

封面 Cover Page

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：PMN1122083

學門專案分類/Division：醫護

計畫年度：☒112 年度一年期 ☐111 年度多年期

執行期間/Funding Period：2023.08.01 – 2024.07.31

採用不同的根管治療擬真模型於臨床前牙醫學生訓練的成效比較

**Comparison of different simulation models in root canal therapy for
pre-clinical dental student training**

(牙髓病學實驗 / Endodontic Lab.)

計畫主持人(Principal Investigator)：蔡宜玲

協同主持人(Co-Principal Investigator)：楊志偉、陳敏慧

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：臺灣大學/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)：2024 年 9 月 20 日

採用不同的根管治療擬真模型於臨床前牙醫學生訓練的成效比較

Comparison of different simulation models in root canal therapy for pre-clinical dental student training

一、本文 (Content)

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

根管治療臨床技能教學的瓶頸

牙醫師的養成過程，除了要學習醫學生須具備的大部分醫學知識外，牙醫學生亦須嫻熟基礎治療技術，若基礎技術沒到位，會影響學生實習中對診斷及治療計畫的理解及信心。

我國根管治療技能的學習大致分為三個階段：實驗課階段、臨床前階段、與臨床階段，在本校的課程分別為牙醫系學生大四、大五（實習牙醫學生）、六年級（實習牙醫師）階段。申請人教授牙髓病學課程，從大四聯貫至大五實習醫學生、大六實習牙醫師、新進 PGY、到專科訓練醫師，是故有機會從大學部學生時代即漸次帶給學生整合治療及整合技能的概念，也在教學的過程中發現牙髓病教學的問題，尤其是尚未進入臨床之課程的教學瓶頸。

缺乏適用的標準化口外牙模型

大四實驗課與大五臨床前階段的訓練材料，以口外牙為主；而大六開始的臨床的階段則實際在病人口內的患齒中操作。在前兩個階段的根管治療技術學習，目前多以自然牙為主。自然牙的取得，必須簽署知情同意，同時又有感染及消毒上的疑慮(DeWald, 1997)。又因為解剖變異性大、操作難易度無法一致，因此難以找到難易度適合練習的牙齒(Tchorz et al., 2015; Abu-Tahun et al., 2014)，也較難有效評估操作者的個體表現。

隨著 3D 列印技術與材料科技的進步，近 10 年來牙齒模型的發展，開始出現具有根管系統的人造牙。不透明的人造牙具有擬真的外型，也有標準化的根管型態；而透明的人造牙則除了前述優點之外，還可使受訓者在操作得到直接視覺信息回饋。目前人造牙仍有材質較軟、操作手感與自然牙不同、以及 X 光不透性較差的問題，材料性質仍在改良當中。

在為大四及大五學生選擇適合作為根管治療練習的模型時，我們就遇到了難題：除了操作手感及 X 光透射度的考量之外，透明與不透明人造牙是否皆適用於初學者？或是更適用於臨床前訓練的學生？是否該讓學生先使用透明牙練習，以得到直接視覺信息回饋？回顧相關文獻，目前並沒有這方面的研究，非常值得進一步評估與了解。

2. 研究問題 (Research Question)

課程教學現場試圖解決之問題及問題之重要性

我們將標準化根管治療模型引入教學之前，想要了解：適合臨床前教學使用的口外牙教學模型應具備那些條件？透明人造牙是否有需要導入根管治療的教學？

根管治療大部分無法直接看到操作的過程，學習時往往需要大量的教學人力。學生在操作口外牙過程中，學生與老師都無法即時可視化回饋，再針對特定部分修正改進，往往要進行到最後步驟照射根尖片「開獎」，才能判斷操作過程中可能的問題在哪裡，既耗時又沒有學習效率。

然而根管治療的學習，最終還是要模擬「看不到根管」的臨床狀況下操作。在學習的過程中，若先不要包埋牙齒，以透明的人造牙練習得到手眼的具體反饋，再以不透明人造牙或自然牙模擬臨床看不見根管的狀況，或許能提升學生對於根管治療的技術與概念，對初學者似乎可能有幫助。不過，目前並沒有相關的文獻可供參考。

若想要以透明可視的模擬根管作練習，較早開發的有透明樹脂模擬塊可使用，但主要是應用於根管修形的練習，既無法想像牙根的外型，也無法提供學生練習髓腔開闊。近年來市面上開始出現商品化擬真的人造牙，特點是具有透明可視根管走向的牙冠外觀及牙根，似乎非常適合初學者學習。然而，目前並沒有相關的研究比較這類具有透明牙根的人造牙，應用於根管治療教學的優缺點。

本研究計畫之主題為「採用不同的根管治療擬真模型於臨床前牙醫學生訓練的成效比較」，研究目的是希望透過目前市售符合臨床操作性質的人造牙，並應用本研究團隊已開發的評估表(張添皓, 2021)，比較透明可見根管型態的人造牙 (Transparent artificial teeth)不透明的人造牙 (Opaque artificial teeth)，何者學習方式可使學生在受訓之後，能在包埋於人頭模具上的自然牙有較好的操作表現。將探討適合臨床前教學使用的口外牙教學模型應具備的條件，並探討臨床前根管治療的教學導入透明人造牙的必要性。期待研究結果能有助於提升教學效能、促進學生學習成效。

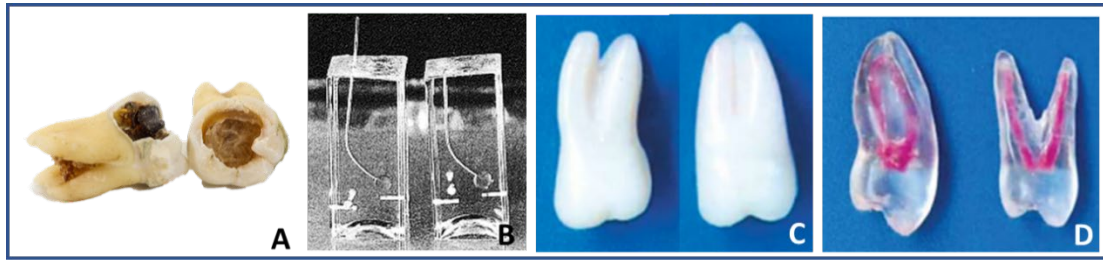
3. 文獻探討 (Literature Review)

根管治療操作訓練模型的開發

良好的根管治療預後，在於醫師對於牙髓疾病有正確的診斷、治療計畫的擬定、以及良好的根管治療操作。然而除了牙髓病學的相關知識之外，根管治療的技術必須需藉由反覆練習、反饋而習得。

在我國的牙髓病學教育中，對於根管治療技術的學習，是從大學部的時候開始，包含了課堂上講授的教學課程與以及實際操作。學生在學習根管治療技術

時所使用的模型，多半以病人拔除之自然牙(Natural tooth)為練習材料，極少部分會使用樹脂模擬塊(resin block)或是人造牙齒(Artificial tooth)來進行(圖一)。



圖一、根管治療操作學習所使用的口外牙模型。(A)自然牙 (B)樹脂塊 (C)不透明人造牙 (D)透明人造牙。

長期以來，根管治療的教學一直都是使用自然牙。將病人身上拔下來的牙齒當作學生練習所使用的口外牙，其優點是可以讓學生在根管治療技術操作學習上獲得真實感。然而，使用這些牙齒常具有道德上或消毒及感染上的疑慮(DeWald, 1997)。Tchorz 等人(2015)指出，使用拔除的人類牙齒有缺點，並且經常受到學生的批評。例如，難以找到難易度適合練習的牙齒、解剖變異性大因此難易度沒有一致的標準，所以較不能有效評估操作者的個人表現(Tchorz et al., 2015; Abu-Tahun et al., 2014)。這也是過去根管治療教育中，使用病人拔下來的口外牙作為教學材料，所面臨的最大缺點。

因此，為了克服口外牙的種種缺點；學者們紛紛研發可以替代自然牙的材料模型，希望可提升根管治療操作技術的練習品質。然而，由於齒內根管系統不易仿造複製、以及材料模擬的困難，在3D列印蓬勃發展之前，即使已有樹脂牙可供牙醫系學生練習牙齒的修磨及填補，還是缺乏整顆牙齒外形又具有內部根管構造擬真的標準化模型。近10年來牙齒模型的發展，有越來越多具有根管系統的人造牙問世。這些人造牙的優點是不會有感染的風險、可提供大量且相同的模型、有數種不同難易標準、且可讓學生重複練習直到下一個更高階的標準。

目前發展的人造牙仍然有一些缺點需要逐步改善，例如：材質較軟以致操作手感仍與自然牙不同、X光不透明度各異等等。從不同材質的人造牙陸續開發至今，目前有不少文獻是比較各廠牌的人造牙於教學的適用性，以及針對人造牙組成作改良的實驗(Nasrri et al. 2008, Luz et al. 2015, Al-Sudani & Basuda 2016, Robberecht et al. 2017ab, Reymus et al. 2019)。這些商品中，不透明的人造牙具有擬真的外型，也有標準化的根管型態；而透明的人造牙則除了前述優點之外，還可使受訓者在操作得到直接視覺信息回饋。然而，到目前為止，這些人造牙產品仍然存在著操作手感與真牙有落差的問題。

根據現有的實證醫學研究發現，臨床前根管治療訓練使用人造牙可與自然牙有類似的訓練成果(Decurcio et al., 2019)。即使目前人造牙目前可能仍無法完全取代自然牙，但使用人造牙作為根管治療學習的模型已是未來的趨勢(Tchorz et al.

2015; Luz et al. 2015; Al-Sudani & Basuda 2016; Bitter et al. 2016; Reymus et al. 2019; Decurcio et al., 2019)。

哪一種人造牙模型較適合作為根管治療練習的模型？

臨床上，根管治療是處理牙齒內根管系統的疾病，是一種「看不見的治療」，醫師必須藉由對於解剖構造的知識、X光片的判讀、電子根管長度測定器、以及手感及經驗等等，推測根管的走向及終點並加以治療。因此根管治療的操作學習，基本上是在同樣的情況下進行的，不論是自然牙或人造牙的練習，都先將牙齒包埋起來操作，以模擬真實的情況。

因此，學生在操作口外牙過程中，學生與老師都無法即時可視化回饋，針對特定部分修正改進，往往要進行到最後步驟照射根尖片「開獎」，才能判斷操作過程中可能的問題在哪裡，既耗時又沒有學習效率。

然而對於初學者而言，是不是一開始就該模擬「什麼都看不到」的狀況？訓練過程的每一步驟的即時回饋動態，是不是可以加速學習？LaTurno 等人(1984)指出，臨床能力依賴於精神運動技能(psychomotor skill)的發展；學生必須藉由執行大腦要求正確的技巧來教導他的雙手技巧與技術。在根管治療技術的學習過程中，使用可以顯示根管的牙齒的模型，給予直接視覺信息回饋，是一有價值的教學輔助工具。Spent 等人(1979)認為樹脂模擬塊是標準化的，除了可以大量獲得之外，並且還讓根管治療技術的可視化。Dummer 等人(1991)此時創造出另一種透明均勻的樹脂塊，並以高質量的方式重現根管；可以使用在大學部、或畢業後的繼續教育。這類可以顯示根管模型的樹脂模擬塊(resin block)，很可惜因為過去技術的關係，並沒有牙冠以及牙根的外型，學習者不易想像根管與牙根構造之間的關係，也無法練習牙冠部位的根管開闊。

除此之外，個體學習一項新技術(例如：髓腔開闊、根管清潔與成形、根管充填等)過程中，包含了諸多面向。Suksudaj (2011)在一篇研究中指出，個人能夠學習新技能並獲得特定的表現水準，這不僅僅取決於他們的認知水準，感知速度和精神運動能力也是很重要的。而 Ericsson (2008)指出，個人能夠學習新技能，還需要刻意練習並提供具體的反饋。因此，刻意練習與具體反饋，在根管治療技術的學習上是非常重要的。而透明度正是人造牙根管訓練的正向特徵，因為它有助於識別潛在的程序錯誤(Al-Sudani & Basura 2016, Robberecht et al. 2017a, Reymus et al. 2019)。

因此，當具有牙冠及牙根型態、並有標準化根管構造的透明和不透明的人造牙被創造出來後，已有不少在根管治療之學習方面的應用。然而，過去的研究評估人造牙是否可用在教學中，主要著重在評估整體表現及訓練成果方面，這些研究也多半將牙齒包埋之後讓學生練習，很少評估在訓練過程中即時回饋的成果。我們很想知道，根管治療操作的學習，是不是一開始就該模擬「什麼都看不到」的狀況？透明人造牙是否有需要導入根管治療的教學？透明人造牙對於不同學習階段學生學習的影響？對於有根管治療經驗與無經驗的學生，分別該用哪一種

類型的模型作練習？這些問題，都非常值得進一步研究。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

1. 教學目標與方法

本教學實踐計畫在台大醫學院牙醫學系 112 學年度大四下學期必修課程「牙髓病學實驗」中導入本研究相關之課程內容。期待能了解學生以不同模型的教學訓練，是否會影響學習成效，並分析造成差異的主要項目，以找到適合初學者使用的教學模型。

教學目標方面，大四學生為尚未修習過牙髓病學的初學者，藉由口外透明或不透明人造牙的訓練，在實驗課程中得到根管治療的技術與觀念。課程結束之後，學生需清楚知道根管治療的所有步驟及使用之器械耗材，以及相關的知識。老師藉由學生的操作成果、教師授課回饋問卷、學員自我能力評估前後測、及學員課後回饋問卷等，了解不同的操作模型對於學生學習成效的影響。

教學方法方面，由授課教師以直接講述教學法先講授操作流程，再給予學生示範教學。而學生以不同模型練習的同時，均有老師在旁給予指導回饋。

2. 各課程進度與教學空間

課程開設於台大醫學院牙醫學系大四下學期，課程名稱為「牙髓病學實驗」當中。授課地點為牙醫學系之實習教室---學生實驗室(I)。

課程主題1	*認識器械與材料 *X光攝影技術 *牙齒包埋 *根管系統形態觀察
課程主題2	*牙髓活性測試 *橡皮障 *根管長度測量器
課程主題3	*根管封填劑的調拌 *暫時充填與永久充填復形之操作
課程主題4	單根管前牙及雙根管小白齒：髓腔開闊
課程主題5	單根管前牙及雙根管小白齒：根管清創與修形
課程主題6	單根管前牙及雙根管小白齒：根管充填
課程主題7	三根管上顎大白齒：髓腔開闊
課程主題8	三根管上顎大白齒：根管清創與修形
課程主題9	三根管上顎大白齒：根管充填
課程主題10	包埋之上顎大白齒：髓腔開闊
課程主題11	包埋之上顎大白齒：根管清創與修形
課程主題12	包埋之上顎大白齒：根管充填
課程主題13	包埋之下顎大白齒：髓腔開闊
課程主題14	包埋之下顎大白齒：根管清創與修形
課程主題15	包埋之下顎大白齒：根管充填
課程主題16	*顯微鏡操作 *鎳鈦旋轉器械操作
	期末考

一學期共 16 個課程主題如上表所示。本計畫進行的階段為主題 4-15 之課程。

3. 學生成績考核與學習成效評量工具

整體課程學習評量以各主題單元操作技巧及期末考為主。課程主題 4-15 為本計畫介入之課程，此部分操作成果均以本研究團隊新開發之「臨床前根管治療技能」評估表評分。

本研究計畫成效評量工具除上述「臨床前根管治療技能」評估表，並參考 Bitter 等人(2016)實施根管治療操作 OSPE 過程，所開發之學員自我評估前後測問卷、學員課後回饋問卷、教師授課回饋問卷等，設計相關問卷並在課程中驗證。

關於本研究團隊新開發之「臨床前根管治療技能」評估表

過去國內外的臨床前牙髓病學教育中，尚未有一個客觀且簡便、可以評估所有重要步驟的臨床前根管治療技能評估表。本研究團隊為了能夠客觀地評估學生在臨床前口外牙根管治療技能的學習成效，減少評分結果的偏差，並讓學生與老師了解每個步驟的表現，得以反饋學習，因此於兩年前開始，嘗試以結構化與系統化的五個步驟方法(Schmutz 等人, 2014)，配合使用修正式德菲法(modified Delphi method)，經過信度及效度的檢驗，建構了分析式「臨床前根管治療技能」的評估表。

本「臨床前根管治療技能評估表」表最後確定了 15 個評估項目以及相關說明與權重；在於內部一致性 Cronbach's alpha 值為 0.610；以及各題項之評估者間一致性 Kendall 和諧係數顯著性之 p 值皆小於 0.05，即三位評估者的評分間有顯著相關，評分結果頗為一致。此評估表對於根管治療技能的每項關鍵步驟，以及根管治療的失誤，均以分析式方式來評分，且對每個項目的重要性給予不同權重分配。評分之前如有足夠的前導試評及共識討論，此評分表評分的結果不會有偏高或偏低標準不一的問題(張添皓, 2021)。目前此評估表研發成果正在投稿中。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

(1) 研究架構: 計畫的研究架構如圖二之流程圖

(2) 研究問題意識

本研究計畫將評估以不同模型訓練的學生之學習成效，並分析造成差異的主要項目。本計畫研究的問題包括：

- a. 探討適合臨床前教學使用的口外牙教學模型應具備那些條件
- b. 探討臨床前根管治療的教學導入透明人造牙的必要性

(3) 研究範圍目標

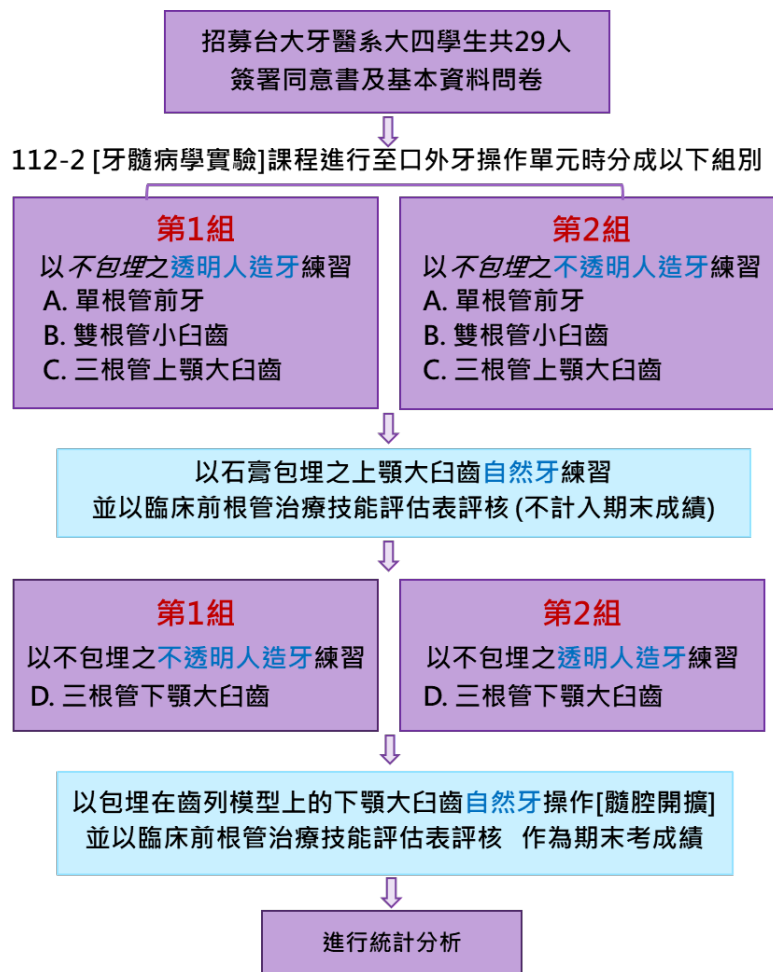
大四「牙髓病學實驗」課程中，本計畫將介入之主題 4-15 的課程中。學生必須先以可看見牙根之透明或不透明口外牙進行練習，包括單根管前牙、雙根管小白齒、及三根管上顎大白齒。之後以石膏包埋之自然牙上顎大白齒進行練習。評

估以不同模型訓練的學生之學習成效，並分析造成差異的主要項目。

訓練課程會在台大醫學院牙醫系實驗室進行，有充足的操作教室及設備可供使用。學生的參考教材書籍為本單位牙髓病學授課教師合著之「牙髓病學實驗課程講義」。成效評量工具包括本研究團隊研發之「臨床前根管治療技能」評估表、學員課後回饋問卷、教師授課回饋問卷等。

(4) 研究對象與場域

本課程教學之對象為牙醫學系大四學生，課程將全部在牙醫學系之實習教室進行，有充足的操作教室及設備可供使用。教師會以直接講述教學法先講授 30 分鐘先備知識的介紹及操作流程，再給予學生 30 分鐘的示範教學。而學生以不同模型操作練習的同時，亦有老師在旁給予指導回饋及討論。牙齒演練模型的分組則包含透明人造牙組及不透明人造牙組，用於操作練習的口外牙之取得與篩選皆由授課教師協助完成，不會有不足或標準差異過大的問題。



圖二 本研究進行之流程圖

(5) 研究方法與工具

本實驗納入修習台大牙醫學系牙髓病學實驗課程的 29 位臺大牙醫學系大四學生，將其分為兩組，在門齒、小白齒及上顎大白齒人造牙部分，第一組先以透明人造牙，第二組先以不透明人造牙進行操作訓練。接著操作上顎大白齒口外牙並使用評估表評估兩組學習成效。在下顎大白齒人造牙操作練習時，第一組改使用不透明人造牙、第二組改用透明人造牙操作練習，另在四個不同齒位（門齒、小白齒、上顎大白齒、下顎大白齒）的人造牙操作練習前後填寫前測及後測問卷。

上顎大白齒自然牙以「臨床前根管治療技能」評估表評分，評核成績將不會列入本課程期末成績之計算，與期末成績無關。課程結束後並將對授課教師及學員進行問卷調查。本計畫研究人員將不負責評核學生在本課程之學業表現。

上顎自然牙操作訓練成績由 3 位牙髓病專科醫師依評估表評分，總分數以平均值呈現。於學期初及正式評分前之前導評分及共識會議，可增加評分者對新式評估表的熟悉度，並可以減少隨著時間共識印象淡去的可能性。問卷部分，信心程度分為 1 到 10，1 表示完全沒有自信，10 表示非常有自信，讓學生在各齒位人造牙操作前後自評其信心程度。

期末時統整所有資料，以魏克生符號檢定(Wilcoxon Rank Sum test)進行比較，主要探討：(1)以透明或不透明人造牙進行練習，操作自然牙的成績是否有差異；(2)各齒位前測及後測信心程度兩組是否有差異。

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

(1) 教學過程與成果

1. 教學過程

A. 參與者及分組：

● 學生：

在牙醫學系大四「牙髓病學實驗」招募 29 位學生參與，在接受招募並完成同意書填寫後進行分組，分為：「透明人造牙」與「不透明人造牙」2 組，每組約 15 人。

● 老師：

由計畫主持人介紹本案，預計招募所有參與牙髓病教學之老師及助教 10 人。參與人員必須在課程實施開始之前，了解本學期所使用之模型及分組。對於本計畫實施方式有所疑慮之老師可不參加。

B. 訓練：

- 授課教師會以直接講述教學法先講授 30 分鐘先備知識的介紹及操作流程，包括以下主題：牙齒型態、髓腔開擴、牙髓器械、根管製備、根管充填…等步驟，講座伴隨著實際演練示範教學 30 分鐘。而學生以不同模型操作練習

的同時，有老師在旁給予指導回饋。

- 訓練所使用的人造牙齒使用 TrueTooth 人造牙的不同型號 (TrueTooth Replica; DELendo, Santa Barbara, CA)。而自然牙的取得，為通過知情同意規範取得的已拔除之人類第三大白齒，無任何齲齒或填充物，並已用牙周刮匙處理殘餘牙周組織，並泡消於 1% 次氯酸鈉最多 6 週。自然牙的取得與篩選，將由該堂課的負責老師及助教協助完成，盡量達到公平一致的標準。
- 根管治療操作包含髓腔開闊、根管製備、與根管充填，所使用的器械均內含在大四「牙髓病學實驗」的課程當中，無須額外購買。
- 訓練過程中，參與者都必須被要求至少在以下幾個步驟中拍攝 X 光片：髓腔開闊前、測量工作長度、主錐馬來膠針、根管充填後。除了這四個步驟外，若參與者在訓練過程中，可額外拍攝 X 光獲得資訊。

C. 評估:

- 教師對於「臨床前根管治療技能」評估表之評分前的共識，在評分之前有充分試評及討論。
- 包埋之上顎三根管大白齒自然牙利用「臨床前根管治療技能」評估表評分，由此評分分析的結果，將比較：以不同模型練習，對於學習成效是否有影響，並分析造成差異的主要項目。此評分結果不會計入期末成績計算。
- 將進行教師授課回饋問卷，探討不同教學模型對教學的影響。而學員課後回饋問卷結果，可以比較不同操作模型對於的學習差異。剖析執行後的影響。

D. 統計

第一組及第二組操作上顎三根管大白齒自然牙的評分結果，以魏克生符號檢定(Wilcoxon Rank Sum test)進行比較是否有統計上之差異，嘗試了解學生以不同材質的教學訓練成效。此外在問卷部分，亦以魏克生符號檢定比較訓練前後學生信心程度的改變是否有所差異。

2. 教學成果

(a) 成績部分

Table1.1 以透明人造牙(第 1 組)或不透明人造牙(第 2 組)進行訓練後，操作上顎大白齒自然牙分數的差異

Table 1.1 以 TAT 或 OAT 進行訓練後，操作上顎大白齒自然牙分數的差異(哪一種訓練效果好)										
自然牙成績	組別	N	平均值	標準差	最小值	下四分位數	中位數	上四分位數	最大值	比較兩組平均成績
										有無差異 p-value of Wilcoxon Rank Sum test (Mann-Whitney U test)
上顎大白齒(upper molar) 分數平均	第一組	14	84.37	4.63	74.46	84.45	85.85	87.23	90.56	0.5038
	第二組	15	85.79	8.81	65.02	79.46	85.57	93.89	100.00	

結果顯示，不論用透明人造牙或不透明人造牙作為根管治療訓練模型，在包埋牙根的自然牙操作表現差異不大，訓練成效差不多。

Table 1.2 比較第 1 組和第 2 組在下顎大白齒自然牙髓腔開擴的分數差異

										比較兩組期末考平均成績 有無差異 p-value of Wilcoxon Rank Sum test (MannWhitney U test)
自然牙成績	組別	N	平均值	標準差	最小值下四分位數	中位數上四分位數	最大值			
下顎大白齒(lower molar)操作髓腔開擴	第一組	14	76.19	10.69	60.00	66.67	76.67	80.00	100.00	0.3013
期末考平均成績	第二組	15	80.89	13.48	56.67	70.00	83.33	93.33	100.00	

受到交換組別的影響，此組數據做為參考。不論用透明人造牙或不透明人造牙作為根管治療訓練模型，在包埋牙根的自然牙操作表現差異不大。

(b)問卷部分

Table 2.1 兩組同學所有齒位前測問卷信心程度比較

										比較兩組有無差異 p-value of Wilcoxon Rank Sum test (MannWhitney U test)
練習階段	前測信心程度	N	平均值	標準差	最小值下四分位數	中位數上四分位數	最大值			
單根管前牙(Incisor)	第一組前牙	14	4.21	1.97	1.00	3.00	5.00	7.00	7.00	0.5663
	第二組前牙	15	4.67	2.47	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	
雙根管小白齒(premolar)	第一組後牙	14	3.57	1.55	1.00	3.00	4.00	4.00	6.00	0.5516
	第二組後牙	15	3.40	1.80	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00	
三根管上顎大白齒(upper molar)	第一組後牙	14	3.29	1.54	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00	0.6427
	第二組後牙	15	3.53	1.51	1.00	3.00	3.00	5.00	6.00	
下顎大白齒(lower molar)	第一組後牙	14	3.43	1.60	1.00	2.00	3.50	4.00	6.00	0.1526
	第二組後牙	15	4.27	1.39	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00	

結果顯示，兩組在各齒位前側信心程度無顯著差異

Table 2.2 兩組同學所有齒位後測問卷信心程度比較

										比較兩組有無差異 p-value of Wilcoxon Rank Sum test (MannWhitney U test)
練習階段	後測信心程度	N	平均值	標準差	最小值下四分位數	中位數上四分位數	最大值			
單根管前牙(Incisor)	第一組前牙	14	5.29	2.09	1.00	4.00	5.00	7.00	8.00	0.6587
	第二組前牙	15	5.67	1.84	2.00	5.00	5.00	7.00	8.00	
雙根管小白齒(premolar)	第一組後牙	14	4.64	1.50	2.00	4.00	4.50	5.00	8.00	0.7545
	第二組後牙	15	4.67	1.76	1.00	4.00	5.00	6.00	7.00	
三根管上顎大白齒(upper molar)	第一組後牙	14	6.07	1.69	3.00	5.00	6.00	8.00	8.00	0.2331
	第二組後牙	15	5.07	2.19	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00	
下顎大白齒(lower molar)	第一組後牙	14	5.57	1.74	3.00	5.00	5.00	7.00	8.00	0.6823
	第二組後牙	15	5.73	1.58	3.00	5.00	5.00	6.00	10.00	

結果顯示，兩組在各齒位後側信心程度無顯著差異

Table 2.3 各齒位前測及後測信心程度差異比較

									比較前測到後測, 信心程度有無顯著差異 p-value of Wilcoxon Signed-Rank Test	比較兩組是否不同 p-value of Wilcoxon Rank Sum test (MannWhitney U test)
練習階段	信心程度差異 (後測-前測)	N	平均值	標準差	最小值下四分位數	中位數上四分位數	最大值			
單根管前牙(Incisor)	第一組前牙	14	1.07	2.76	-6.00	0.00	1.00	2.00	6.00	0.4986
	第二組前牙	15	1.00	2.30	-2.00	0.00	0.00	2.00	7.00	0.1367
雙根管小白齒(premolar)	第一組後牙	14	1.07	1.54	-1.00	0.00	1.00	2.00	4.00	0.0283
	第二組後牙	15	1.27	2.43	-3.00	-1.00	1.00	2.00	6.00	0.0620
三根管上顎大白齒(upper molar)	第一組後牙	14	2.79	1.97	0.00	2.00	2.00	4.00	7.00	0.0005
	第二組後牙	15	1.53	2.85	-4.00	0.00	2.00	3.00	6.00	0.1099
下顎大白齒(lower molar)	第一組後牙	14	2.14	1.83	-1.00	1.00	2.00	3.00	6.00	0.0012
	第二組後牙	15	1.47	2.17	0.00	0.00	1.00	2.00	7.00	0.0078

在小白齒及上顎大白齒操作透明人造牙的第一組同學，與下顎大白齒操作透明

人造牙的第二組同學，其後測信心程度皆顯著高於前測，可能因為透明人造牙可在操作過程中看到根管形態，學生對於牙齒內根管型態較為了解，使得信心程度較高。

Table 2.4 單根管前牙之前測及下顎大白齒後測信心程度差異比較

Table 2.4 incisor(單根管前牙)前測問卷的後牙信心程度 VS lower molar(下顎大白齒) 後測的後牙信心程度差異，比較兩組是否不同											
比較incisor前測到lower molar後測 信心程度有無顯著差異										比較兩組是否不同	
後牙信心程度差異	組別	N	平均值	標準差	最小值	下四分位數	中位數	上四分位數	最大值	p-value of Wilcoxon Signed-Rank Test	p-value of Wilcoxon Rank Sum test (Mann-Whitney U test)
lower molar(下顎大白齒) 後測 - incisor(單根管前牙)前測	第一組	14	2.21	1.97	-1.00	1.00	2.00	3.00	7.00	0.0012	1.0000
	第二組	15	2.07	2.22	-2.00	0.00	2.00	4.00	6.00	0.0049	

在操作完所有人造牙之練習後，下顎大白齒後測問卷的信心程度，對比於尚未作任何操作練習之前的前牙前測問卷的信心程度，兩組內皆有顯著差異，但兩組間無顯著差異。表示隨著練習的熟練度增加，兩種人造牙的操作訓練皆能提升學生對於根管治療的信心程度。

(2) 教師教學反思

自然牙作因解剖變異性大、難易度沒有一致的標準(Tchorz et al.,2015)，較不能有效評估操作者的個人表現(Abu-Tahunet al., 2014)。而人造牙具有可標準化、具重現性、感染控制上的優點(Luz et al., 2015; Al-Sudani et al., 2017; Reymuset al., 2019)。但在先前研究中提到人造牙材質較軟(Nassriet al., 2018; Luz et al., 2015; Tchorzet al., 2015)、手感與自然牙不同較易產生操作錯誤(procedure error) (Luz et al., 2015; Reymuset al., 2019)；另外人造牙在 X 光拍攝部分較不理想(Tchorz et al., 2015)。若能改善人造牙的缺點，人造牙將更符合臨床前根管治療訓練的理想模型(Al-Sudani et al., 2017)。在本研究問卷的反饋意見中，大部分老師及學生亦滿意使用人造牙作為根管治療的訓練模型，但普遍認為人造牙材質太軟、操作易產生錯誤、及 X 光分層不明顯等缺點亦與先前研究相符。

本研究結果發現，不論使用透明人造牙或不透明人造牙作為根管治療訓練的模型，訓練成效差異不大。但隨著練習後的熟練度增加，以人造牙的操作訓練仍能有效提升學生對於根管治療的信心。其中又以透明人造牙練習，學生的信心程度明顯較高。個人能夠學習新技能並獲得特定的表現水準，這並不完全是由其認知(cognitive)、感知速度(perceptual speed)和心理運動能力(psychomotor ability)所決定，也需要有具體回饋的刻意練習(deliberate practice)(Suksudaj et al., 2012; Ericsson, 2008)。在根管治療技術的學習過程中，學生必須經由大腦了解並要求正確的操作來指揮他的雙手執行某項技術。使用可以顯示根管的透明人造牙模型，可使受訓者在操作時得到直接視覺信息回饋，並它有助於識別潛在的程序錯誤，是一有價值的教學輔助工具(LaTurno, 1984; Gancedo-Caravia et al., 2020)。

不透明人造牙可模擬臨床上自然牙的操作模式，透明人造牙則進一步可達

到直接視覺信息回饋，改善臨床能力學習過程。

(3) 學生學習回饋

- 根管治療操作步驟中的差異
 - a. 髓腔開闊：這是根管治療的第一個步驟，人造牙的操作手感和自然牙差異大，且人造牙的根管型態標準，較易找到根管開口，適合初學者學習，但操作完人造牙後，若能再練習根管型態較複雜的自然牙，學習效果會更好。
 - b. 根管清創擴大：在根管清創擴大的步驟時，因為人造牙較軟，且為了移除人造牙原填充在根管空間的蠟，容易修磨過多；碎屑也容易塞住根管路徑。
- 物理性質：大部分學生認為人造牙硬度太軟，容易產生 ledge、zipping 等操作錯誤。另外亦有學生認為，自然牙較硬，根管較人造牙難通過。
- X 光拍攝：學生認為人造牙的 x 光分層不明顯，不易看清楚根管空間，x 光拍攝判讀部分較自然牙不理想。
- 透明人造牙與不透明人造牙之差異：學生對於透明人造牙與不透明人造牙反饋各有優缺點，普遍認為，透明人造牙可以從觀察到操作時的根管內部情況，可有視覺即時反饋，但同時也降低根管治療的難度，與一般臨床治療狀況差異較大；另認為不透明人造牙較適合作為根管治療的訓練模型，因為操作型態與臨床狀況較相似。亦有不少學生反應，建議可以先用透明人造牙作練習了解根管型態，再用不透明人造牙練習模擬臨床狀況，最後使用自然牙練習，學習效果較佳。
- 人造牙與自然牙的比較：

有學生反應人造牙和自然牙的硬度差異大，建議可以先用人造牙了解根管型態，再用自然牙練習手感，單以人造牙訓練的效果可能不夠。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

不論用透明人造牙或不透明人造牙作為根管治療訓練模型，訓練成效差不多。可考慮先使用透明人造牙練習，透過直接視覺信息回饋熟悉根管型態，再使用不透明人造牙模擬自然牙無法看見根管型態的操作模式，最後再使用自然牙練習，最能逐漸瞭解並熟悉根管治療的流程。對初學者來說，可能會是比較好的臨床前訓練模式。

二、參考文獻 (References)

- Abu-Tahun I, Al-Rabab'ah MA, Hammad M, Khraisat A. Technical quality of root canal treatment of posterior teeth after rotary or hand preparation by fifth year undergraduate students, The University of Jordan. Aust Endod J 2014;40:123-30.
- Al-Sudani DI, Basudan SO. Students' perceptions of pre-clinical endodontic training

- with artificial teeth compared to extracted human teeth. *Eur J Dent Educ*. 2017 Nov;21(4):e72-e75.
- Bitter K, Gruner D, Wolf O, Schwendicke F. Artificial Versus Natural Teeth for Preclinical Endodontic Training: A Randomized Controlled Trial. *J Endod* 2016;42:1212-7.
- Decurcio DA, Lim E, Chaves GS, Nagendrababu V, Estrela C, Rossi-Fedele G. Pre-clinical endodontic education outcomes between artificial versus extracted natural teeth: a systematic review. *Int Endod J*. 2019 Aug;52(8):1153-1161.
- DeWald JP. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: a review of infection control considerations. *Dent Mater* 1997; 2:74-81.
- Dummer PM, Alodeh MH, al-Omari MA. A method for the construction of simulated root canals in clear resin blocks. *Int Endod J* 1991;24:63-6.
- Ericsson KA. Deliberate Practice and Acquisition of Expert Performance: A General Overview. *Acad Emerg Med* 2008;15:988-94.
- Gancedo-Caravia L, Bascones J, García-Barbero E, Arias A. Suitability of different tooth replicas for endodontic training: perceptions and detection of common errors in the performance of postgraduate students. *Int Endod J*. 2020 Apr;53(4):562-572.
- LaTurno SA, Corcoran JF, Ellison RL. An evaluation of a teaching aid in endodontics. *J Endod* 1984;10:507-11.
- Luz DS, Ourique FS, Scarparo RK, Vier-Pelisser FV, Morgental RD, Waltrick SB, de Figueiredo JA. Preparation time and perceptions of Brazilian specialists and dental students regarding simulated root canals for endodontic teaching: a preliminary study. *J Dent Educ*. 2015 Jan;79(1):56-63.
- Nassri MR, Carlik J, da Silva CR, Okagawa RE, Lin S. Critical analysis of artificial teeth for endodontic teaching. *J Appl Oral Sci* 2008;16:43-9.
- Reymus M, Fotiadou C, Kessler A, Heck K, Hickel R, Diegritz C. 3D printed replicas for endodontic education. *Int Endod J*. 2019 Jan;52(1):123-130.
- Robberecht L, Chai F, Dehurtevent M, Marchandise P, Bécavin T, Hornez JC, Deveaux E. A novel anatomical ceramic root canal simulator for endodontic training. *Eur J Dent Educ*. 2017 Nov;21(4):e1-e6.
- Schmutz J, Eppich WJ, Hoffmann F, Heimberg E, Manser T. Five steps to develop checklists for evaluating clinical performance: an integrative approach. *Acad Med*. 2014 Jul;89(7):996-1005.
- Spent A, Kahn H. The use of a plastic block for teaching root canal instrumentation and obturation. *J Endod* 1979;5:282-4.
- 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:e187-94.

Tchorz JP, Brandl M, Ganter PA, Karygianni L, Polydorou O, Vach K, et al. Pre-clinical endodontic training with artificial instead of extracted human teeth: does the type of exercise have an influence on clinical endodontic outcomes? Int Endod J. 2015;48(9):888-93.

張添皓(2021) 發展臨床前根管治療技能之評估表 Develop a checklist for evaluating pre-clinical root canal treatment technique。碩士論文，國立臺灣大學臨床牙醫學研究所，台北市。

三、附件 (Appendix)

無

** 本計畫因論文發表因素，成果報告需延後公開。