

教育部教學實踐研究計畫成果報告

計畫編號：PMN1090460

學門專案分類：醫護學門

執行期間：2020-08-01～2022-01-31

以行動學習與團隊導向學習促進酸鹼生理學教學之課程發展

配合課程名稱：基礎醫學導論、呼吸系統、腎臟泌尿系統

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 2023 年 3 月 31 日公開)

繳交報告日期：2022 年 3 月 23 日

以行動學習與團隊導向學習促進酸鹼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

本人專長為生理學，之前的研究領域一向為細胞膜運輸及酸鹼生理學。15年前我開始在本校醫學系及後醫系任教後，一直專注於將研究專長與教學活動結合，把自己所接受的學術訓練之心得傳授給醫學生。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，然而我發現，不少醫學生即使接受了兩年完整的基礎醫學教育，直到畢業前，仍然未盡能掌握酸鹼生理學，甚至對於人體內酸鹼恆定之重要基本觀念，仍存在許多誤解與盲點。試舉兩個令我印象深刻的例子：一、市面上關於所謂「鹼性水」有許多誇大不實的廣告，當我詢問學生「喝下 $\text{pH} = 9$ 的鹼性水，對體液 pH 影響如何」時，有許多醫學系四年級、後醫系二年級的醫學生無法正確回答此題。事實上，只要用氫離子濃度的計量，即可知其其中的鹼基早已被胃酸 ($\text{pH} = 2$ ，氫離子濃度約為所謂鹼性水的一千萬倍以上) 消耗殆盡，對全身 pH 影響微乎其微。二、許多學生認為，劇烈運動後產生之「乳酸」既然名為「酸」，就是運動後引起之血液酸化 (acidosis) 主要來源。事實上，乳酸的 $\text{pKa} = 4$ 左右，是故血液中的乳酸在從細胞釋出之前，早已形成陰離子根 (lactate, $\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-$)，不會釋放多餘氫離子造成酸化。至於劇烈運動所致血液變酸，則另有生物化學反應之其它原因。凡此均顯示，至少對部分醫學生而言，其先前所修習的普通化學與生物化學並未能應用至酸鹼生理學的學習。另一方面，醫學生對於酸鹼生理學的基本觀念如果模糊不清，未來在學習臨床醫學時，恐怕只能以強記方式做判斷，無法徹底融會貫通。由以上教學現場發現的問題，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。

(2) 研究目的

本計畫之主題，係結合課堂講授、行動學習、團隊導向學習，以整合生物化學與生理學基本原理，融入於酸鹼生理學教學之課程發展。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)

如前所述，人體的酸鹼恆定是維持正常生理功能的必條件，因此酸鹼生理學一向是大學生（特別是醫學生）學習生理學過程中，不可或缺卻又時常備感困難之重要部分。然而在基礎醫學課程中，由於授課時間的縮減與入學制度的改變，使得部分醫學生在修習生理學之前欠缺必要的化學基礎。再者，人體酸鹼恆定的維持是一種全身性的調節，與呼吸系統、泌尿系統、內分泌系統及消化系統等密切相關。然而，過往在基礎

醫學領域，有關酸鹼生理學的教學分散在不同章節，缺乏整體性的連貫，醫學生多半以速成方式僅記憶流程圖，以求立即鑑別診斷，卻不易建立整體的完整觀念，因此遇到比較複雜的情況(例如各種呼吸性合併代謝性酸鹼中毒及其代償)時，便倍覺困難。此外，醫學生對於酸鹼生理學常見的名詞，例如陰離子間隙 (anion gap)、緩衝能力 (buffering power) 等，也常見迷思與誤解。

事實上，此類現象絕非臺灣所獨有。知名的生理學教科書作者、腎臟生理學家 Vander (1998) 即指出：多數學生面對不同器官對於體內酸鹼狀態的調節時，往往莫衷一是，無從判斷先後。在國外的研究中亦發現，當醫學生被問到「何者是體內酸鹼調節的目標？」時，無法逐一判斷其對血液、尿液與其它體液的影響，甚至亦不瞭解細胞內液與細胞外液 pH 值 (intracellular and extracellular pH) 的差異 (Balakrishnan *et al.*, 2007; Haudek *et al.*, 2012)。以上情況，均與本人在教學現場的經驗相似。可見這並非一時一地獨有之現象，而身為教師的我們，必須有嶄新的方法來因應，幫助學生克服學習困境。

面臨以上困境，生理學界的有識之士提出各種教學改革，設法改進酸鹼生理學的教學 (Boron, 2004)。比較為人所知的例子包括：Friis (2010) 嘗試以實驗室中實際測量動脈血液氣體 (arterial blood gas, ABG) 以呈現各種血中參數，並讓學生觀察運動對其影響。Haudek 等人 (2012) 則運用詮釋寫作與詞法分析之方式，讓學生回答與酸鹼生理學相關的開放性問題，以求發現其學習盲點。丹麥的 Berg 教授之研究團隊更發現，若讓醫學生以小組合作學習模式，共同分析血液動脈氣體數值並互相教導如何判斷，其學習成效顯著優於傳統個人學習。而且長期追蹤這群學生後發現，其提升的學習成效可以持續達兩年以上 (Petersen *et al.*, 2014; Hartmann *et al.*, 2015)。上列這些方法固然有其成效，然而由於需要耗費大量的時間、人力與物力，比較難以全面持續地運用在醫學系的課程。

在另一方面，由於多媒體與電腦資訊科技的快速發展，有愈來愈多醫學課程運用數位資訊輔助以解釋或模擬生理反應 (Dobson, 2009)。在酸鹼生理學方面，由於牽涉許多數理公式及運算，電腦軟體更可以充分發揮幫助學習的功能，讓學生直觀看到結果。先前本人已將入門版的生理模擬軟體 PhysioEx 6.0 運用於非醫學系的酸鹼生理學實驗課中，確實可以節省實作實驗的人力與物力，更能避免因為操作不當或誤差，而造成學習成效不彰 (Stabler, 2009)。但是美中不足的則是，該軟體對醫學生而言，深度顯然不足，因此無法直接用於醫學系的酸鹼生理學教學。國外的研究亦指出，若運用電腦軟體輔助教學，可以有效幫助學生學習酸鹼生理學。許多研究結果顯示，無論從量化指標或質化結果來分析，學生的學習成效均顯著提升，也覺得上課更為有趣 (Rawson, 2002; Longmuir, 2014)。值得注意的是，Taradi 等人更利用網頁版的數位教材搭配問題導向學習 (problem-based learning, PBL)，幫助酸鹼生理學的學習。其研究結果發現，在學生滿意度、測驗答對率與考試成績方面，此種教學法均顯著優於傳統的講授式教學 (Taradi *et al.*, 2005)。然而，迄今尚未有人將團隊導向學習 (team-based learning, TBL) 結合數位資訊，運用於酸鹼生理學的教學。

由於前人研究的指引，本計畫擬以 TBL 教學法搭配數位教材，融入酸鹼生理學的教學，培養醫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 等, 1982; Michaelsen 等, 2004)。在過往的研究中已經證實，TBL 有助於訓練學生解決問題、

自我反思與創造力等能力 (Dunaway, 2005)。採用 TBL 的學生即使在知識性、測驗式考題的成績表現，也優於採用傳統的講授式學習 (lecture-based learning) 之學生 (Levine 等，2004；Vasan 等，2005)。

根據以上文獻所述，酸鹼生理學是醫學訓練中非常重要的必備知識，然而它又較為抽象，一般醫學生較難掌握，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 結合數位教材來進行。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，讓學生協力解答教師所提出的問題。

再者，近年來由於行動裝置的普及、網路技術的發展，行動學習 (mobile learning) 蔚為風潮。聯合國教科文組織 (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO) 甚至為此出版了政策綱領，在各國推動行動學習，將行動學習視為打破國界藩籬、促進教育機會均等的學習機制 (UNESCO, 2013)。我國教育部亦已連續多年推動「國中小行動學習推動計畫實施方案」，希望在全球行動學習的浪潮中，臺灣學生不要落於人後 (教育部，2018)。綜合各家學者之見解，行動學習的意涵包括：①行動載具與無線網路科技軟硬體設備應用 ②具學習活動特色 ③具主動和情境化要素 ④無所不在的學習環境支援等四項 (林傑聖與林怡均，2013)。其中最重要的精神即為行動學習不受時間與空間的影響，或是學習可以在任何時間、任何地點運用行動載具進行。在醫學教育領域，有研究報告指出行動學習特別適合高度專業化的臨床醫學訓練，可以顯著促進醫師的自我學習 (Chase *et al.*, 2018)。也有學者設計網頁或應用軟體，提供學生以行動學習自我學習生理學知識，發現與傳統講授式上課相比，學生的學習成效顯著提升，所習得的知識亦可以維持較久而不易遺忘 (Bruce-Low *et al.*, 2013; Taradi & Taradi, 2016)。根據這些研究證據，本計畫將採用行動學習搭配數位教材，讓學生可以隨時隨地學習酸鹼生理學。

綜合以上所述，本課程採用多種教學方法，統合文字、聲音、影像等多種途徑，分別運用 TBL、虛擬軟體與行動學習，能有效幫助醫學生建立對於酸鹼生理學知識的長期記憶。

三、研究問題(Research Question)

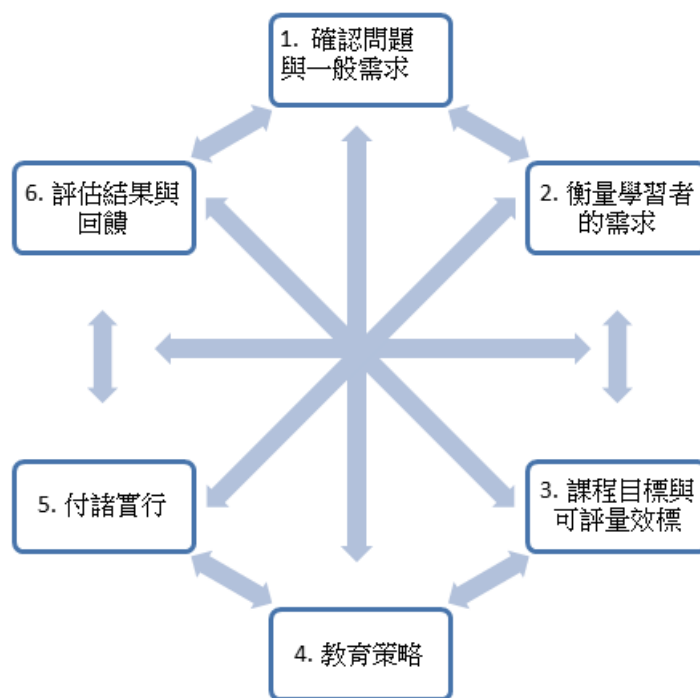
本研究係假設：在醫學系生理學相關課程中，採用多種教學方法，統合文字、聲音、影像等多種途徑，分別運用 TBL、虛擬軟體與行動學習，能有效幫助醫學生建立對於酸鹼生理學知識的整體概念，並促進學習成效。本研究希望能藉由研究實證，支持以上假設。

四、研究設計與方法(Research Methodology)

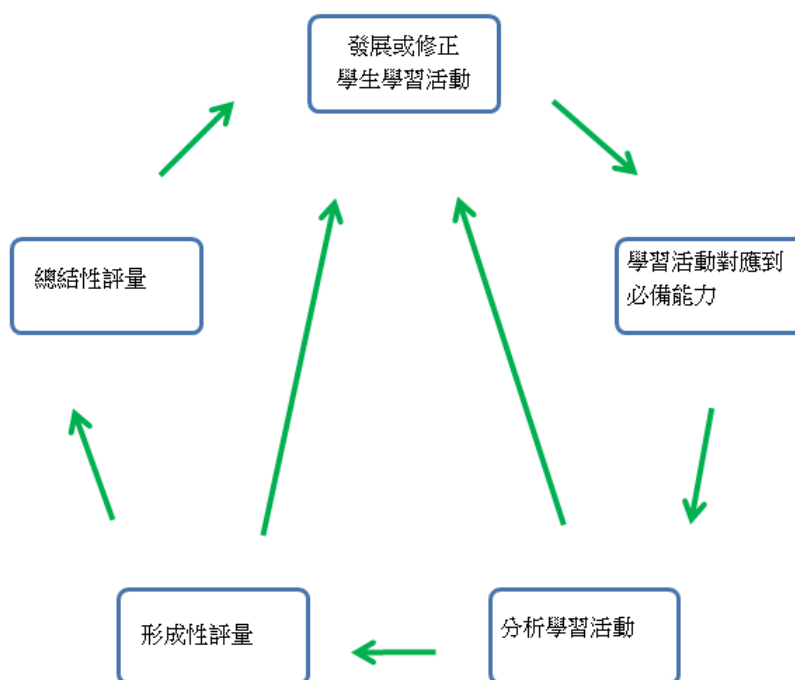
(1) 研究設計

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 等，1998）：



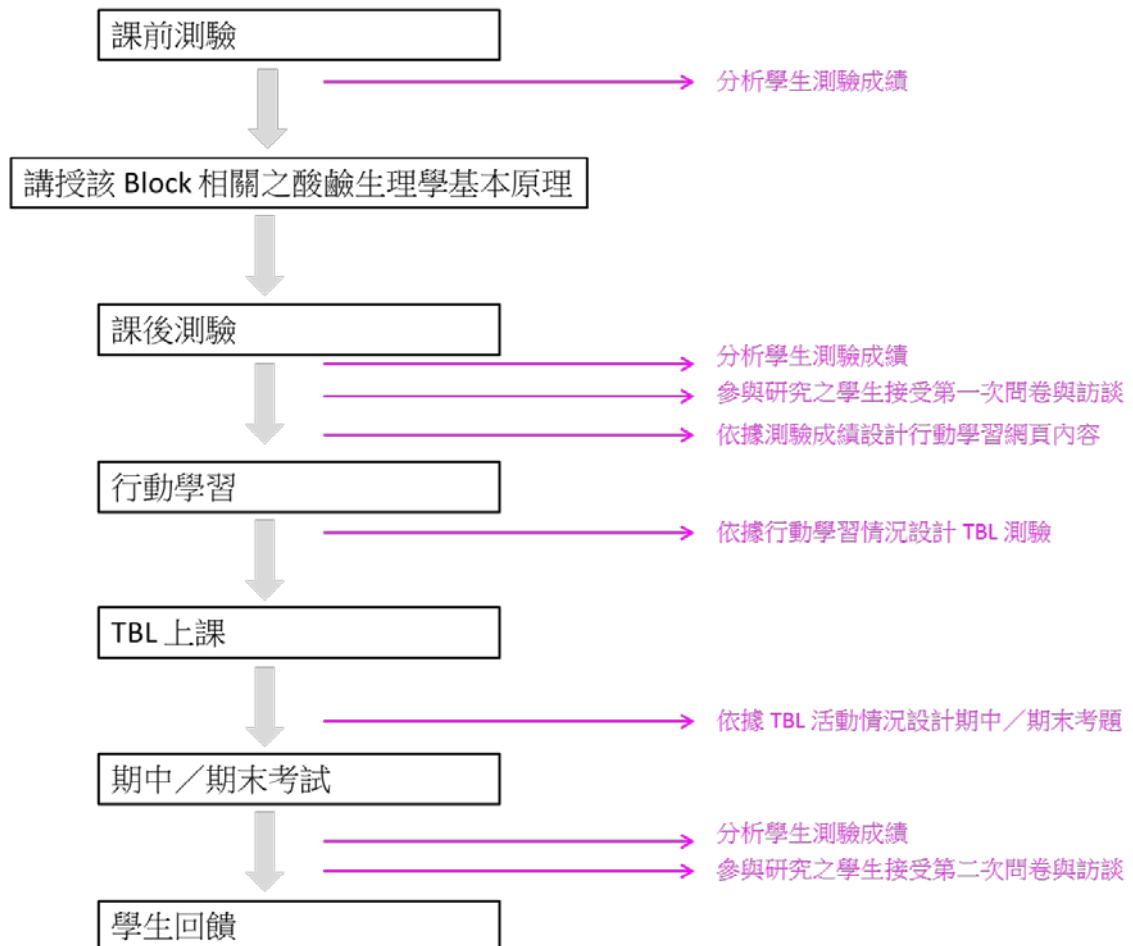
此外 Thompson 等人 (2013) 提議，在設計整合課程時，課程發展應按照迭代過程 (iterative process) 以隨便時修正調整，如下圖(修改自 Thompson 等，2013)：



因此在研究執行部分，我們亦遵循上述兩大原則，以發展整合酸鹼生理學之課

程。

Boron (2004) 指出，醫學生必須熟知若干酸鹼生理學的核心原則 (core principles)，方能掌握整體人體生理現象。根據該報告，本計畫在每一個介入研究的 Block 特別融入這些核心原則於課程中。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、行動學習隨堂練習表現、TBL 個別測驗與團隊成績與同儕互評成績。此外亦比較醫學系與後醫系兩系之上述成績。在期中考或期末考題部分，則進行試題分析 (test item analysis)，列出每一試題的難度 (item difficulty) 與鑑別力 (item discriminating power) (Miller 等，2013)。

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、對於酸鹼生理學知識的理解及對自我學習成效的評估。

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

茲以「基礎醫學導論」Block 中的「細胞生理學」單元為例，簡要說明上課方式，其它 Block 均仿此進行：

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 題涉及基本觀念的酸鹼生理學問題。例如：「血液中碳酸氫根 (HCO_3^-) 離子減少時，血液 pH 如何改變？」。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，再調整行動學習網頁內容，並設計 TBL 上課時的課前預備教材、個別測驗、團隊測驗與應用活動。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 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閱讀行動學習網頁的一個單元 (例如細胞內酸鹼調控機制)，作為課前預讀教材讓學生自我學習。此章節的基本概念，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)。在命題時，除了一般基本考題之外，亦注重學生對於與酸鹼生理學相關之計算推理的掌握。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。考題中包括計算題，但是以觀念為主，並非要求數值之絕對精確。以上考題之命題，仿照 Momsen 等人 (2013) 設計大學部科學課程考題的方式，每題皆按照布隆姆目標分類學 (Bloom taxonomy) 列舉其認知範疇 (cognitive domain) 屬於以下六種之一：知識、理解、應用、分析、評鑑、創造。

期中考或期末考之後，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 Block 課程結束後，全體學生會針對該 Block 進行整體回饋，並線上填寫教學評量（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。

建置行動學習網頁

本計畫執行之初，需要先建置行動學習所需要之數位教材。考慮到開發應用程式 App 之費用高昂，而且必須兼顧 Android 與 iOS 兩種平台，工程浩大，因此初步先以網頁版 (Web-based) 為主。網頁內容涵蓋醫學生理學課程中，所有與酸鹼恆定有關之部分，按照各器官系統分為細胞生理學、呼吸生理學、腎臟生理學、與運動生理學等章節，以對應醫學系與後醫系的生理學課程。每個章節分為若干主題單元，每個主題單元均介紹基本原理、臨床案例，並有隨堂練習問題 (quiz) 做為形成性測驗 (formative assessment)，以學生作答並了解自己的盲點。

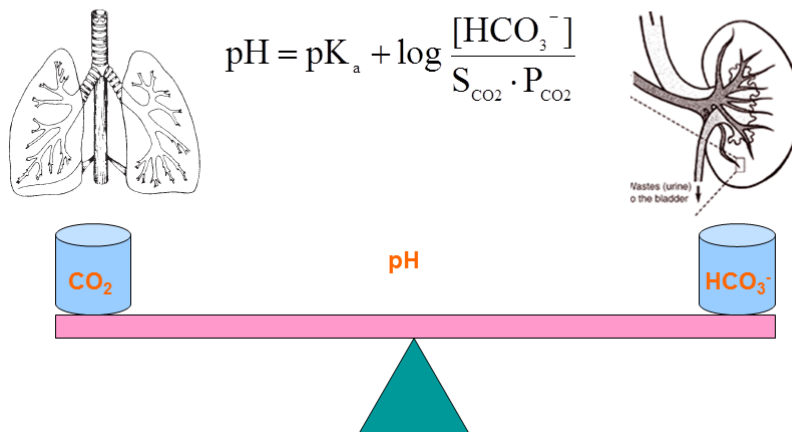
行動學習網頁中，各章節的內容大綱如下：

課程模組及章節	主題單元
課程模組 (Block)：基礎醫學	基本酸鹼化學
	氫離子濃度對於生物化學反應的影響

章節：細胞生理學	氫離子濃度對細胞生理功能的影響
	細胞調控酸鹼的分子機制
	酸鹼對神經與肌肉的影響
課程模組 (Block)：呼吸系統 章節：呼吸生理學	Henderson-Hasselbalch equation
	呼吸調控體內酸鹼恆定
	體內酸鹼狀態對呼吸之影響
	呼吸性酸鹼中毒
課程模組 (Block)：腎臟泌尿系統 章節：腎臟生理學	體液的酸鹼緩衝能力
	腎臟調控體內酸鹼恆定
	體內酸鹼狀態對電解質平衡之影響
	造成酸鹼失衡的腎臟疾病
	代謝性酸鹼中毒
總結複習 章節：人體生理學	混合呼吸性與代謝性酸鹼中毒及代償
	運動對體內酸鹼恆定之影響
	酸鹼恆定與健康
*備註	每個單元均介紹基本原理、臨床案例，並有隨堂練習問題

行動學習網頁係以酸鹼生理學領域的兩本重要教科書為藍本編寫 (Holmes, 1998; Abelow, 1998)，此外亦納入臨床案例與醫師國家考試題庫。螢幕截圖範例如下：

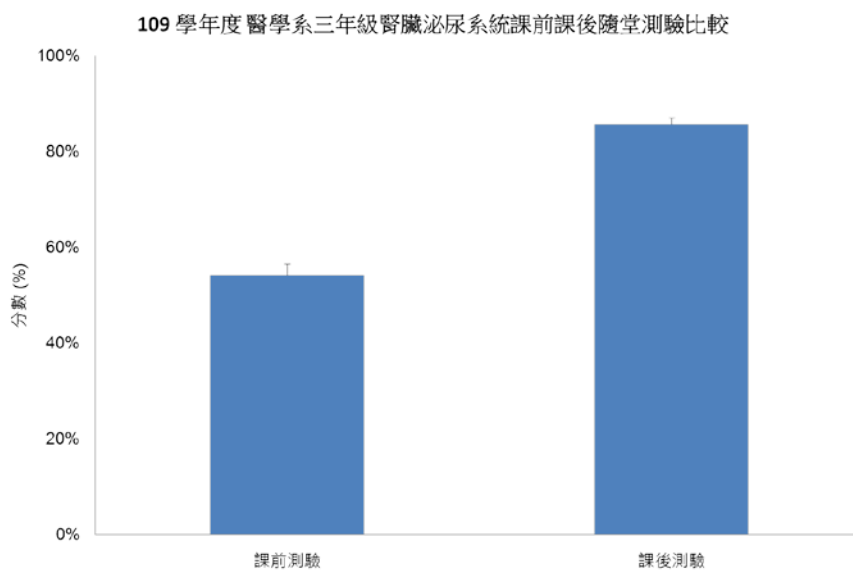
Coordination between the Lung and Kidney to Maintain Homeostasis of Body pH



- B** 18. 一位 2 個月大的嬰兒因為幽門狹窄而有反覆性嘔吐 (vomiting)，臨床上會造成什麼現象？
- (A) 代謝性酸中毒 (metabolic acidosis)
 - (B) 代謝性鹼中毒 (metabolic alkalosis)
 - (C) 呼吸性酸中毒 (respiratory acidosis)
 - (D) 呼吸性鹼中毒 (respiratory alkalosis)

一〇二年第二次專技高考

比較醫學系三年級學生修習腎臟泌尿系統 (含酸鹼生理學部分) 課前與課後隨堂測驗成績，統計上有顯著差異。



2. 教師教學反思

本計畫的創舉是在酸鹼生理學教學中，於講授之外，結合行動學習及團隊導向學習。根據初步研究結果，此種課程發展是成功的。藉由本計畫的探索，讓我更能掌握醫學生學習酸鹼生理學的盲點，也加強我應用此種混合式教學法的信心。

3. 學生學習回饋

茲摘錄學生課後質性回饋意見如下：「老師很厲害而且講的很深入淺出」、「讓人有動腦的地方，不是單方面授課，讚」、「老師解釋的很好理解」、「老師很用心在設計應用活動！很創新」、「畫圖形作答的課程與題目有趣」、「老師準備用心，會提前準備一些認為學生比較有困惑的題目解析，讓學生可以更深入的了解課程內容」、「我覺得老師設計的活動很有趣，讓我們可以用軟體自己模擬的反應圖，是一項可以從自己實際操作加上和同組員們討論，真的對生理有更深入的了解」。各課程學生填寫較學評量滿意度均在 5.3-5.5 分（滿分為 6 分）。

六、建議與省思(Recommendations and Reflections)

- (1) 本研究之結果證明，藉由長期統整性、縱貫性之課程介入，整合融入細胞生理學、呼吸生理學與腎臟生理學，能增進醫學生對酸鹼生理學重要觀念之理解。酸鹼生理學課程導入行動學習與化學基礎概念之後，醫學生可以更深入藉由量化概念思考體內酸鹼平衡現象。
- (2) 藉由本計畫發展之創新課程，能在保留原本醫學系的課程框架下，有效促進醫學生學習酸鹼生理學之學習成效。
- (3) 由於醫學系課業繁重，現階段醫學生之學習重心仍以通過第一階段醫師國考為主，然而數理相關概念並非國考應試重點，因此無法要求醫學生花費大量心力於此。此為執行本計畫之主要困難。
- (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)

- Abelow, B. (1998). *Understanding Acid-Base*. Baltimore, MD, USA: Williams & Wilkins.
- Balakrishnan, S., Gopalakrishnan, M., Alagesan, M. and Prakash, E.S. (2007). What is the Ultimate Goal in Acid-Base Regulation? *Advances in Physiological Education* **31**: 51-54.
- Boron, W.F. (2004). Regulation of Intracellular pH. *Advances in Physiological Education* **28**: 160-179.
- Bruce-Low, S.S., Burnet, S., Arber, K., Price, D., Webster, L. and Stopforth, M. (2013). Interactive Mobile Learning: a Pilot Study of a New Approach for Sport Science and Medical Undergraduate Students. *Advances in Physiological Education* **37**: 292-297.
- Chase, T.J.G. et. al., (2018). Mobile Learning In Medicine: an Evaluation of Attitudes and Behaviours of Medical Students. *BMC Medical Education* **18**: 152.
- Dobson, J.L. (2009). Evaluation of the Virtual Physiology of Exercise Laboratory Program. *Advances in Physiological Education* **33**: 335–342,.
- Friis, U.G., Plovsing, R., Hansen, K., Laursen, B.G. and Wallstedt, B. (2010). Teaching Acid/Base Physiology in the Laboratory. *Advances in Physiological Education* **34**: 233-238.
- Hartmann, J.P., Toksvang, L.N. and Berg, R.M.G. (2015). Collaborative Teaching Strategies Lead to Retention of Skills in Acid-Base Physiology: A 2-Year Follow-Up Study. *Advances in Physiological Education* **39**: 120-121.
- Haudek, K.C., Prevost, L.B., Moscarella, R.A., Merrill, J. and Urban-Lurain, M. (2012). What Are They Thinking? Automated Analysis of Student Writing about Acid–Base Chemistry in Introductory Biology. *CBE—Life Sciences Education* **11**: 283-293.
- Holmes, O. (1998). *Human Acid-Base Physiology: A Student Text*. Berlin, Germany: Springer.
- 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.
- Levine, R.E., O'Boyle, M., Haidet, P., Lynn, D.J., Stone, M.M., Wolf, D.V., Paniagua, F.A. (2004). Transforming a Clinical Clerkship with Team Learning. *Teaching and Learning in Medicine* **16**: 270-275.
- Longmuir, K. (2014). Interactive Computer-Assisted Instruction in Acid-Base Physiology for Mobile Computer Platforms. *Advances in Physiological Education* **38**: 34-41.
- Mayer, R.E. (2010). Applying the Science of Learning to Medical Education. *Medical Education* **44**: 543–549.
- 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.
- 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.

Momsen, J., Offerdahl, E., Kryjevskaja, M., Montplaisir, L., Anderson, E. and Grosz, N. (2013). Using Assessments to Investigate and Compare the Nature of Learning in Undergraduate Science Courses. *CBE—Life Sciences Education* **12**: 239–249.

Petersen, M.W., Toksvang, L.N., Plovsing, R.R. and Berg, R.M.G. (2014). Collaborative Strategies for Teaching Common Acid-Base Disorders to Medical Students. *Advances in Physiological Education* **38**: 101-103.

Rawson, R.E. and Quinlan, K.M. (2002). Evaluation of a Computer-Based Approach to Teaching Acid/Base Physiology. *Advances in Physiological Education* **26**: 85-97.

Taradi, S.K., Taradi, M., Radic´ K. and Pokrajac, N. (2005). Blending Problem-Based Learning with Web Technology Positively Impacts Student Learning Outcomes in Acid-Base Physiology. *Advances in Physiological Education* **29**: 35-39.

Taradi, S.K. and Taradi, M. (2016). Making Physiology Learning Memorable: a Mobile Phone-Assisted Case-Based Instructional Strategy. *Advances in Physiological Education* **40**: 383-397.

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.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2013). *Policy Guidelines for Mobile Learning*. Paris, France: UNESCO.

Vander, A.J. (1998). Some Difficult Topics to Teach (and not to Teach) in Renal Physiology. *Advances in Physiological Education* **20**: S148-S156.

Vasan, N.S., DeFouw, D. (2005). Team Learning in a Medical Gross Anatomy Course. *Medical Education* **39**: 524.

林傑聖、林怡均 (2013)。Action Learning 到 Mobile Learning：淺談行動學習的進化與可能之影響。 *科學教育月刊* **365**: 19-28。

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。

教育部 (2018)。108 年國中小行動學習推動計畫實施方案。臺北：教育部。