

運用多元資訊科技強化自主學習的翻轉教室對「實驗小鼠的原則與基礎」之學習成效與學習參與之影響

The influence of the flipped classroom that uses multiple information technology to strengthen autonomous learning on the learning effectiveness and learning participation of the "Introduction to Laboratory Mice"

(PAG1110073)

申請機構	國立東華大學
服務系所(中心)	生命科學系
計畫主持人姓名	陳季緯
計畫主持人職稱	助理教授
申請學門/專案計畫	生技農科
計畫聯絡人名稱	陳季緯

摘要

生命科學領域的廣度和深度造成生命科學系學生學習效率不佳和被動學習習慣。翻轉教室是一種以學生為中心的教學模式，本研究以「實驗小鼠的原則與基礎」為教學實踐場域，透過資訊科技平台和模型教學鼠，加強互動和自主學習，並培養批判性思考和深度學習。本研究以「實驗小鼠的原則與基礎」為場域，運用翻轉教室模式，目標為提高學生對生命科學領域的興趣和學習成效。本研究施以前測與後測量表以及問卷量表，並與學習成效進行統計分析。本研究驗證的生命科學翻轉教室教學實踐之成效，能做為持續精進生命科學教材改良、師資再培訓之基礎，以嘉惠生命科學系領域學生的學習。這些研究成果可用於改良生命科學教材和教師培訓，以促進生命科學系學生的學習。

Abstract

The breadth and depth of the life science field contribute to poor learning efficiency and passive learning habits among life science students. The flipped classroom is a student-centered teaching model. In this study, we focused on the practical field of "Introduction to Laboratory Mice" and utilized information technology platforms and model teaching mice to enhance interaction and independent learning, as well as foster critical thinking and deep learning. By implementing the flipped classroom model in the context of "Principles and Fundamentals of Experimental Mice," our aim was to enhance students' interest and learning outcomes in the life science domain. Pre-tests, post-tests, and questionnaires were administered, and statistical analysis was conducted to assess learning outcomes. The effectiveness of the life science flipped classroom instructional practices validated in this study can serve as a foundation for continuous improvement of life science teaching materials and teacher training, benefiting students in the field of life science. These research findings can be utilized to enhance life science teaching materials and teacher training to promote learning among students in the life science field.

壹、前言

生命科學領域涵蓋範圍廣泛，新穎的技術和知識日新月異，生命科學相關科系的學生往往動輒得咎，不能習得不夠廣博，也不能習得不精實，常常在浩瀚無垠的知識翰海中迷失的學習的方向和動力，抑或是在課程結束或是畢業後，就不願意繼續自我充實、學習。而畢業後就業市場的競爭，更阻礙的生命科學相關領域的學生持續在生命科學界發展的意願。而我認為大學老師應該在此時此刻扮演熱情推動學習生命科學新知的火車頭，理應帶領學生培養自主學習的能力。生命科學領域在過去二十多年的台灣高教系統中一直是重點培育的領域。在基礎科學，台灣高教培育許多優秀人力和發表許多重要研究成果；在生技產業，台灣高教所培育的優秀人才也在世界發光發熱。尤其在新冠肺炎疫情肆虐全球的時代，培育優良且專精的生技人材更是重要之重。

本計劃案規畫建構新的教育模組，利用本人所教授的課程「實驗小鼠的原則與基礎」，運用多元資訊科技強化自主學習的翻轉教室對之學習成效與學習參與之影響。學生或許在課程初始時是有足夠專注力的，但教師若不能建立雙向的教學平台，也就是翻轉教室之概念，學生很容易因為各種原因分心。過去傳統教育的教材多為投影片，學生只有課本和筆記本在桌上，上課秩序相對較好維持，學生的學習態度也不至於偏差太多。但現今資訊爆炸的世代，學生的學習態度和專注力不容易維持。學生在進入大學之前早已習慣於手機、平板、電腦，教學場域的專注力已不若從前，尤其大學崇尚自由，學生往往於課堂間分心與手機，相較於相對枯燥的課程，資訊設備快速且精彩，轉瞬就足以讓學生上課時一頭栽入，無法跟上老師授課的節奏。

實驗小鼠課程的範圍廣泛，包括學理和技術方面。學理方面涵蓋普通生物學、分子生物學、細胞生物學、癌症生物學、生物化學、遺傳學、生理學、免疫生物學、藥理學、細胞代謝和相關領域；技術方面包括小鼠保定、尾靜脈注射、腹膜注射、皮下注射、灌胃投藥、監測腫瘤生長等專業操作。課堂中運用多元資訊科技，例如 Google Classroom、Kahoot 等，並引進 MITAKA SUPPLY Mimicky® Mouse Mimicky 模型教學鼠，讓學生利用此模型拍攝各種實驗小鼠操作技巧的影片，並上傳至多元資訊平台進行評量。這樣的設計可以免除學生申請實驗動物倫理的繁複文件審核，動物房空間限制以及實驗動物取得與飼養成本的問題。期望透過此課程培養生命科學相關領域的人才，並培育學生自我學習、獨立思考和創新能力。

本研究規劃建構有效率的翻轉教室模組，除了有效讓學生學習「實驗小鼠的原則與基礎」的課程，更希望培養學生自主學習的能力。本人將有效運用多元資訊科技強化學生的自主學習，並的分析其對學生學習成效與學習參與之影響。遠程目標希望生命科學系的學生能對科學新知永保熱情和學習力，在生命科學的浩瀚領域習得廣博且精實，實現自我價值也貢獻社會、國家。

貳、文獻探討

台灣的高等教育在上世紀 90 年代始有著諸多教育改革，伴隨著高等教育學校的數量倍增 [1]。從 1994 年到 2003 年的十年之間，高等學校的數量從 67 個增加到 151 個 (增加了 44%)，大學生從而大幅增加 [2]。大學指考錄取率也從 40% (1991 年) 增加至 95.7 (2014 年)，如此入學門檻降低，造成學生學習意願和程度也越來越低落 [3]。更甚者，台灣少子化讓學生人數大幅縮小 [4]，加上近年新冠疫情的確影響 [5]，教學品質提升成為高等教育系統重中之重的課題，以利台灣高等教育長遠發展 [6]。佐藤學教授提出從學校、教師、學生、學習環境、課程、教材、方法、評量等因素，針對學生學習意願低落的現象，改變教學活動，即「協同學習」與「學習共同體」的「學習的革命」[3]。

翻轉教室 (flipped classroom) 即是一種以學生為中心的教育或教學模式 [7]。為了達成讓學生能自主學習，藉由課前閱讀準備及課堂中與教師以案例進行引導學生，促進互動討論，使得學生成為具備批判性思考 (critical thinking)、學習投入 (engagement)，以及深度學習 (deep learning) [7]。而引進網路線上資源於教學現場、磨課師、線上翻轉教室，或利用多媒體等作為教學工具，以進行課室教學也被研究出可以增進學生學習 [8]。勤益科大夏綠荷副教授與其團隊在翻轉教室的實務與研究有傑出成果 [9-11]。她的舞蹈課程中實施了基於 WSQ (Watch, Summary, and Question; 觀察-總結-問題) 的翻轉學習方法，有效地促進了學生的舞蹈表演、引導他們進行更多反思、讓學生更加努力地思考和完善他們的舞蹈技巧 [9]。該團隊還進一步分析創造性問題解決策略的翻轉學習 (CPS-FL) 組、常規翻轉學習 (FL) 組、常規基於技術的學習 (TBL) 對學生學習的影響，研究不同翻轉教室策略對學習成效的差異。結果表明，創造性問題解決策略的翻轉學習能有效引導學生理解課前材料，並通過創造性思維發展他們的創造力，顯著提高學生的編舞創造力、舞蹈技巧和創造性思維傾向、激發學生的創作靈感、增強他們對舞蹈節目的欣賞能力，提高他們的執行和實踐能力 [10]。

近期的科技教育之研究表明，量子翻轉學習 (quantum flipped learning; QFL) 和學生在學習中實現批判性和創造性思維的認知參與 [12]，且學生必須準備好利用翻轉課堂，並獲得足夠的電子學習 (e-learning) 工具，此外，考慮學生的學習負擔並提供有意義的課堂活動也很重要 [13]。多項有趣的研究成果也表示，STEAMification 翻轉教學 (結合 Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) 能有效在激發學生的創造力 [14, 15]。雖然有部分研究指出，翻轉教室教學方法和傳統課堂教學方法在學習表現上沒有差異，然而多數以 STEM (science, technology, engineering, and mathematics) 為重點的高等教育課堂中的翻轉教室能有教有效的學習、更高的參與度、增強的信心和協作、更好地利用課堂時間和更好的學習成績 (Kay and Dermott, 2018)。翻轉教室也有挑戰，包括難以專注於影片、網路訊號品質、觀看影片時無法及時提問、對傳統授課方式的偏好和依賴、工作量增加等 (Kay and Dermott, 2018)。在生物醫學領域，實施翻轉教室教學於醫學生教育可促進自我導向學習、主動學習，以及深度學習 [16]，眼科實習翻轉課堂與講授課堂的比較發現，翻轉教育可增加學生對課堂案例的理解度，並可提升溝通技巧、臨床思辨 [17]。在生命科學領域的

教育場域，翻轉教室也被檢視且證實能夠促使學生組動學習取代傳統教室模式，建構以學生為中心的學習環境 [18, 19]。

參、研究方法

教學方法

本研究的設計為翻轉教室模式，將有效運用多元資訊科技強化學生的自主學習。除了講授「實驗小鼠的原則與基礎」的基礎知識，將導入 MITAKA SUPPLY Mimicky® Mouse Mimicky 教學模型鼠教學，課前會以教師提供的教材資料和拍攝小鼠操作的影片讓學生預先學習，課堂間施作各項課堂即時檢測，課後讓學生與資訊平台復習理論知識以及利用教學模型鼠拍攝各種實驗小鼠操作的技術，引導學生主動學習並於課堂上進行互動交流。



研究方法與工具、資料整理與分析

將施作前測與後測量表，兩者間以問卷量表方式之量化資料進行統計分析(圖六)。由問卷量表內容針對 SPSS 軟體進行描述性統計分析、信度分析、Pearson 積差相關、成對樣本 T 檢定、單因子變異數分析及路徑分析。而問卷尺度量表法採用李克特氏 5 點尺度量表法 (five point Likert-type Scale)[12, 13]，從「非常符合」(5 分)到「非常不符合」(1 分)。

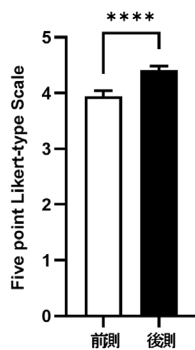
圖一、MITAKA SUPPLY Mimicky® Mouse Mimicky 模型教學鼠。可輔助實驗小鼠教學，模型鼠的體型重量擬真，可作各式針劑施打訓練。

肆、研究發現與討論

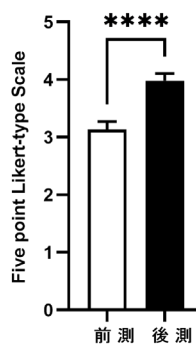
學習態度分析

本研究目標建構並分析有效率的翻轉教室模組，除了有效讓學生學習「實驗小鼠的原則與基礎」的課程，更希望培養學生自主學習的能力。經過一學期的在授課前一週將課程資料(投影片、影片、參考資料)上傳至 Google Classroom；以 Google 表單或 Zuvio 於課程前施作，即時檢測翻轉教材之學習成果，並即時回饋學生上課重點；以 Mentimeter 或 Kahoot 進行課堂即時檢測，或以 Quizizz 進行課後自學作業；課後讓學生利用教學模型鼠拍攝各種實驗小鼠操作的技術，並上傳到多元資訊平台；Line 線上和 Google Classroom 即時互動平台進行課堂互動及課後輔導。再以課堂小考、期中考、期末考：考核「實驗小鼠的原則與基礎」的基礎知識；以教學模型鼠拍攝各種實驗小鼠操作的影片：考核「實驗小鼠的原

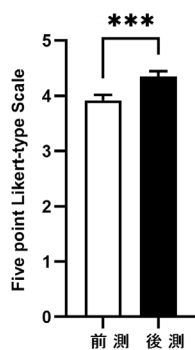
1. 關於生命科學的知識，我具有自主學習的能力。



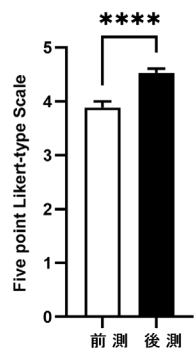
2. 我會在生命科學系課堂上會回答授課老師之問題。



3. 我喜歡在生命科學系課堂使用資訊平台學習。



4. 我喜歡生命科學系課堂使用互動方式參與課堂活動。

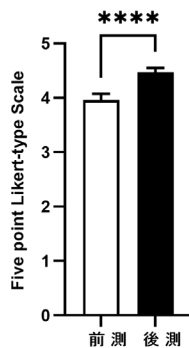


圖二、前後測分析「實驗小鼠的原則與基礎」學生對生命科學領域學習態度。包括以下題目：1. 關於生命科學的知識，我具有自主學習的能力。2. 我會在生命科學系課堂上會回答授課老師之問題。3. 我喜歡在生命科學系課堂使用資訊平台學習。4. 我喜歡生命科學系課堂使用互動方式參與課堂活動。前後測數據使用 T-Test, ****, $p < 0.0001$; ***, $p < 0.001$ 。

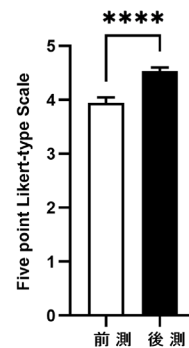
則與基礎」的操作技術。根據前後測的數據，本研究發現翻轉教室模組能有效提升學生在生命科學領域學習態度。

本研究共回收 51 份有效問卷，經過前後測分析，本研究發現參與「實驗小鼠的原則與基礎」學生在生命科學領域學習態度都有顯著上升，包括關於生命科學的知識，我具有自主學習的能力；我會在生命科學系課堂上會回答授課老師之問題；我喜歡在生命科學系課堂使用資訊平台學習；我喜歡生命科學系課堂使用互動方式參與課堂活動 (圖二)；透過互動式教學方式我清楚知道自己在生命科學學習目標；透過互動式教學我能夠獲得正確的知識；採用互動教學方式讓我學得更好；透過系上老師的教學我可更清楚生命科學的專業知識 (圖三)；我覺得互動式教學對我的學習是有用的；我希望以後都能採用互動式教學方式來學習；我喜歡在課前閱讀教材；我對生命科學系課程教授的知識接受度很高 (圖四)。

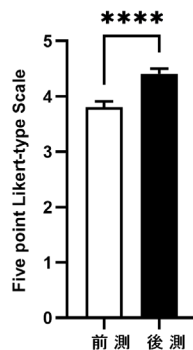
5. 透過互動式教學方式我清楚知道自己在生命科學學習目標。



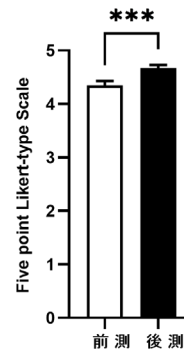
6. 透過互動式教學我能夠獲得正確的知識。



7. 採用互動教學方式讓我學得更好。

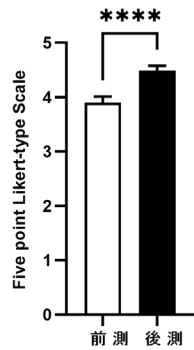


8. 透過系上老師的教學我可更清楚生命科學的專業知識。

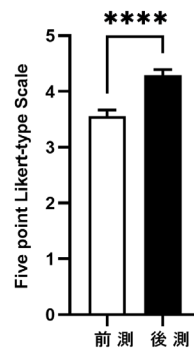


圖三、前後測分析「實驗小鼠的原則與基礎」學生對生命科學領域學習態度。包括以下題目：5. 透過互動式教學方式我清楚知道自己在生命科學學習目標。6. 透過互動式教學我能夠獲得正確的知識。7. 採用互動教學方式讓我學得更好。8. 透過系上老師的教學我可更清楚生命科學的專業知識。前後測數據使用 T-Test, ****, $p < 0.0001$; ***, $p < 0.001$ 。

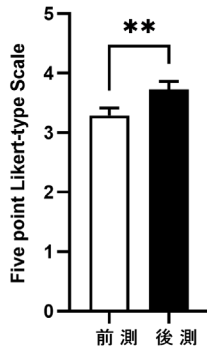
9. 我覺得互動式教學對我的學習是有用的。



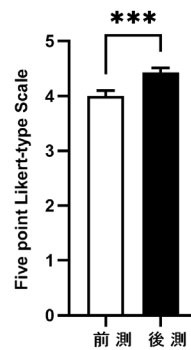
10. 我希望以後都能採用互動式教學方式來學習。



11. 我喜歡在課前閱讀教材。



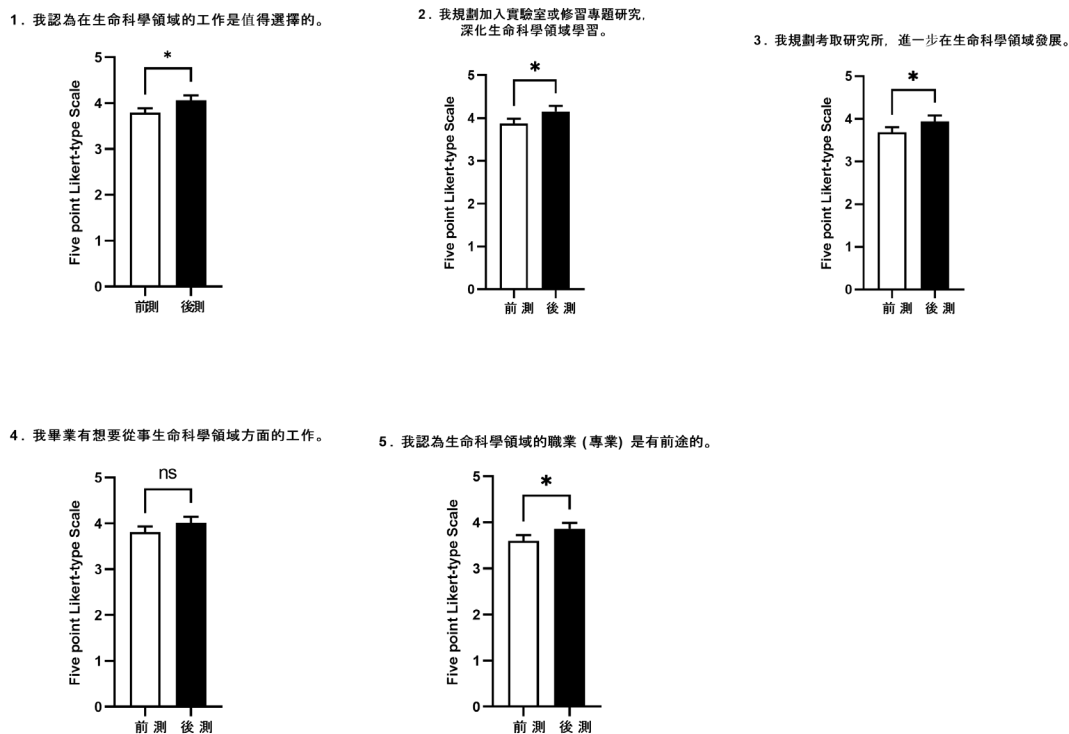
12. 我對生命科學系課程教授的知識接受度很高。



圖四、前後測分析「實驗小鼠的原則與基礎」學生對生命科學領域學習態度。包括以下題目：9. 我覺得互動式教學對我的學習是有用的。 10. 我希望以後都能採用互動式教學方式來學習。11. 我喜歡在課前閱讀教材。12. 我對生命科學系課程教授的知識接受度很高。。前後測數據使用 T-Test, ****, $p < 0.0001$; **, $p < 0.001$; ***, $p < 0.005$ 。

生命科學領域工作就業意願分析

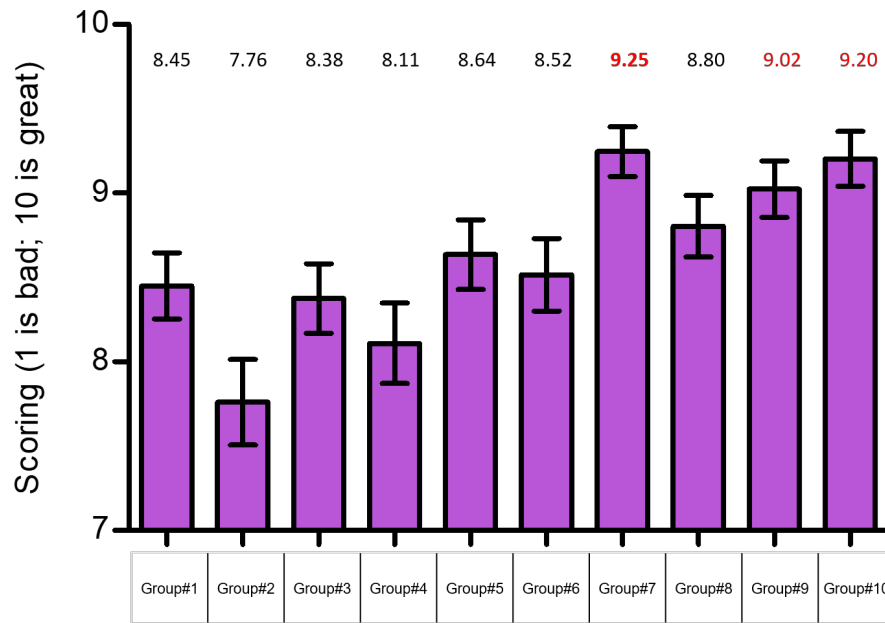
本研究共回收 51 份有效問卷，經過前後測分析，針對參與「實驗小鼠的原則與基礎」學生在生命科學領域工作就業意願做分析，包括 1. 我認為在生命科學領域的工作是值得選擇的。2. 我規劃加入實驗室或修習專題研究，深化生命科學領域學習。3. 我規劃考取研究所，進一步在生命科學領域發展。4. 我畢業有想要從事生命科學領域方面的工作。5. 我認為生命科學領域的職業(專業)是有前途的。結果顯示(圖五)，經過一學期「實驗小鼠的原則與基礎」運用多元資訊科技強化自主學習的翻轉教室，學生對五項命題都有上升的趨勢，包括對生命科學領域工作的認同度(問題一與問題五)、也有意在加注心力投資未來(問題二與問題三)皆是顯著上升。惟在是否要實際從事生命科學領域工作，雖有上升，但不具統計差異。



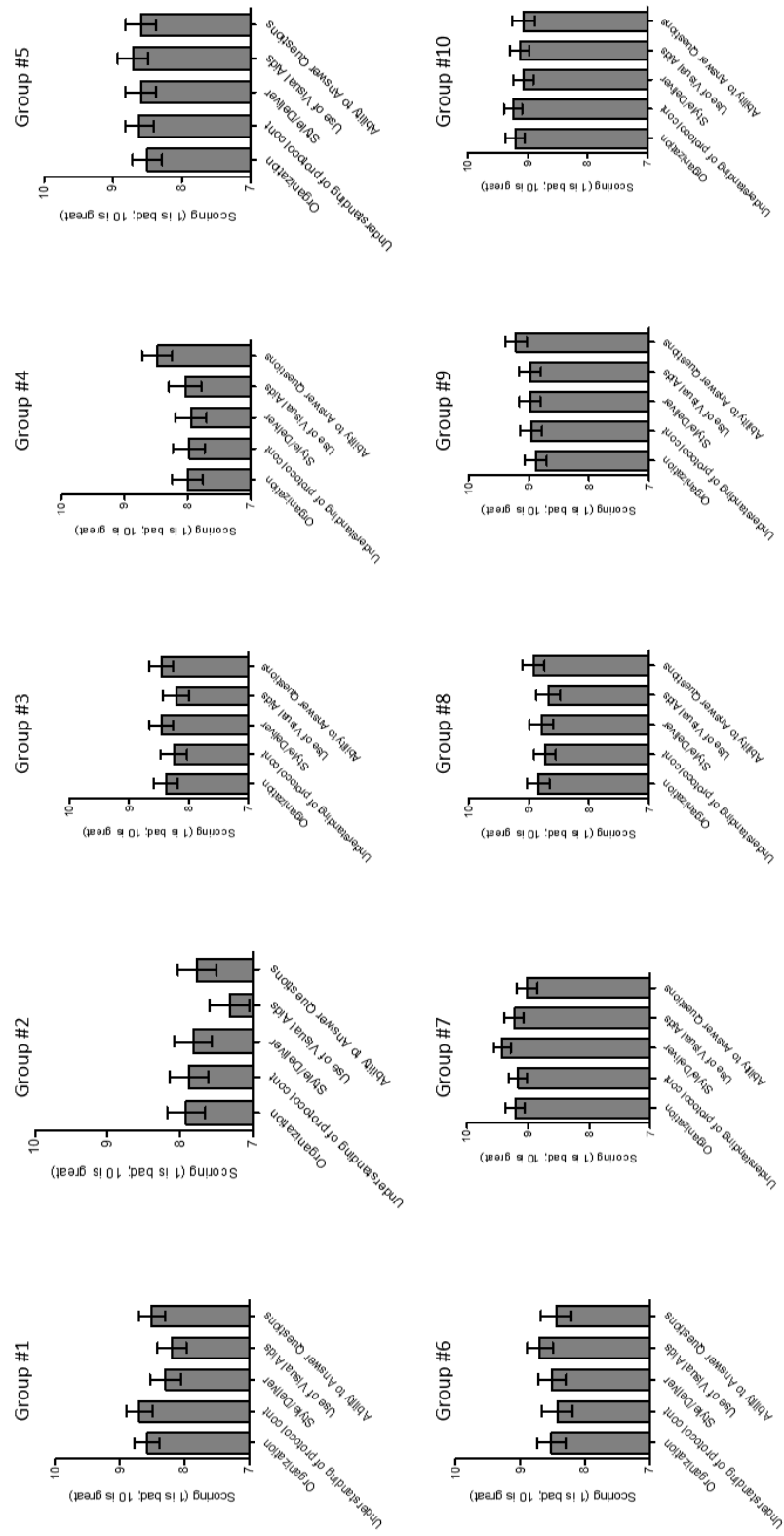
圖五、前後測分析「實驗小鼠的原則與基礎」學生對生命科學領域工作就業意願。包括以下題目：1. 我認為在生命科學領域的工作是值得選擇的。2. 我規劃加入實驗室或修習專題研究，深化生命科學領域學習。3. 我規劃考取研究所，進一步在生命科學領域發展。4. 我畢業有想要從事生命科學領域方面的工作。5. 我認為生命科學領域的職業(專業)是有前途的。前後測數據使用 T-Test, *, $p < 0.01$ 。

以教學模型鼠拍攝各種實驗小鼠操作的影片與同儕評分

本課程設計以教學模型鼠拍攝各種實驗小鼠操作的影片與同儕評分，將 54 位修習本課程的同學分為十組，每組 4 ~ 6 位學生。課堂間教師以教學模型鼠示範如何操作小鼠保定、小鼠皮下注射、小鼠腹膜注射、小鼠尾靜脈注射以及小鼠灌胃投藥等技術，每組學生接著在課堂練習並拍攝影片。每一組在期中與期末個繳交一份剪輯過的影片，課程安排各組上台撥放影片並以口頭報告學習操作小鼠技巧與心得，接著運用 Google 線上表單，讓學生之前針對影片的內容、風格、理解技術程度、應用影音技巧與回答問題五個面相做同儕互評 (圖六)。本課程共回收的有效問卷中 (圖七)，學生對第七組的評價較高，且也得到”影片使用的素材很有創意，報告的呈現也很有特色，操作技巧的解說也很到位，細節部分都有講到”與”報告變得有趣”等正面評語。



圖六、以教學模型鼠拍攝各種實驗小鼠操作的影片之評分表。採同儕互評，分數為影片的內容、風格、理解技術程度、應用影音技巧與回答問題五個面相的平均。最高分 10 分，最低分 1 分。



圖七、以教學模型鼠拍攝各種實驗小鼠操作的影片之評分表。採同儕互評，分數為影片的內容、風格、理解技術程度、應用影音技巧與回答問題五個面相。最高分 10 分，最低分 1 分。

伍、結論

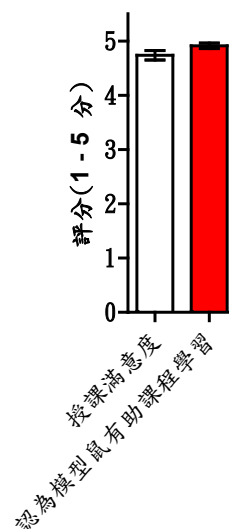
生命科學領域涵蓋範圍廣泛，基礎科目有細胞生物學、生物化學、分子生物學，衍伸的科目有遺傳學、動物生理學、植物生理學、免疫學、病毒學、微生物學、癌症生物學、藥理學、代謝學、生物統計、生物資訊等，包羅萬象。而實驗技術實作也是教學重點，有學實驗課、物理實驗課、細胞生物學實驗課、分子生物學實驗課、生物化學實驗課、以及專題研究。課課堂上知識除了記憶力吃重的專業名詞與術語之外，許多抽象的概念需要學生的理解力，而生物科技之技術傳授，也需要學生亦步亦趨學習，且新穎的技術和知識日新月異，生命科學領域的專業學習可謂既廣又深。學生常常在浩瀚無垠的知識翰海中失去成就感，迷失了學習的方向和動力，而缺乏繼續自我學習的能力與動力。

本研究規劃運用多元資訊科技強化自主學習的翻轉教室對「實驗小鼠的原則與基礎」之學習成效與學習參與之影響。研究重點是於本人所教授的課程「實驗小鼠的原則與基礎」試驗翻轉教室的成效，運用多元資訊科技與模型教學鼠操作，以前後測評估教學成效，目前計畫正在進行中，於課程間施作滿意調查，學生高度滿意課程(4.74，滿分5分)也贊同導入模型教學鼠有助學習成效(4.91)。但學生希望能增加模型教學鼠的數量，目前為約11人操作1隻模型教學鼠，考量練習的機會以及影片製作與口頭報告的工作分配之平衡，學生認為理想的組員人數為每組4.68人，即50位學生需要10至11隻模型教學鼠(111學年度執行教學實踐計畫與運用其他計畫業已購得5隻模型教學鼠，故另需要5至6隻模型教學鼠，以確保教學品質)。

此外，除了多元資訊科技與模型教學鼠操作，未來也會在其他課堂中使用前後測評估教學成效；更甚者，將導入創造性問題解決策略(Creative Problem Solving Strategy)的翻轉學習平台，以及增加模型教學鼠數量，期望進一步強化自主學習的翻轉教室對生物醫學科學課程之學習成效，深化翻轉教室的創建。

本人在教學時數上觀察到，多數學生或許在課程初始時是能專心參與課程的，因學生習慣於手機、平板、電腦等資訊設備，致使專注力薄弱，逐漸脫離授課節奏。尤其大學自由風氣中，授課老師往往不會以權威限制學生分心於使用手機、發呆或睡覺。本人的教學實務上也發現，如何優化或貫徹翻轉學習平台，是掌握上課秩序、學習成效、與建立自主學習的關鍵。「實驗小鼠的原則與基礎」教學對象設定雖不限為大二的學生，過去兩次開設分

實驗小鼠的原則與基礎 (LF_22120)



圖八、「實驗小鼠的原則與基礎」課程滿意度調查。於111學年度課堂間施作課程滿意調查，蒐集授課滿意度與模型鼠使用於課程之滿意度(1-5分)。

別有 93 人與 54 人選修，包含生命科學系大一至大五以及本校自然資源學系的學生。學生人數眾多、年級與系所分佈等因素，讓原本以多元資訊科技建構的翻轉教室發生少數學生依舊無法跟上，本人發現即使導入 Google Classroom、Kahoot 等新穎資訊平台強化與學生雙向的互動，少數學生會在此些活動結束後馬上失去專注力，從而把玩手机；或是分組練習模型教學鼠的課堂中，不主動參與練習，消極以對，可能是因為共 54 位學生分組使用 5 隻模型教學鼠，平均約 11 人操作 1 隻模型教學鼠，過度分享模型教學鼠稀釋了學生的專注力。雖然多數學生確實有受益於本人提出的翻轉教室系統(圖五)，但本人期望精益求精，正視教學現場問題，故期望再進一步優化此平台。本人分析自身經驗之課程授課與指導學生自主學習社群計畫，發現強化學生自主學習能力的關鍵於學習目標的確立，及學生需要一個強而有力的學習標的，以驅使學生自主學習。

所以，本研究案希望藉由創造性問題解決策略的翻轉學習平台，探討的教學實務上需要解決之激發學生自主學習的問題，本研究將持續運用多元資訊科技強化自主學習的翻轉教室，研究對「實驗小鼠的原則與基礎」之學習成效與學習參與之影響。但會導入創造性問題解決策略的翻轉學習系統，預期能優化翻轉教室，而未來，創造性問題解決策略將是值得創建的翻轉學習平台。將更有效率地教育學生實驗小鼠相關的專業知識，更期望藉此研究建立良好的教學模型，做為未來其他課程設計的良好參考範例。

陸、參考文獻

1. Chiu, C.H., L. Arrigo, and D. Tsai, *Education reform in Taiwan*. Acad Med, 2010. **85**(3): p. 391-2.
2. China, E.s.o.t.R.o., Taiwan: Ministry of Education, 2020.
3. 李燕秋, *基於翻轉學習概念之互動式教學平台架構研究*, 輔仁大學, 圖書資訊學. 輔仁大學, 圖書資訊學系, 碩士論文, 2014.
4. Hou, A.Y.C., et al., *What is driving Taiwan government for policy change in higher education after the year of 2016-in search of egalitarianism or pursuit of academic excellence?* Studies in Higher Education, 2022. **47**(2): p. 338-351.
5. Hu, Y.H., *Effects of the COVID-19 pandemic on the online learning behaviors of university students in Taiwan*. Education and Information Technologies, 2022. **27**(1): p. 469-491.
6. Vickers, E. and T.B. Lin, *Introduction: Education, Identity, and Development in Contemporary Taiwan*. International Journal of Taiwan Studies, 2022. **5**(1): p. 5-18.
7. Gillispie, V., *Using the Flipped Classroom to Bridge the Gap to Generation Y*. Ochsner J, 2016. **16**(1): p. 32-6.
8. Neo, M. and K.T.K. Neo, *Innovative teaching: Using multimedia in a problem-based learning environment*. Educational Technology & Society, 2001. **4**(4): p. 19-31.
9. Hsia, L.H., Y.N. Lin, and G.J. Hwang, *A WSQ-based flipped learning approach to improving students' dance performance through reflection and effort promotion*. Interactive Learning Environments, 2019: p. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1651744>.
10. Hsia, L.H., Y.N. Lin, and G.J. Hwang, *A creative problem solving-based flipped learning strategy for promoting students' performing creativity, skills and tendencies of creative thinking and collaboration*. British Journal of Educational Technology, 2021. **52**(4): p. 1771-1787.
11. Chiu, M.C., et al., *Artificial intelligence-supported art education: a deep learning-based system for promoting university students' artwork appreciation and painting outcomes*. Interactive Learning Environments, 2022.
12. Agustini, K., et al., *Quantum Flipped Learning and Students' Cognitive Engagement in Achieving Their Critical and Creative Thinking in Learning*. International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2022. **17**(18): p. 4-25.
13. Al-Zahrani, A.M., *From passive to active: The impact of the flipped classroom through social learning platforms on higher education students' creative thinking*. British Journal of Educational Technology, 2015. **46**(6): p. 1133-1148.
14. Wannapiroon, N. and S. Petsangsri, *Effects of STEAMification Model in Flipped Classroom Learning Environment on Creative Thinking and Creative Innovation*. Tem Journal-Technology Education Management Informatics, 2020. **9**(4): p. 1647-1655.
15. Wannapiroon, N. and P. Pimdee, *Thai undergraduate science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) creative thinking and innovation skill development: a conceptual model using a digital virtual classroom learning environment*. Educ Inf Technol (Dordr), 2022. **27**(4): p. 5689-5716.
16. Lewis, C.E., D.C. Chen, and A. Relan, *Implementation of a flipped classroom approach to promote active learning in the third-year surgery clerkship*. Am J Surg, 2018. **215**(2): p. 298-303.

17. Tang, F., et al., *Comparison between flipped classroom and lecture-based classroom in ophthalmology clerkship*. Medical Education Online 2017. **22**(1): p. 1395679.
18. Compeau, P., *Establishing a computational biology flipped classroom*. PLoS Comput Biol, 2019. **15**(5): p. e1006764.
19. Raimondi, S.L., et al., *Guided Homework Assignments Prepare Students for Flipped Introductory Biology Classroom*. J Microbiol Biol Educ, 2020. **21**(2).