

【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：PMN1080013

學門專案分類/Division：醫護

執行期間/Funding Period：2019-08-01～ 2020-07-31

(計畫名稱/Title of the Project)

融入擴增實境技術於問題導向式學習：應用於單項運動傷害防護特論課程

(配合課程名稱/Course Name)

單項運動傷害防護特論

計畫主持人(Principal Investigator)：吳汶蘭

共同主持人(Co-Principal Investigator)：郭藍遠、張乃仁

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：高雄醫學大學/運動醫

學系

成果報告公開日期：

☐立即公開 ☒延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2020.09.15

(融入擴增實境技術於問題導向式學習：應用於單項運動傷害防護特論課程)

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

近年來，問題導向學習 (Problem-Based Learning, PBL) 在醫學教育上的應用日漸普遍，PBL 讓學生在問題情境中學習知識的使用與產出問題解決的原則，但亦有研究對 PBL 的成效抱持不一致的想法。另一方面，由於資訊科技的快速發展，民眾普遍擁有電腦、手機或其他智慧型裝置，透過這些智慧裝置來使用互動式多媒體內容，進而發展出許多互動式多媒體教材，為了適應學習方式的改變，虛擬實境、擴增實境及混合實境等技術也逐漸納入至醫療相關領域的教學中，因此，透過設計、開發適用於傷害防護學習之教學輔助方式融入現行教學模式中，並評估其教學功效，是本計畫主要的研究目的。

2. 文獻探討(Literature Review)

問題導向學習(Problem-Based Learning, PBL)

PBL 於 20 世紀 60 年代首次在醫學院實施後，它徹底改變了醫學教育領域的學習方式(Gwee, 2009)，PBL 是一項教導學生由問題中學習以提升學習成效的方法，其特色包含：一、課程設計以患者的主述、症狀描述或事件經過等形成一個問題，作為引起學習動機的材料，學生循著問題的架構，探究、學習建構知識基礎(Schmidt, Rotgans, & Yew, 2011; Sockalingam, Rotgans, & Schmidt, 2011)；二、以學生為中心，讓學生發現病人的臨床問題，自發性的啟動學習、搜尋解題所需要的知識、主動地運用先備知識詮釋資料，定義學習目標以瞭解致病機制、學習臨床推理與進行醫學問題解決；三、學習是在小組合作中產生，由小組討論與反思中，檢視先備知識與獲得的新知識；四、教師的角色是學習的模範與引導者，有限制的提供講演課程，大部分時間以具彈性的引導，促進推理和鼓勵建構更高階的思考技能，協助學生發展問題解決與知識獲得的能力(Bude, van de Wiel, Imbos, & Berger, 2011; Schmidt et al., 2011; Sockalingam et al., 2011)，透過問題導向學習方式後，學生可以從小組間互相回饋和討論中產生關於問題內容的見解以成為具備自我導向學習能力的學習者(O'Neill & Hung, 2010)，達到產生自主學習、互助或互學等正面人格特質的發展(Dolmans, Michaelsen, Van Merriënboer, & van der Vleuten, 2015)。

PBL 被定義為以學生為中心的教學法，其中參與者在非指導性教師的指導下分組，最多 8 人，並提供反映與他們將要經歷的工作環境相關的情況的任務或挑戰(Smits et al., 2003)。通過這種方式，學習者有權整合理論和實踐，並運用知識和技能來開發問題的可行解決方案(Oda, Onishi, & Sakemi, 2014)，PBL 代表了傳統教育學的範式轉變，傳統教育學通常是基於講座的學習(lecture-based learning, LBL)，LBL 教學法側重於事實知識和記憶，幾乎沒有機會將從基礎科學中獲得的知識應用到環境中，PBL 相對於 LBL 還有許多其他優點，包括培養知識運用、溝通、合作技能和自主學習的技能，以及更有趣和激勵學習的效果(Onyon, 2012)。最初，設計 PBL 是為了開發應用於臨床醫學教育的教學方法，目前在台灣及世界各國的醫學教育已經或正在引進 PBL 作為一種學習方式(Chae, 2012; Ibrahim, Al-Shahrani, Abdalla, Abubaker, & Mohamed, 2018; Mansur, Kayastha, Makaju, & Dongol, 2012; Shankar, Nandy, Balasubramaniam, & Chakravarty, 2014; Tseng, Shieh, Kao, Chen, & Ni, 2015)，經由學生個人的自我學習及小組間的團隊合作，互相研討辯論，去發現問題、處理問題，最後解決問題，並驗證應用歸納上課所學的基礎醫學與臨床科目的知識，達到更深刻學習的目標。

科技融入學習

本研究旨在為已開始或正在考慮為學生以高科技基礎提供新的問題導向學習(PBL)學習模式之大學院校教師新的想法與概念。然而須強調的是，引入技術並不能保證此必

為有效的學習模式，但新科技勢必有機會融入問題導向式學習。由於許多新技術是屬於互動性的，導致現今更容易以此創建新的教學環境，學生可以透過這種環境學習，接收反饋並不斷改進他們的知識理解，並建立新知識。因此儘管以科技支援問題導向學習，一本初衷還是將以學習者為中心，促進知識合作與重建，共享溝通學習，問題導向主動學習和模擬真實情境。

本研究的理論架構是，如果科技支援問題導向式學習做得好，將促使更深層次的學習發生，當學生參與更深入的學習時，他們在學業上將取得更大的成就，並開發了更深入的學習知識，技能和信念，包括：批判性思維和解決問題，合作，溝通，自我導向學習和學術思維。先前 Hattie (2008)在超過 800 個與學習成就有關的 Meta Analyses 分析了各種因素對學生學習成效的影響，包括學生，教師，家庭，學校等...，其中亦包括了科技技術(Hattie, 2008)，研究指出不同類型的技術對學生的學習有不同的影響：其中包括了互動式影音方法、電腦輔助學習、模擬技術與網絡學習等...，但不論是何種技術成分，只要技術使用得宜，可以對學習以及學生的整體參與和熱情產生積極影響，例如：以「教學回饋式學習」提供批判修正式的課程設計，常用於英語學習者為有用策略，科技性技術可為學習者模擬真人面對專家學者，提供實際即時的回饋；而挑戰問題或疑問的教學模式，先行設計之結構和可行步驟的「問題導向式學習」，可點燃學生的興趣，並通過持續的探究幫助學生實現目標，此部分可藉由引起學生對某個主題感興趣的多媒體視頻或照片來點燃學生的好奇心，促使學生採取行動解決問題，此部分考慮：以真人影音方式開始課程亦是不錯的選擇；而在學習者分析和數據視覺化的部分也是成功學習教學法的一項重要策略，學習者數據需要清楚地傳達給教師與學生，網路科技結合圖像設計數據視覺化呈現以茲獲得有關課程回饋的重要資訊，以上總總皆是科技融入學習的優勢。

目前在許多 PBL 研究中，亦看到嘗試以學習與記憶的觀點，提供較多非陳述性知識，例如融入影片、標準病人或虛擬實境等方式(Jin & Bridges, 2014; 廖述盛, 黃秀美, & 賴崇閔, 2011)，在 Jin & Bridges (2014)的回顧文獻中也提到透過軟體程式和數位學習的方式將教材整合到 PBL 課程中(Jin & Bridges, 2014)，例如學習管理系統(Learning Management Systems, LMS)(Tim Dornan, Hadfield, Brown, Boshuizen, & Scherpbier, 2005)、專業知識學習軟體(T. Dornan, Maredia, Hosie, Lee, & Stopford, 2003; Hudson, 2004)、沉浸式虛擬環境(Antoniou, Athanasopoulou, Dafli, & Bamidis, 2014; Conradi et al., 2009)和 3D 視覺化模型(Silen, Wirell, Kvist, Nylander, & Smedby, 2008)等，而這些數位科技提供了豐富多樣的學習環境，可以建構出架構完整的知識訊息和知識協作的平台(Hmelo-Silver & Eberbach, 2012)，並提供接近臨床實境操作模擬的程序性知識而取代紙本教案的歷程描述，縮小理論知識與臨床實踐之間的差距(August-Dalfen & Snider, 2003)或促進課堂以外的合作(Nathoo, Goldhoff, & Quattrochi, 2005)或者加強知識建構和支持決策過程(Conradi et al., 2009; Corrigan, Reardon, Shields, & Redmond, 2008)，以圖像或影像的方式較易在學習過程產生學習誘發，而學生看過或聽案例的臨床表徵後，偵察或指認的促發能力增加，可快速反應連結疾病診斷，且當不同的案例讓學生習慣於臨床實境的模式，就能更深入的注意到案例細微的改變上。過去研究亦指出多媒體技術可以克服運用問題導向學習時可能產生的問題或是一般紙本教案常出現的問題(Hoffmann & Ritchie, 1997)，而擴增實境即是多媒體技術的一種表現方式，其也因應 PBL 教案的缺失可提供以下多媒體教材的優點：

- 保真度(Fidelity)：語音對話的保留
- 呈現的豐富性(Representational Richness)：完整呈現教案中的圖像影音，包括過程中的身體環境互動以及社會內涵
- 時間與合時宜(Time and timeliness)：與時間相關的因子，例如：加速與減速也是紙本教案較不易呈現的
- 評估(Assessment)：易於評估學習歷程與成果
- 替代功能(Increased power of agency)：可讓學習者經驗到紙本無法經驗到的狀態，例如行

然則，多媒體教學設計亦需要關注人類訊息處理過程的影響，因此，多媒體教學對於認知負荷理論相關的研究也陸續開展，若以教材設計的角度來看認知負荷，我們可以將它分為三個類別，分別是：內在的認知負荷(*intrinsic cognitive load*)，指的是教材本身的難易度，即教材內容性質，或各單元之間的相關程度，外在認知負荷(*Extraneous Cognitive Load*)所指的是教材內容的呈現方式，如教材的組織方式，單元的編排等等。增生認知負荷(*Germane cognitive load*)就是指學習者為了理解教材所付出的努力。內在的認知負荷為教材本身的難度，無法透過教材設計而有所影響；而外在認知負荷，對學習者而言是要避免的，因此，則可透過有效的教材設計的改良，以減少外在認知負荷(Mayer & Moreno, 2003)。站在教育的立場，如何讓學習者以有限的認知資源獲得最佳學習成果是重要的，因此多媒體教學設計需掌握「有意義的學習(*meaningful learning*)」，「認知負荷(*cognitive load*)」成為多媒體教學設計的核心考慮之一。

綜合而言，與許多教育策略的創新一樣，科技技術的運用可以增加學習的可能性，但創新科技技術的教材和學習成果之間沒有必然的關聯，本研究期望設計並有效地使用行動擴增實境技術組合來確保學習的成功。

擴增實境技術於醫學教育的應用

擴增實境(AR)是指透過攝影機影像的位置及角度精算並加上圖像分析技術，讓螢幕上的虛擬世界能夠與現實世界場景進行結合與互動的技術，這種技術於 1990 年提出，隨著電腦及行動裝置運算能力的提升，擴增實境的用途也越來越廣，目前智慧裝置上的 AR 技術持續發展，並對教育、培訓方面提供了巨大的潛力。國內外對於擴增實境均有不少的運用與研究，運用範圍涵蓋醫學、商業、軍事、娛樂、教育，擴增實境(*Augmented Reality, AR*)乃從虛擬實境(*virtual reality, VR*)衍生過來，早期虛擬實境所使用之設備，部份運用 3D 圖形，聲音系統，立體化視覺，讓使用者在虛擬實境中，藉由電腦構成的 3D 環境下，讓使用者沉浸在多層次的感官刺激中(Burdea & Coiffet, 2003)，而擴增實境則是結合了實體，在螢幕上將虛擬世界套在現實世界，並進行互動，依據 Johnson (Johnson, Smith, Levine, & Haywood, 2010)和 Kroeker(Kroeker, 2010)等學者宣稱，擴增實境(AR)將成為 21 世紀主要用戶使用界面之一，VR 與 AR 逐漸被廣泛地應用在醫學領域(Dascal et al., 2017)，像是藉由操作 VR 外科手術模擬系統時，可模擬實際手術的臨場感，減少未來發生失誤的機率，而在醫護教育方面，靜脈注射也能透過 VR 與 AR 進行學習，以不同粗細等級的針頭，模擬針頭扎入病患手臂，並可透過硬體設備產生力回饋，模擬實際注射時的感覺，能有效避免護理新手對於注射技術不熟練而造成病患的疼痛或不舒服(Lee et al., 2013)，除上述課程外，對於人體解剖結構的傳統教學方式多透過圖片、影片或實體模型來進行講解說明，學生不太可能在病人身上反覆操作以提升學習效果，透過 AR 技術可呈現 3D 空間的立體視覺效果，清楚地呈現解剖各構造的資訊並可設計互動環境，例如：AR 魔鏡視覺化人體解剖構造(如下圖 1(A))(Blum, Kleeberger, Bichlmeier, & Navab, 2012)，或者視覺化 3D 肺動力學(如下圖 1(B))(Hamza-Lup, Santhanam, Imielinska, Meeks, & Rolland, 2007)，比起傳統的教學方式，不僅可協助學生學習解剖細節及 3D 架構，更可幫助學生對於複雜的解剖結構學習歷程更為方便且有效率(Birt, Stromberga, Cowling, & Moro, 2018; Chien, Chen, & Jeng, 2010; Jamali, Shiratuddin, Wong, & Oskam, 2015)，另一方面，從心理方面(實用性和情感參與等)以及學習成果(增加學習效率)的層面來看，目前已有各種研究評估此科技學習方法對各種用戶群和設置的學習過程與效果(Albrecht, Foltz-Schoofs, Behrends, & von Jan, 2013; Ferrer-Torregrosa et al., 2016; Figueiredo, Gomes, Gomes, & Lopes, 2014; Radu, 2012)，例如：在 Albrecht et al.(2013)的研究中使用 AR 裝置來作為法醫學等道德敏感學科的新式教學模式，透過擬真的模擬影像提升學習者的專注力及課程的參與度，可以使得 AR 組別相較於傳統教科書學習的模式在學習效率方面表現得更突出，學

習的熱忱感更為提升，在疲勞、麻木和煩躁感等心理層面影響也顯著降低(Albrecht et al., 2013)。另一方面，隨著智慧顯示裝置和各種感應反饋技術的陸續開發(Sveistrup, 2004)，行動學習這個概念也開始出現，行動學習即是一種透過行動載具進行數位學習的方法，學習者可利用行動載具(例如手機，平板電腦)配合行動科技或無線網際網路技術，隨時隨地進行數位學習，先前學習者也發現利用行動學習進行合作學習時，能增加學習者之間的互動討論(Cortez et al., 2004)。近年來，伴隨行動裝置的處理功能越來越進化，行動擴增實境(mAR, mobile Augmented Reality)此項結合「行動裝置」與「3D 擴增實境」的多媒體呈現方式對學習的一個明顯好處是可以輕鬆地建模並在實際環境中將它們呈現給學習者，學習者可在不受時間及空間的限制下進行學習，增加學習上的便利性和即時性(Radu, 2012)，先前研究在漢諾威醫學院已經初步調查了 mAR 在醫學教育環境中教學和學習的可能性(Albrecht et al., 2013)，其研究針對行動擴增實境與傳統學習方式(教科書)進行比較，特別是在學習效率以及知識獲益方面，行動擴增實境組的表現明顯優於傳統教科書組(Albrecht et al., 2013)。有鑒於此，本研究將以行動擴增實境為數位學習的主體架構，3D 骨骼肌肉建模為基礎，以同儕間模擬和角色扮演來重現真實複雜的運動傷害防護情境，透過圖像與影音模式來加強學習成效。

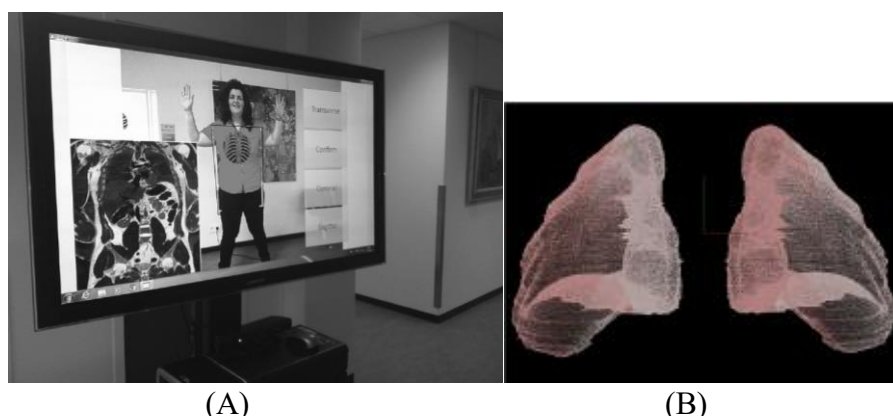


圖 1. (A) AR 魔鏡視覺化人體解剖構造；(B) 視覺化 3D 肺動力學

研究方法(Research Methodology)

(1) 研究設計說明

本系「單項運動傷害防護特論」自 103 學年度起改 PBL 教學，加上目前透過數位方式輔助教學的方式不斷出現，本計畫期望將兩者作結合，以數位影像方式幫助學生在學習過程產生學習誘發，透過視覺化的臨床觀察，探索並培養發現問題所在並提出適當的處置方法的能力，更重要的是讓學生自主學習、學習參與度增加，並讓學生互相討論與溝通，促進彼此互動學習，訓練溝通技巧，培養學生的合作學習能力。

(2) 研究步驟說明

A. 研究架構

本計畫之教學實驗設計擬透過設計、開發適用於傷害防護學習之擴增實境輔助軟體「AR 擴增實境互動學習 APP」融入現行問題導向學習教學模式中，實驗設計將學生平均分為兩組(實驗組：問題導向學習模式+行動擴增實境 app 操作；控制組：問題導向學習模式)，最後評估學生學習成效與認知負荷量來作為新式教學方法可行性評估，此外，控制組學生於的課程結束後同樣給予 app 來進行操作體驗，無論是實驗組或是控制組在使用 app 後須皆填寫認知負荷量表及學習工具問卷調查，以作為 APP 系統及內涵的改善依據。

B.研究假設

1. 透過「AR 擴增實境互動學習 APP」的輔助後在學習成效上顯著優於控制組
2. 「AR 擴增實境互動學習 APP」的學習認知負荷不高於控制組

C.研究範圍

因製作時間與金額問題，本教學實踐研究僅以 108 年度「單項運動傷害防護特論」課程中常見之踝關節運動傷害單元作為實驗設計，共計兩堂課，每堂課 2 個小時，每堂課 PBL 教案共有 3 個情境幕次(含運動傷害情境、傷害評估與傷後處置與復健規劃)，在 1 堂課 2 小時內完成，此 2 堂課 PBL 教案(踝部傷害)將融入擴增實境教學，並將於課後評量「AR 擴增實境互動學習 APP」應用的學習成效。

D.研究對象

本研究將以 108 學年度選修「單項運動傷害防護特論」課程的運動醫學系學生為研究樣本，修課人數為 10 人，分成兩組進行課堂教學，實驗組(A 組: 5 人)與控制組(B 組: 5 人)，實驗開始前會先依據學生所學過的足踝部位相關知識進行學科能力前測，依照測試分數平均分成兩組。

E.研究方法及工具

科技素材準備

本研究以「融入擴增實境技術於問題導向式學習」教學方式應用於課程的設計中，課程方面針對踝關節進行擴增實境 app 教材的製作，app 內涵包含：

- (1) 運動傷害情境影片，本研究以飛盤運動的踝部問題為例，呈現 2 種足踝部位傷害的情境模擬
- (2) 可透過 app 觀察下肢關節骨骼、韌帶、肌肉等 3D 模組，可 360 度旋轉或放大，方便學生了解生理結構
- (3) 3D 動畫模擬執行特殊評估檢測時的軟組織及骨骼位置變化。

本研究所建立的「AR 擴增實境互動學習 APP」分成四個部分進行建置，分別為「教案情境影片製作」、「3D 踝關節骨骼及軟組織建立」、「徒手測試 3D 動畫設計」及「AR 系統建置」。

- (1) 第一部分為模擬運動傷害情境的影片製作，兩部影片皆依照紙本 PBL 教案的情境拍攝，每部影片皆包含三幕情境幕次(包含運動傷害情境、傷害評估與傷後處置與復健規劃)，影片拍攝將由專業運動防護員協助演出防護工作的評估及處理。
- (2) 第二部分為「3D 踝關節骨骼及軟組織建立」，本系統所使用的 3D 人體關節模型將採用 Turbo Squid 公司所製作，結合課程進行 3D 呈現與題庫互動設計。
- (3) 第三部分為「徒手測試 3D 動畫設計」，本系統利用 3dsMax 這套軟體對 3D 下肢關節進行互動性操作設定。
- (4) 第四部分為「AR 系統建置」，利用擴增實境技術來做為視覺動畫呈現的媒介，AR 是一種實時地計算攝影機影像的位置及角度並加上相應圖像或標記物的技術，為了讓 AR 系統更好的讓虛擬物件與辨識物件結合，經過多款開發軟體測試，由 Unity 開發的 AR 系統穩定度、相容性、擴充性應用於本案最為突出。確認功能開發後先在程式端編寫系統環境，介面美術同時進行版面設計。最後將情境影片、3D 骨架、3D 動畫及 AR 應用系統進行整合，並完成各功能的測試與修正。

教案影片	邀請專業防護員協助影片拍攝
	根據教案情境剪輯三幕影片
骨架組織建模	根據教案進行3D骨架設計與建模
	針對3D模型進行貼圖及細節精緻化
徒手評估動畫設計	根據評估手法進行動畫設計與建模
	針對3D動畫進行流暢性及細節精緻化
AR系統建置	採用Unity開發的AR系統
	AR系統功能體驗及測試

圖 2. AR 擴增實境互動學習 APP 系統建構流程

課程操作模式

在本計畫中，實驗組與控制組皆採取問題導向學習模式進行課程，實驗組學生依據 app 情境影片內容，小組討論、搜尋資料並列出可能發生的問題，控制組學生透過紙本 PBL 教案、教科書、網路等進行資料搜尋討論，接著整理歸納出問題與可行的處置方式，實驗組學生一樣藉由小組討論，歸納問題，最後學生操作擴增實境 app 教材點選可能的傷害部位，軟體即提供相關部位的 3D 基礎解剖構造，幫助小組討論提出受傷的可能位置，並尋求適當的評估手法，學生透過手機 app 可呈現所選擇徒手測試手法的 3D 動畫演繹，以不同角度觀看該手法對於身體結構軟組織的動作模式，最後學生歸納出可行的評估手法與處置方式。

評估工具

1. 有效學習成果：學科與術科測試

本研究參照台灣運動傷害防護學會檢定考試考古題題庫進行紙本與術科測試評估學習成果，紙本測試將由專業學科試題之「基礎學科試題」組成，共 10 題，合計 100 分，以及術科測驗試題之「傷害評估」部分，術科測驗將由課程教師依應試者之判斷能力、實作之速度、正確度及熟悉度等評分，滿分 100 分。題型範例如附件一所示。

2. 認知負荷量表：

本研究之認知負荷量表以心理負荷(Mental Load)與心智的努力(Mental Efforts)程度進行問卷施測，各有兩個問題，前者之敘述主要針對學習者個人因同時面對的資訊量及對學習範疇理解所造成的壓力(內在的認知負荷)進行評估，也就是評估學員接收到新式教學方法後產生的心理負荷影響，後者則針對活動設計的難易及高層次思考的合適度及教學方式所造成的壓力(外在認知負荷)進行評估，意指學習者為完成新式教學方法任務，所需付出的能力程度，學生依自己的感覺從「非常同意」、「同意」、「有點同意」、「無法判斷」到「有點不同意」、「不同意」、「非常不同意」中，予以 7 分至 1 分給予評分，得分之加總即為該學生之認知負荷量，分數越高表示認知負荷量越高。如附件二所示。

3. 學習工具評估問卷：

針對本研究所設計之「AR 擴增實境互動學習 APP」進行問卷調查評量，問卷的

設計包含五個部分：擴增實境互動性、擴增實境想像力、擴增實境融入性、行動擴增實境教材的喜好及問題導向學習的態度，合計 20 題，採用李克特式七點量表形式作答，學生依自己的感覺從「非常同意」、「同意」、「稍同意」、「沒有意見」到「稍不同意」、「不同意」、「非常不同意」中，予以 7 分至 1 分給予評分，分數越高代表對於該項目的認同感越高。如附件三所示。

F. 資料處理與分析

本研究旨在驗證科技基礎提供新的問題導向學習(PBL)學習模式概念的可行性，因此在本研究的實驗設計採用比較兩組學生的有效學習成果(紙本與術科測試)來呈現新式教學方法的可行性，以 SPSS 統計軟體進行描述統計，衡量選課人數，以 Mann-Whitney 無母數檢定來比較兩組間前測及前後測分數差值，以 Wilcoxon 符號等級檢定來比較各組前後測分數是否有顯著差異，此外，認知負荷量表及學習工具評估問卷以平均數、標準差等描述統計來呈現結果，本研究顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。

G. 實施程序

本計畫將先行開發適用於本課程 PBL 教案之擴增實境輔助軟體「AR 擴增實境互動學習 APP」，實驗設計將學生平均分為兩組(實驗組：問題導向學習模式+app 操作；控制組：問題導向學習模式)，兩組皆採用問題導向學習模式進行課堂教學，控制組採取現有的問題導向教學方式進行，實驗組除採取問題導向教學方式外，於課程中使用行動擴增實境 app 輔助教學教材的呈現與互動，學生於課程開始前先進行紙本及術科測試(基準值)，於 2 次的課程結束後再進行一次紙本及術科測試(學習成效)來作為新式教學方法可行性評估。此外，控制組學生於第 2 次課程結束後同樣給予 app 來進行操作體驗，無論是實驗組或是控制組在使用 app 後須皆填寫認知負荷量表及學習工具問卷調查，以作為 APP 系統及內涵的改善依據。

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

(1) 教學過程與成果

有效學習成果：學科與術科測試：

本教學研究計畫共有 10 人參與，分為實驗組及控制組各 5 人，學習成效評估如表一所示，學科及術科測試的前測結果顯示兩組間並無顯著差異，後測結果顯示兩組經學習後的學科及術科測試分數皆有提升的趨勢，但並不具有組內或組間的顯著差異。另一方面，雖然沒有達到顯著差異，但是實驗組學生在術科測試表現的進步幅度有高於控制組的趨勢。

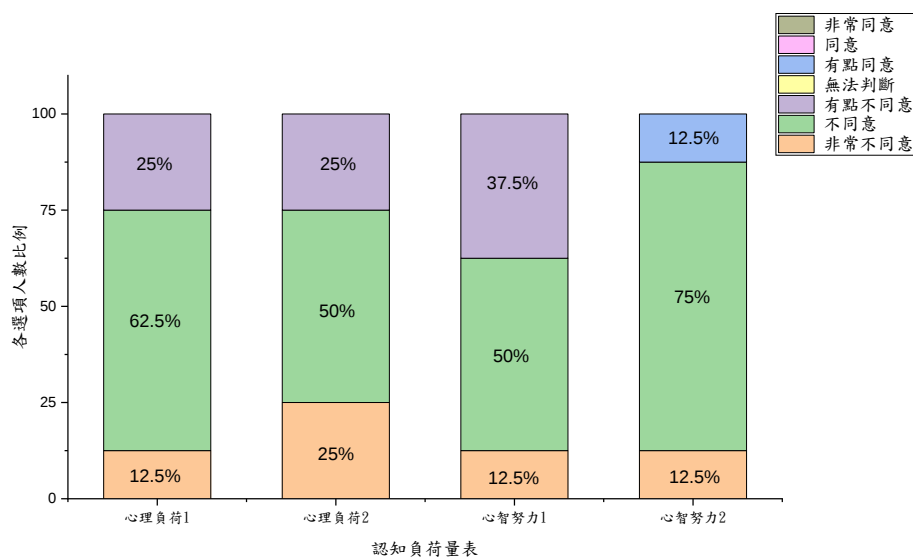
表一、運動傷害防護學科及術科測試結果，平均數(標準差)

	實驗組			控制組		
	前測	後測	後-前	前測	後測	後-前
學科	72.00	78.00	6.00	76.00	86.00	10.00
測試	(8.37)	(13.04)	(15.17)	(11.40)	(11.40)	(18.71)
術科	81.00	95.00	13.75	73.00	78.75	2.50
測試	(7.42)	(4.08)	(8.54)	(12.55)	(13.15)	(19.376)

認知負荷量表：

認知負荷量表分數的詳細結果如圖一所示，從學生所回覆的認知負荷量表結果顯示，在心理負荷表現方面的分數分別為 2.13 ± 0.64 分及 2.00 ± 0.76 分，而

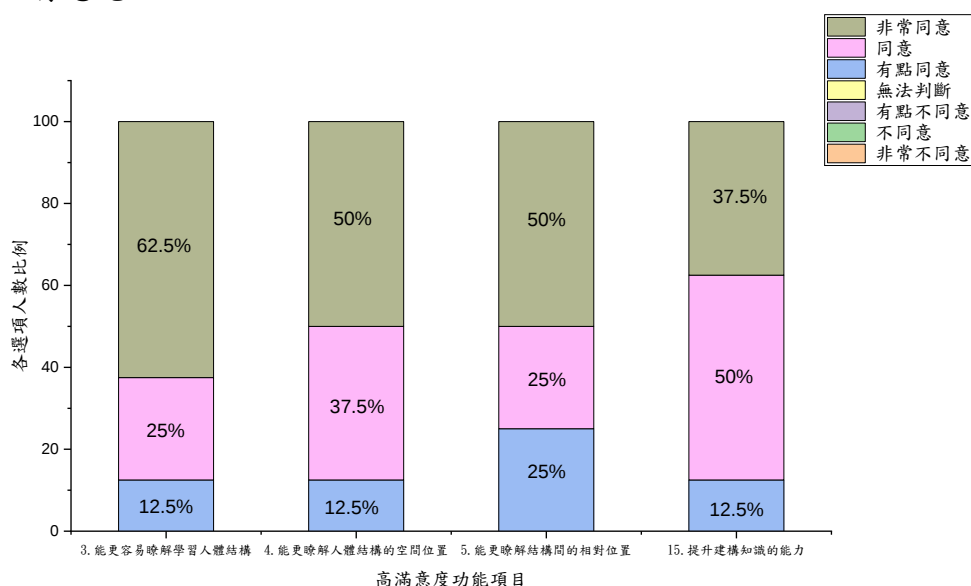
心智努力分數則是 2.25 ± 0.71 分及 2.25 ± 1.16 分，大部分的回答皆介於：「有點不同意」與「不同意」間，結果顯示操作 app 的學習方式並不會對於學生帶來過多的認知負荷。



圖一、認知負荷量表分數(人數百分比)

學習工具評估問卷：

學習工具評估問卷的詳細結果如圖二所示，本次計畫所使用的「AR 擴增實境互動學習 APP」在滿分 7 分的問卷中，平均分數為 5.59 ± 0.63 分，顯示學生對於此 app 的功能表達中程度的肯定，其中以第 3 題、第 4 題、第 5 題及第 15 題的平均分數皆大於 6 分，顯示學生對於這四項功能給予高度肯定的結果，答案大部分為「非常同意」與「同意」，而相對低分的項目分別是第 7 題及第 9 題，平均分數分別為 4.25 ± 1.75 分及 4.38 ± 1.30 分，顯示學生對於此兩項目的評價偏向普通或沒有意見。



圖二、學習工具評估問卷分數(人數百分比)

(2) 教師教學反思

計畫主持人教授本次教學實踐計畫所實施的「單項運動傷害防護特論」已有多年，自 103 學年度起改 PBL 教學後也累積了相當的教學實務經驗，旨在培養學生從案例中找出問題、選擇適當的評估方式以驗證診斷、選擇確切的處置方式並針對傷後給予完整的復健訓練計畫，為了提升學生的學習動機與成效，運用數位科技融入 PBL 教學中，透過數位方式呈現問題或情境誘發學生思考，並藉由操控 app 中的 3D 骨骼肌肉模組與 AR 模式深化學習成果。結果發現無論是實驗組或控制組學生的學科及術科表現在經過課程學習後皆有改善，而實驗組的學生在術科表現的進步幅度更大，顯示透過 AR 3D 模型的呈現方式可以幫助學生更了解評估手法的操作方式，例如控制組學生在於測試動作(例如：徒手肌力測試)的姿勢擺位及肌肉走向功能等還是不太清楚，實驗組學生則是較能針對各測試做出正確的姿勢擺位及測驗動作方式，這些改善可能是 3D 動畫教學模式相對於紙本或平面媒體教學更有利的地方，可以透過觀察多種組織結構間的空間相對位置，可更全面的掌握人體結構，提升特殊檢查的執行效果。

根據學生的回饋可以發現，擴增實境系統的特色確實讓學生覺得很有趣，也能提高使用科技輔助教學的動機與學習成效，然而，從學生的反饋中可歸納出，如何增進 AR 互動科技是進一步提升系統完成度與學生使用動機的重要關鍵，舉凡重點提示特效、3D 動畫的表現方式、或是多人互動等功能，針對這些回饋，計畫主持人預計日後可再結合其他穿戴式感應裝置提供像是拉力、張力、角度等動作資訊運用在特殊檢查或是貼紮手法的評估，例如執行測試時受測者的肢段擺位，施測者的動作方向等，透過感應裝置給予學生即時的回饋，學生間也可針對施測的結果相互討論或比較，增進學生間的互動。

(3) 學生學習回饋

運用擴增實境系統進行 PBL 學習討論的輔助方式，學生皆反應此種方式很有趣，使用 3D 骨骼、軟組織模型的呈現能讓學生更了解骨骼、軟組織的解剖構造及空間位置，透過影片情境的模擬能有助於瞭解傷害發生的原因，相較於紙本或網路資訊可以提供更貼近現場的緊急處理過程，增強臨場體驗的效果，然而，在本次課堂中，有部分學生具有運動防護團員資格並實際執行多次防護工作，故影片情境模擬的呈現方式對於他們而言並沒有增強臨場體驗的效果，因此，學生也提議可以記錄日後的比賽現場影片，並使用將場上真實發生的事件作為教案影片，可更有臨場感。另一方面，學生亦反映透過 3D 動畫物件來呈現特殊評估手法的模擬也可以幫助了解各項測試的動作走向及軟組織的作用方向，然而因系統設定在看完情境影片後必須回答相關問題才能繼續動作的操作方式，學生反映此操作方式對於想要再次觀看情境影片或 3D 動畫時會造成困擾，因此期望可改善系統操作的方式，此外學生的回饋中也提到如果於教案結束後可增加各類傷害的正確處置手法，更能增進對於各項運動傷害的處理經驗，最後，如何增加 AR 互動模式亦是學生相當關注的項目，回饋中提到例如在情境影片中增加觀看重點提示、除了 3D 動畫外呈現，增加有關特殊檢查的手法提示或文字描述、或是新增 3D 模型的呈現方式等，以上建議都可作為日後補足 app 完成度的重要參考依據。

表五、學生回饋意見重點整理

優點	可改善項目
[1] 影片形式的情境導引模式有助於完整教案的描述，更具臨場感。	[1] 可於教案情境結束後增加正確的傷害處置方法的教學。
[2] 3D 模型能更了解骨骼、軟組織的解剖構造及空間位置。	[2] 目前影片內容為演出的方式呈現，日後可直接使用真實發生的影片

[3] 重點位置提示的特效可以有效提升學習骨科特殊檢查所針對的檢測位置。	案例作為教案設計。 [3] 系統操作方式有改善空間。 [4] 新增更多 AR 互動功能，例如教案影片情境中可重點提示需要注意的傷害機制或生理參數、特殊檢查的動作手法演繹、3D 模型可從表層往底層一層層的掀開顯示各種肌肉組織。
---	---

二. 參考文獻(References)

- Albrecht, U. V., Folta-Schoofs, K., Behrends, M., & von Jan, U. (2013). Effects of mobile augmented reality learning compared to textbook learning on medical students: randomized controlled pilot study. *J Med Internet Res*, 15(8), e182. doi:10.2196/jmir.2497
- Antoniou, P. E., Athanasopoulou, C. A., Dafli, E., & Bamidis, P. D. (2014). Exploring design requirements for repurposing dental virtual patients from the web to second life: a focus group study. *J Med Internet Res*, 16(6), e151. doi:10.2196/jmir.3343
- August-Dalfen, S., & Snider, L. (2003). A multimedia case based approach to the study of office ergonomics. *Work*, 20(1), 3-11.
- Birt, J., Stromberga, Z., Cowling, M., & Moro, C. (2018). Mobile mixed reality for experiential learning and simulation in medical and health sciences education. *Information*, 9(2), 31.
- Blum, T., Kleeberger, V., Bichlmeier, C., & Navab, N. (2012). *mirracle: An augmented reality magic mirror system for anatomy education*. Paper presented at the Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW), 2012 IEEE.
- Bude, L., van de Wiel, M. W. J., Imbos, T., & Berger, M. P. F. (2011). The effect of directive tutor guidance on students' conceptual understanding of statistics in problem-based learning. *British Journal of Educational Psychology*, 81(2), 309-324. doi:10.1348/000709910x513933
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*: NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Chae, S. J. (2012). Effects of problem-based learning by learning style in medical education. *Korean J Med Educ*, 24(4), 347-351. doi:10.3946/kjme.2012.24.4.347
- Chien, C.-H., Chen, C.-H., & Jeng, T.-S. (2010). *An interactive augmented reality system for learning anatomy structure*. Paper presented at the proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists.
- Conradi, E., Kavia, S., Burden, D., Rice, A., Woodham, L., Beaumont, C., . . . Poulton, T. (2009). Virtual patients in a virtual world: Training paramedic students for practice. *Med Teach*, 31(8), 713-720.
- Corrigan, M., Reardon, M., Shields, C., & Redmond, H. (2008). "SURGENT" -- student e-learning for reality: the application of interactive visual images to problem-based learning in undergraduate surgery. *J Surg Educ*, 65(2), 120-125. doi:10.1016/j.jsurg.2007.11.011
- Cortez, C., Nussbaum, M., Santelices, R., Rodríguez, P., Zurita, G., Correa, M., & Cautivo, R. (2004). *Teaching science with mobile computer supported collaborative learning (MCSCCL)*. Paper presented at the The 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, 2004. Proceedings.
- Dascal, J., Reid, M., IsHak, W. W., Spiegel, B., Recacho, J., Rosen, B., & Danovitch, I. (2017). Virtual Reality and Medical Inpatients: A Systematic Review of Randomized, Controlled Trials. *Innov Clin Neurosci*, 14(1-2), 14-21.
- Dolmans, D., Michaelsen, L., Van Merriënboer, J., & van der Vleuten, C. (2015). Should we choose between problem-based learning and team-based learning? No, combine the best of both worlds! *Medical Teacher*, 37(4), 354-359. doi:10.3109/0142159x.2014.948828
- Dornan, T., Hadfield, J., Brown, M., Boshuizen, H., & Scherpbier, A. (2005). How can medical

- students learn in a self-directed way in the clinical environment? Design-based research. *Medical education*, 39(4), 356-364.
- Dornan, T., Maredia, N., Hosie, L., Lee, C., & Stopford, A. (2003). A web-based presentation of an undergraduate clinical skills curriculum. *Med Educ*, 37(6), 500-508.
- Ferrer-Torregrosa, J., Jimenez-Rodriguez, M. A., Torralba-Estelles, J., Garzon-Farinos, F., Perez-Bermejo, M., & Fernandez-Ehrling, N. (2016). Distance learning icts and flipped classroom in the anatomy learning: comparative study of the use of augmented reality, video and notes. *BMC Med Educ*, 16(1), 230. doi:10.1186/s12909-016-0757-3
- Figueiredo, M., Gomes, J., Gomes, C., & Lopes, J. (2014). *Augmented reality tools and learning practice in mobile-learning*. Paper presented at the International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction.
- Gwee, M. C. (2009). Problem-based learning: a strategic learning system design for the education of healthcare professionals in the 21st century. *Kaohsiung J Med Sci*, 25(5), 231-239. doi:10.1016/S1607-551X(09)70067-1
- Hamza-Lup, F. G., Santhanam, A. P., Imielinska, C., Meeks, S. L., & Rolland, J. P. (2007). Distributed augmented reality with 3-D lung dynamics—a planning tool concept. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 11(1), 40-46.
- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*: routledge.
- Hmelo-Silver, C. E., & Eberbach, C. (2012). Learning theories and problem-based learning *Problem-based learning in clinical education* (pp. 3-17): Springer.
- Hoffmann, B., & Ritchie, D. (1997). Using multimedia to overcome the problems with problem based learning. *Instructional Science*, 25(2), 97-115.
- Hudson, J. N. (2004). Computer-aided learning in the real world of medical education: does the quality of interaction with the computer affect student learning? *Med Educ*, 38(8), 887-895. doi:10.1111/j.1365-2929.2004.01892.x
- Ibrahim, M. E., Al-Shahrani, A. M., Abdalla, M. E., Abubaker, I. M., & Mohamed, M. E. (2018). The Effectiveness of Problem-based Learning in Acquisition of Knowledge, Soft Skills During Basic and Preclinical Sciences: Medical Students' Points of View. *Acta Inform Med*, 26(2), 119-124. doi:10.5455/aim.2018.26.119-124
- Jamali, S. S., Shiratuddin, M. F., Wong, K. W., & Oskam, C. L. (2015). Utilising mobile-augmented reality for learning human anatomy. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, 659-668.
- Jin, J., & Bridges, S. M. (2014). Educational technologies in problem-based learning in health sciences education: a systematic review. *J Med Internet Res*, 16(12), e251. doi:10.2196/jmir.3240
- Johnson, L., Smith, R., Levine, A., & Haywood, K. (2010). The 2010 Horizon Report: Australia-New Zealand Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium: ed.
- Kroeker, K. L. (2010). Mainstreaming augmented reality. *Communications of the ACM*, 53(7), 19-21.
- Lee, S., Lee, J., Lee, A., Park, N., Lee, S., Song, S., . . . Eom, K. (2013). Augmented reality intravenous injection simulator based 3D medical imaging for veterinary medicine. *Vet J*, 196(2), 197-202. doi:10.1016/j.tvjl.2012.09.015
- Mansur, D. I., Kayastha, S. R., Makaju, R., & Dongol, M. (2012). Problem based learning in medical education. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ)*, 10(40), 78-82.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43-52.
- Nathoo, A. N., Goldhoff, P., & Quattrochi, J. J. (2005). Evaluation of an Interactive Case-based Online Network (ICON) in a problem based learning environment. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*, 10(3), 215-230. doi:10.1007/s10459-005-7851-3
- O'Neill, G., & Hung, W. (2010). Seeing the landscape and the forest floor: changes made to improve the connectivity of concepts in a hybrid problem-based learning curriculum.

- Teaching in Higher Education*, 15(1), 15-27. doi:Pii 918860816
10.1080/13562510903488006
- Oda, Y., Onishi, H., & Sakemi, T. (2014). Effectiveness of student tutors in problem-based learning of undergraduate medical education. *Tohoku J Exp Med*, 232(3), 223-227.
- Onyon, C. (2012). Problem-based learning: a review of the educational and psychological theory. *Clin Teach*, 9(1), 22-26. doi:10.1111/j.1743-498X.2011.00501.x
- Radu, I. (2012). *Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality*. Paper presented at the Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2012 IEEE International Symposium on.
- Schmidt, H. G., Rotgans, J. I., & Yew, E. H. (2011). The process of problem-based learning: what works and why. *Med Educ*, 45(8), 792-806. doi:10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x
- Shankar, P. R., Nandy, A., Balasubramaniam, R., & Chakravarty, S. (2014). Small group effectiveness in a Caribbean medical school's problem-based learning sessions. *J Educ Eval Health Prof*, 11, 5. doi:10.3352/jeehp.2014.11.5
- Silen, C., Wirell, S., Kvist, J., Nylander, E., & Smedby, O. (2008). Advanced 3D visualization in student-centred medical education. *Med Teach*, 30(5), e115-124. doi:10.1080/01421590801932228
- Smits, P. B., de Buissonje, C. D., Verbeek, J. H., van Dijk, F. J., Metz, J. C., & ten Cate, O. J. (2003). Problem-based learning versus lecture-based learning in postgraduate medical education. *Scand J Work Environ Health*, 29(4), 280-287.
- Sockalingam, N., Rotgans, J., & Schmidt, H. G. (2011). Student and tutor perceptions on attributes of effective problems in problem-based learning. *Higher Education*, 62(1), 1-16. doi:10.1007/s10734-010-9361-3
- Sveistrup, H. (2004). Motor rehabilitation using virtual reality. *J Neuroeng Rehabil*, 1:10.
- Tseng, F.-Y., Shieh, J.-Y., Kao, T.-W., Chen, Y.-Y., & Ni, Y.-H. (2015). A Problem-based Learning Medical Humanities Course Facilitated by the Teaching Assistants Majored in the Humanities-a Preliminary Report. *醫學教育*, 19(4), 176-185.
- 廖述盛, 黃秀美, & 賴崇閔. (2011). 虛擬實境結合問題導向學習應用於行動化醫學教育之研究. *科學教育學刊*, 19(3), 237-256.

三. 附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。

附件一、學科與術科題庫範例

學科範例：

1. 足部的主要內翻肌是 _____. (A)peroneus longus (B)tibialis anterior (C)calf muscles (D)posterior tibialis
2. 足部最常扭傷的韌帶是? (A)Calcaneotibial lig (B)Anterior talofibular lig (C)Posterior talofibular lig (D)Calcaneouofibular lig

術科範例：

術科測驗試題			
題目：請完成徒手脛後肌(Tibialis posterior) 抗阻力測試			
評量技能	完全錯誤 (0)	部分錯誤 (10)	完全正確 (20)
1. 詳細告知個案技術實行目的			
2. 受測者擺位			
3. 施測者固定肢段位置			
4. 施測者施予阻力的位置與方向			
5. 給予個案之口令			
總分：			
備註：			

附件二、認知負荷量表範例

請針對您對內在的認知負荷(教材內容的難易度)及外在認知負荷(教材內容的呈現、使用方式)，依自己的感覺從「非常同意」、「同意」、「有點同意」、「無法判斷」到「有點不同意」、「不同意」、「非常不同意」中勾選最適當的選項。

	非常 同意	同意	有點 同意	無法 判斷	有點 不同意	不同 意	非常 不同意
心理負荷 (Mental Load)							
1. 在課程的解說方式讓我無法專心學習。							
2. 課程的解說方式造成我很大的壓力。							
心智努力 (Mental efforts)							
3. 我覺得我花了很大的心力，才瞭解這個課程的目的及學習過程的解說。							
4. 我覺得我需要花很大的心力，才能學會這個課程中教導的內容。							

附件三、AR 擴增實境互動學習 APP 使用心得問卷

請針對「AR 擴增實境互動學習 APP」的操作心得，依自己的感覺從「非常同意」、「同意」、「有點同意」、「沒有意見」到「有點不同意」、「不同意」、「非常不同意」中勾選最適當的選項。

	非常 同意	同意	有點 同意	沒有 意見	有點 不同意	不同意	非常 不同意
1. 使用「AR 擴增實境互動學習 APP」可進行 3D 物件的旋轉							
2. 使用「AR 擴增實境互動學習 APP」可進行 3D 物件的縮放							
3. 我覺得「AR 擴增實境互動學習 APP」比平面圖像更容易瞭解學習人體結構							
4. 我覺得「AR 擴增實境互動學習 APP」能使我更瞭解人體結構的空間位置							
5. 我覺得「AR 擴增實境互動學習 APP」能使我更瞭解結構間的相對位置							
6. 我覺得「AR 擴增實境互動學習 APP」能使我更瞭解徒手檢測的動作要領							
7. 我覺得「AR 擴增實境互動學習 APP」的情境模擬影片有身歷其境的感覺							
8. 我覺得「AR 擴增實境互動學習 APP」的 3D 模擬操作環境，令人感覺逼真的							
9. 我覺得「AR 擴增實境互動學習 APP」可增進同學間互動							
10. 我願意分享使用「AR 擴增實境互動學習 APP」的經驗							
11. 我喜歡「AR 擴增實境互動學習 APP」數位教材透過影片的情境表達方式							
12. 我喜歡「AR 擴增實境互動學習 APP」數位教材透過立體影像的表達方式							
13. 透過「AR 擴增實境互動學習 APP」能提升我學習的能力							
14. 透過「AR 擴增實境互動學習 APP」能提升我解決問題的能力							
15. 透過「AR 擴增實境互動學習 APP」能提升我建構知識的能力							
16. 使用「AR 擴增實境互動學習 APP」後，讓我有信心更能瞭解運動傷害的機轉							
17. 使用「AR 擴增實境互動學習 APP」							

後讓我有信心更能瞭解人體的構造							
18. 使用「AR 擴增實境互動學習 APP」後，讓我有信心學好骨科特殊檢查的操作							
19. 使用「AR 擴增實境互動學習 APP」後，可以提高我的學習意願與興趣							
20. 如果有機會的話，我會願意再使用類似的科技輔助學習系統							

質性問卷調查

1. 你覺得傳統紙本式 PBL 教學與 AR 擴增實境互動學習 APP 有何優缺點？
2. AR 擴增實境互動學習 APP 所提供的問題情境有助於您瞭解學習主題嗎？哪一部分有幫助？
3. 你認為 AR 擴增實境互動學習 APP 應如何提供你更多的幫助？

課後心得討論 (請針對本課程提出你的任何看法)