

教育部教學實踐研究計畫成果報告

計畫編號：PAG1110025

學門專案分類：生技農科

執行期間：2022/08/01~ 2023/07/31

融合比較動物生理學與人體生理學於生物系生理學教學之課程發展

配合課程名稱：生理學

計畫主持人：蔡克勵

執行機構及系所：高雄醫學大學醫學系生理學科

成果報告公開日期：

☒立即公開 ☐延後公開(統一於 2025 年 7 月 31 日公開)

繳交報告日期：2023 年 9 月 20 日

融合比較動物生理學與人體生理學於生物系生理學教學之課程發展

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

(1) 研究動機

本人多年來主授本校生物系的生理學課程，雖然多年來獲得學生與學校各種榮譽與獎勵，本身亦積極投入教學工作，在教學相長中得到樂趣與成就感，然而仔細反思這門課的教學與學生的學習，卻發現有不足之處。以往本課程由於與多位生理學科教師共同授課，為了配合其它醫護相關科系，所選用的教科書均為人體生理學 (human physiology) 用書 (例如 Sherwood, 2015; Widmaier *et al.*, 2016)。因此課程內容完全僅限於人體，欠缺其它脊椎動物甚至無脊椎動物的部分。由於本校生物系的師生專長發展可以分為生物醫學 (biomedical sciences) 與環境生物學兩大大方向，本課程完全偏重人體生理學的結果，雖能滿足朝向生物醫學領域發展的學生之所需，卻忽略了未來想進一步從事生物多樣性研究者。如此導致後者只熟知人體生理機制，卻忽略了更廣大而且多樣的動物生理部分，對其往後發展不利。譬如，本人曾深入訪談一位畢業後進入研究所碩士班攻讀昆蟲學的生物系畢業校友，其意見如下：

我是生物系校友，畢業後繼續修讀碩士，研究對象是昆蟲。生物系整體課程規劃對於學術研究基礎訓練非常紮實。這方面在我讀研究所，甚至轉攻其他醫學相關領域都受益匪淺。系上科目整體規劃問題不大，但是部分課程內容個人認為不太合理。例如生理學佔了九成以上的內容以人體生理學為主，對於選擇生物醫學的同學沒什麼問題，但對於選擇環境生物的同學來說，是一個不小的弊端。國外環境生物相關，或者牽涉到動物和非人類生理學相關的研究並不少。如我現在正在尋找國外環境生物的博士職位，不少要求或期望有動物生理學的背景，這些職位由於我缺乏相關背景，基本上無法申請。所以希望系上生理學能加入更多動物生理學內容，對於往後學弟妹的領域選擇會更開闊。

假若為了矯正以上缺失，改為教授動物生理學的教材 (例如 Moyes and Schulte, 2007; Hill *et al.*, 2008)，固然有助於志在生物多樣性領域的同學，卻又顧此失彼，無法兼顧未來投入生物醫學研究行列者。誠然，最理想而完備的做法乃是同時選用人體生理學與動物生理學的教材，全面涵蓋兩部分的精華。但是受限於上課時間與學生修課學分的限制，此一想法並不切實際。因此近年來我選擇以人體生理學為主授內容，適時加入其他動物的特殊生理作為補充。這樣的做法的確稍能補足以往欠缺動物生理的情況，但是因為缺少整體系統性的規劃，仍然不夠理想。此處舉一實例：去年我曾在授課時隨堂讓學生上網回答以下問題「空氣中氧氣的含量遠高於水中的溶氧，既然如此，為何魚離開水後，反而很快會窒息而死？」。學生回答的理由大多錯誤，包括「魚在水中時，水壓足以把水中溶氧壓入鰓中，故魚可呼吸，但在空氣中則無法如此」、「魚無法利用溶解在氣體中的氧氣」、「因為魚需要有水當作介質交換氧氣及二氧化碳」、「魚鰓需要在有水流動的情

形才能夠呼吸」... 等等。全班僅有不到 10% 的學生能正確答出標準答案「魚一旦離開水，鰓蓋在空氣中打開後，殘留的水分讓鰓絲彼此相黏，又無浮力可以使之分散，因此可供氣體交換的表面積大幅度減少」。這個例子證明了，欲理解複雜多樣的動物生理現象，必先具備相關的物理與化學知識。此外，僅只點綴式地在課堂上補充一些特殊的動物生理例子，並無法讓學生充分掌握動物生理學。

面對上述教學現場發現提到的兩難困境，引起我強烈的動機，試圖以創新的課程設計來解決此一重要議題。本計畫提出的解決構想為：以人體生理學為骨幹，從生物學的角度，以人類作為一種模式動物，先讓學生從自己的身體開始，瞭解生理學的基礎。隨後針對一些重要的章節，系統性地介紹與動物生理有關的物理與化學原理，以及與演化的關聯，貫穿整個課程。在教學過程中，強調自主學習、重視高層次的認知而非僅止於記誦，以深化學生的學習成效。期望藉由這樣的課程設計，兼顧多方的需求，使生物系的學生能獲得必備的人體生理學與動物生理學知識，為其將來的學術職涯奠定堅實的基礎。

(2) 研究目的

本計畫之主題，係結合課堂講授、專題導向學習、團隊導向學習，以融合比較動物生理學與人體生理學於生物系生理學教學之課程發展之課程發展。為了證實此種課程設計確實能達到成效，則需要實證為基礎 (evidence-based) 的研究。因此本計畫之目的為：藉由研究的佐證，證明在本課程設計之引導下，學生的學習成效確有提升，進而將類似的課程設計推廣到教學社群與其他科目之教學。

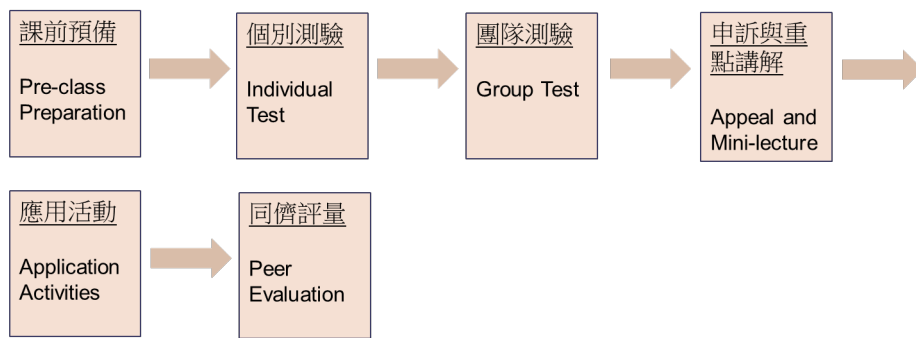
二、文獻探討(Literature Review)

進入二十一世紀以來，歐美先進國家的生命科學教育專家紛紛提倡大學生物系教育的改革。其中最重要的文獻包括：BIO2010 為培育未來的生物學家之大學教育轉型 (Transforming Undergraduate Education for Future Research Biologist) (National Research Council, 2003) 與美國科學促進會 (American Association for the Advancement of Science, AAAS) 出版的《大學生物學教育的遠景與改變 (*Vision and Change in Undergraduate Biology Education*)》。兩者均提到，未來的生物學教育必須更強調從分子、細胞、器官、個體到族群與生態的縱向與橫向整合。在此新架構下，生理學作為探討細胞、器官與個體功能的核心學科，更具有不可取代的重要性。因此知名生理學教育家 Silverthorn (2013) 倡議，「生理學」必須重新回歸大學生物學課程的主流地位。另外，上述文獻亦提及，若欲培育具備宏觀視野的生物學家，必需及早讓學生重視自主學習與批判性思考。在以上背景之下，如何在生物系課程規劃中，改革生理學的教材與教法，已成為眾所關心的課題 (Escibano *et al.*, 2011; Brownell *et al.*, 2014)。在各種探討如何將生理學融入於生物系課程的文獻中，不少研究者均提到他們如何由僅涵蓋醫學生理學的生理學課程，轉型為針對主修生物學 (Biology major) 的學生整合人體生理學與動物生理學的課程設計 (Kaisarevic *et al.*, 2017; Goodman *et al.*, 2015)。這些學者的理念，均與本人前述觀點相通。由此可見，本人前述試圖在生物系課程架構中進行課程改革，以整合、納入動物生理學的構想，亦受到這些生理學教育界前輩所認同。

二十世紀後葉以來，教育與學習理論的潮流強調建構式學習 (constructivism learning)。教育心理學家 Ausubel 提出「有意義的學習理論 (meaningful learning theory)」，強調「有意義的學習，涉及將新概念與命題同化於既有的認知架構中」。依據此理論，先備知識 (prior knowledge) 是學習新知識的基礎框架，具有不可取代的重要性 (Ausubel *et al.*, 1978)。而原則上，各種主動學習 (active learning)、自主學習 (self-directed learning) 與翻轉教室 (flipped classroom)，均可視為建構式學習的各種變形。布魯姆分類學 (Bloom's taxonomy) 則將人類的認知範疇 (cognitive domain) 區分為不同層次。根據最新版的布魯姆分類學 (Revised Bloom's Taxonomy)，人類的認知層次由低至高，可以區分為記憶 (Remember)、理解 (Comprehension)、應用 (Application)、分析 (Analysis)、評價 (Evaluation)、創造 (Create) 等六個層次 (Anderson and Krathwohl, 2001)。過去已經有大量的研究證明，單純的講授式上課雖然可以密集傳遞大量知識，可是學生對所學的內容，卻大多只能停留在記憶與理解的認知層次，而且不易保留學習成效。若透過建構式學習則可以提升認知層次，加強學生分析、評價、創造的能力 (Crowe *et al.*, 2008; Hull, 2018)。近來有許多生物學教育專家嘗試課程改革，證明各式各樣的課堂互動、翻轉教室與自主學習等創新模式，都能深化學習成效、提升學生的認知層次 (Brownell *et al.*, 2014; Casagrand and Semsar, 2017)。Liu (2008) 借助數位科技，將動物生理學的案例放上網路，讓學生參與互動、推理答案，從而促進學生分析、評價、創造的能力，更是本計畫可以師法的模範。

在各種創新教學模式之中，專題導向學習 (project-based learning) 便是植基於建構主義理念的一種學習方式，它能消除學習後知識僵化的現象，藉由專題安排複雜且真實的任務，統整不同學科領域知識的學習，學習者經由一連串的探索行動，以及合作學習的情境，學習問題解決的知能以及知識活用的技能 (林維真, 2012)。研究者發現，在細胞生物學的教學上，專題導向學習可以促進自主學習、溝通合作與高層次認知能力 (Wright and Boggs, 2002)。Treacy 等人 (2011) 將專題導向學習運用於分子生物學課程中，則有助於整合核心概念，強化應用能力與批判性思考。尤其有趣的是，Blatch 等人 (2017) 讓學生創造「虛擬動物」，從解剖、生理、演化、生態等各個層面描述其特點，深獲學生喜愛，教學成效頗佳。本計畫借鏡前人研究成果，也在各主要單元中安排專題導向學習，也讓學生依據基本物理與化學原理創造「虛擬動物」，描述其如何適應不同環境與應副生存壓力，預期亦將能深化學習成效、提升認知層次。

基於本人在醫學系多年來運用團隊導向學習 (team-based learning, 以下簡稱 TBL) 之成功經驗，本計畫亦擬以 TBL 教學法融入生物系生理學的教學，進一步培養學生應用與批判性思考能力。TBL 係由美國奧克拉荷馬大學的 Larry Michaelsen 教授首創，運用個人與小組的學習，創造可激發學生主動學習動機的架構，在過程中讓學生立即得到回饋。它藉由特定的學習順序，由個人預先準備教材內容，到課堂參與小組討論及測驗，促進團隊與自我的成長 (Michaelsen *et al.*, 1982; Michaelsen *et al.*, 2004)。在過往的研究中已經證實，TBL 應用於大學生物學教學，有助於強化高層次認知能力，促進學生合作及建構式學習 (Leupen *et al.*, 2020)。採用 TBL 的學生之學習動機、自主能力均優於傳統的講授式學習 (lecture-based learning) 之學生，學習成效也能保留更長久 (Jeno *et al.*, 2017)。TBL 之流程如下圖：



根據以上文獻所述，本計畫將在全部課程結束前，安排一次統整性的 TBL 授課。屆時將以整合融貫各器官系統的動物生理學研究論文作為預讀資料。由於研究論文通常更為深入，一般學生較難掌握，需要深入理解與活用，才能應用。欲達成以上目標，非常適合以 TBL 授課來進行。比起傳統的講授式學習，TBL 可以充分發揮團隊合作、腦力激盪的優點，讓學生在讀完預讀資料之後，綜合先前教師講授與專題導向學習的學習成果，協力解答教師所提出的問題。作為學期末最後的總驗收。

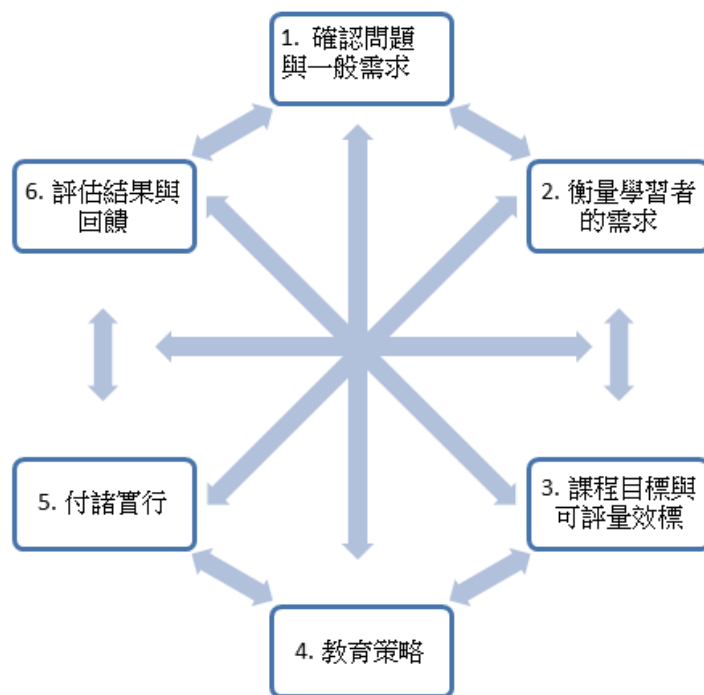
三、研究問題(Research Question)

本研究係假設：在生命科學院的生理學課程中，採用多種教學方法，統合文字、聲音、影像等多種途徑，分別運用課堂講授、翻轉教室，專題導向學習、團隊導向學習，能有效幫助醫學生建立對於動物生理學與人體生理學知識的整體概念，並促進學習成效。本研究希望能藉由研究實證，支持以上假設。

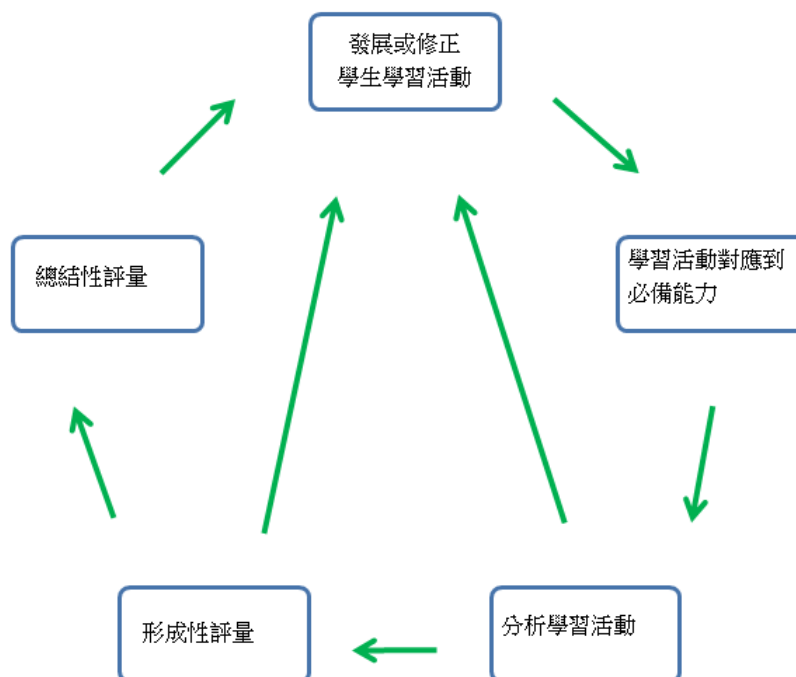
四、研究設計與方法(Research Methodology)

(1) 研究設計

本研究屬於課程發展 (curriculum development) 的行動研究 (action research)，本人身兼教師與研究者的角色，隨時在行動中進行觀察 (participant observation)。本課程發展的原則，係根據 Kern 等人於 1998 年所創的課程發展循環模式，包括六大步驟 ①確認問題與一般需求 ②衡量學習者的需求 ③課程目標與可評量效標 ④教育策略 ⑤付諸實行 ⑥評估結果與回饋。而其中任何兩個步驟之間，都要進行不斷的反饋與互相印證，如下圖（修改自 Kern *et al.*, 1998）：



此外 Thompson 等人 (2013) 提議，課程發展應按照迭代過程 (iterative process) 以便隨時修正調整，如下圖（修改自 Thompson *et al.*, 2013）：



因此在研究執行部分，我們亦遵循上述兩大原則，以發展融合比較動物生理學與人體生理學之課程。

研究對象

本校生命科學院生物系與生技系的生理學為全學年必修，兩系合班授課，修課學生主要為三年級。生物系學生大約有 60% 表示未來將選擇生物醫學領域深造，大約 30% 學生志在環境與演化生物學領域，其餘想要轉行。

逆向式課程設計 (Backward Design Model)

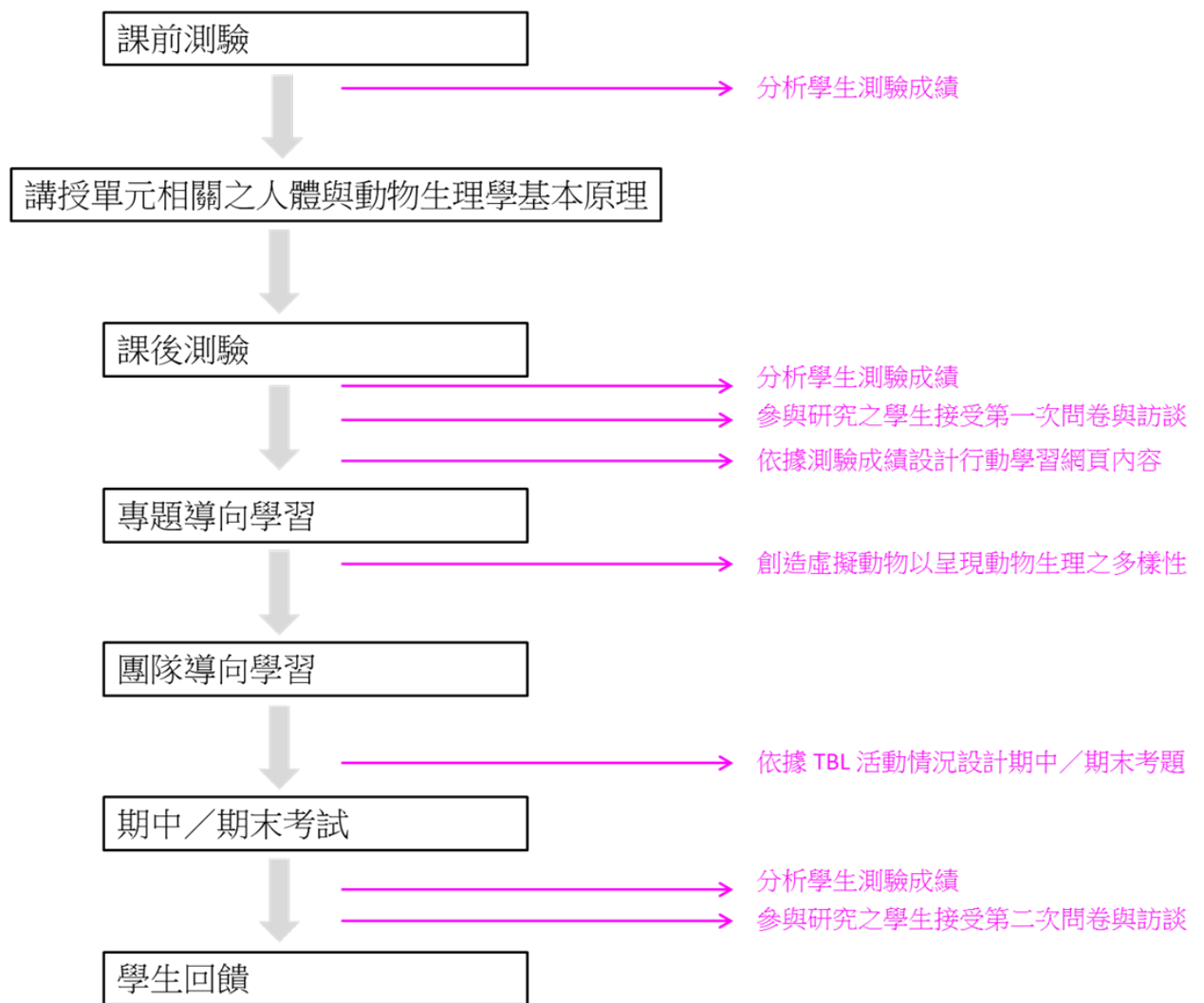
美國教育心理學者 Wiggins) 與麥克泰希 (McTighe) 於 1998 年出版的名著《理解課程設計 (*Understanding by Design*)》中提出「逆向式設計模式 (backward design model)」之概念 (Wiggins and McTighe, 1998)。逆向式課程設計的做法是：第一階段要先確認學科知識的終極學習目標，而該目標應能遷移到其它相關領域。此階段的重點在於設計出與該學科知識相關的大概念 (big ideas) 與主要問題 (essential questions)，以緊密串起整個課程。接著依據第一階段的關鍵產出來設計實作任務，並定義需要蒐集用以評量的學習成效證據 (第二階段)，第三階段再綜合前兩階段的重點，設計有意義的學習活動 (劉雯瑜, 2016)。由於此種課程設計思路清楚、目標與結果有很強的一致性，因此受到各學門教育界廣泛採用。近來 Withers (2016) 將逆向式課程設計運用於生物學課程設計，以學習成效為導向，發現可以顯著提升學生學習成效與教師教學效率。尤其 Liz Flaherty 在生理生態學 (ecophysiology) 課程中採用逆向式課程設計，能有效融合生態學與生理學兩種學科，與本課程目標相近，更值得借鏡 (Roth *et al.*, 2007)。

由於逆向式課程設計具備前述諸多優點，因此本計畫將採用該模型做為課程發展的準則。然而由於完整的逆向式課程設計過程繁多冗長，以下僅簡要列出大綱如下：

階段	重點
第一階段：預期最終目標	大概念 (big ideas)： 一、 生理現象須遵循基本物理與化學定律 二、 生理機制以維持動物體內恆定為目的 三、 生理反應是基因與環境交互作用的產物 四、 動物生理現象的多樣性源自於演化
	主要問題 (essential questions)： 物理與化學定律如何影響生理現象？ 生理機制透過什麼方式，維持體內哪些參數之恆定？ 生理反應中，哪些是基因決定的？哪些是來自環境刺激？ 演化如何影響動物的生理現象？哪些屬於適應 (adaptation)？

第二階段：決定可接受的證據	將以上大概念納入形成性評量與總結性評量中，以確保學生能回答主要問題。評量方式包含： 一、 以課堂及時反饋系統進行前測及後測 二、 課堂中評估學生反應 三、 以標準化電腦測驗進行期中考及期末考 四、 以分組自主學習活動評估高層次認知能力，評量類型為測驗題、申論題與專題報告
第三階段：設計學習活動及教學歷程	教師講授 課堂及時反饋 專題導向學習（小組合作學習） 團隊導向學習（翻轉教室、小組合作學習） 形成性評量 總結性評量

本研究為行動研究，因此研究架構緊密配合課程流程進行。其中各單元研究介入之部份依序為 ①講授式上課前、後，分析學生的課前、課後測驗成績 ②根據分析課前及課後測驗成績的結果，對自願參與研究之學生進行第一次問卷與訪談 ③分析行動學習表現 ④ 分析 TBL 個別測驗與團隊測驗成績 ⑤分析期中考或期末考成績 ⑥根據前述分析的結果，對參與研究之學生進行第二次問卷與訪談 ⑦分析與比較兩次問卷與訪談之結果、學生成績與學生回饋意見等 ⑧獲致研究結論。在每一個介入研究的單元模組，各課程與研究之進行流程如下圖，其中左邊黑字部分為上課流程，右邊紅字部分為研究流程：



(2) 研究方法

本研究結合量化 (quantitative) 及質性 (qualitative) 研究，以檢視或補充個別方法所獲得資料。以下為本研究使用的量化及質性方法簡述：

量化方法部分：以統計方法比較每位同學的課前測驗與課後測驗成績、期中考或期末考成績、專題導向學習、TBL 個別測驗與團隊成績與同儕互評成績。以統計方法比較每位同學的課前測驗與課後測驗成績、期中考或期末考成績、TBL 個別測驗與團隊成績與同儕互評成績。此外，各種測驗題均進行試題分析 (test item analysis)，試題分析係採用美國加州大學柏克萊分校 (University of California, Berkeley) 開發的 Test Analysis Program (TAP) 軟體，分別計算每一試題的難度 (item difficulty) 與鑑別力 (item discriminating power)。試題的信度 (reliability) 以內部一致性 (internal consistency) 代表，測量其 Cronbach's α 係數 (Miller *et al.*, 2013)。上述試題分析主要係根據古典測驗理論，然而近年來新興的試題反應理論 (item response theory, IRT)，則是以單一試題分數 (item score) 為主要思考依據的一種測驗理論，試圖藉由試題特徵曲線 (item characteristic curve, ICC) 找出考生

的作答表現情形與某種潛在特質之間的關係（余民寧，2009）。本計畫亦將採用試題反應理論，從不同視角分析學生作答情況。

問卷：在 TBL 前與期中考或期末考後各進行一次。以結構式的問題，詢問參與者對本課程中各部分的滿意度、對於相關生理學知識的理解及對自我學習成效的評估。問卷模板參考 Seymour 等人所編製的線上學生學習成效問卷，再依據需求調整並改為中文版 (Seymour *et al.*, 2000)。

訪談：在 TBL 前與實驗示範後各進行一次。深度訪談重點在於探索參與者在課程中的表現，以半結構式 (semi-structured) 問題瞭解受試者對此訓練的自我評估與看法。

研究者觀察 (participant observation)：透過教學過程觀察報告及日誌，交互對照學生自我評鑑。

五、教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

1. 教學過程與成果

課程範例

由於課堂時間所限，無法全面講授人體生理學與動物生理學教材。因此本計畫所設計之課程，將以人體生理學為主軸，在一些生理多樣性與連貫性比較高的單元，整合融入動物生理學部分，使學生融會貫通。在國外的研究中，亦發現學生學習生理學的主要困難之一，在於那些與物理與化學息息相關的生理學原理 (Michael, 2007)。因此在課程中亦必須予以強調。本計畫設計融入的動物生理學單元有四個：心血管系統、呼吸系統、體液調節、代謝與體溫調節，各單元均包含一個創造「虛擬動物」，以呈現生理適應的專題導向學習。茲以呼吸系統單元為例，簡要說明上課方式，其它單元均仿此進行：

項目	內容	上課方式
人體呼吸生理學（一）	氣體溶解與壓力之物理與化學原理；呼吸道與換氣之力學、氣體交換與血液灌流	教師講授
人體呼吸生理學（二）	氣體運送、呼吸的神經控制及化學控制	教師講授
比較動物生理學：呼吸系統	比較各種動物之呼吸系統及特點，不同動物的氣體交換方式	教師講授
專題導向學習：呼吸系統	創造虛擬動物，描述不同環境下，呼吸系統之多樣性	小組合作學習、報告成果

首先在講授式授課 (lecture) 之前，先進行課前測驗。課前測驗屬於形成性評量 (formative assessment)，在課堂上詢問學生 5-10 題涉及基本觀念的呼吸生理學問題。例如：「血液中的氧氣以哪些方式被運輸？在陸地與海洋中是否有差異？」。為了方便學生

當場作答與事後統計，將採用本校通用的即時反饋系統 (interactive response system, IRS)。因為在相關的教學研究中指出，若能在教學歷程中善用即時反饋系統，將能提升形成性評量之效率，而且有助於學習成效（黃建翔，2017）。即時反饋系統可立即提供學生答錯之考題作分析，本人再根據此分析結果，設計接下來講授式 (lecture) 上課的內容，但並不直接解題，也不公布答案。在該單元講授式上課完畢後，再以相同題目做課後測驗。課後測驗亦屬於形成性評量，同樣以即時反饋系統供學生作答。

根據課前測驗與課後測驗的分析結果，比較學生的成績是否有差異，再調整之後的授課內容，並設計專題導向學習。在此同時，會針對同意參與本研究的學生進行第一次問卷施測與訪談，以瞭解其對於先前授課內容的瞭解，並找出其誤解之盲點。

在專題導向學習部分，學生分為若干小組，各組設計一隻「虛擬動物」，該動物不能為地球上任何已被發現的動物。學生可以自選一種牠生活的環境（例如陸地、沙漠、深海、海面、河流、湖泊、空中等），根據教師在課堂講授時所介紹的相關物理與化學原理，配合學生所學過的其它動物生理知識，創造出牠獨特的呼吸生理機制，並在課堂中報告。各組之間可以互相詰問、辯論，質疑對方的虛擬動物是否有科學上不合邏輯之處。教師則根據其是否合理與創意予以評分，尤其注重分析、應用、創造等高層次認知能力。評分時依據下列評量尺規 (rubrics) 為準：

等第	劣	差	中	良	優
描述	無法說明虛擬動物的生理機制，及根據何種物理與化學原則而運作	虛擬動物的生理機制與現生動物過於雷同，或者嚴重違反物理與化學原則，無法生存	虛擬動物的生理機制不太合理，可能違反物理與化學原則，生存困難	虛擬動物的生理機制合理，符合物理與化學原則，但是創意不足	虛擬動物的生理機制合理，充分運用物理與化學原則，創意新穎完美
得分	10-30%	30-60%	60-80%	80-90%	90% 以上

*各組之間詰問與辯論表現優良者，額外加分

在期末 TBL 上課時，分為以下階段：

- i. 課前預備 (pre-class preparation)
學生事先分組，每組約 5-7 人。教師在上課前兩週指定比較動物生理學的一篇研究論文，內容含蓋主要氣關系統的生理機制，作為課前預讀教材讓學生自我學習。此論文的基本概念，事先已在講授式課程中介紹過。教師另外撰寫課前預讀資料導讀，提示學生重點，解釋文中艱澀之名詞。
- ii. 個別測驗 (individual Readiness Assurance Test, IRAT)
上課一開始，立即進行個別測驗 (IRAT)。以課前預讀資料之內容命題 10-15 題選擇題，以基本、記憶性之知識為主，有準備的學生可立即得到回饋。
- iii. 團隊測驗 (group Readiness Assurance Test, GRAT)
個別測驗結束後，進行團隊測驗 (GRAT)，並用可立即得到回饋的作答方式 (Immediate Feedback-Assessment Technique, IF-AT) 進行（例如以刮刮卡劃答）。前半段與個別測驗相同，讓學生互相檢視、討論自己的答案；另外再加上 5-10 題新題目，以延伸性、思考性題目為主，刺激小組合作學習。團隊測驗題目中有 2-3 題需要根據行動學習網頁作答。
- iv. 申訴 (appeal) 與重點講解 (mini-lecture)

團隊測驗中，學生可以立即得知正確答案。對於有疑義的考題，學生可以提出申訴，也是一種師生互相回饋的活動。教師亦可針對課前預讀資料與考題中較為艱深或疑難之處，做重點式澄清。

v. 應用活動 (application activities)

促使學生將課前預讀資料與考題所學的知識及概念，應用於實際狀況，藉由小組學習，訓練批判性的思考。最後再由各組派代表向全班說明其答案及推理過程，由全班共同討論。在此過程中，各組之間有密切的回饋。

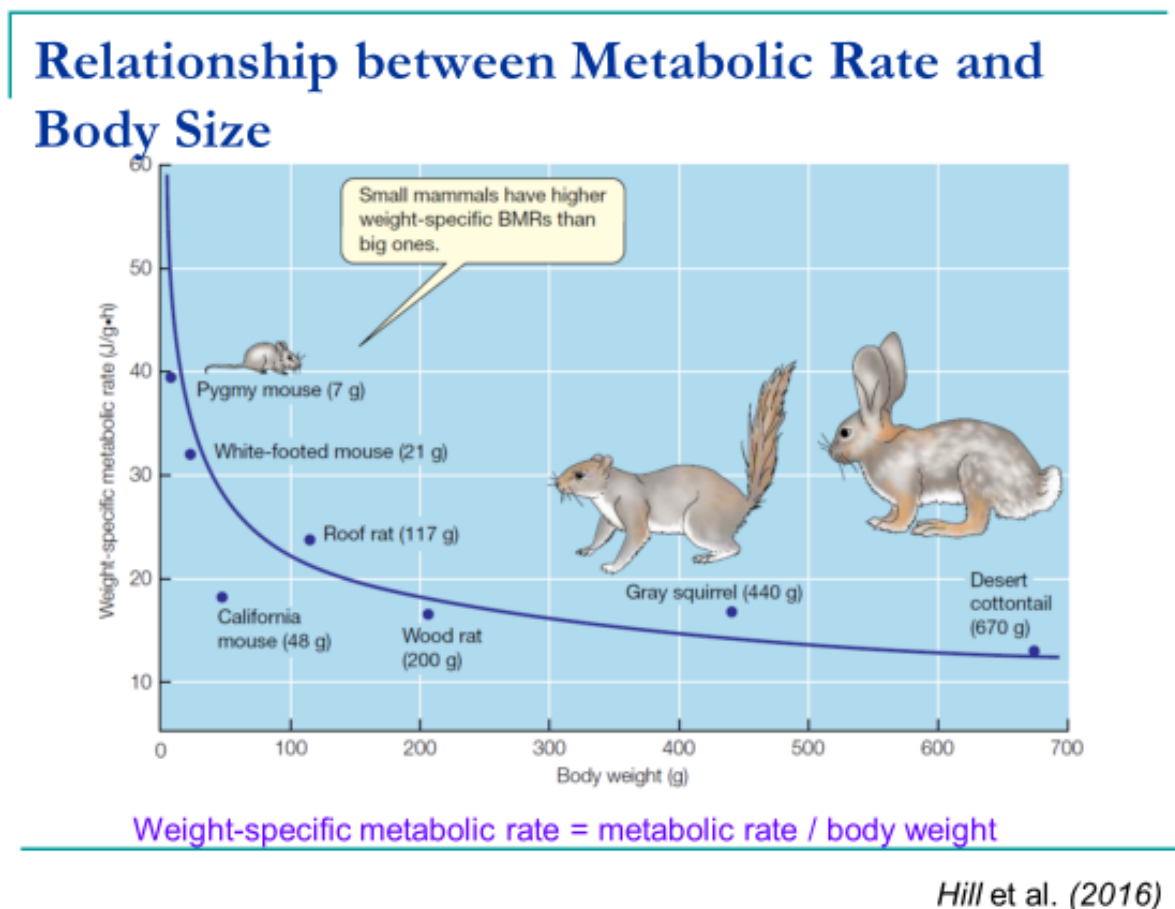
vi. 同儕互評 (peer evaluation)

課程結束後，學生上網填寫同儕互評，客觀評估其他組員的表現，也是一種互相回饋。

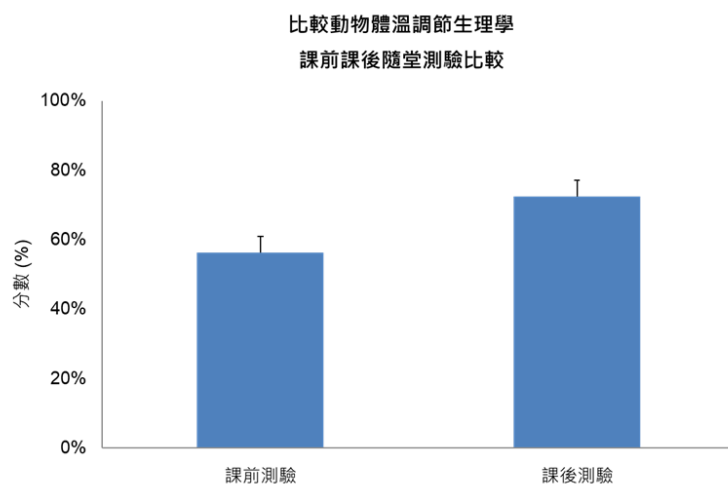
TBL 部份結束後，進行本單元的期中考或期末考。期中考或期末考屬於總結性評量 (summative assessment)。考題以題組方式呈現，每一題都對應於重要的核心原則，逐漸增加難度，以便將來分析學生在哪一題答錯，可代表其無法掌握的盲點。

期末考之後，針對同意參與本研究的學生進行第二次問卷施測與訪談，詢問其對於先前的誤解與盲點，是否已經釐清？並瞭解其對於本課程的意見與建議。另外，全部課程結束後，全體學生會在線上填寫教學評量（包括對教師與對課程之評量）。其中若有關於本課程之意見或建議，亦會納入後續分析。

範例：比較動物之代謝率



比較生物系與生技系系三年級學生在比較動物生理學之體溫調節單元，課前與課後隨堂測驗成績，課後測驗有明顯進步，統計上有顯著差異：



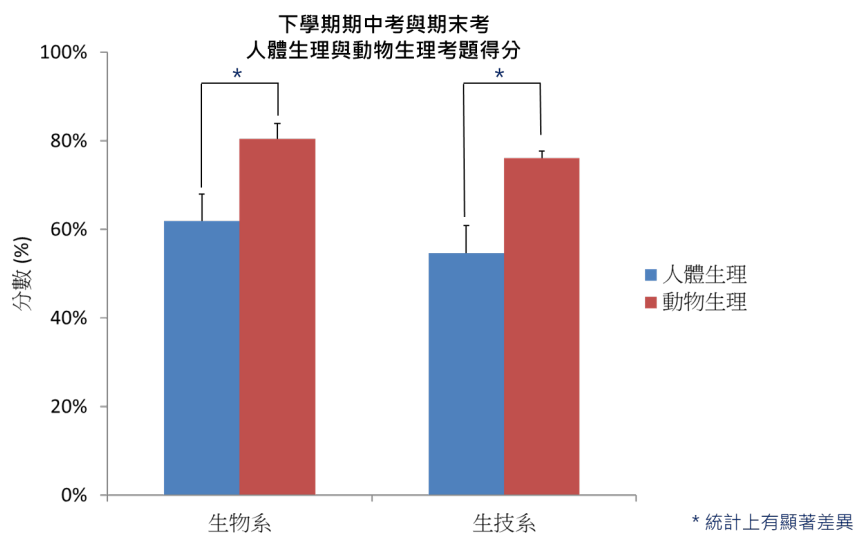
範例：心臟循環生理學專題導向學習

教學暨研究成果：專題導向學習 創造虛擬動物之心臟循環系統



學期考試成績

比較生物系與生技系系三年級學生在期中考與期末考中，人體生理學與動物生理學之試題答對率，動物生理學明顯比較高，統計上有顯著差異：



試題分析

古典測驗理論試題參數				
	上學期 期中考試	上學期 期末考試	下學期 期中考試	下學期 期末考試
人數	69	69	32	32
平均難度 (Item Difficulty)	0.577	0.583	0.762	0.779
平均鑑別力 (Discrimination Power)	0.363	0.404	0.487	0.301
Cronbach's α 係數 (K_{20})	0.761	0.672	0.570	0.487

2. 教師教學反思

本計畫的創舉是在生理學教學中，於原本的人體生理學講授之外，結合專題導向學習及團隊導向學習，以納入動物生理學的內容。本研究發現，藉由上述創新教學法，可以提升學生的學習成效，並且有助於培養應用、分析、評估與創造等高層次認知能力。根據以上初步研究結果，此種課程發展是成功的。

藉由本計畫的探索，讓我更能掌握生命科學院（生物系與生技系）醫生學習生理學的需求與盲點，也加強我應用此種混合式教學法的信心。

3. 學生學習回饋

學生接受訪談，對本課程回饋意見：

- 甲、老師用心又認真教學，授課內容很容易理解，減少課業負擔。
- 乙、很喜歡這種結合人體生理學與動物生理學的上課方式，讓我們在瞭解人體運作之虞，也能認識更廣大的生命現象。
- 丙、我目前是進入生態學實驗室，跟隨做生態的老師學習。以往我不會去想其他動物的生理機制與生態環境的關連，藉由老師的講授，令我獲益良多！
- 丁、我覺得創造虛擬動物的活動最有趣，小組成員討論熱烈，大家在腦力激盪之下，產生很有創意的設計。
- 戊、我是生技系學生，雖然興趣是生物醫學（免疫），不過我並不會覺得老師加入動物生理部分是浪費時間。反而可以讓我從其他動物的生理機制中，聯想到醫藥方面可能的應用。
- 己、團隊導向學習中，上課前預讀資料可以讓我更有準備來參加個別測驗與團隊測驗。老師設計應用胡侗可以刺激思考，不過當其它課業繁重時，的確有壓力。
- 庚、我們很多同學都有加入系上老師的研究室做研究，因此大家皮平時都很忙，找不出時間共同討論專題導向學習的要設計的虛擬動物。
- 辛、有大約三分之一的同學認為，他們還是習慣於傳統講授式上課，比較輕鬆。

學生填寫較學評量滿意度平均在 5.3-5.5 分（滿分為 6 分）。

六、建議與省思(Recommendations and Reflections)

本研究結果發現：

- (1) 各單元之團隊導向學習，其團隊測驗測分數顯著高於個別測驗分數，可見小組合作學習具有成效。
- (2) 學生普遍能學習到生態、演化與比較動物生理學三者的關聯，並且能夠在專題實作應用相關原理，創造出配合環境生態的假想中虛擬動物。
- (3) 比較學生在動物生理學與人體生理學的期中考與期末考成績，上學期兩者無顯著差異，下學期則甚至前者更高。
- (4) 本研究之成果，將有助於教學社群發展其他科目之類似教學法。

參考文獻(References)

- American Association for the Advancement of Science (2011). *Vision and Change in Undergraduate Biology Education: A Call to Action*. Washington DC, USA.
- Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View* (2nd Eds). New York, USA: Holt, Rinehart, & Winston.
- Brownell, S.E., Freeman, S., Wenderoth, M.P and Crowe, A.J. (2014). BioCore Guide: A Tool for Interpreting the Core Concepts of Vision and Change for Biology Majors. *CBE—Life Sciences Education* **13**: 200-211.
- Casagrand, J. and Semsar, K. (2017). Redesigning a Course to Help Students Achieve Higher-Order Cognitive Thinking Skills: From Goals and Mechanics to Student Outcomes. *Advances in Physiological Education* **41**: 194-202.
- Crowe, A., Dirks, C. and Wenderoth, M.P. (2008). Biology in Bloom: Implementing Bloom's Taxonomy to Enhance Student Learning in Biology. *CBE—Life Sciences Education* **7**: 368-381.
- Escribano, B.M., Agüera, E.I. and Tovar, P. (2011). Designing an Interactive Activity to Integrate Animal Physiology in the Context of Different Disciplines. *Advances in Physiological Education* **35**: 464–465.
- Goodman, B.E., Koster, K.L. and Swanson, D.L (2015). The Development and Implementation of a New Medical Biology Major Including Physiology. *Advances in Physiological Education* **39**: 67–75.
- Hill *et al.*, *Animal Physiology*, 2nd ed, Sinauer Associates, 2008
- Hull, K. (2018). Using Student-Generated Case Studies to Teach Respiratory Physiology. *Advances in Physiological Education* **42**: 251–255.
- Jeno, L.M., Raaheim, A., Kristensen, S.M., Kristensen, K.D., Hole, T.N., Haugland, M.J. and Mæland, S. (2017). The Relative Effect of Team-Based Learning on Motivation and Learning: A Self-Determination Theory Perspective. *CBE—Life Sciences Education* **16**: 1 – 12.
- Kaisarevic, S.N., Andric, S.A. and Kostic, T.S. (2017). Teaching Animal Physiology: A 12-Year Experience Transitioning from a Classical to Interactive Approach with Continual Assessment and Computer Alternatives. *Advances in Physiological Education* **41**: 405–414.
- Kern, D., Thomas, P., Howard, D., & Bass, E. (1998). *Curriculum Development for Medical Education: A Six-Step Approach*. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.
- Liu, D. (2008). How Animals Work. *CBE—Life Sciences Education* **7**: 165-170.
- Michaelsen, L.K., Watson, W.E., Cragin, J.P., Fink, L.D. (1982). Team Learning: a Potential Solution To the Problems of Large Classes. *Exchange: The Organizational Behavior Teaching Journal* **7**: 13-22.

Michael, J. (2007). What Makes Physiology Hard for Students to Learn? Results of A Faculty Survey. *Advances in Physiological Education* **31**: 34–40.

Michaelsen, L.K., Knight, AB., Fink, L.D. (2004). *Team-based learning : a transformative use of small groups in college teaching*. Sterling, VA, USA: Stylus.

Miller, M.D., Linn, R.L. and Gronlund, N.E.(2013). *Measurement and Assessment in Teaching* (11th ed.). Boston, MA, USA: Pearson.

Moyes and Schulte, *Principles of Animal Physiology*, 2nd ed, Mc-Graw Hill, 2007

Leupen, S.M., Kephart, K.L. and Hodges, L.C. (2020). Factors Influencing Quality of Team Discussion: Discourse Analysis in an Undergraduate Team-Based Learning Biology Course. *CBE—Life Sciences Education* **19**: 1–13.

National Research Council (2003). *BIO2010: Transforming Undergraduate Education for Future Research Biologists*. Washington, DC, USA: The National Academies Press.

Thompson, K.V., Chmielewski, J., Gaines, M.S., Hrycyna, C.A. and LaCourse, W.R. (2013). Competency-Based Reforms of the Undergraduate Biology Curriculum: Integrating the Physical and Biological Sciences. *CBE—Life Sciences Education* **12**: 162–169.

Roth, D., Anderson, J. and Mayes, R. (2007). Understanding by Design: A Framework for Effecting Curricular Development and Assessment. *CBE—Life Sciences Education* **6**: 95–97.

Seymour, E., Wiese, D.J., Hunter, A.-B. and Daffinrud, S.M. Creating a Better Mousetrap: On-line Student Assessment of their Learning Gains. National Meetings of the American Chemical Society Symposium. “Using Real-World Questions to Promote Active Learning”. San Francisco, March 27, 2000

Sherwood, *Human Physiology*, 9th ed, Cengage Learning, 2015

Silverthorn D. U. (2003). Restoring Physiology to the Undergraduate Biology Curriculum: a Call for Action. *Advances in Physiological Education* **27**: 91-96.

Treacy, D.J., Sankaran, S.M., Gordon-Messer, S., Saly, D., Miller, R., Isaac, R.S. and Kosinski-Collins, M.S. (2011). Implementation of a Project-Based Molecular Biology Laboratory Emphasizing Protein Structure–Function Relationships in a Large Introductory Biology Laboratory Course. *CBE—Life Sciences Education* **10**: 18-24.

Widmaier et al., *Vander's Human Physiology*, 14th ed, Mc-Graw Hill, 2016

Wiggins, G and McTighe, J. (1998). *Understanding by Design*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Withers, M. (2016). The College Science Learning Cycle: An Instructional Model for Reformed Teaching. *CBE—Life Sciences Education* **15**: 1–12.

Wright, R. and Boggs, J. (2002). Learning Cell Biology as a Team: A Project-Based Approach to Upper-Division Cell Biology. *CBE—Life Sciences Education* **1**: 145-153.

林維真 (2012)。圖書館學與資訊科學大辭典。臺北：國立編譯館。

余民寧 (2009)。試題反應理論 *IRT* 及其應用。臺北：心理。

黃建翔 (2017)。淺談 IRS 即時反饋系統運用至大學課程教學之策略。臺灣教育評論月刊 6:81-87。

劉雯瑜 (2016)。基於 UbD 理論之技職課程設計與實踐。大學教學實務與研究學刊，2016 年大學教師優良創新課程及教學競賽專刊：133-150。