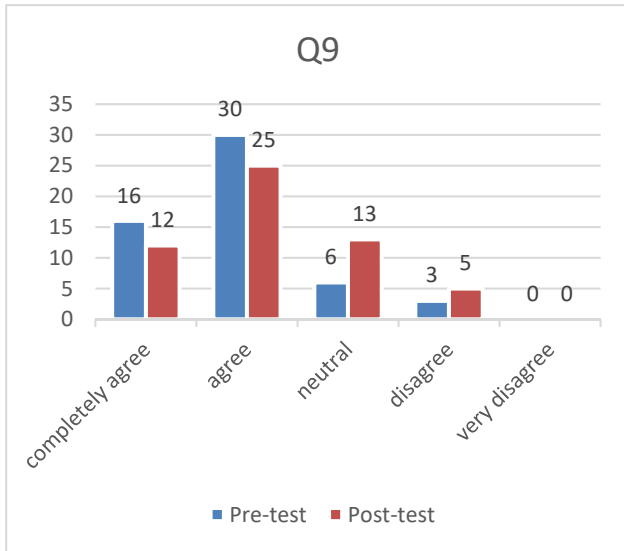
圖四、問題3與問題4的前後測統計結果



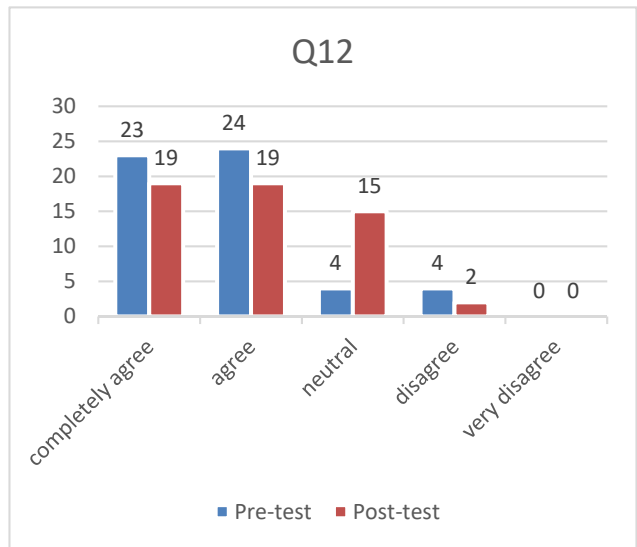
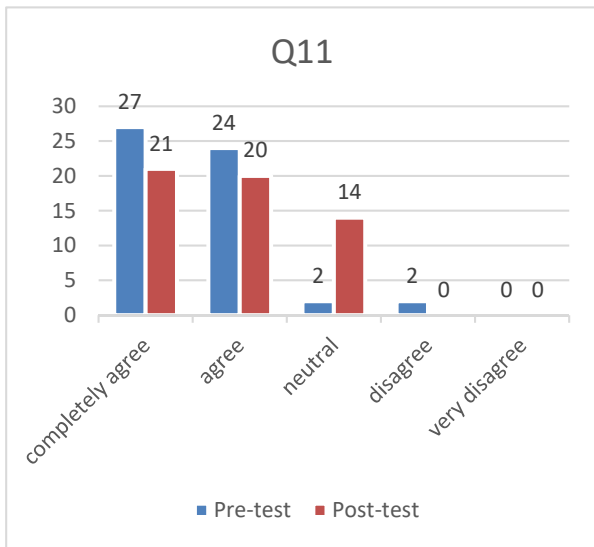
圖五、問題5與問題6的前後測統計結果



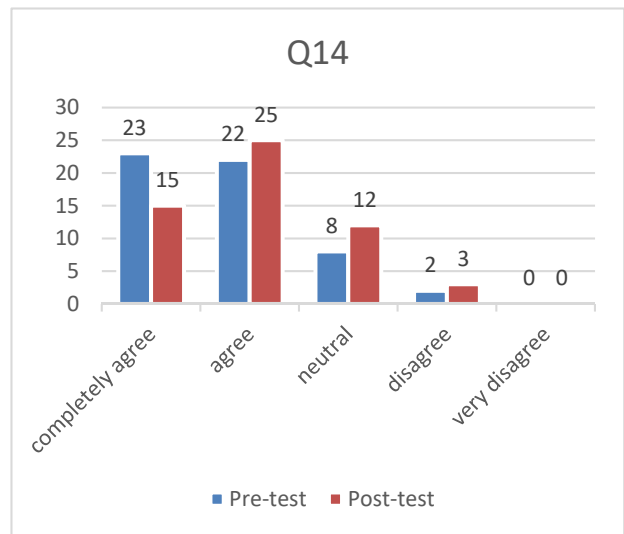
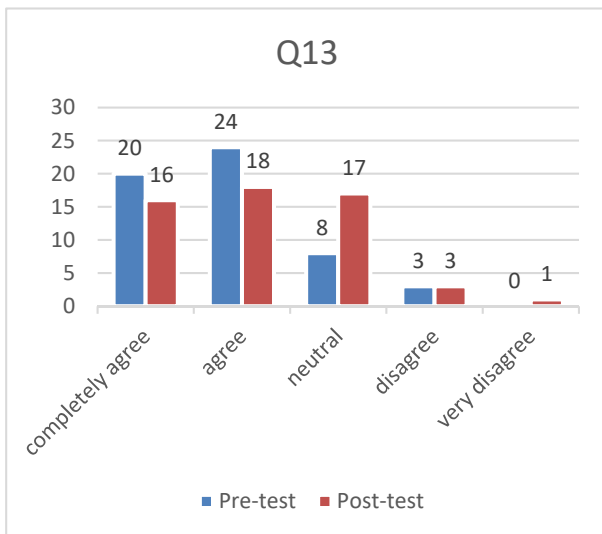
圖六、問題7與問題8的前後測統計結果



圖七、問題 9 與問題 10 的前後測統計結果

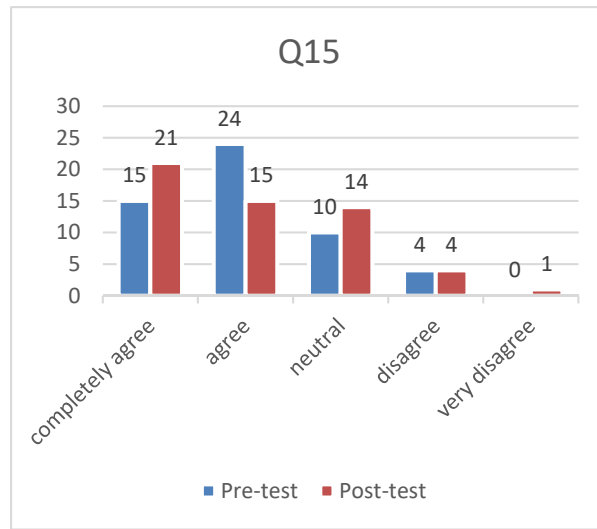


圖八、問題 11 與問題 12 的前後測統計結果

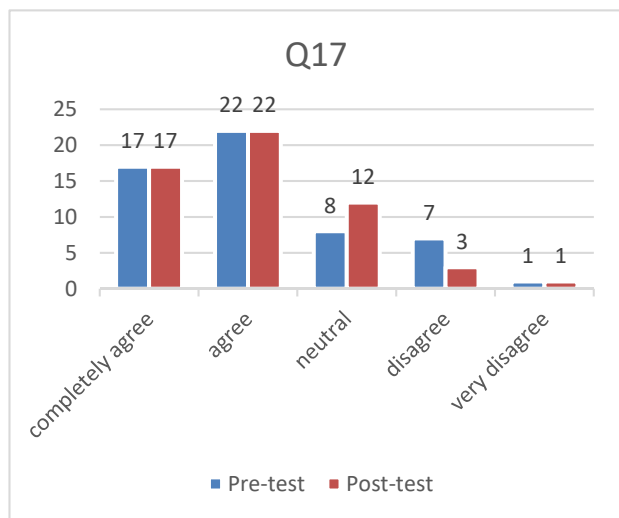
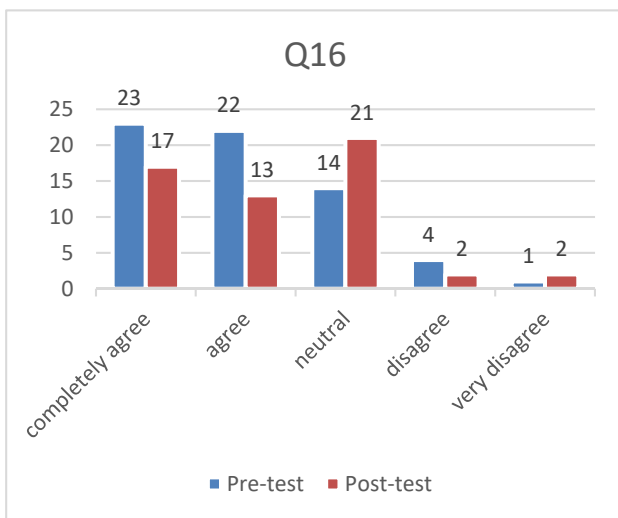


圖九、問題 13 與問題 14 的前後測統計結果

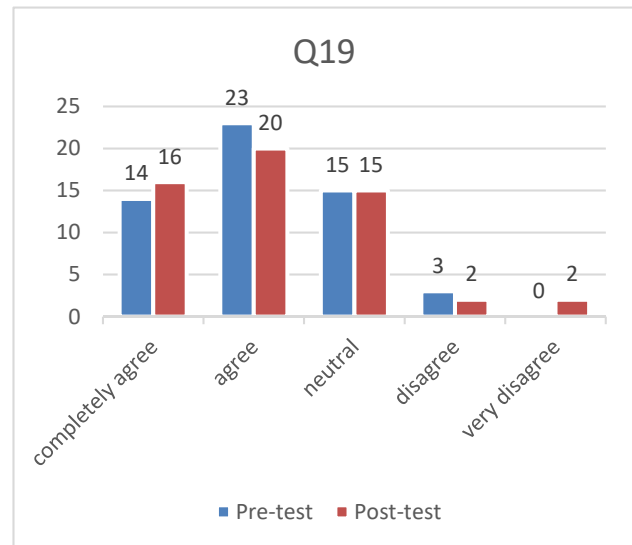
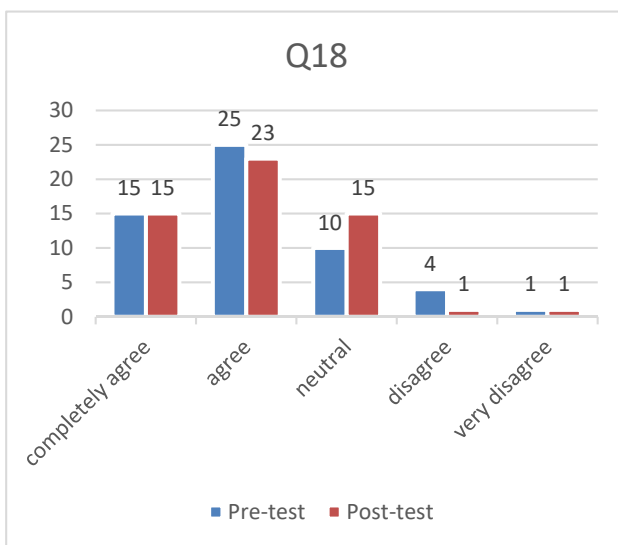




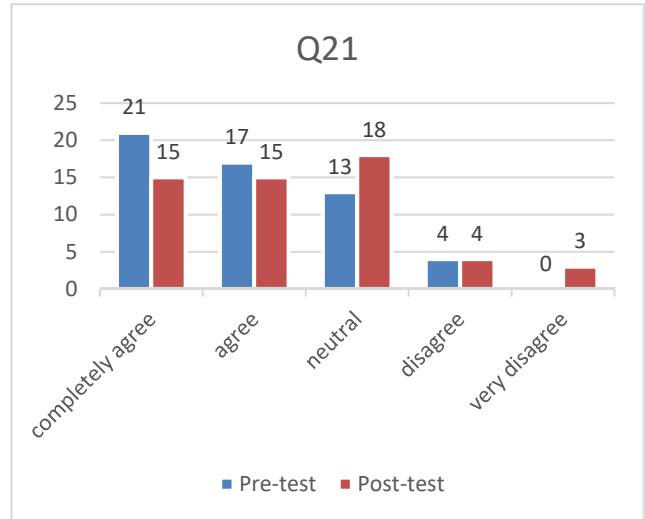
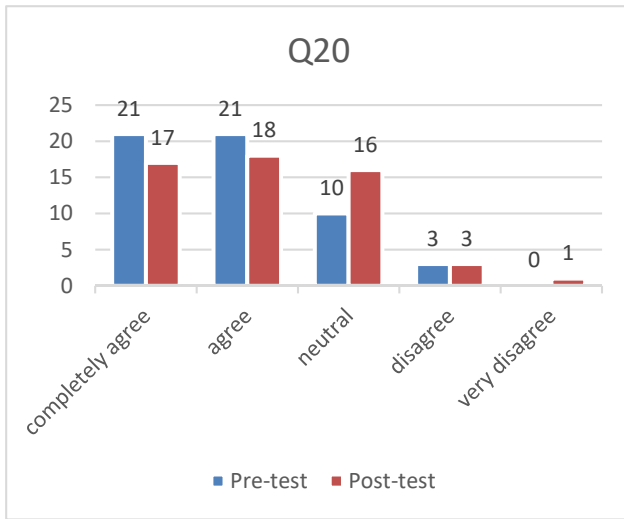
圖十、問題 15 的前後測統計結果



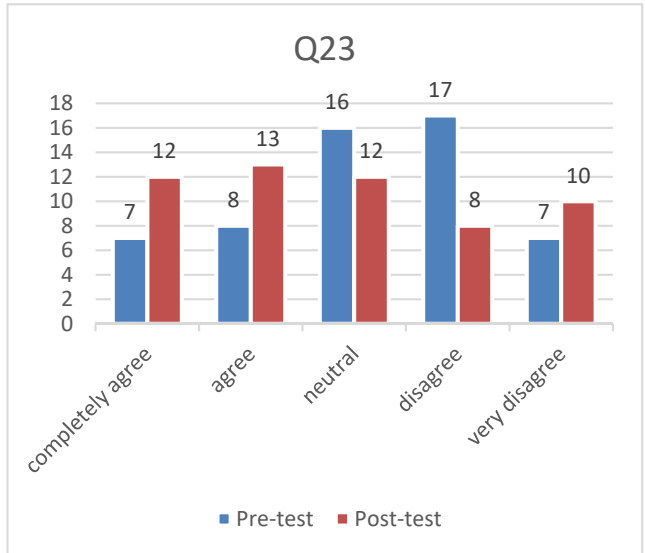
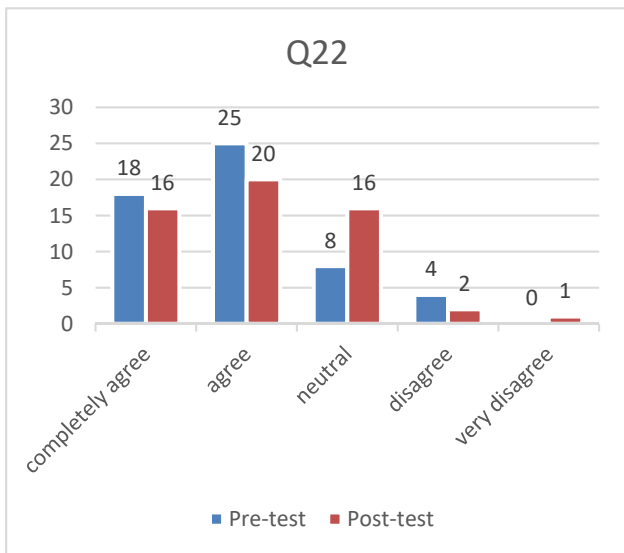
圖十一、問題 16 與問題 17 的前後測統計結果



圖十二、問題 18 與問題 19 的前後測統計結果



圖十三、問題 20 與問題 21 的前後測統計結果



圖十四、問題 22 與問題 23 的前後測統計結果

## (2) 教師教學反思

首先，3D 列印整合創意課程的實施對本研究所設定的成效指標，從 Q1 到 Q10 的調查資料，約有 50% 的學生在前測與後測的反應是認同。但若從前後的認同率來看，那這 10 個問題後測的認同率幾乎都是下降，其中又以 Q10 最為嚴重，下降了 33%。分析原因，推論是台灣教育方法的後遺症，因為學生已習慣由老師教導知識與技術。當 PBL 施教過程中，老師轉變成輔助角色，學生自主思考與尋找解法。這兩者的極大差異導致適應不良。第二，在建構創造力過程中利用團隊合作激發更多的創造力。從 Q11 到 Q15 的統計資料發現，有超過 60% 的學生的反應是認同的。然而，比較前後測趨勢也呈現下降，其中又以 Q11 跟 Q13 最為嚴重，減少了 18%。推論原因是學生受到傳統文化觀念的影響，認為太過於主動表達意見會讓別人覺得不好相處，寧願抱持少說少錯的方式進行團隊合作，只專注在完成被指派的任務，不熱衷於互相分享。

### (3) 學生學習回饋

共有三點。第一點是施行此創新教學的時間可以再延長，因為醫療器材設計是一門比較深的學問，必須要先花時間在熟悉醫療器材的定義與界定設計範圍，容易壓縮到後面設計與製作原型的時間。第二點是團隊合作的默契要再加強，因為很多人都是第一次進行產品設計與製作的合作，各自在能力與個性的磨合上都花了不少時間與功夫。第三點是希望業師可以在降低品質要求的門檻，畢竟學生沒有很多真實的產品設計與創作經驗，太尖銳/真實的評語容易打擊學生的自信心，這樣未必能夠真正激勵到我們。

## 二. 參考文獻(References)

- [1] The future of 3D printing in education The Engineer, website: <https://www.theengineer.co.uk/3d-printing-education/>
- [2] Masato Makino, Azusa Saito, Mai Kodama, Kyuuichiro Takamatsu, Hideaki Tamate, Kazuyuki Sakai, Masato Wada, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "3D printing in social education: Eki-Fab and student PBL," Proceedings Volume 10167, Nanosensors, Biosensors, Info-Tech Sensors and 3D Systems 2017; 101670W (2017) <https://doi.org/10.1117/12.2265037>.
- [3] Masato Makino, Kodai Suzuki, Kyuichiro Takamatsu, Atsuki Shiratori, Azusa Saito, Kazuyuki Sakai, Hidemitsu Furukawa, "3D printing of police whistles for STEM education," Microsystem Technologies, Volume 24, Issue 1, pp 745–748, January 2018.
- [4] Glen Bull, Hossein Haj-Hariri, Rosa Atkins, and Pam Moran, "An Educational Framework for Digital Manufacturing in Schools," 3D Printing and Additive Manufacturing, Vol. 2, No.2, 2015, <https://doi.org/10.1089/3dp.2015.0009>.
- [5] Foad Hamidi, Thomas S. Young, Josh Sideris, Ramtin Ardeshiri, Jacob Leung, Pouya Rezai, Barbara Whitmer, "Using Robotics and 3D Printing to Introduce Youth to Computer Science and Electromechanical Engineering," Proceeding CHI EA '17 Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems Pages 942-950, 2017.
- [6] M.A. Togou, C. Lorenzo, E. Lorenzo, G. Cornetta, G.M. Muntean, "Raising students' interest in stem education via remote digital fabrication: an irish primary school case study," Conference: EduLearn, At Palma de Mallorca, Spain, 2018.
- [7] Erin Buehler, Niara Comrie, Megan Hofmann, Samantha McDonald, Amy Hurst, "Investigating the Implications of 3D Printing in Special Education," ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS) - Special Issue (Part 2), Volume 8, Issue 3, May 2016.

- [8] Erin Buehler, Shaun K. Kane, Amy Hurst, "ABC and 3D: opportunities and obstacles to 3D printing in special education environments," Proceeding ASSETS '14 Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility, Pages 107-114, 2014.
- [9] Audette, M.A., Jovanovic, V., Bilgen, O., Arcaute, K., Dean, A.W.: Creating the Fleet Maker: a 3D Printing-centered STEM Learning Environment for the Stimulation of Innovative Thinking and Empowerment of Sailors, ASNE Day 2017 -Technology, Systems & Ships, Arlington, VA,2017.
- [10] Igor Verner, Amir Merksamerb, "Digital Design and 3D Printing in Technology Teacher Education," Procedia CIRP, Volume 36, 2015, Pages 182-186, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.041>.
- [11] Garcia J, Yang Z, Mongrain R, Leask RL, Lachapelle K, "3D printing materials and their use in medical education: a review of current technology and trends for the future.," BMJ Simul Technol Enhanc Learn. 2018 Jan;4(1):27-40. doi: 10.1136/bmjstel-2017-000234.
- [12] The Mind Map Book: How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential,Tony Buzan, Barry Buzan - 1996 - Plume New York
- [13] Mind map,  
website:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BF%83%E6%99%BA%E5%9B%BE>

### 三. 附件(Appendix)

無