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：PMN1134783

學門專案分類/Division：醫護

計畫年度：■113 年度一年期　□112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024_.08.01 – 2025.07.31

創新牙醫養成教育-3D 空間認知教學與自主學習模式建立

Innovative Dental Education - Establishment of 3D Spatial Cognitive Teaching and Self-directed Learning Model

計畫主持人(Principal Investigator)：劉嘉民

協同主持人(Co-Principal Investigator)：許民勳

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中山醫學大學/牙醫學系

成果報告公開日期：■立即公開 □延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2025 年 9 月 10 日

創新牙醫養成教育-3D 空間認知教學與自主學習模式建立

一、本文 (Content)

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

牙醫師養成教育需要細膩的手作技能、手眼協調以及 3D 空間認知能力。現行牙醫課程規劃至三年級才開始牙科假牙人頭口腔膠牙模型模擬實作訓練，學生在學習過程中，有時為了要讓作品完美，會放棄口鏡鏡像間接視野操作，改成目視直接操作，以求取成績高分。目前各校牙醫系皆無牙科口鏡相關的訓練與教學課程，教學現場觀察亦顯示，即便是高年級學生，仍有相當比例對口鏡操作不熟悉，顯示學生對空間認知與操作能力普遍不足。導致部分學生在進入專業臨床課程後，在口鏡鏡像間接視野操作上出現障礙與恐懼。

2. 研究問題 (Research Question)

在牙醫系 2 年級課業壓力比較小，還沒進入牙科臨床操作科目前，以簡易有趣且可以自主練習的形式，教導學生如何使用牙科口鏡及鏡像間接視野操作，建立學生正確操作模式。研究由本系自行設計之塗佈練習法，能否幫助學生建立鏡像間接視野操作能力。以數位儀器 Simodont 牙科訓練儀讓學生在最新的數位科技下學習鏡像間接視野操作能力。並評估二種教學方式對於學生鏡像間接視野操作能力改善程度。

3. 文獻探討 (Literature Review)

雙手靈巧與間接視野之重要性:
牙醫學系的養成教育，目的在於培養學生未來的臨床專業能力。牙醫師需要細膩的手作技能、手眼協調以及 3D 空間認知能力。靈巧的雙手是牙醫學生必備的基礎能力。世界各國牙醫院校的入學常以高中學業成績為主要評核因子。儘管微動能力是醫學專業中安全且有效實踐的關鍵制約因素，但其在入學標準中的重要性卻遠遠不如高中成績受到重視。Hampe(2014)研究指出牙醫系候選人的高中成績(high school grade point average, GPA)與其臨床前技能表現的相關性非常低，因此相當比例的學生無法符合臨床前訓練課程的要求，甚至無法畢業(1)。顯見此一教學現場待解決的問題是世界性的重大問題。Kornmehl(2022)以美國哈佛大學牙醫系三年級學生進行研究，結果顯示感知能力測試 (Perceptual Ability Test, PAT)與學生的臨床前技能表現之間存在正相關關係。因此，除了高中成績，入學標準中也應重視感知能力測試等其他相關因素(2)。Sim (2023)對牙醫系二年級（38 位）和五年級（55 位）學生進行研究，發現將近一半的受訪者（47%）在開始牙醫學位（BDS）課程前就已經意識到牙科需要手部靈巧性，而

42%略有所知。當被要求對牙醫最重要的屬性進行排名時，臨床背景排在第一位，其次是手工靈巧度，然後是理論知識和社交技能。有近一半 43%的學生認為手部靈巧度比預期的困難，並且有 18%的學生自認為尚未為臨床實踐發展出合理的手巧度。在這一問題的回答者中，88%是來自最後一年（BDS5） 的學生。受訪者被要求評估他們目前的手部靈巧程度，平均得分為 6.8（範圍為 2.2-10，其中 0 = 差，10 = 優）。49%學生表示為努力達到足夠的手部靈巧性在某種程度上對他們的情緒、行為產生了影響(3)。顯然地，學生手部靈巧度問題的嚴重性應該遠超過我們的認知，這表明需要改變教學策略和思維方式。

雙手靈巧與間接視野與臨床前技能表現之關係

Neves（2018）的研究報告指出，在進行臨床前技能訓練之前，應先進行個人手部靈巧度的篩選與檢測，這是建立有效學習策略的重要方法。因此，將雙手靈巧訓練納入學習計劃優先於臨床前技能訓練的策略，有助於促進學習歷程(4)。學生在臨床前技能培訓課程中最主要的困難在於處理鏡像間接視野，即使用牙科口鏡。使用牙科口鏡需要具備空間感知、雙手協調、感知學習和微細運動技能。相較於直接視野操作，牙科口鏡的鏡像間接視野操作更加複雜和困難，約有 50%的學生容易操作失誤（5)。鏡像間接視野操作能力與牙醫學生的技能表現差異具顯著相關性(6)，由此可見間接視野認知能力在牙醫養成教育中的重要性。如果學生在學習生涯對鏡像間接視覺操作持續感到挫折，未來會傾向避免使用牙科口鏡於上頜牙弓(maxillary arch)，嚴重影響牙醫生涯發展。鏡像間接視覺操作需要額外的能力，例如 3D 空間認知能力、微細動作技能加上方向與知覺學習能力、雙手與眼睛協調能力(7)。事實上，手巧度和窩洞處理的精確性之間存在著密切的相互作用。手巧度對於窩洞處理的準確性和效率至關重要。在進行窩洞處理時，提高手巧度可以讓醫師更加熟練地使用器械，進而提高窩洞處理的效率和準確性。此外，無名指作為指托的靈活性也會影響橫向的準確性。如果無名指不夠靈活，可能會導致手部姿勢不正確，進而影響窩洞處理的準確性(8)。因此，鏡像間接視野測試可能更適合用於評估牙科技能表現，因為它不僅檢測精細運動能力，還能測量感知學習和空間認知（6)。

學習策略與學習移轉:

學習移轉（learning transfer）的一般定義是指學習者在完成訓練後能夠有效且持續地應用所學到的技能與知識於工作崗位中(9)。學習轉移是將過去所學的技能和知識應用於新的工作任務中，以減少相關的學習和訓練成本。將訓練成效成功地轉移到工作場所是訓練的最終目標。在牙醫教育中，學習轉移是一個重要的目標，因為牙醫生必須能夠將所學應用到臨床實踐中，並在不同的病例和情況下調整和應用他們的技能和知識。教育者應該設計適當的教學方法和環境，以幫助學生有效地轉移所學的知識和技

能，提高其臨床實踐能力。據報導，2009 年美國在提高現有技能方面的培訓支出估計為 1.3 億美元 (10)。只有少於 15-20%培訓所學的知識和技能能夠真正應用於工作場所(11)。大約 40%的培訓者在培訓後未能立即實現學習轉移，而一年後未能實現學習轉移的比例則增加至 70%(12)。將學習從培訓計劃轉移到工作場所是訓練成功與否的重要議題。 當培訓課程中使用的目標、方法和途徑與實際工作相似時，學習轉移才能夠發生。當學習和轉移環境中的刺激和反應相似時，反應的泛化(generalization)就會發生(13)。Blume(2010)等人指出，轉移的泛化通常發生在與學習任務相似的情境下，例如在培訓期間使用飛航模擬器，然後在實際環境中使用實際的載具。這種泛化過程使得培訓者能夠對新情況 做出相對應的反應，因為他們在培訓機構中學習過類似的經驗(14)。學習理論顯示機械性動作若重複訓練可顯著改進另一具有相同元素的機械性動作的表現(15)。換言之，訓練經驗能否轉移或轉移程度有賴訓練的相似程度。過去的研究指出，技能訓練的學習成效可保留約三個月(16-17)。當學習複雜技能時，個人會依賴先前的知識，這表明學習具有累積性(18)。因此，要成功地實現訓練轉移，教師需要提供學生與臨床實踐相似的練習課題和執行所學技能的機會，這樣轉移效果才會更直接。有許多研究探討如何利用現有職業治療所使用的手巧度評估 (manual dexterity tests)， 檢測精細運動能力與完成臨床前牙科課程所需技能表現之間的關聯。這些測試與評估主要包括 block carving (19)、tremometer test、two-hand coordination machine(20)、 O’Connor Tweezer Dexterity Test(21)以及 Purdue Pegboard Test(22)。然而，關於何者為最佳預測方法尚未達成共識(23)，且上述評估方法皆非針對牙醫專業所設計。模擬教學最大的優點是可以讓學生無限重複練習相似的技能和課程。模擬訓練強調體驗式和反思式學習，被認為提供了一個促進實踐中自我調控學習的機會(24)。因此，模擬教育(Simulation-Based Education, SBE)在全球醫療保健教育中扮演著日益重要的角色，特別是在教授侵入性醫療方面(25)。在牙醫初學者培訓中，透過教師和具反饋功能的虛擬實境環境進行學習，是習得和保留基本牙科操作技能最有效的方法。虛擬實境觸覺技術在牙科教育中的應用具有重要的意義，因為它可以提高操作技能的效率和精度，並且可以為學生提供更多的實踐機會 (26)。應用模擬技術於醫學教育特別是牙醫學養成教育快速地蔓延。Woolford (2017)指出利用虛擬牙科模擬器可顯著增進學生空間認知能力(27)。Manogue (2020)指出，使用 Simodont 虛擬牙科模擬器得分高的學生，在臨床牙冠 測試中表現出色的可能性高出約 10 倍，且所有學生都喜歡其具有的力回饋功能(28-29)。Simodont 不僅是一種牙科訓練設備，同時提供感覺運動性能的客觀評估，並且可能成為臨床表現的預測指標(30)。研究顯示，Simodont 的圖形模塊中圓形模塊、隧道模塊、甜甜圈模塊和十字交叉模塊具有對不同層次牙醫學生手部靈巧度能力評估的敏

感性，對牙醫臨床前教育的評價具有重要意義 (31-32)。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

本計畫要建立 3D 空間認知教學與學生自主學習模式建立，以塗佈法課堂教學和 Simodont 虛擬實境牙科訓練儀教學為學習策略，訓練學生雙手靈巧性、手眼協調度、3D 空間認知能力與使用臨床口鏡的能力，評估這二種教學模式學習轉移成效，以奠定學生日後學習進階課程與臨床操作的基礎。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

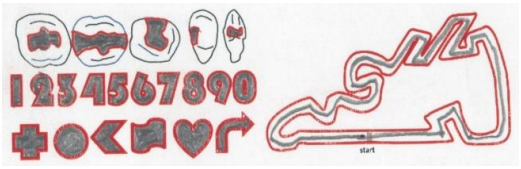
(1)塗佈練習法:是本系獨自發展的教學訓練模式，耗費成本低。所需材料為 HB 免削鉛筆筆芯(模擬牙科手機鑽針)、以掃描機掃描臨床牙科高樹手機並 3D 列印牙科高速手機(圖一)、牙科口鏡、紙杯(圖二)、夾式杯架、各式圖樣與跑道圖(圖三)。圖樣是讓學生把紅色範圍塗滿，模擬移除蛀牙的細微動作。跑道是讓學生練習弧度和轉折的操作能力。跑道圖形 CSMU，是中山醫學大學的縮寫。紙杯選擇直徑約 4-5 公分大小，模擬臨床患者張口度。再把設計的紙張貼在紙杯上，讓學生在使用牙科口鏡間接視野的條件下，於規定時間內用鉛筆將間接視野中的目標區塗佈 98%(圖四)以上。練習重點在於正確的操作姿勢、牙科手機(鉛筆)與口鏡的正確握法與操作角度、花費的時間、正確性、精細度與完成率等。塗佈法所需器材簡單、便宜又方便取得，學生可隨時隨地進行不同圖樣的練習，非常適宜做為基礎訓練課程。學生塗佈練習一個教案 15 分鐘，每週上課練習 2-3 個，整個課程練習 9 個。

塗佈練習評分項目分為圖樣(表一)和跑道(表二)，評分分析以 Gemini 2.5 Flash 版本為主。

	
圖一. 3D 列印牙科高速手機與免削鉛筆筆芯	圖二. 塗佈練習器械



圖三. 塗佈練習圖樣(左半部)與跑道圖(右半部)(起始圖)



圖四. 塗佈練習圖樣與跑道圖(完成圖)

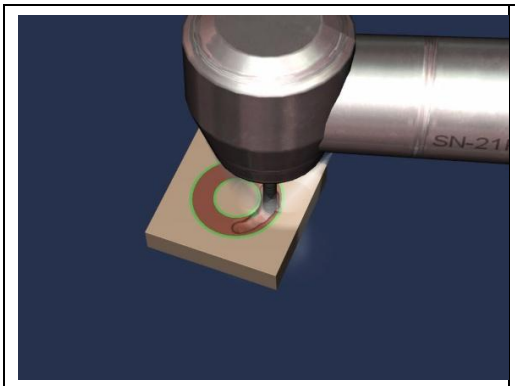
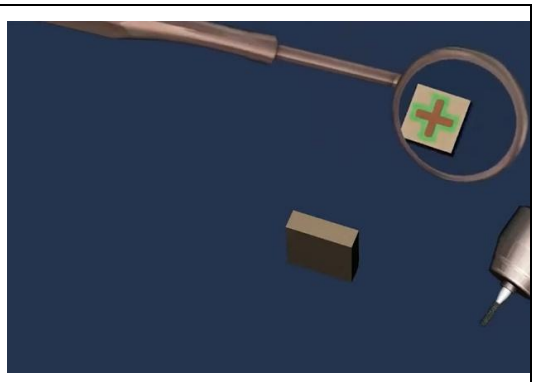
分數比率 (%)	圖樣評分項目	評分重點
50	塗佈均勻度	顏色深淺是否一致？有無明顯的空白區、筆觸堆疊或顏色不均勻的塊狀？
20	邊緣精準度	塗色是否超出圖樣邊框？邊界線條是否清晰銳利，無模糊或塗佈溢出？如果內部空白無塗佈軌跡則為0分
30	整體飽和與質感	顏色是否足夠飽和？圖樣是否看起來有完整的填色感，而不是稀疏或粗糙？所有要求塗色的圖樣是否都已完成？

表一. 圖樣評分標準

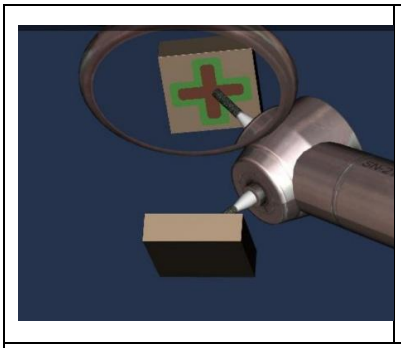
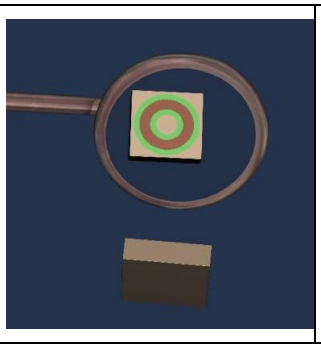
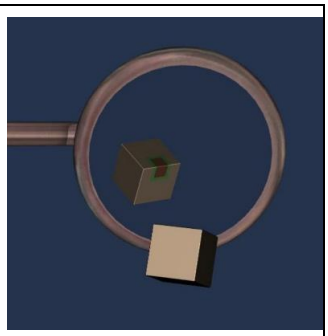
分數比率 (%)	跑道評分項目	評分重點
50	線條流暢度	追蹤的灰色線條是否平穩、連續，沒有明顯抖動、斷裂或不自然的轉折？彎道處是否過渡自然？
20	路徑精準度	追蹤線條是否盡量保持在賽道中央？與賽道邊界的相對位置是否穩定，沒有忽近忽遠？如果無塗佈軌跡應為0分
30	筆觸效率	追蹤線條是否為「繞一圈」的單向筆觸？有無明顯的來回塗抹、重複繪製或塗成塊狀的情況？跑道繞圈是否已完成？

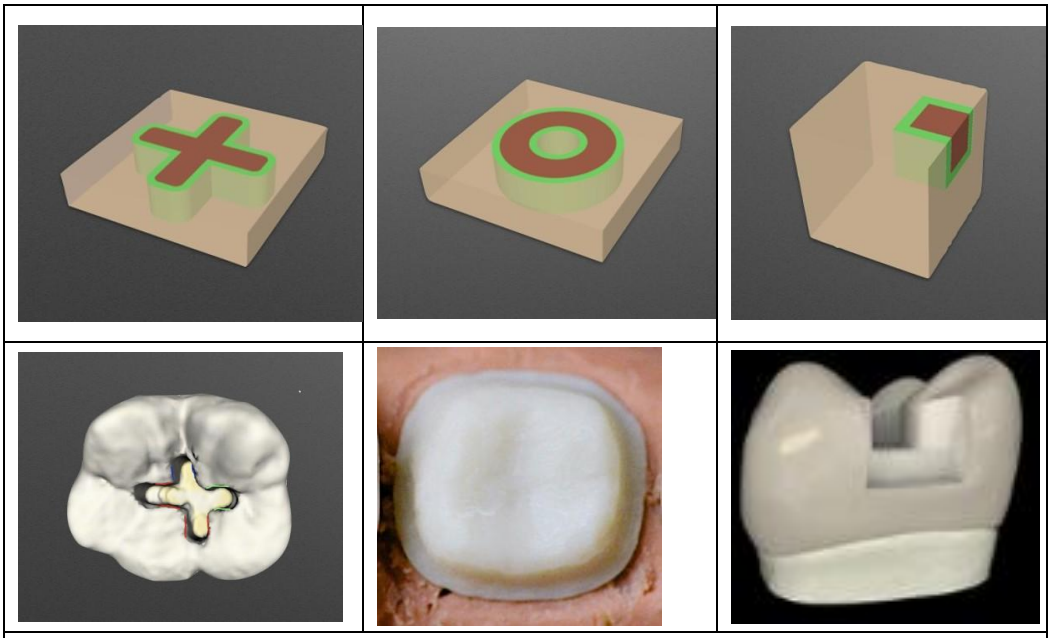
表二. 跑道評分標準

(2)Simodont 虛擬牙科訓練儀練習:該設備具備虛擬牙科手機與牙科口鏡功能，課程分為初階(可直視操作，不使用牙科口鏡)(圖五)與進階(需使用牙科口鏡做間接視野操作)(圖六)。初階課程訓練學生基本手眼協調與靈巧性、水平與垂直的立體空間認知，進階課程則訓練學生間接視野操作能力。學生需將目標區(圖七)車削達規定的完成度以上。系統會自動紀錄學生各項資訊如車削時間、錯誤率、完成度(圖八)。學生須在 15 分鐘完成 3 種圖形(圖九)，這 3 種圖形在臨床牙齒治療都有相對應的所需技能(圖十)。練習重點在於正確的操作姿勢、牙科手機與口鏡的正確握法與使用法。
評分標準: 訓練儀自動記錄與分析學生操作數據如車削時間 drill time(sec)、未完成率 uncomplete rate(%)與錯誤率 Leeway area(%)。採計此三項變數以檢核學習成效，換言之錯誤越少、速度越快、完成度越高則綜合分數越低，表示表現越佳。 綜合分數= log Leeway area(%) * log Time(sec) * log uncomplete rate(%)

	
圖五. 直視操作	圖六. 間接視野操作

	
圖七. 紅色為需移除部分，綠色為緩衝區，黃色為禁止移除區。	圖八. 系統可自動記錄完成率、失誤率與操作時間。

		
圖九. 三種練習圖示(左邊為 case1，中間為 case2，右邊為 case3)		

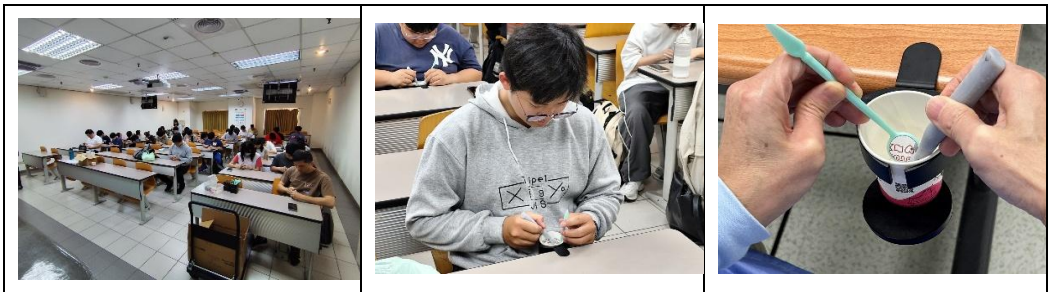


圖十. 圖形與臨床牙齒治療相對應的操作技能

課程時間安排:計畫執行前先申請研究計畫許可書(附件一)

週次	教學項目
1	Simodont 牙科訓練儀熟悉機器，塗佈操作直視練習
2	Simodont 牙科訓練儀前測與塗佈操作前測
3	塗佈操作練習
4	塗佈操作練習
5	塗佈操作練習
6	塗佈操作練習
7	Simodont 後測與塗佈操作後測

實作場域:塗佈操作在牙醫系 D02 教室(圖十一)，Simodont 虛擬牙科訓練儀練習在數位牙醫教學中心(圖十二)。



圖十一.塗佈操作



圖十二. Simodont 虛擬牙科訓練儀操作

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

(1) 教學過程與成果

學生在經過塗佈練習後，在圖樣與跑道塗佈皆有顯著進步(表三)，在圖樣操作方面，塗佈均勻度、邊緣精準度與整體飽和度三種技巧都有顯著進步(表四)。在跑道操作方面，線條流暢度、路線精準度與筆觸效率皆有顯著進步(表五)。學生在操作 Simodont 牙科訓練儀三種圖形有顯著進步，尤其是第二個圖形進步更為明顯。然而塗佈練習操作與 Simodont 牙科訓練儀操作成績並沒有明顯相關性。

	前測		後測		
圖形	Mean	SD	Mean	SD	P-value
圖樣	66.85	14.41	73.36	12.1	<0.01
跑道	68.7	16.43	77.45	14.52	<0.01

表三. 圖樣與跑道前後測比較

	前測		後測		
	Mean	SD	Mean	SD	P-value
圖樣	66.85	14.41	73.36	12.1	<0.01
塗佈均勻度	32.93	6	35.83	5.7	<0.01
邊緣精準度	13.91	3.4	15.27	2.6	<0.01
整體飽和度	20	4.3	22.24	3.9	<0.01

表四. 圖樣三種技巧前後測比較

	前測		後測		
	Mean	SD	Mean	SD	P-value
跑道	68.7	16.43	77.45	14.52	<0.01
線條流暢度	35.45	8	39.18	6.9	<0.01
路徑精準度	13.41	3.7	15.09	3.18	<0.01
筆觸效率	20.09	5.01	23.18	4.6	<0.01

表五.跑到三種技巧前後測比較

學生在虛擬牙科訓練儀圖形操作有顯著進步(表六)。

	前測		後測		
	Mean	SD	Mean	SD	P-value
Simodont	41.03	16.02	59.04	11.97	<0.01
Case 1	47.64	19.2	61.53	14	<0.01
Case 2	34.41	21.68	59.21	15.51	<0.01
Case 3	41.05	18.05	56.38	14.88	<0.01

表六.Simodont 牙科訓練儀三種圖形前後測比較

(2) 教師教學反思

學生對塗佈練習的回饋可以看出，基礎的方向感與手部穩定度已經能達到初步成效。但在進階轉換到立體模擬時，仍面臨力道控制與立體空間感的落差，顯示塗佈練習雖然有紙杯圓周弧度變化，但對於 3D 立體空間練習仍顯不足。所以立體空間練習塗佈法目前無法取代 simodont 牙科訓練儀練習，但對於初學者塗佈法是工具簡單、便宜且易於自主練習的模式。

未來課程依技能難易度循序漸進教學。把課程分成 5 個等級。

Level 1 為塗佈訓練

Level 2 為口鏡反射練習

Level 3 為口鏡反射塗佈練習

Level 4 為初階 simodont 牙科訓練儀練習(直視操作練習)

Level 5 為高階 simodont 牙科訓練儀練習(鏡像操作練習)

學生反映需要圖案多樣性的需求，提醒我在基礎練習階段應強化圖形分級的安排。透過多樣化與逐步增加複雜度的圖形設計，讓學生不只是重複操作，並循序提升操作技能等級。以期待教學可以達到學習轉移目標。

(3) 學生學習回饋

學生問卷回饋問題(表五):

1. 首次使用 simodont 進行口鏡操作時(前測)，我可以熟悉口鏡反射鏡項操作?有 72%學生不同意、只有 3%同意。
2. 經過間接視野塗佈練習，有感提升您對間接視野操作的掌握?有 90%同學同意。
3. 經過間接視野塗佈練習後，再次使用 simodont 進行口鏡操作練習(後測)，我可以熟悉口鏡反射鏡項操作?有 48%學生同意、5%不同意。
4. 塗佈法能夠有效地檢驗您的技巧掌握情況? 有 78%學生同意、3%不同意
5. 塗佈法簡單易懂適宜做為課外自主學習?有 89%學生同意。

學生問卷	非常同意 n (%)	同意 n (%)	普通 n (%)	不同意 n (%)	非常不同意 n (%)
經過間接視野塗佈練習，有助提升您對間接視野操作的掌握?	22 (35)	34 (55)	6 (10)	0	0
塗佈法使用的器材能有效模擬真實情境?	11 (18)	30 (48)	17 (27)	4 (7)	0
塗佈法能夠有效地檢驗您的技巧掌握情況?	12 (19)	36 (58)	12 (20)	2 (3)	0
塗佈法簡單易懂適宜做為課外自主學習?	23 (37)	32 (52)	7 (11)	0	0
就您的認知，間接視野操作能力為牙醫學生必備的基本能力?	35 (56)	24 (39)	3 (5)	0	0
以牙醫系而言，間接視野操作訓練是必須的?	36 (58)	22 (35)	4 (7)	0	0
間接視野操作訓練越早越好?	28 (45)	27 (44)	7 (11)	0	0
間接視野塗佈法具有足夠的鑑別度，可作為牙醫系入學選材的項目之一?	16 (26)	17 (27)	22 (35)	7 (11)	0

表五: 學生問卷回饋

學生文字回饋：

1. 我覺得塗佈訓練可以很好的控制方向感和培養熟練度，但上 simodont 因為還有高低起伏的問題，加上踏板的控制，感覺不太一樣，不過我覺得塗布訓練先練方向感就好了，可以很好的把鏡子裡的方向轉換。
2. 希望圖案可以更多樣化。
3. 在後測依然覺得困難的點是磚牙的深度，因為平常用紙杯雖然對於練習方向幫助很大，但對力道的控制就沒辦法練習到，導致一換到機器模擬就容易把金屬穿透。
4. 我認為操作 simodont 的次數可以增加，因為我覺得很有趣且對於手的操作精細度有很大的提升，獲益良多。
5. 感覺可以有一套比較標準的口鏡使用方式，因為現在大部分人都是隨意摸索。
6. 紙杯用杯架有些時候會難以固定，會有一點點影響到塗布的穩定度。
7. 塗佈練習的位置在 D02 課桌椅無法調整高度，脖子會有點痠。

老師反饋：

1. 塗佈訓練是簡易型的訓練，偏向於平面口鏡反射練習。是成本較低，也可以不受場地限制的自主練習方式。simodont 牙科訓練儀增

加牙科鑽針切削震動與腳踩踏板控制，而圖形也呈現立體 3D 空間，為更進階訓練。

2. 可以因應未來課程設計不同牙位、不同技巧等級的圖形。
3. 塗佈訓練是簡易型的訓練，偏向於平面口鏡反射練習。simodont 牙科訓練儀為更進階訓練，增加牙科鑽針切削震動與腳踩踏板控制，而圖形也呈現立體 3D 空間。
4. 以後課程會依分級設計。

   Level 1 為塗佈訓練

   Level 2 為口鏡反射練習

   Level 3 為口鏡反射塗佈練習

   Level 4 為初階 simodont 牙科訓練儀練習(直視操作練習)

   Level 5 為高階 simodont 牙科訓練儀練習(鏡像操作練習)
5. 在 level 2 加入口鏡使用教學。
6. 尋找可以調整杯架。
7. 以後嘗試在治療椅假牙人頭口內練習。

6. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

本計畫以提升牙醫學生 3D 空間認知與間接視野操作能力為目標，結合創新的塗佈法訓練與 Simodont 牙科訓練儀，建立系統化且具可行性的基礎技能訓練模式。從前後測結果與學生回饋問卷中，觀察到學生在 3D 空間認知與間接視野操作能力有明顯提升，學生學習動機增強，顯示此教學設計確實能有效改善學生對間接視野操作的恐懼與障礙。

塗佈法是本系所發展出來的創新教學模式，所需材料簡單且花費少的提升間接視野操作能力訓練方法，塗佈法未來仍要思考如何提升 3D 方向操作設計。

Simodont 牙科訓練儀為數位化設備儀器，可以提升學生學習熱忱與自主學習，並提升學生空間認知能力。本計畫三個圖形皆與臨床治療操作有關，希望藉由圖形操作練習來達到學習轉移改善學用落差問題。以往問卷回饋學生反映操作太久或超過 30 分鐘時會有暈眩情形，所以本次操作時間以 15 分鐘為限。

之前研究可知感知能力測試 (Perceptual Ability Test, PAT) 與學生的臨床前技能表現之間存在正相關關係，而有近一半（43%）的學生認為牙科操作需要的手部靈巧度比預期還要困難。目前台灣牙醫系學生入學大部分仍以學業成績為主要評核因子，所以如何培養牙醫系學生建立空間感知、雙手協調、感知學習和微細運動技能的教學策略，以達到學習轉移的教學目標是我們所需建立的。

建議:
感謝教育部推行教學實踐研究計畫讓學生與老師一起成長。
教學實踐研究計畫通過名單每年大約在 7 月公布，如果執行計畫需要 IRB 研究許可書通常要在 1 個月內完成申請，8 月計畫生效。但通常 IRB 研究許可書有時要申請超過 2 個月以上，不知有無方法改善此流程，謝謝。

二、參考文獻 (References)

1. Kothe C, Hissbach J and Hampe W. Prediction of practical performance in preclinical laboratory courses- the return of wire bending for admission of dental students in Hamburg. GMS z Med Ausbild. 2014;31:Doc 22.

2. Kornmehl DL, Aldosari M, Tabassian LJ, Park SE, Ohyama H. Association of admissions factors with student performance in preclinical operative dentistry. J Dent Edu 2022;86(10):101390-1398

3. Sim MY, Li FT, Lee A, Carolina L. No one is born with it: Australasian dental students' perceptions of learning manual dexterity. J Dent Edu 2023;87(1):60-69

4. Neves TC and Garcia P. Use of Manual Dexterity Tests in Dental Education JAMMR 2018;27:1-7.

5. Lugassy D, Levanon Y, Shpack N, Levartovsky S, Pilo R and Brosh T. An interventional study for improving the manual dexterity of dentistry students. PLOS ONE pone.0211639 February 1, 2019

6. Lugassy D, Yafi Levanon Y, Pilo R, Shelly A, Rosen G, Meirowitz A and Brosh T. Predicting the clinical performance of dental students with a manual dexterity test. PLOS ONE | https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193980 March 8, 2018

7. Takahashi K, Tsuruta J, Tonami K, Araki K. Relation between Manual Dexterity and the Accuracy of Cavity Preparation. AOHDR 2017; 1(1):A12-A17

8. Boyd MA and Rucker LM. Effects of immediate introduction of indirect vision on performance and posture. J Dent Educ. 1987;51:98-101.

9. Blume BD, Ford JK, Surface EA, Olenick J. A dynamic model of training transfer. Human Resource Management Rev 2019;29,:270–283

10. American Society of Training and Development. (2009). State of Industry Report: ASTD, Alexandria, VA.

11. Yasin RM, Nur YFA, Ridzwan CR, Bekri RM, Arif ARA, Mahazir II, Ashikin HT. Learning Transfer at Skill Institutions' and Workplace Environment: A Conceptual

Framework. Asian Social Sci 2014;10(1):179-188

12. Burke LA,., Hutchins HM. Training Transfer: An Integrative Literature Review. Hum Res Dev Rev 2007;6(3):263-296.

13. Thorndike E, Woodworth R, The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions: III. Functions involving attention, observation and discrimination. Psychological Rev 1901;8(6):553.

14. Blume BD, Ford JK, Baldwin TT, Huang JL.. Transfer of training: A meta-analytic review. J Management 2010;36(4):1065-1105

15. Gagne RM., Foster H and Crowley ME. The measurement of transfer of training. Psychol Bull 1948;45:97-130.

16. Matterson HH, Szyld D, Green BR, et al. Neonatal resuscitation experience curves: simulation based mastery learning booster sessions and skill decay patterns among pediatric residents.J Perinat Med. 2018;46(8):934–941.

17. de Ruijter PA, Biersteker HA, Biert J, van Goor H, Tan EC. Retention of first aid and basic life support skills in undergraduate medical students. Med Educ Online. 2014;19(1):1–10

18. Gagne, R.M. (1965). The conditions of learning and theory of instruction (4th d.). New York, NY: Holt, Rinehart & Wilson.

19. Gansky SA, Pritchard H, Kahl E, Mendoza D, Bird W, Miller AJ, et al. Reliability and validity of a manual dexterity test to predict preclinical grades. J Dent Educ. 2004;68: 985 994

20. Luck O, Reitemeier B, Scheuch K. Testing of fine motor skills in dental students. Eur J Dent Educ. 2000;4: 10–14

21. Lundergan WP, Soderstrom EJ, Chambers DW. Tweezer dexterity aptitude of dental students. J Dent Educ. 2007;71: 1090–1097.

22. Wilson SG, Waldman KB, MacDonald G. An analysis of abilities underlying

early periodontal skill development of dental students. Eval Health Prof. 1991;14: 41–60.

23. Suksudaj N, Townsend GC, Kaidonis J, Lekkas D, Winning TA. Acquiring psychomotor skills in operative dentistry: do innate ability and motivation matter? Eur J Dent Educ. 2012;16: e187–e194.

24. Shariff F, Hatala R, Regehr G. Learning after the simulation is over: The role of simulation in supporting ongoing self-regulated learning in practice. Acad Med. 2020;95(4):523–526.

25. Offiah G, Ekpotu LP, Murphy S, Kane D, Gordon A, O'Sullivan M, Sharifuddin SF, Hill ADK, Condron CM. Evaluation of medical student retention of clinical skills following simulation training. BMC Med Educ 2019;19(1):263.

26. Al-Saud LM, Mushtaq F, Allsop MJ, Culmer PC, Mirghani I, Yates E, Keeling A, Mon Williams MA, Manogue M. Feedback and motor skill acquisition using a haptic dental simulator. Eur J Dent Educ 2017;1(4):240-247.

27. Rad AS, Cox M and Woolford M. Clinical Skills Acquisition: Rethinking Assessment Using a Virtual Haptic Simulator. Tech Know Learn 2017;22:185-197.

28. Al-Saud LM, Mushtaq F, Mann RP, Mirghani I, Balkhoyor A, Harris R, Osnes C, Keeling A, Mon-Williams MA, Manogue M. Early assessment with a virtual reality haptic simulator predicts performance in clinical practice. BMJ Simul Technol Enhanc Learn. 2020; 6(5): 274–278

29. de Boer IR, Lagerweij MD, de Vries MW, Wesselink PR, Vervoorn JM. The Effect of Force Feedback in a Virtual Learning Environment on the Performance and Satisfaction of Dental Students. Simul Healthc 2017 ;12(2):83-90.

30. de Boer IR, Lagerweij MD, de Vries MW, Wesselink PR, Vervoorn JM. The Effect of Force Feedback in a Virtual Learning Environment on the Performance and Satisfaction of Dental Students. Simul Healthc 2017 ;12(2):83-90.

31. 辛蔚妮, 黃靜娜, 鄒波, 許青峰, 馬輝彬, 林曦, 凌均棨.Application of

the Simodont dental trainer in preclinical manual dexterity training. 中华医学教育探索杂志 2021;(10):1160~1164

32. 巴睿愷, 孔亮, 董岩, 許浩坤, 吳國鋒, 王富, 馮志宏, 牛麗娜, 趙銥民. Exploration of flipped classroom model based on Simodont in the standardized training teaching of prosthodontics. 中華醫學教育探索雜誌. 2022; 21(8):1073-1076

三、附件 (Appendix)

中山醫學大學附設醫院第二人體研究倫理審查委員會

The Institutional Review Board
Chung Shan Medical University Hospital
No.110, Sec.1, Chien-Kuo N. Road, Taichung, Taiwan 40201
Phone: 04-24739595 Fax: 04-35073516

研究計畫許可書

CSMUH No:CS2-24118

計畫名稱： 創新牙醫養成教育-3D 空間認知教學與自主學習模式建立
計畫編號： PMN1134783
計畫主持人及隸屬機構：劉嘉民/中山醫學大學
經費來源： 教育部教學實踐研究計畫
會議日期：民國 113 年 8 月 12 日
版　　本： 【計劃書：V1.0，日期:113/07/17；受試者同意書：V1.2，日期：2024/09/23；教學實踐研究計畫問卷：V1.1，日期：2024/09/03】
研究期間：自民國 113 年 09 月 24 日至民國 114 年 07 月 31 日
許可書有效期間：自民國 113 年 09 月 24 日至民國 114 年 09 月 23 日
期中報告繳交頻率：每年(12 個月)繳交一次，若需申請延長研究計畫，請於效期屆滿前申請。
上述計畫已於民國 113 年 9 月 24 日經本院人體研究倫理審查委員會依據一般(全會)審查作業基準決議同意執行，下次繳交期中報告期限：民國 114 年 09 月 23 日，為免影響主持人執行研究之權益，請於截止日前六至八週繳交報告，以利審查作業進行。有關計畫主持人的職責、義務、及注意事項均詳列於背面，請參閱並遵守。

主任委員 張基昌

中　華　民　國　一　一　三　年　九　月　二　十　五　日

Permission of Protocol Continuing for Research Proposal
Chung Shan Medical University Hospital

Date: Sep 25, 2024

Protocol Title: Innovative Dental Education - Establishment of 3D Spatial Cognitive Teaching and Self-directed Learning Model
Protocol No: PMN1134783
Principal Investigator & Affiliated Institution: CHIA-MIN LIU/Chung Shan Medical University
Date of meeting：2024/8/12
Version:【See above】
Research period: 2024/09/24 to 2025/07/31
Effective duration approved: 2024/09/24 to 2025/09/23
Frequency of Interim Report: annually (every 12 months). Please file an extension before the expiry date, if you need.
Above study has been approved with the full-board review by Institutional Review Board of the Chung Shan Medical University Hospital on Sep 24, 2024. Next Deadline of Continuing Report: Sep 23, 2025. To facilitate thereview, please submit the report two months before the deadline in order not to influence the principal investigator' s right to conduct the research.About the essential duties, obligations and responsibilities of the principal investigator, please refer to the back page.

Gee-Chen Chang

Gee-Chen Chang, MD/PhD.
Chairman
Institutional Review Board

本委員會組織與執行皆符合 ICH-GCP 規範及赫爾辛基宣言之精神
This Committee has been organized and operated in conformance with ICH-GCP requirements and the essence of Declaration of Helsinki.

附件一:研究計畫許可書