

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMN1100547

學門專案分類/Division：醫護

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2023.01.31

(計畫名稱/Title of the Project)

3D 暈眩(Virtual Reality Sickness)對 VR(Virtual Reality)應用於解剖學教學之影響及探索未來的改善方式

Evaluating the impact of virtual reality sickness in VR (Virtual Reality) application for teaching anatomy and exploring the solutions for improving virtual reality sickness in the future

(配合課程名稱/Course Name)

大體解剖學及實驗上、大體解剖學實驗上/Gross Anatomy and Lab、Gross Anatomy Lab

計畫主持人(Principal Investigator)：張銘峰

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

國立台灣大學/醫學院解剖學暨細胞生物學科

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2025 年 01 月 31 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2023/03/18

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

大體解剖學教學現況

COVID-19 在過去的一年中席捲全球，全球的醫學教育都受到明顯的影響，其中實作與實習課程是醫學教育中必不可少的一部分，因此去年是一個對醫學院解剖學教育充滿挑戰的一年，因為大體解剖學是一個實層面非常重要的課程，然而在疫情的肆虐下，全球的醫學院人體解剖學教育皆做出重大變革，在授課方式下做出重大的變革透過大量的資訊軟體或工具並結合傳統的授課方式進行因應(Babacan and Dogru Yuvarlakbas, 2021; Cheng et al., 2021; Chytas et al., 2021; Evans and Pawlina, 2021)，其中 Virtual Reality 的解剖教學亦是一個在疫情下，可與傳統教程進行混編的教學方式。

而人體解剖學在醫學院中是一門必備的基礎醫學課程，此門課程包含了兩個層面，分別是詳盡人體構造知識傳授與實習室的實際大體解剖，讓醫學院學生透過實際的解剖來建立人體結構的相對關係與概念，目前於台大醫學院的人體解剖學教學課程，主要學生包含有醫學系、牙醫系、法醫所、解剖所等系科所，需進行完整之大體解剖學實習，而健康照護相關科系之學生亦有學習人體解剖學以面對未來國家考試之必要，因此每年各大醫學院校皆需投入龐大的人力與資源進行大體解剖學教學，以台大為例，每年度台大醫學院解剖學暨細胞生物學科須指導 400~450 位左右之醫學系、牙醫學系、護理系、物理治療學系等相關健康照護科系學生進行人體解剖學實習，由於同時進行實習的學生數與大體老師數量眾多，而傳統的教學方式會有無法顧及到所有學生之情形，因此台大醫學院嘗試導入 VR 虛擬解剖教學來輔助傳統的解剖教學，並透過教學影像播放之方式，協助同學於解剖實習課程建立人體解剖構造的 3D 概念。

VR 解剖教學於醫學院大體解剖教學之應用

台大醫學院之醫學系大體解剖學教學可分為 system anatomy 及 regional anatomy 兩接電，以醫學系學生而言，需先經歷 system anatomy 學習，此階段著重於幫助學生建立人體骨骼、心血管、神經等系統之基礎概念，當學生建立基礎概念後才會進入第二階段 regional anatomy 課程及進入實習室進行實體大體老師解剖學習。在經過之前之教學實踐計畫補助下，我們依據數位學習理論中之 ADDIE Model 來設計與建立 VR anatomy 與大體解剖學之混合課程(Figure 1A)，而 ADDIE 模式源自美國密西根大學於 1961-1965 年，使用系統方法執行[教學發展計畫]之後再經改進而來，將教學設計分為 A 分析(Analysis)、D 設計(Design)、D 開發(Development)、I 實施 (Implementation)及 E 評估(Evaluation)，再經 ADDIE 系統的實行與評估後，經解剖學教師評估後，發現 VR 3D organon 的虛擬大體老師適合與 system anatomy 的課程做結合，尤其適合利用 VR 的兩大特性(1)觀察者可隨意變動視角觀察(viewer oriented) (2) 虛擬人體解剖結構物件可隨意拆解翻轉觀察 (object oriented) 此兩特性，可對醫學系學生學習 system anatomy 中的骨骼系統(Figure 1B)及心血管系統(Figure 1C)提供重大的幫助。



Figure 1 台大醫學院混合 VR 解剖教學與實體解剖教學之模式

(A)運用 ADDIE 課程設計流程進行混合 VR 解剖教學與實體解剖學之教學 (B) 本人實際運用 VR 進行系統解剖講解並探討 VR 教學與實體實習課整合的方式 (C) 針對 180 位以上之同學於大班實習教室，透過 50 吋大型電視進行人體全身血管系統之 VR 教學。

VR 於解剖教學之可用性，在於其獨特之兩種特性(1)觀察者可隨意變動視角觀察 (viewer oriented) (2) 虛擬人體解剖結構物件可隨意拆解翻轉觀察 (object oriented) 此兩特性教學方式，藉由將各自物件解剖構造拆解，可讓醫學院學生更容易理解各別人體構造之特點與需理解的重要結構，相較於傳統解剖教學而言，VR 解剖教學有許多優點 (一) 協助學生建立 system anatomy 的基礎概念 (二) 透過 object oriented 與 viewer oriented 的特性，幫助醫學院學生理解特殊複雜人體結構的空間關係與走向 (三) 新穎的 VR 教學方式，提高學生學習意願 (四) 可自由放大縮小虛擬大體，方便透過 360 度全角度觀察大範圍血管、神經系統的分布，幫助同學建立人體系統概念。

教學實踐研究計畫主題及研究目的

教學現場所發生之問題

使用 VR 之教學方式，除操作者外，其他的學員多半只能藉由大螢幕或其他 VR 頭具進行觀察，而已台大醫學院的人體解剖教學課程為例，不論是醫學系、牙醫系的大體解剖學課程或是健康照護相關科系皆為超過 200 人以上之大班授課，使用大螢幕進行 VR 解剖教學，可以方便操作者(教學者)以外的眾多學生於同時間進行觀察與學習，亦可減輕學校需準備 100 具以上之 VR 設備需求，增加 VR 教學之可行性。

然而在使用 VR 進行解剖教學的過程中，我們發現學生反應 VR 教學會造成學生產生暈眩的情形，經文獻查詢與神經研究相關之老師討論後，認為 VR 的影像可能會學生的平衡覺與體感覺不同步進而倒置學生發生暈眩的情形，而此暈眩稱為 3D 暈(Virtual Reality Sickness)，此情形會導致部分學生於學習時身體不適以至於無法繼續學習，因此本研究預期探討應用大螢幕教學 VR anatomy 的情形下，醫學系學生產生 3D 暈眩的比例，及探索外來可行的改善方案。

2. 文獻探討 Literature Review

大體解剖學在醫學院是一門核心課程，此課程包含了兩個層面，一是課堂上的人體構造知識，二是解剖實習室的實際大體解剖，透過扎實的學習讓學生透建立人體重要結構的概念，而此部分的學習可為醫學院學生未來的臨床學習如生理學、病理學、內科、外科等臨床相關科目奠定良好的基礎(Leung et al., 2006; Habbal, 2009; Craig et al., 2010; Papa and Vaccarezza, 2013; Harris, 2014; Lee et al., 2019)。近年來數位科技的發展，數位學習 3D 數位影像教學也逐步導入醫學院的解剖學教學(Linder et al., 2008; Merk et al., 2010; Barry et al., 2016; Lee, et al., 2019; Chytas et al., 2020a; Chytas et al., 2020b)，其中國外已有相關研究探討運用 VR 於心臟解剖教學或大體解剖教學之效益(Ward et al., 2008; Anderson et al., 2019; Erolin et al., 2019; Maresky et al., 2019; Fairen et al., 2020; Zhou et al., 2021)，然而使用 VR 所衍生的 3D 暈眩的情形於近年來開始有少數文獻開始就醫學層面及成因進行探討(Kim et al., 2018; Saredakis et al., 2020; Lim et al., 2021; Martirosov et al., 2021; Nurnberger et al., 2021)，然而探討 VR 進行醫學院解剖學教育中可能產生 3D 暈眩的問題則尚未有文獻記載，因此本研究將針對應用 VR 進行醫學院解剖學教學後，所衍生的學生 3D 暈眩情形進行量化分析與質性分析，此外本研究亦發展不同策略來改良 VR 教學之環境以改善學生 3D 暈眩之情況，預期本研究結果未來可改善與增進台灣應用 VR 虛擬實境在醫學教育之應用，且研究成果預計發表於國際醫學教育期刊，提高台灣於全球醫學教育之地位與能見度。

3. 研究問題 Research Question

評估醫學院學生學習 VR anatomy 出現 3D 暈(Virtual Reality Sickness)的情形並探索未來可行的 3D 感改善教學方式

4. 研究設計與方法 Research Methodology

本計畫預定使用 HTC 代理引進之 3D organon 進行解剖教學測試與課程設計，課程設計之理論主要是依據數位學習理論中之 ADDIE Model 來設計與建立(Figure 2)，此模式源自美國密西根大學於 1961-1965 年，使用系統方法執行[教學發展計畫]之後再經改進而來，將教學設計分為 A 分析(Analysis)、D 設計(Design)、D 開發(Development)、I 實施(Implementation)及 E 評估(Evaluation)。

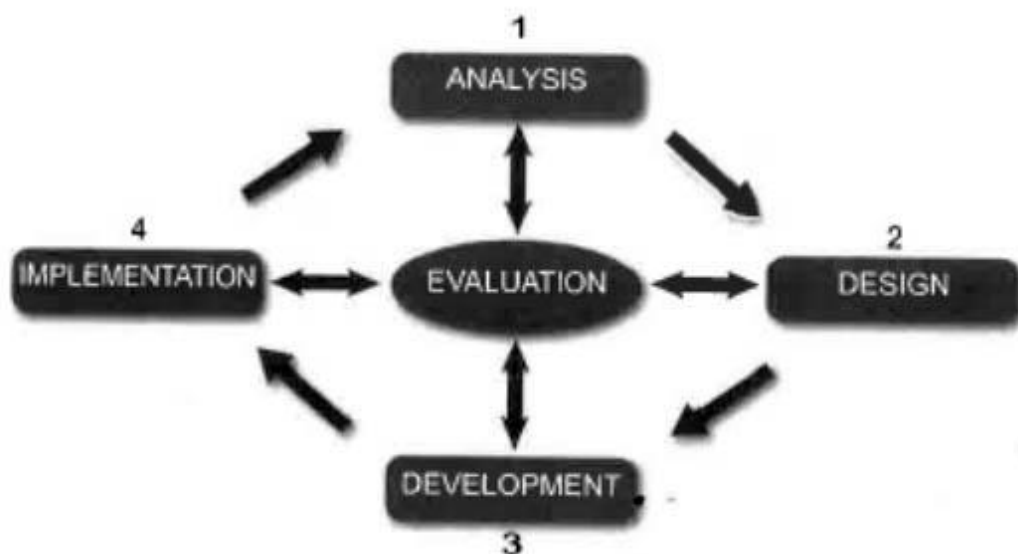


Figure 2 數位學習之課程發展 ADDIE 模型圖

資料來源：<https://theacademy.sdsu.edu/wp-content/uploads/2015/01/curriculum-development.pdf>

首先針對醫學院大體解剖學課程進行分析(Analysis)，拆解與挑選出適用於不同單元中適用的 VR 教材，並針對 3D organon 內容進行 system anatomy 課程設計(Design)，挑選適合應用 VR anatomy 進行教學的單元，再由解剖學教師應用 VR anatomy 教學軟體，進行 VR 教學影像之錄製，於大體解剖學實習課程結束後給於學生問卷進行評估(Evaluation)，以探討醫學院學生藉由 VR 教學影片學習 anatomy 的情形，同時亦可分析 3D 暈(Virtual Reality Sickness)發生的情形及對學生學習所產生的影響。

針對解決 3D organon 的旁觀學習者產生 3D 暈眩的問題，目前尚未有太多的醫學相關文獻可供查詢，然而在坊間的電腦遊戲體驗環境下，卻發現螢幕大小約為 24~27 吋的螢幕並搭配高幀數的電腦螢幕，在距離使用者約一米的情況下，可有效減輕使用者產生 3D 暈眩的情形，因此本研究試圖探索不同螢幕大小的學習環境是否可改善 VR 解剖教學所導致的 3D 暈眩情形。

研究方法與實施步驟說明:

A. 研究架構

藉由填寫教學問卷回饋的方式，分析醫學院學生學習 VR anatomy 的情形，包含學習情形、身體狀況、產生 3D 暈眩的程度、學習意願等進行問卷分析。

B. 研究問題/意識

1. 探討醫學院學生透過 VR 教學影片學習 anatomy 的情形，同時亦可分析 3D 暈眩 (Virtual Reality Sickness) 發生的情形及對學生學習所產生的影響。
2. 開發可減緩同學產生 3D 暈眩之教學環境，並探討不同策略改善 3D 暈之成效

C. 研究範圍

於台大醫學院進行大體解剖學教學時，針對參與 VR anatomy 教學的醫學院學生觀察學習情形並收集學生使用後之回饋問卷，透過量化分析與質性分析來探討 3D 暈眩對 VR 教學所產生的影響，並分析量化不同策略改善 3D 暈之成效。

D. 研究對象與場域

以台大醫學院需修習大體解剖學之學生為主，包含醫學系、牙醫學系、解剖學研究所及法醫學研究所之同學，參與 VR 解剖教學計畫，於台大醫學院大體解剖學實習室中進行及問卷填寫。

E. 研究方法與工具

藉由 50 吋螢大螢幕於解剖學實習室進行 VR 教學，並於實習課程結束時進行問卷調查，評估學生 VR 解剖學的教學效益與發生 3D 暈眩身體不適的情形。

F. 資料處理與分析

根據問卷(附件一)之設計，本研究可分為量化分析和質性分析，量化分析的部分，採 10 等分問卷(Likert Scale)調查，進行量化分析，使用統計軟體 SPSS 進行不同方式之統計分析，包含 t-test 或 Cronbach's Alpha 等分析探討並分析 VR 解剖教學是否帶來教學效益及 3D 暈對解剖教學產生的影響程度，並比較不同教學策略與螢幕大小對學生改善 VR anatomy 3D 暈情形是否有差異，提供未來教育者改善 VR anatomy 教學的策略與處理方式。

G. 實施程序

問卷收集:

首先須徵得願意參與本研究之醫學院學生之知情同意書的同意，方可進行此研究，因此本計畫已通過學術研究倫理中心之審核(倫委會案號：202012HS015)，於 2020 年 12 月 21 日取得審核通過。預計收集 200 位願意參與本研究之醫學院學生，進行問卷填寫與資料分析。

5. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

然而在使用 VR 進行解剖教學的過程中，我們發現部分學生反應 VR 教學會造成學生產生暈眩的情形，經文獻查詢與本學科之神經內科醫師討論後，認為 VR 的影像可能與學生的視覺平衡與體感覺不同步而導致學生發生暈眩不適的情形，而此暈眩稱為 Virtual Reality Sickness (VR sickness) 3D 暈，此問題會導致部分學生於學習時，因身體不適而無法繼續學習，如本人所提供之 VR 教學錄像(Figure 3)，然而在過去的文獻中，卻鮮有 3D 暈會影響醫學院 VR 解剖教學的討論，無論是發生比例、發生時間、影響效果等皆無明確的文獻報導。因此在之前的教學實踐計畫補助下，我們已在台大醫學院進行 3D 暈影響 VR 解剖教學之現況探討。在收集 180 位同學觀看 VR vascular system 教學 20 分鐘後，我們收集問卷資料並進行分析，結果發現約 37% 的同學會發生 3D 暈的現象，而 105 位男同學的發生率為 31%，63 位女同學的發生率為 49%，由結果發現約接近一半的女同學會對 VR 教學產生身體不適的現象，而全班的話則是 1/3 左右的同學會在 20 分鐘左右的 VR 教學發生身體不適(Figure 3A-C)。而發生 3D 暈的平均時間點則落在 5.9~6.3 分鐘間，男生與女生沒有明顯差別，由此顯示 3D 暈確實是一個應用 VR 進行醫學院解剖教學須面對的問題。

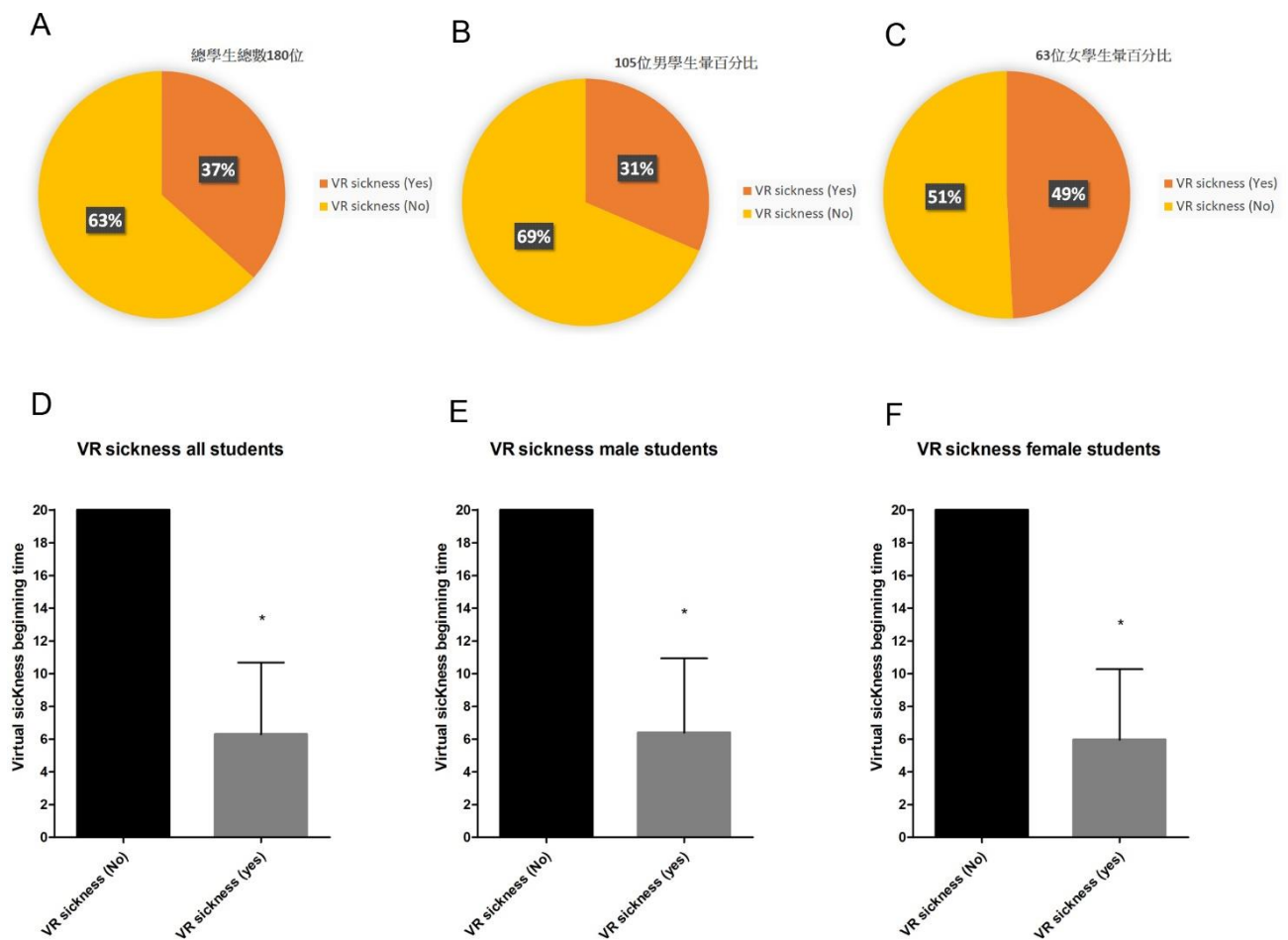


Figure 3 台大醫學院學生進行 VR vascular system 學習出現 VR sickness 比例

共 180 位台大醫學院同學進行 VR vascular system 學習，並進行不計名問卷分析，其中男

生占 105 位、女生占 63 位、12 位同學無性別資訊，出現 3D 暈的百分比如上圖(A-C)，統計發生 3D 暈之發生時間(D-F)，無發生 3D 暈之同學以 VR 教學時間全長為 20 分鐘紀錄。*代表有 3D 暈與無 3D 暈同學，發生 3D 暈的時間點呈顯著差異($P < 0.01$)。

此外我們亦透過 Likert-scale 10 points assay 對 180 位同學，進行探討以下數個使用 VR 進行解剖教學所碰到的問題(Figure 4)，並經 Cronbach's Alpha 進行此問卷之信度分析，此問卷之 Cronbach's Alpha = 0.632 根據 Merchant(1985)的研究 Cronbach's Alpha 值高於 0.6 代表此問卷研究為具信效度之問卷分析(Drinkwater, 1965; Merchant, 1985)。其中在 Linker-scale 結果中同意平均值超過 7 的問題中，可以看到有(1) 3D organon 之 VR 解剖教學的使用者介面與操作方式，容易了解且好操作 (2) 3D organon 的 VR anatomy 內容標示詳盡且完整 (3) 3D organon 的 VR anatomy 內容標示正確且容易觀察 (4) 3D organon 的 VR anatomy 對我學習大體解剖學有幫助。此結果顯示透過 VR anatomy 的教學可以為同學帶來學習助益。

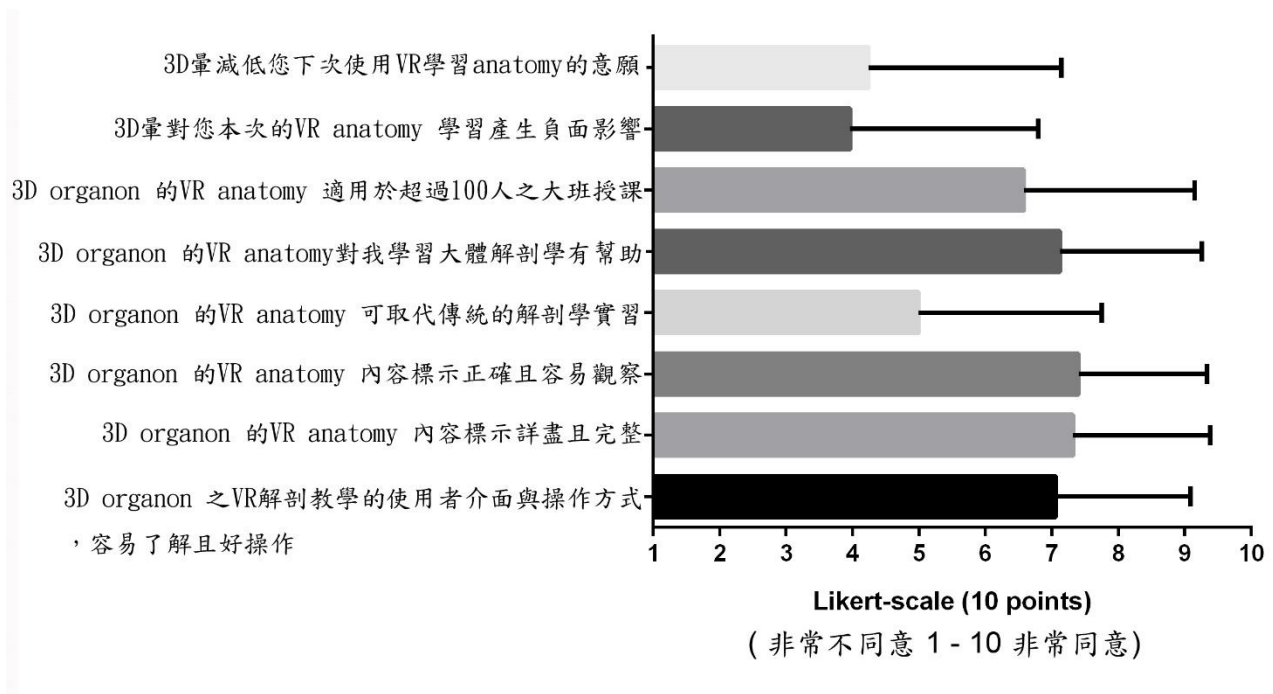


Figure 4 應用 Likert-scale assay 探討台大醫學院學生對 VR 解剖教學之回饋

應用 10 points Likert-scale assay 探討學生對上述 VR 運用於解剖教學的看法。並進行 Cronbach's Alpha 對此問卷進行信度分析。

利用 pie chart assay 進一步分析 Licker-scale 的結果，我們發現雖然有過半的同學 (Figure 5B; Linker-scale 6-10; 73%) 同意 VR anatomy 對學習有幫助。但仍有過半的同學不同意以 VR anatomy 取代傳統解剖學的實習 (Figure 5A; Linker-scale 1-5; 60%)。因此未來採取虛擬 VR anatomy 混合傳統解剖教學的方式應該是一個較佳的人體解剖學教學方式。而另外 1/3 會產生 3D 暈的 66 位同學，我們亦進行分析探討 3D 暈是否會對學習產生影響，結果顯示 (Figure 5C; Linker-scale 6-10; 50%) 同意 3D 暈會影響學習，(Figure 5D; Linker-scale 6-10; 60%) 同意 3D 暈會降低使用 VR anatomy 學習的意願。由此結果顯示，

3D 暈確實是使用 VR 進行解剖解剖教學一個必須要面對與改善之問題，並應避免有 3D 暈同學有受教權不平等的問題。

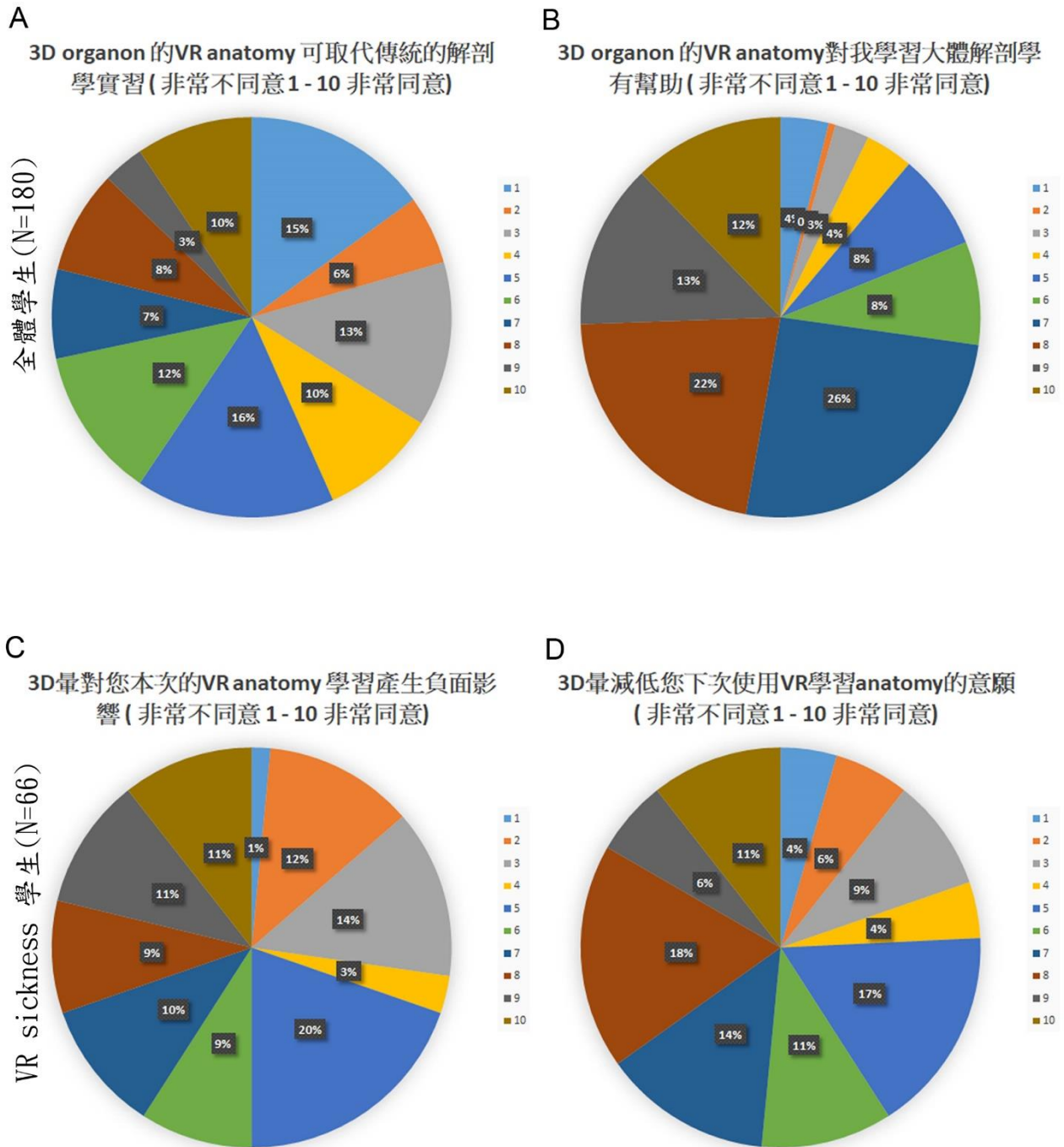


Figure 5 利用 pie chart 分析醫學院同學對 VR 教學帶來的教學效益的評價與 3D 暈議題的分佈比例

(A-B)180 位醫學院同學回覆 VR anatomy 學習之替代性與有效性問題回覆百分比。(C-D)有發生 3D 暈之 66 位同學針對 VR anatomy 產生之負面影響回覆之百分比。

(2) 學生學習回饋

此外我們亦針對全體 180 位同學針對 3D 暈是否影響解剖學習的議題進行 Qualitative assay (Table 1)，由同學質性分析的回饋顯示，3D 暈確實會對同學學習產生影響，不論是學習效果，或是學習意願皆會因暈眩產生負面效果，此外同學亦提及若能解決 3D 暈問題皆大幅提升其學習 VR anatomy 的意願與興趣。

Table 1. 3D 暈對 VR anatomy 學習產生的影響

VR sickness (Yes)	VR sickness (No)
讓我不想看下去	沒發生過
減低學習意願	無意見
不易專注於聽講，影響學習成效	我身體沒這個問題
如果 3D 暈能解決，應該會大幅提升我對 VR anatomy 的興趣	無此感覺
沒辦法用很久	
無法長時間專注	
太暈了，怎麼學啦	
很不舒服，想吐	
十分不理想，暈了怎麼看	
影響學習體驗，畢竟是生理問題。而旁觀時若操作者移動減緩便可減輕該症狀。	
會產生抗拒心態	

表格說明：醫學院學生對 3D 暈議題之質性意見回饋。

在確認的 VR anatomy 的教學的有效性與可行性後與學生發生 3D 暈之比例影響之後，台大醫學院解剖學科之教師著手探討與開發改善 3D 暈教學之教學策略，在神經科學的領域中眼睛的視覺是建構姿態平衡覺的一部分(Bae, 2016)，因此我們探討不同螢幕大小的學習體驗，是否與 3D 暈症狀的產生有關，經徵詢有產生 3D 暈的醫學院同仁參與測試，以 120 吋投影螢幕與 9.7 吋的 pad 進行相同 VR anatomy 教學影片的改善測試，探討不同螢幕大小進行 VR 解剖學教學是否可以改善學生產生 3D 暈之問題，在 Figure 6 的結果中顯示，原本使用投影觀看 Vascular system VR anatomy 教學影片的同人在約 8±3 分鐘時會產生 3D 暈的症狀，而在更換成使用 9.7 吋 pad 觀看相同的 VR anatomy 教學影片則到 19±1.7 分鐘才產生 3D 暈的現象發生(8±3 vs. 19±1.7; p = 0.008 ; Figure 6C)，此結果顯示使用小螢幕確實可改善用大螢幕教學所產生之 3D 暈的問題，未來將在後續的教學研究計畫中募集更多的醫學院學生做進一步驗證，並以此方式改善 VR 於大體解剖學的教學應用。

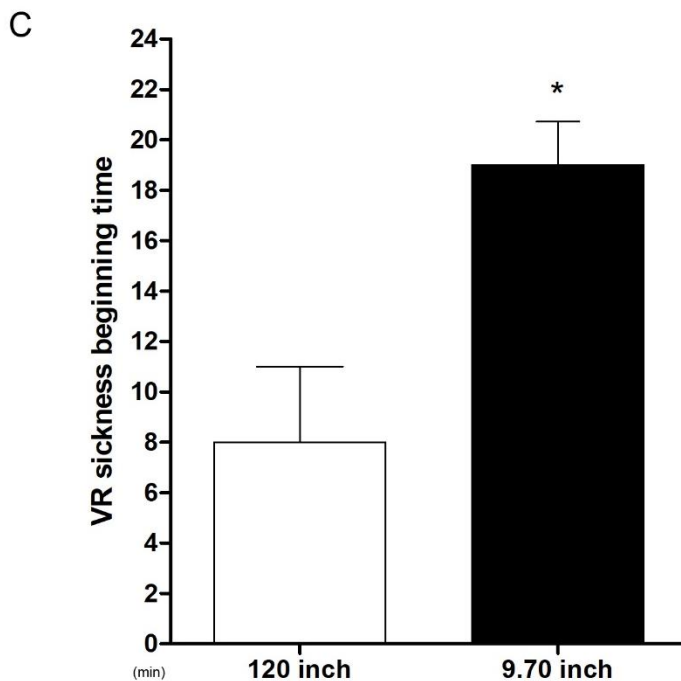
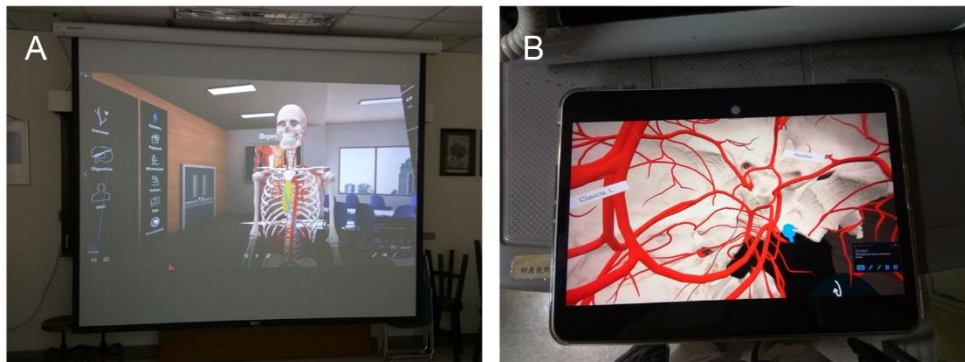


Figure 6 比較不同大小之螢幕與產生 3D 暈之關聯性

針對會產生 3D 暈之醫學院同仁進行教學改善探討 (A)應用 120 吋螢幕進行 Vascular system VR anatomy 教學(B) 應用 9.7 吋螢幕 pad 進行 Vascular system VR anatomy 教學，(C)利用 boxplot 分析 3D 暈發生之時間點變化。

(3) 教師教學反思

總結目前的研究結果，經台大醫學院學生的信效度分析成果整理如下：(1)確認 VR anatomy 對學生學習大體解剖學有幫助 (2)以實體與數位混合的方式會對學生較有幫助 (3)約 1/3 的同學可能會發生 3D 暈的情形且女同學發生的比率高於男同學 (4)發生 3D 暈的同學有半數反應 3D 暈會影響學習效果及 VR anatomy 學習意願。經目前的結果發現學習者觀看的螢幕大小此因素具有潛力可改善學生發生 3D 暈的情形，未來本研究將承接此成果，以改善學生透過 VR anatomy 進行學習時所產生的 3D 暈的問題為主題繼續探討改善此問題之教學策略與成效。

6. 建議與省思 Recommendations and Reflections

目前的教學實踐計畫補助已完成之研究結果，經台大醫學院學生的信效度問卷分析成果如下：(1)確認 VR anatomy 對學生學習大體解剖學有幫助 (2)以實體與數位混合的方式會對學生較有幫助 (3)約 1/3 的同學可能會發生 3D 暈的情形且女同學發生的比率高於男同學 (4)發生 3D 暈的同學有半數學生，反應 3D 暈會影響學習效果及 VR anatomy 學習意願。經本次研究的成果發現改變螢幕大小此因素具有潛力可改善學生發生 3D 暈的情形，未來本研究團隊將根據此因素進一步探討合適的螢幕尺寸，以改善 VR 於解剖教學之應用。

本計畫順利執行後，藉由收集台大醫學院學生使用的回饋，透過量化分析與質性分析後，產出以下成果 (1)分析與量化 3D 暈眩對 VR 應用於解剖教學的影響與程度(2) 探索及開發未來可緩解 VR anatomy 3D 暈的教學環境與教學策略 (3)將改善 3D 暈眩之教學策略與教學環境之教學成果進行量化與質化分析，並將此結果撰寫為醫學教育相關之學術論文並發表，對國內外醫學教育產生貢獻。

計畫相關之成果

國際期刊學術論文

1. Impact of modified teaching strategies used in a gross anatomy course on the academic performance of dental students during the COVID-19 pandemic. Liao ML, Yeh CC, Lue JH, Lai IR, Chang MF* **European Journal of Dental Education 2023 (in production)**本人為通訊作者
2. Benefits of a Bilingual Web-based Anatomy Atlas for Nursing Students in Learning Anatomy. Liao ML, Yeh CC, Lue JH, Chien CL, Hsu SH and Chang MF* **BMC Medical Education (2022) 22:341** 本人為通訊作者
3. The impact of asynchronous online anatomy teaching and smaller learning groups in the anatomy laboratory on medical students' performance during the Covid-19 pandemic. Chang MF, Liao ML, Lue JH, Yeh CC*. **Anatomical Sciences Education 2022 May;15(3):476-492. doi: 10.1002/ase.2179. Epub 2022 Apr 11.** 本人為第一作者

參加國內外醫學教育研討會成果

1. A Pilot Study for Applying Virtual Reality System to Teach Systematic Anatomy in College of Medicine. Chang MF, Yeh CC, Lue JH, Liao ML. The 55th Annual Meeting of the Japan Society for Medical Education 2023 (post)
2. The changes of anatomical teaching and learning on medical students during COVID-19 pandemic. Chang MF, Liao ML, Wang SH, Lue JH, Chen YL, Yeh CC*. TAME 2021 (post)

醫學教育相關專利

1. 申請中專利【中文發明名稱】 訊息整合監測方法及系統
【英文發明名稱】 INFORMATION INTEGRATION MONITORING METHOD AND SYSTEM (本人為發明人與提案人)
2021 年 智慧財產局專利申請號: 111128366 號

一. 參考文獻 References

- Anderson RH, Bolender D, Mori S, Tretter JT. 2019. Virtual Reality Perhaps, but Is this Real Cardiac Anatomy? *Clin Anat* 32:468. doi: 10.1002/ca.23306).
- Babacan S, Dogru Yuvarlakbas S. 2021. Digitalization in education during the COVID-19 pandemic: emergency distance anatomy education. *Surg Radiol Anat* doi: 10.1007/s00276-021-02827-1).
- Bae Y. 2016. Saccadic Eye Movement Improves Plantar Sensation and Postural Balance in Elderly Women. *Tohoku J Exp Med* 239:159-164. doi: 10.1620/tjem.239.159).
- Barry DS, Marzouk F, Chulak-Oglu K, Bennett D, Tierney P, O'Keeffe GW. 2016. Anatomy education for the YouTube generation. *Anat Sci Educ* 9:90-96. doi: 10.1002/ase.1550).
- Cheng X, Chan LK, Pan SQ, Cai H, Li YQ, Yang X. 2021. Gross Anatomy Education in China during the Covid-19 Pandemic: A National Survey. *Anat Sci Educ* 14:8-18. doi: 10.1002/ase.2036).
- Chytas D, Piagkou M, Johnson EO. 2020a. Can Three-Dimensional Visualization Technologies be More Effective than Cadavers for Dental Anatomy Education? *Anat Sci Educ* doi: 10.1002/ase.1953).
- Chytas D, Piagkou M, Salmas M, Johnson EO. 2020b. Three-dimensional digital technologies in anatomy education: Better than traditional methods, but are they better than cadaveric dissection? *Clin Anat* doi: 10.1002/ca.23591).
- Chytas D, Salmas M, Piagkou M, Johnson EO. 2021. Decline of Cadaveric Dissection in Anatomy Education During the Covid-19 Pandemic: Can it Affect Future Surgeons' Competency? *Anat Sci Educ* 14:166-168. doi: 10.1002/ase.2043).
- Craig S, Tait N, Boers D, McAndrew D. 2010. Review of anatomy education in Australian and New Zealand medical schools. *ANZ J Surg* 80:212-216. doi: 10.1111/j.1445-2197.2010.05241.x).
- Drinkwater BL. 1965. A comparison of the direction-of-perception technique with the Likert method in the measurement of attitudes. *J Soc Psychol* 67:189-196. doi: 10.1080/00224545.1965.9922270).
- Erolin C, Reid L, McDougall S. 2019. Using virtual reality to complement and enhance anatomy education. *J Vis Commun Med* 42:93-101. doi: 10.1080/17453054.2019.1597626).
- Evans DJR, Pawlina W. 2021. Effects of Covid-19: The Need to Assess the Real Value of Anatomy Education. *Anat Sci Educ* 14:129-131. doi: 10.1002/ase.2061).
- Fairen M, Moyes J, Insa E. 2020. VR4Health: Personalized teaching and learning anatomy using VR. *J Med Syst* 44:94. doi: 10.1007/s10916-020-01550-5).
- Habbal O. 2009. The State of Human Anatomy Teaching in the Medical Schools of Gulf Cooperation Council Countries: Present and future perspectives. *Sultan Qaboos Univ Med J* 9:24-31.
- Harris JP. 2014. Anatomy, medical education and surgeons. *ANZ J Surg* 84:799. doi: 10.1111/ans.12842).
- Kim HK, Park J, Choi Y, Choe M. 2018. Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Appl Ergon* 69:66-73. doi:

10.1016/j.apergo.2017.12.016).

Lee BC, Hsieh ST, Chang YL, Tseng FY, Lin YJ, Chen YL, Wang SH, Chang YF, Ho YL, Ni YH, Chang SC. 2019. A Web-Based Virtual Microscopy Platform for Improving Academic Performance in Histology and Pathology Laboratory Courses: A Pilot Study. *Anat Sci Educ* doi: 10.1002/ase.1940).

Leung KK, Lu KS, Huang TS, Hsieh BS. 2006. Anatomy instruction in medical schools: connecting the past and the future. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 11:209-215. doi: 10.1007/s10459-005-1256-1).

Lim HK, Ji K, Woo YS, Han DU, Lee DH, Nam SG, Jang KM. 2021. Test-retest reliability of the virtual reality sickness evaluation using electroencephalography (EEG). *Neurosci Lett* 743:135589. doi: 10.1016/j.neulet.2020.135589).

Linder E, Lundin M, Thors C, Lebbad M, Winiacka-Krusnell J, Helin H, Leiva B, Isola J, Lundin J. 2008. Web-based virtual microscopy for parasitology: a novel tool for education and quality assurance. *PLoS Negl Trop Dis* 2:e315. doi: 10.1371/journal.pntd.0000315).

Maresky HS, Oikonomou A, Ali I, Ditzkofsky N, Pakkal M, Ballyk B. 2019. Virtual reality and cardiac anatomy: Exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. *Clin Anat* 32:238-243. doi: 10.1002/ca.23292).

Martirosov S, Bures M, Zitka T. 2021. Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. *Virtual Real*:1-18. doi: 10.1007/s10055-021-00507-4).

Merchant KA. 1985. Organizational Controls and Discretionary Program Decision Making: A Field Study. *Accounting, Organizations and Society* 10:67-85.

Merk M, Knuechel R, Perez-Bouza A. 2010. Web-based virtual microscopy at the RWTH Aachen University: didactic concept, methods and analysis of acceptance by the students. *Ann Anat* 192:383-387. doi: 10.1016/j.aanat.2010.01.008).

Nurnberger M, Klingner C, Witte OW, Brodoehl S. 2021. Mismatch of Visual-Vestibular Information in Virtual Reality: Is Motion Sickness Part of the Brains Attempt to Reduce the Prediction Error? *Front Hum Neurosci* 15:757735. doi: 10.3389/fnhum.2021.757735).

Papa V, Vaccarezza M. 2013. Teaching anatomy in the XXI century: new aspects and pitfalls. *ScientificWorldJournal* 2013:310348. doi: 10.1155/2013/310348).

Saredakis D, Szpak A, Birkhead B, Keage HAD, Rizzo A, Loetscher T. 2020. Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Hum Neurosci* 14:96. doi: 10.3389/fnhum.2020.00096).

Ward BM, Charissis V, Rowley D, Anderson P, Brady L. 2008. An evaluation of prototype VR medical training environment: applied surgical anatomy training for malignant breast disease. *Stud Health Technol Inform* 132:550-555.

Zhou Y, Hou J, Liu Q, Chao X, Wang N, Chen Y, Guan J, Zhang Q, Diwu Y. 2021. VR/AR Technology in Human Anatomy Teaching and Operation Training. *J Healthc Eng* 2021:9998427. doi: 10.1155/2021/9998427).

二. 附件 Appendix

附件一

各位使用 VR 解剖教學的同學您好：

感謝您撥冗參加有關” 3D 暈眩(Virtual Reality Sickness)對 VR(Virtual Reality)應用於解剖學教學之影響” 研究!。本研究的目的想探討 3D 暈(Virtual Reality Sickness)對於應用 VR 進行解剖教學的影響性。請您撥空填寫以下問卷，您的意見是我們再進步的力量!

台大醫學院解剖學暨細胞生物學科 張銘鋒敬上

109 學年 VR 解剖學教材醫學院學生使用意見調查

1. 3D organon 之 VR 解剖教學的使用者介面與操作方式，容易了解且好操作。

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

2. 3D organon 的 VR anatomy 內容標示詳盡且完整

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

3. 3D organon 的 VR anatomy 內容標示正確且容易觀察

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

4. 3D organon 的 VR anatomy 可取代傳統的解剖學實習

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

5. 3D organon 的 VR anatomy 對我學習大體解剖學有幫助

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

6. 3D organon 的 VR anatomy 適用於超過 100 人之大班授課

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

7. 當您是 3D organon 的 VR 操作者時，您有發生 3D 暈的情形

有，約使用 _____ 分鐘後多久後發生

無

8. 當您是 3D organon 的 VR 旁觀者時，您有發生 3D 暈的情形

有，約旁觀 ____ 分鐘後多久後發生

無

9. 3D 暈對您本次的 VR anatomy 學習產生負面影響

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

10. 3D 暈對減低您下次使用 VR 學習 anatomy 的意願

_____ (非常不同意 1 - 10 非常同意)

請寫下您對這些議題的看法

3D organon 的 VR anatomy 可取代傳統的解剖學實習

3D 暈對 VR anatomy 學習產生的影響

3D organon 的 VR anatomy 學習大體解剖時對同學之間相互討論的影響

個人資料
性別 <input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女 <input type="checkbox"/> 不便告知
系級
年齡 (請填數字)

再次感謝您撥冗參加及提供意見！您的意見是我們再進步的力量！