

私立臺北醫學大學口腔醫學院

牙醫學系碩士班碩士論文

**Master Program
for
School of Dentistry
College of Oral Medicine
Taipei Medical University**

指導教授： 李勝揚 教授

牙齒冷凍保存目的下

拔牙對於牙周韌帶損傷之研究

**Research of PDL Damage after Extraction for
Cryopreservation**

研究生： 彭伯宇 撰

中華民國九十八年七月

中文摘要

牙齒再植與自體牙齒移植手術於臨床上發展多年，技術成熟，文獻上均有超過 90%的成功率，為台灣健保制度之給付項目。齒顎矯正病患常為了將牙齒排列整齊而必須被拔除健康完好的小白齒或其他牙齒，當成醫療廢棄物丟棄實在可惜。「北醫牙齒銀行」的設立，可以將沒有嚴重齲齒與牙周病的健康完好牙齒進行短期或長期的冷凍保存，以便未來缺牙時，能將健康的牙齒解凍後植回自體口腔中。然而拔牙時若無法保存足夠的牙周韌帶組織(簡稱 PDL)，上述美意與成果都將大打折扣。同時自體牙齒移植的窩洞(socket)癒合亦決定在 PDL 組織於拔牙時損傷的程度，亦即牙根表面 PDL 組織的殘留量決定了自體牙齒移植的成效。本研究目的是改良傳統拔牙方法期能將牙齒以保留最多 PDL 組織方式拔出，再利用新型微米磁振造影來掃描拔出之牙齒，逐步建立拔牙後殘存之 PDL 體積以及於牙根部位覆蓋面積之資料庫。利用台北醫學大學附設醫院口腔顎面外科拔牙病人，選取齒顎矯正病患欲拔除的下顎第一小白齒，以傳統拔牙方法，將傳統拔牙鉗夾到琺瑯質牙骨質交界(cemento-enamel junction 簡稱 CEJ)以下，亦即拔牙鉗必須侵入齒槽骨內；以及新式拔牙鉗(鉗口內有加工之防滑粗操面)搭配改良式拔牙方法，亦即拔牙鉗只夾到琺瑯質牙骨質交界以上，且不侵入齒槽骨內。以此兩種拔牙方法分別進行，牙齒拔

出後以生理食鹽水保存後，再利用微米磁振造影掃描後來比較拔牙後的殘存在牙根表面牙周韌帶的體積多寡，以及牙根部位牙周韌帶覆蓋面積之百分比。傳統拔牙組總共有六顆下顎第一小白齒接受微米磁振造影掃描，其中有兩顆牙齒 PDL 嚴重損傷，無法判讀，僅四顆牙齒得到可比較結果；而改良式拔牙組則有三顆接受掃描，但其中也有一顆牙齒無法判讀，所以得到的比較結果只有兩組。傳統拔牙法組的牙周韌帶體積平均為 5.64 mm³，其覆蓋牙根面積平均為 21.25%；而改良拔牙組，牙周韌帶體積平均為 5.79 mm³，其覆蓋面積平均為 20.5%。與文獻比較，突顯幾點意義，第一，在牙根覆蓋面積比例上，與 Haas 發表過的研究約 50% 殘存率，有著較低的百分比，顯示過可能過去高估了拔牙後殘存於牙根的牙周韌帶組織。第二，Andreasen 曾指出，當牙周韌帶損傷面積超過 16 mm²，就會降低牙齒再植成功率，而本研究顯示，拔牙對於牙周韌帶的損傷平均值 160 mm²，是遠超過這個面積的，但對照現今牙齒再植成功率卻是遠超過 90%，顯示先前研究似乎低估了即使是少量 PDL 在齒槽骨中修復的能力。第三，微米磁振造影精確地描繪牙周韌帶在拔牙後於牙根之分布，在傳統拔牙組，對於正頰側和舌側之牙周韌帶易造成嚴重損傷，而遠心側以及近心側甚至於根尖處的牙周韌帶的損傷就較小。反之，改良式拔牙組在根尖部位的牙周韌帶的損傷較為嚴重，而在靠近齒頸部位，尤其是正頰側和

舌側的牙周韌帶其損傷就較小。回顧文獻，從未有牙科研究可以清楚描繪拔牙後牙周韌帶在牙根上的分布與面積，甚至量化殘存的體積，利用微米磁振造影作為研究工具，牙齒接受掃描並 3D 重組後可以建立拔牙後牙周韌帶組織的體積與殘存面積資料庫，並發展出較優良的拔牙方法，顯示本研究在牙科領域利用微米磁振造影掃描具有里程碑意義。

關鍵字：牙齒銀行，牙周韌帶體積，牙周韌帶覆蓋面積
微米磁振造影

Abstract

The tooth bank can store healthy permanent teeth, such as wisdom teeth and premolars, that are removed for better alignment for orthodontic treatment. The teeth can be stored for use later in life, such as when a patient has a missing tooth and needs to undergo a tooth implant. Natural tooth transplantation is putting a patient's own previously stored tooth into the missing tooth area, and has a very high success rate (more than 90% in many reviews). At the same time, a natural transplant can improve integration with the jawbone, shorten recovery time and lower costs. The key to the high success rate of auto-transplantation is to preserve the residual PDL (periodontal ligament) covered root surface as much as possible. Because of the PDL with many mesenchymal cells or progenitor cells for osteoblasts and cementoblast, they are important cells for the success of the auto-transplantation or replantation. Even in socket healing, if PDL is damaged largely during tooth extraction, the tooth bank should not store the damaged tooth.

My research was to find the modified extraction method with the expectation to preserve more residual PDL tissue. Using the Micro-MRI scanning instrument to scan the teeth, I compare the PDL covering surface area and volume of the teeth extracted by different methods. Then I recorded the data of the PDL volume and covered surface after extraction, and developed the methods or instruments of extraction to provide a PDL-harmless extraction for tooth bank storage.

Because the premolars are the most commonly stored teeth in tooth bank, I chose patients who planned to have mandibular first premolars extracted for orthodontic treatment. Then I extracted the teeth using different extraction instruments and methods. The conventional extraction method used conventional extraction forceps No.151, with beaks invading beneath the Cemento-enamel junction (CEJ) into the socket. The modified extraction method use the modified No.151 forceps with a rough carbide coating surface inside the beak. During extraction the beaks should not invade into the socket. After extraction, all teeth are sent to Functionl & Micro-Magnetic Resonance Imaging Center of Academia Sinica to be scanned and compared the PDL volume and area of covered surface.

There were four teeth removed using the conventional extraction method and two teeth removed using the modified extraction method. These were scanned and calculated the PDL volume and root covered surface area. For the teeth using conventional extraction method, the mean PDL volume was 5.64 mm³, the mean PDL/ root surface ratio was 21.25%. For the modified extraction teeth, the mean PDL volume was 5.79 mm³, the mean PDL/root surface ratio was 20.5%.

There were 3 different results compared with the previous researches. First, Haas's research reported the PDL/ root surface ratio was about 50 %, which was much higher ratio than my result. It could be resulted from over-estimated residual PDL tissue volume in the previous research. Second, Andreasen reported PDL damaged more than 16 mm² area would decrease the success rate of replantation. In my research, the mean damaged PDL area was 160 mm², which showed much severer damaged than Andreasen's. The great repairing by small volume of PDL tissue could explain the high success rate of contemporary replantation. Last, micro-MRI clearly recorded the distribution of the residual PDL. PDL was damaged over the buccal and lingual root area mostly in the conventional extraction teeth; and PDL was damaged over apex and line angle area of a root in the modified extraction teeth.

In a review of the dental research articles, no any articles about dental research using micro-MRI as a researching instrument were found. Using micro-MRI as scanning instrument to measure the PDL tissues after extraction, then developing a new and better extraction method is a milestone in dental research.

Keywords: tooth bank, PDL volume, PDL covered surface of root

micro-magnetic resonance image

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	IV
目 錄	VI
第一章 緒 論	
研究動機與目的	1
研究假設	4
第二章 文 獻 回 顧	
第二章 文 獻 回 顧	6
第三章 材 料 與 方 法	
第三章 材 料 與 方 法	12
第四章 實 驗 結 果	
第四章 實 驗 結 果	16
第五章 討 論	
第五章 討 論	20
第六章 未 來 展 望	
第六章 未 來 展 望	25
第七章 參 考 文 獻	
第七章 參 考 文 獻	26
圖 表	28

第一章 緒論

研究動機與目的

隨著科技的進步，幹細胞的發展及應用越來越廣泛，甚至可以救人一命。人體幹細胞的來源很多，包括臍帶血、骨髓甚至乳牙，目前已能成功地自成人牙髓中分離萃取出幹細胞；然而臍帶血的保存一生只有一次機會，而骨髓的抽取又是相當地不舒服，牙齒的保存卻已能提供一個很好的幹細胞來源。

本校牙齒銀行秉持「使用自己的牙齒最好」之理念，特別與日本國立廣島大學合作，創立台灣第一家保存恆牙的牙齒銀行，主要在保存牙齒的活性，將來不僅可提供患者自己缺牙區的再植回，更可應用在未來幹細胞臨床上的各項發展，讓因為齒顎矯正需求或智齒、多生齒等原因而拔除丟棄的牙齒不再是醫療廢棄物，並且得到再利用，可說是一項環保且先進的技術。

牙齒的再植與自體牙齒移植手術在臨床上的實際執行已經發展很長一段時間^{1,2,3}，而且技術成熟，台灣現行的健保制度對於兩種手術皆有補助，可行性高且具廣用的臨床價值。臨床上，接受齒顎矯正的病人常常會遇到為了將牙齒排列整齊而需要拔除健康完好的小白

齒或是其他牙齒，但病人總是會認為將健康的牙齒拔除後棄之可惜。

「北醫牙齒銀行」的設立，可以將沒有嚴重齲齒與牙周病的健康完好牙齒進行短期或長期的冷凍保存，以便將來缺牙時或者是在其他缺牙區，將健康的牙齒植回自體口腔中。

雖然目前人工植牙技術成熟普遍，但是自體牙齒周圍的牙周韌帶能夠提供人工植牙所無法達到的自體感受，其咬合承受力亦是人工植牙的 1.67 倍，因此自體牙齒的植回其實是非常重要的缺牙治療選項。

「北醫牙齒銀行」與日本廣島大學牙齒銀行共同合作，利用專利研發之程式降溫儀，藉此避免因為冰晶的形成所造成的細胞受損。

日本在平成元年(西元 1989 年)由厚生省與齒科醫師會提出「8020 運動」，意即希望國民口腔健康水準能提升到高齡八十歲仍然擁有二十顆自己的牙齒可用。這項運動再度喚起了所有牙醫師甚至全國人民對於保有天然自身牙齒的注意。「牙齒銀行」便是順應此一觀念之高科技產物。

自體牙齒移植分為將患齒拔除後直接移植或是創造空間後再做移植，兩種方式的手術難度都不會比人工植牙複雜，加上費用較為便宜，恢復期較短，對患者而言是完全有利的治療方式。在日本廣島大學的「牙齒銀行」已有 1600 顆牙齒儲存，而 106 例植回的結果中，

更有高達 97% 的存活率，證明「牙齒冷凍保存」結合「自體牙齒移植」已經是相當穩定且成熟的技術。

在現今普世價值觀為「自己的東西最好」之前提下，可以用的東西就不須要丟掉。目前國人 65 歲以上擁有 20 顆牙的人口不到六成，也就是說至少百萬國人有儲存牙齒的必要。缺牙的患者將來不再只侷限於傳統假牙與人工植牙兩種治療選項而已。

骨髓幹細胞的取得具侵入性，臍帶血是父母預留給寶寶的幹細胞來源，唯有牙齒是每個人都不難取得的幹細胞來源。北醫牙齒銀行提供牙齒冷凍保存，使消費者能有再植的機會，同時也積極拓展服務項目到幹細胞科技的研發，足以媲美乳牙幹細胞之應用，以提高儲存牙齒的更大附加價值。

以日本以及韓國為例，不論是在牙齒銀行的儲存或是牙齒冷凍再移植，都已經發展到相當先進的地步。因為拔牙後牙周韌帶的保存與活性是冷凍解凍後移植成功之關鍵因素，目前國內還未有類似的研究與資料庫，因此本研究目的是第一：建立拔牙後牙周韌帶(PDL)體積以及牙根覆蓋面積百分比之資料庫，以檢討傳統拔牙方法對於牙周韌帶損傷之影響。第二個目的則是希望改良傳統拔牙方法，以減少拔牙對於牙齒牙周韌帶之傷害，因為即使牙齒銀行儲存牙齒有這麼多的優

點，但若是拔牙時無法將牙齒完整地自口腔拔出，或是拔牙時造成牙周韌帶的嚴重傷害，那麼上述的一切都將成為空談，進一步提升拔牙方法將牙齒能夠以最小傷害的方式拔出(提升牙周韌帶活性)並達到提升牙齒銀行儲存的成功率。

研究假設

本研究假設是以傳統拔牙工具和方法(必須侵入齒槽骨，易造成牙周韌帶的傷害)與改良式拔牙工具和方法(只夾在牙齒 CEJ 之上，不侵入齒槽骨內)對於牙周韌帶保存量應有顯著差距。

假設由於傳統拔牙方法與工具會侵入齒槽骨的牙窩(socket)內，亦即以拔牙鉗拔牙時，因為拔牙的機械原理(第一類槓桿原理及楔行原理)的關係，拔牙時必須將拔牙鉗的鉗嘴(beak)深入齒槽骨內，且於拔牙時必須越夾越深，可以盡量地靠近阻力中心(center of resistance)以減少拔牙斷根的機率，如此可以完整地將牙齒拔出。但是由於拔牙鉗嘴的深入齒槽骨且夾住牙根用力滑入根尖部位對於牙周韌帶一定是嚴重傷害。若是有另一種改良的拔牙方法和工具在拔牙時，不侵入齒槽骨內，對於拔出的牙齒所造成牙周韌帶(PDL)的傷害是否將低於傳統拔牙方法呢?藉由本研究對於上述兩種拔牙方法後比較牙周韌帶體積以及牙周韌帶牙根覆蓋面積比，第一是建立國人拔牙後牙周韌帶傷

害以及牙周韌帶殘存在牙根部面積百分比之資料庫。第二則是檢討傳統拔牙方法對於牙周韌帶傷害之影響，希望改良傳統拔牙方法，以減少拔牙對於牙齒牙周韌帶之傷害，達到提升牙齒銀行儲存的成功率。



。

第二章 文獻回顧

牙齒保存的趨勢

歐美各國對於乳牙銀行的儲存在取得幹細胞的發展，已經有相當的經驗與技術，而恆牙牙齒銀行在亞洲鄰國如日本與韓國的興起，不但可以儲存暫時不用的自體牙齒，以冷凍保存法來保存牙齒的活性，將來不僅可提供患者自己缺牙區的再植回，更可應用在未來幹細胞臨床上的各項發展。2005 年韓國延世大學牙醫學院就提出經過冷凍再解凍的牙周韌帶活性與立即拔除牙齒牙周韌帶活性的比較沒有統計學上的意義⁴，亦即是現今冷凍保存技術對於牙周韌帶的傷害是微乎其微的。冷凍保存牙齒再移植的高成功率在眾多的文獻中也得到了證實，Schwartz 以及 Rank 就曾在 international Journal of oral & maxillofacial surgery 及 American journal of orthodontics, dentofacial orthopedic 發表該團隊冷凍再移植的高成功率²。而日本廣島大學牙齒銀行冷凍再移植的成功率亦高達 95%⁵。成功地以自體牙齒的移植，不但減少人工植牙的醫療花費，更減少短病人的無牙期，也大大提高咀嚼適應度。

牙周韌帶的重要性

牙周韌帶是位於牙齒與齒槽骨之間的結締組織，有以下重要的功能：

1. 將牙齒固定在齒槽內，並提供牙齒以及下顎的自體感覺
2. 提供牙齒之固著力，以提供牙齒的咬合力
3. 修復牙周組織的損傷，提供齒槽骨及牙骨質(cementum)的修復

對於牙齒銀行的客戶而言，牙齒銀行所要保存的牙齒，提供將來可能需要的牙齒自體移植，所以牙周韌帶對於齒槽骨以及牙周組織的修復功能就極為重要，亦即拔牙後牙周韌帶的健康與否就決定了牙齒銀行是否保存這個牙齒的必要條件。

牙周韌帶組織主要是由膠原蛋白纖維所組成一束束的纖維索，懸浮於牙周基質之中，其中有一些間葉細胞(mesenchymal cell)是成骨細胞以及成牙骨質細胞的先驅細胞，提供齒槽骨的癒合以及牙周組織的修復，這一個部分已經在許多的文獻以及臨床經驗得到證實。

另外在牙周韌帶組織內亦發現有一些細胞會分泌某些 factors，會促成蝕骨細胞(osteoclast)的生成可以防止當移植(transplantation)或是再植(replantation)時的嚴重併發症——骨性沾黏(ankylosis)。由此可以知道牙周韌帶組織對於牙齒保存的重要性，所以準備保存在牙齒銀行的

牙齒在拔牙時，如何減少對於牙周韌帶的損傷，對於牙醫師來說是十分重要的課題。

拔牙方式

對於成功地保存牙齒的前題卻是要成功地保存牙周韌帶的覆蓋面積以體積(厚度)，所以拔牙時降低對牙周韌帶的損傷正是本研究的主軸。Andreasen 及 Kristerson 曾利用猴子的動物實驗，得到若是牙周韌帶在拔牙時損傷超過 16 mm^2 時，其活性以及再生能力就會喪失，因而造成骨沾黏的結果^{6,7,8}。但是上述的研究是以顯微鏡下檢視牙周韌帶的損傷⁹，是較不精確的。Andreasen 等人將牙齒以 0.5 mm ($500 \mu\text{m}$) 為間距將牙齒做成切片⁷，再用光學顯微鏡放大人工描繪所得到的結果，從精確的角度來看， $500 \mu\text{m}$ 的間距與本研究的掃描工具--功能性微米核磁共振掃描的精確度達 $30 \mu\text{m}$ 是不可同日而語的，另外 Andreasen 等人利用牙齒做成切片，對於牙周韌帶以及牙齒本身都會有嚴重的傷害，其研究結果是有待商榷的，更何況以人工描繪光學顯微鏡的觀察存在的極大的人為誤差。另外 Haas 以光學顯微鏡搭配數位照相暨數位運算來比較牙齒脫落(avulsion)、內縮(intrusion)以及拔牙後牙周韌帶的殘存面積¹⁰，其指出拔牙對於牙周韌帶的損傷超過牙齒脫落或是內縮，即使是如此拔牙後的殘存牙周韌帶還是覆蓋

牙根表面的 50%，但其精確度亦頗受爭議。本研究則是以微米磁振造影掃描拔出之牙齒，檢測拔牙對於牙周韌帶所造成的傷害，計算殘存牙周韌帶在牙根部位的覆蓋面積有多少百分比以及體積，建立傳統拔牙後牙周韌帶面積之資料庫；另外相對於傳統拔牙工具和方法，改良式拔牙工具和方法亦採用相同掃描的方式並取得 3D 影像，比較傳統與改良拔牙工具及方法對於牙周韌帶所造成的損傷體積可以有較精確的詮釋。

掃描工具

核磁共振攝影（亦稱磁振造影，magnetic resonance imaging，MRI）是近年來在臨床診斷上相當重要的影像工具。此種使用準確而不必侵入人體的方法為人體內部器官造影，對醫學的診斷、醫療和後續工作都十分重要。其原理是將人體置於磁場中以無線電波脈衝來改變區域磁場，激發人體組織內氫原子核的共振，而人體不同的組織，便會產生不同的磁矩變化訊號，再經過電腦處理，便可以呈現出人體組織的切面影像。至於磁振造影的磁場強度，則是以 Tesla（特斯拉）磁力單位表示。

人體是個充滿水分的有機體，水分子的擴散是三度空間的隨機運動，會受到周圍環境的影響而改變運動速度。如果將人體視為一盆

水，用力拍打盆子外緣，裡面的水會泛起一圈圈漣漪，此時如果將手指插入其中，原本呈同心圓的漣漪就會受到破壞。同樣的原理，人體內的水分子含有很多氫原子核，這些氫原子核本身又具有磁場特性，如同一個小小的磁鐵。核磁共振掃描是將人體置於強大且均勻的靜磁場中，再利用特定的射頻無線電波脈衝，激發人體組織內的氫原子核。位於人體不同部位的氫原子就會對不同的射頻場信號產生反應，通過記錄這一反應，並加以計算處理，可以獲得水分子在空間中分佈的信息，從而獲得人體內部結構的圖像。MRI 對人體不具侵襲性，不會產生游離輻射，可多方向掃描，提供三度空間影像，又有高對比的解像力，是現代醫學不可或缺的診斷工具。它的好處之一是不論使用多少次，都不會像X光等傳統檢查方法一樣對病患造成傷害。組織內出現異常組織時，水分子的擴散即受到阻礙，我們就能透過核磁共振掃描所偵測的水分子運動速度差異，精確區別出正常與異常的組織來。

微米磁共振造影儀是將臨床用應用之磁共振造影儀微型化，利用較高的磁場，較微型的感應線圈，來從事小型動物的研究，其研究包括基因轉殖、基因剔除、及 ethylnitrosourea(ENU)致突變小鼠等大量動物模式，來模擬各種人類疾病，以了解特定基因的功能與發病機轉，並發展藥物以治療人類疾病¹¹。以活體內非侵入性的觀察方法，分析

基因缺陷小鼠的解剖構造、生理、代謝、及分子活動過程，對於了解複雜的生理現象與發病過程，將扮演重要的角色。因此，有必要發展一個非侵入性方法，來分析基因缺陷小鼠。核磁共振是現有唯一適用的技術，其基本功用在於提供快速、高解析度，且非侵入性地診測動物體內的組織及其功能之變化。而本研究亦是中央研究院生醫所功能性微米磁共振造影核心實驗室所進行的第一次牙醫學研究，也是牙醫學上第一次利用微米磁共振造影從事牙周韌帶的研究，可謂牙醫學研究上之創舉。



第三章 材料與方法

本研究通過本院之人體試驗委員會(IRB)之審核，證號為CRC-03-09-06，所有病人皆已被告知被拔出的牙齒將進行牙周韌帶之體積以及牙根覆蓋面積的測試，並填妥人體試驗委員會(IRB)之牙齒捐贈同意書。

牙齒銀行所儲存的牙齒以矯正治療所拔除之第一小白齒或是第二小白齒為最為常見，上顎第三大白齒次之，本研究則以下顎第一小白齒的拔牙研究為主軸。

本研究所選取之研究對象，是隨機選取接受齒顎矯正治療且必須拔除下顎第一小白齒的病患，研究的牙齒是隨機選擇必須拔除之下顎第一小白齒，被選擇的牙齒必須沒有齲齒以及牙周疾病。

研究材料

1. 傳統拔牙鉗 151，由北醫附設醫院口腔顎面外科(以下簡稱本科)提供，改良型拔牙鉗 151(見圖一至圖四)，鉗口鑲有碳鋼顆粒或是鑄有粗糙顆粒以增加摩擦力，使得鉗口在拔牙時不會向根尖方向移動，由本科提供。

2. 牙齒運送液(transporting solution)：為一般醫療用生理食鹽水注射液。

研究方法

傳統拔牙鉗拔牙法：拔牙鉗會以根尖方向運動夾到琺瑯質牙骨質交界以下之齒槽骨牙窩(socket)內，並且以頰側與舌側之運動方式將齒槽骨撐開，在將齒槽骨撐開的過程中拔牙鉗會逐漸向根尖方向移動並侵入牙窩內同時會將牙齒自牙窩內擠出(拔牙機械原理:第一類槓桿、楔型原理)，傳統拔牙之拔牙鉗口向牙根方向運動的結果，除了能將齒槽骨撐開同時可以將鉗口盡量接近牙齒之阻力中心(center of resistance)，如此可以減少拔牙斷根的情況，但是鉗口緊夾著牙根並向牙根方向移動時對於牙周韌帶的傷害是巨大的。

改良型拔牙法：以改良型拔牙鉗與拔牙方法(拔牙鉗只夾到 CE junction)之上，並且在拔牙時必須小心不使拔牙鉗向根尖方向移動使得侵入齒槽骨內，拔牙開始時先以頰側舌側運動先撐開齒槽骨後，撐開一個牙齒與齒槽骨之間的空間，此時不要繼續該動作以免造成牙根正中間頰側暨舌側一帶之牙周韌帶損傷，然後再以順時鐘方向或是逆時鐘方向做旋轉的運動，合併有向咬合面方向的力量將牙齒拔除(見圖五到圖

八)，此時因為鉗口未往牙根方向運動，亦即鉗口遠離牙齒之阻力中心，將會有容易造成牙齒斷裂的狀況，必須十分小心。

本研究利用台北醫學大學附設醫院口腔顎面外科(以下稱為本科)拔牙病人，第一部分選取接受齒顎矯正治療且須拔除雙側下顎第一小白齒病患共 5 人，隨機選取拔除一側下顎的第一小白齒，以傳統拔牙方法牙齒拔出。而對側的第一小白齒則以改良型拔牙鉗與拔牙方法將牙齒拔除。

如此傳統拔牙方法所拔除的牙齒共有下顎第一小白齒共 5 顆。以改良型拔牙鉗與拔牙方法所拔除的下顎小白齒也是各為 5 顆。

牙齒收集

上述所有拔除之牙齒在拔牙後，立即放置在牙齒銀行所提供之牙齒運送液中，存放在 4°C 冰箱，於 24 小時內進行微米磁振造影之 3D 影像掃描。

牙周韌帶體積以及牙根覆蓋面積百分比的計算

3D 掃描計算法

本研究是與中央研究院生物醫學科學研究所之功能性微米磁振造影核心實驗室合作(網址為 <http://www.mri.ibms.sinica.edu.tw/>)，使用工具為微米磁振造影儀(Bruker Pharma Scan 產 9.4 T，8.9 cm 孔徑附微米造影配備的直式超導體磁振系統，解像度 30 μm ，見圖九)，掃描所有拔除之下顎第一小白齒(傳統拔牙暨改良型拔牙法)，每一顆牙齒的掃描圖像為 256 slices，掃描間距約為 100 μm ，所有牙齒的數位圖檔利用 avizo 6 (擎擘公司，台灣)影像軟體重建牙齒暨牙周韌帶之 3D 影像，並以該軟體計算出牙周韌帶的體積(面積 x 厚度)量，並算出牙周韌帶的面積以及牙根面積(牙骨質琺瑯質交界 CEJ 以下)，進一步算出牙周韌帶在牙根面積的覆蓋百分比。

第四章 實驗結果

實驗結果如下，傳統拔牙工具與方法所拔除之第一小白齒共六顆，改良工具與拔牙方法拔除之第一小白齒共三顆，全部進行微米磁振造影掃描，掃描後進行數位影像 3D 重組，傳統拔牙方法這一組總共有六顆下顎第一小白齒接受微米磁振造影掃描，其中有兩顆牙因為牙周韌帶損傷過多，以至於影像軟體無法判讀牙根周界(boundary)，進而無法判讀牙根型態；而改良式拔牙工具及拔牙方法這一組則有一顆牙無法判讀，所以在實驗結果中，傳統拔牙法這一組得到的結果共四顆牙齒，而改良型拔牙法這一組得到的結果有兩顆牙齒。

首先在牙根表面的牙周韌帶分布區域的分析(topographic analysis)上，可以將牙齒分為頰側、舌側、近心側、遠心側四個面來檢視牙周韌帶損傷的狀況，整理資料結果如表一，在傳統拔牙方法這一組：

Sample TMU0_090511，頰側之 PDL 損傷嚴重，根尖三分之一以上之頰側 PDL 幾乎全部損傷，舌側 PDL 之損傷嚴重度亦然，近齒頸部三分之一之 PDL 有部分損傷，以下部位也幾乎全部損傷，近心側僅有在牙根中間三分之一處有部分 PDL 損傷，遠心側的 PDL 損傷程度最為輕微，亦是在中間三分之一處有部分損傷，且損傷程度小於近心側(見圖十至十二)。

Sample TMU2-090605.TD1，頰側之 PDL 損傷最為嚴重，齒頸部 PDL 僅保存一小部分，以下其餘牙根之頰側 PDL 幾乎全部損傷，舌側 PDL 之損傷嚴重度亦然，近齒頸部三分之一之 PDL 保存較為良好，以下部位也幾乎全部損傷，近心側也是在近齒頸部三分之一之 PDL 保存較為良好，以下部位也幾乎全部損傷，但較舌側之 PDL 損傷狀況嚴重，遠心側的 PDL 狀況也是近齒頸部三分之一之 PDL 保存較為良好，以下部位也幾乎全部損傷，但在四個面中損傷最少的(見圖十三至十五)。

Sample TMU3-090610.TI1，頰側暨舌側之 PDL 均損傷嚴重，幾乎全部損傷，近心側以及遠心側的 PDL 損傷程度亦頗為嚴重，只有在齒頸部以及牙根中間部位有少許 PDL 保留(見圖十六至十八)。

Sample TMU4-090611.TJ1，頰側之 PDL 損傷嚴重，根尖二分之一以上之頰側 PDL 幾乎全部損傷，但齒頸部 PDL 仍有些許保存，舌側 PDL 之損傷勢最為嚴重，近齒頸部少許 PDL 被保存，以下部位也幾乎全部損傷，近心側僅有在牙根中間三分之一處有部分 PDL 損傷，保留狀況最為良好，遠心側的 PDL 損傷亦嚴重，只有在齒頸部上四分之一處有 PDL 被保存(見圖十九至二十一)。

而在改良式拔牙法這一組的牙周韌帶分布區域的分析(topographic analysis)則是：

Sample TMUN1-090603.TB1，頰側之 PDL 損傷嚴重，根尖三分之一以上之頰側 PDL 幾乎全部損傷，但齒頸部仍有少許 PDL 保存，舌側 PDL 之損傷最為嚴重，近齒頸部僅有少許保存，以下部位也幾乎全部損傷，近心側 PDL 保存狀況最為良好，僅有在牙根中間三分之一處有部分 PDL 損傷，遠心側的 PDL 損傷程度亦頗嚴重，僅在齒頸部三分之一處有部分保存，其餘以下幾乎全部損傷(見圖二十二至二十四)。

Sample TMUN2-090619.TR1，頰側之 PDL 損傷狀況僅於齒頸部至牙根二分之一處有部分損傷，根尖部位損傷，其餘部位保存良好，舌側 PDL 之損傷則較為嚴重，近齒頸部三分之一之 PDL 有保存良好，以下部位也幾乎全部損傷，近心側僅有在牙根中間三分之一靠近舌側處有部分 PDL 損傷，遠心側的 PDL 損傷程度則是在靠近頰側及舌側等外圍處較為嚴重，另外根尖處也是損傷嚴重區(見圖二十五至二十七)。

定量方面運算牙周韌帶體積，也就是計算拔牙後殘存在牙根表面牙周韌帶組織的總量，以及牙周韌帶牙根覆蓋面積之百分比，結果如表二(見圖十至圖二十七，所有可判讀之六顆牙均有 3D 動畫檔案可供查詢下載)。由以上功微米磁共振造影掃描後經過 3D 重組、數位運算後的資料可以看出國人第一小白齒的表面積的大小並沒有很大的差異，平均值在 200 平方毫米大小(較大者有一例約為 250，較小者為 150 平方

毫米)，拔牙後牙周韌帶覆蓋面積約為 20%。傳統拔牙法這一組，牙根體積平均為 5.64 立方毫米，牙周韌帶覆蓋牙根面積為 21.25%；而改良拔牙法這一組，牙根體積平均為 5.79 立方毫米，牙周韌帶覆蓋面積為 20.5%，兩組比較之下似乎並沒有太大差異。



第五章 討論

在本實驗中牙根表面的牙周分布區域的分析(topographic analysis)可以觀察到的結果是，以傳統拔牙方法所拔出的牙齒，牙周韌帶損傷位置均呈現在正頰側及正舌側，而根尖部位以及近心、遠心側之牙周韌帶則保存狀況則比頰側舌側好。反之改良式拔牙法對於正頰側以及正舌側的牙周韌帶損傷程度就遠小於傳統拔牙，但是根尖部位以及轉角部位(line angle)的牙周韌帶保存就較為不佳。這與本研究背景認為傳統拔牙法中拔牙鉗會深入齒槽骨內夾緊牙根會嚴重損傷牙周韌帶的假設是一致的，因為在傳統拔牙方法中，利用拔牙原理中以牙根正頰側以及正舌側的牙根做為第一類槓桿的支點做齒槽骨撐開的動作，這樣會讓頰側與舌側牙周韌帶嚴重擠壓並損傷，撐開齒槽骨後再利用拔牙原理之楔型原理，將拔牙鉗口向牙根尖方向移動並盡量接近阻力中心，更撐開齒槽骨並接近阻力中心，以減少拔牙斷根的意外產生，但是在利用牙根成為第一類槓桿支點以及楔型原理操作下，正頰側以及正舌側的齒槽骨就不免造成嚴重的傷害。反之改良式拔牙方法拔牙時鉗口不侵入齒槽骨內，鉗口遠離阻力中心，此時不以拔牙原理中之楔型原理來撐開齒槽骨，純粹是以第一類槓桿原理來拔牙，以根尖部位做為槓桿支點搖晃牙齒，因而造成根尖部位牙周韌帶的損傷，同時利

用旋轉牙齒的運動來撐開齒槽骨，對於轉角部位(line angle)的牙周韌帶損傷也是比較顯著的。

本研究利用微米磁共振造影來詳細描繪牙周韌帶在拔牙後牙周韌帶在牙根上的分布(topographic analysis)在牙醫學研究是首次被發表的，文獻回顧中，對於拔牙後牙周韌帶的分布描繪的文獻是極為稀少的，唯一較具代表性的文獻是 Oikarinen 及 Andreasen 利用拔取猴子的門齒再植後將牙齒以及齒槽骨做成組織切片，觀察牙骨質母細胞(cementoblast)在拔牙後損傷的程度，並比較不同拔牙工具對於牙骨質母細胞的損傷程度。Andreasen 等人將牙齒(含周圍齒槽骨)以 0.5 mm (500 μ m) 為間距將牙齒做成切片⁷，再用光學顯微鏡放大人工描繪所得到的結果，與本實驗不同的是，Andreasen 並未 3D 重建牙齒，而且並未詳細描繪牙周韌帶的損傷，僅以光學顯微鏡觀察牙骨質母細胞之分布與損傷，另外從精確的角度來看，500 μ m 的間距與本研究的掃描工具--功能性微米核磁共振掃描的精確度達 30 μ m 更是不同層次的結果，更何況以人工描繪光學顯微鏡的觀察更存在著極大的人為誤差。

由本實驗的結果可以得知，在牙周韌帶定量研究中，傳統拔牙法與改良拔牙法在殘存牙周韌帶體積大小以及牙根覆蓋面積百分比，有著極為接近的計算數值，殘存牙周韌帶組織體積各為 5.64 立方毫以及

5.79 立方毫米，牙根覆蓋面積則各為 21.25% 以及 20.5%。本研究結果在與以往的研究成果比較，有兩部份是有不同的，第一點，在牙根覆蓋面的比例的研究結果與之前 Haas 發表過的研究有著較低的百分比（約 50%），顯示之前所發表的結果似乎高估了拔牙後殘存在牙根的牙周韌帶組織，這可以從 Haas 的研究方法以及工具精確度較低可以得到證實，Haas 先將實驗牙齒浸泡於孔雀石綠(malachite green)中以將 PDL 中的膠原蛋白纖維染色，再用光學顯微鏡搭配數位相機拍攝染色的牙根，再以數位積分的方法運算牙周韌帶的面積(將單根牙齒當成 cone shape 來數位運算)。在其實驗中，利用孔雀石綠染色膠原蛋白纖維是否就已經高估實際牙周韌帶面積？另外利用數位積分運算牙根牙周面積亦是存在其不精確性。本實驗所利用之微米磁振造影掃描合併 3D 影像重組似乎在精確度以及合理性都遠高於 Haas 的研究。另外 Haas 的研究只能利用單根牙來做實驗(將牙齒當成 cone shape)而微米磁振造影是可以不受牙齒形狀而有影響的。

第二點，Andreasen 曾提出，當牙周韌帶損傷超過 16 mm²，牙齒再植就極容易失敗，本研究顯示拔牙對於牙周韌帶的損傷是遠超過這個面積的，牙周韌帶的平均厚度約為 200 μm ，以前的假說均認為拔牙後約有一半厚度的牙周韌帶殘存於牙根上，但是在本研究中顯示絕大多數的牙根表面上牙周韌帶厚度是小於 30 μm 的，是無法被微米磁振

造影掃描所偵測得到。但是現今牙齒再植的成功率卻是遠超過 90%，這一點在本研究又有不同的結果，Anreasen 似乎低估了牙周韌帶在齒槽骨中修復的重要角色。亦或是牙周韌帶即使是損傷嚴重，殘存在牙根表面的牙周韌帶的厚度即使小於 30 μm 也可以有完整的修復功能，而 30 μm 則是微米磁振造影掃描精確度的極限，這一點似乎可以等到有更精確的掃描儀器開發後再得到證實。

而在本實驗中改良拔牙法並未有著如研究假設的較之傳統拔牙法有良好結果，但是綜觀傳統拔牙法的四個數值，TMU0_090511 這一組的計算數值超過其他實驗組太多，極有可能是因為以傳統拔牙法拔牙時，拔牙鉗將牙齦組織夾入鉗口，而錯被當成是牙周韌帶組織，這也可以在圖二十八中看到，接近牙骨質琺瑯質交界處之牙周韌帶組織較為肥厚得以佐證。若是將本組結果自傳統拔牙法剔除，則牙周韌帶體積將由於 5.64 mm^3 降為 2.89 mm^3 ，而牙周韌帶的牙根覆蓋面積百分比亦從原來的 21.25% 降為 14%。如此就可以較符合原本之研究假設—改良拔牙法較優於傳統拔牙法，可以保存更多牙周韌帶組織以及更大的牙根覆蓋面積。

雖然本實驗的樣本數較少，但得到的結果仍然頗具代表性，如前面所述國人第一小白齒的面積平均值在 200 mm^2 ，這在牙科的研究上

是非常大的突破，誠如之前 Haas 的研究是以光學顯微鏡搭配數位相機以及數位運算(牙根以圓錐形方式模擬運算)其精確性是值得商榷的。本研究利用微米磁振造影以 50 μm 間距掃描搭配軟體運算，精確度應是近年內對於拔牙後殘存牙周韌帶量化的研究之最高水準。而拔牙後殘存在牙齒表面上的牙周韌帶覆蓋百分比平均值也在 20% 上下，證實本研究利用微米磁振造影對於牙周韌帶的偵測有其精確性，可以得到一致性的結果。今後發展的方向仍是以增加牙根掃描數量，無論是以傳統拔牙方法或是改良式拔牙方法，以證實改良式拔牙方法在保存牙周韌帶有較優的結果。

第六章 未來展望

由本研究所獲得的結果可將相關牙科研究更為拓展，對於牙周韌帶的研究將可以建立傳統拔牙方法拔牙後，牙周韌帶活性以及牙周韌帶損傷情形之資料庫，今後並以此作為基準，進一步更可以相同研究步驟進行牙根鋌(dental elevator)拔牙與牙根鉗拔牙對於牙周韌帶損傷之比較，進而建立更為周全之拔牙後牙周韌帶損傷資料庫，此資料庫可以提供牙醫師們準備在做牙齒移植時拔牙前之參考，可以提供牙醫師利用改良型的工具或方法以減少牙周韌帶之損傷，在質與量下均減少牙周韌帶的損傷，使得牙齒銀行的儲存成功率，以及冷凍再移植的成功率均可提升。

在本次以微米磁振造影的牙齒掃描後，經過數位影像 3D 重組後，發現微米核磁共振掃描對於牙髓的影像有十分良好的影像品質，利用微米核磁共振掃描牙髓腔之解剖與型態，勢必將成為牙髓腔研究的重要工具。

第七章 參考文獻

1. O.Schwartz, K. Frederiksen, B. Klausen, Allotransplantation of human teeth: a retrospective study of 73 transplantation over a period of 28 years, *Int. J. Oral Maxillofacial Surg.*16 (1987)285-301.
2. O.Schwartz, C.P. Rank, Autotransplantation of cryopreserved tooth in connection with orthodontic treatment, *Am. J. Orthodont. Dentofacial Orthop.*90 (1986)67-72.
3. O. Schwartz, Allotransplantation of human teeth,in: J.O.Andreasen(Ed), *Atlas of Replantation and Transplantation of Teeth*,1992.pp.223-240.
4. Y.H.Oh, Z.M.Che, J.C.Hong, E.J.Lee, S.J.Lee, J.Kim, Cryopreservation of human teeth for future organization of a tooth bank-A preliminary study,*Cryobiology* 51(2005)322-329.
5. M Kaku, Cryopreservation of PDL cells by use of program freezer with magnetic filed for teeth banking, *Dentistry in Japan.* (43) 82-86, 2007
6. J.O. Andreasen, L.Kristerson, The effect of limited drying or removal of the periodontal ligament: periodontal healing after replantation of mature permanent incisor in monkeys, *Acta Odontol. Scand.*39 (1981)1-13.
7. K.S.Oikarinen, K.Stoltze, J.O. Andreasen, Influence of conventional forceps extraction and extraction with an extrusion instrument on cementoblast loss and external root resorption of replanted monkey incisors. *J. Perodont. Res* 31(1996)337-344.
8. M.C. Groeneveld, V. Everts, W. Beertsen, Alkaline phosphatase activity in the periodontal ligament and gingiva of the rat molar: its relationship to cementum formation, *J. Dent. Res*74 (1995)1374-1381.
9. H.A. de Sousa, A.H. G. de Alencar, K.F. Bruno, A.C. Batista, A. C.P. de Carvalho, Microscopic evaluation of the effect of different storage media on the periodontal ligament of surgically extracted human teeth, *Dental Traumatology.*24(2008)628-632

10. M. Haas, D.J. Kenny, M.J. Casas, E.J. Barrett, Characterization of root surface periodontal ligament following avulsion, severe intrusion or extraction : preliminary observations, *Dental Traumatology*, 24(2008) 404-409
11. C.Y. Lin , M.H. Lin, W.M. Cheung, T.N. Lin, J.H. Chen, C. Chang, In vivo cerebromicrovasculatural visualization using 3D $\Delta R2$ -based microscopy of magnetic resonance angiography (3D $\Delta R2$ -mMRA), *NeuroImage* 45 (2009) 824–831



圖表



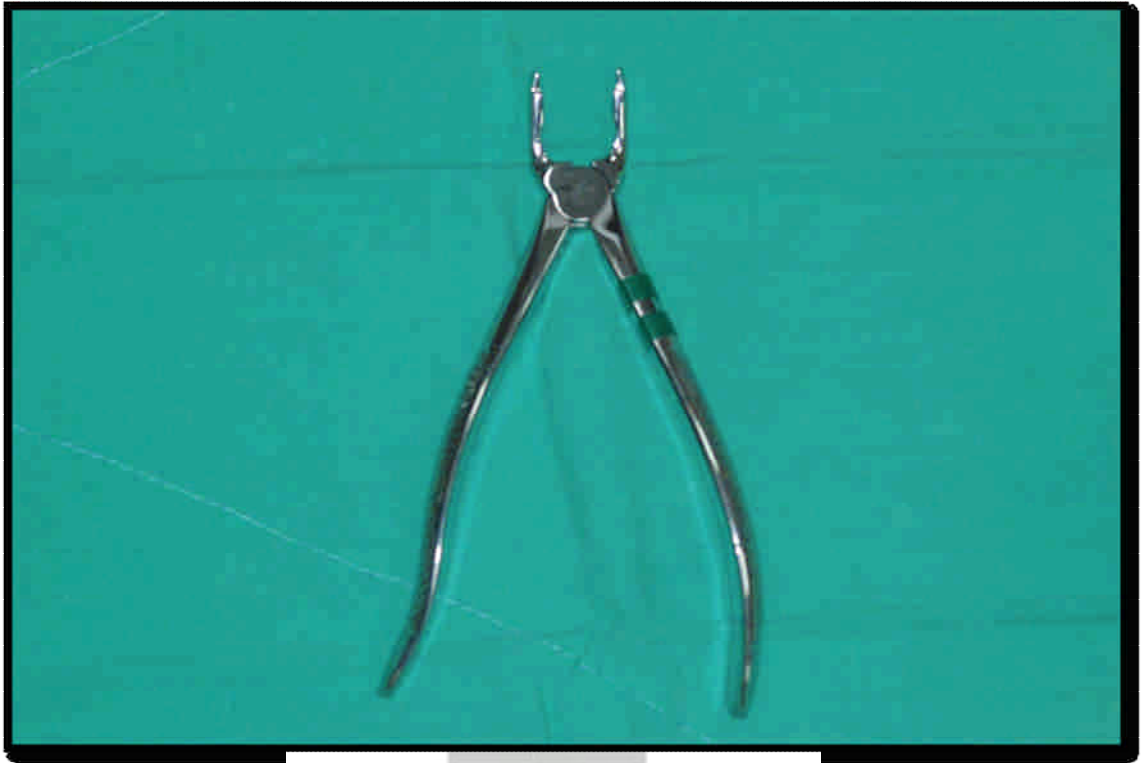
圖一

特製的拔牙鉗，有如 carbide 的 beak 內面



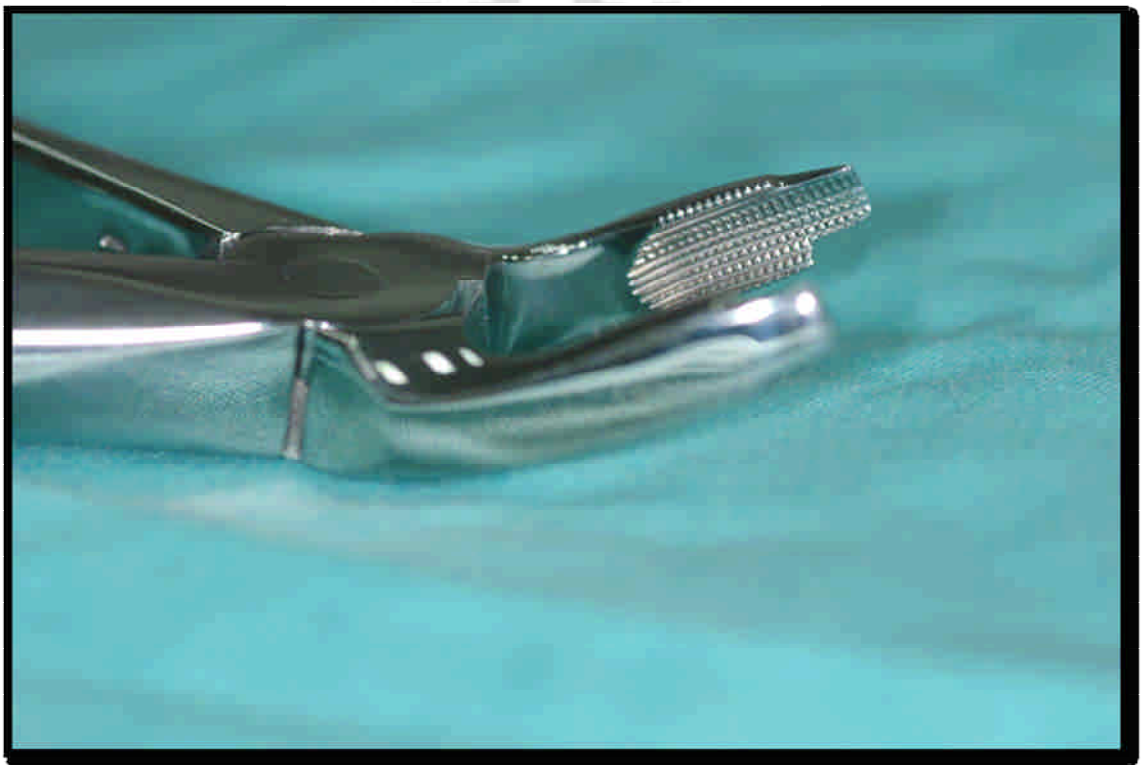
圖二

Beak of forceps，有 carbide 粗糙面用以防止滑動



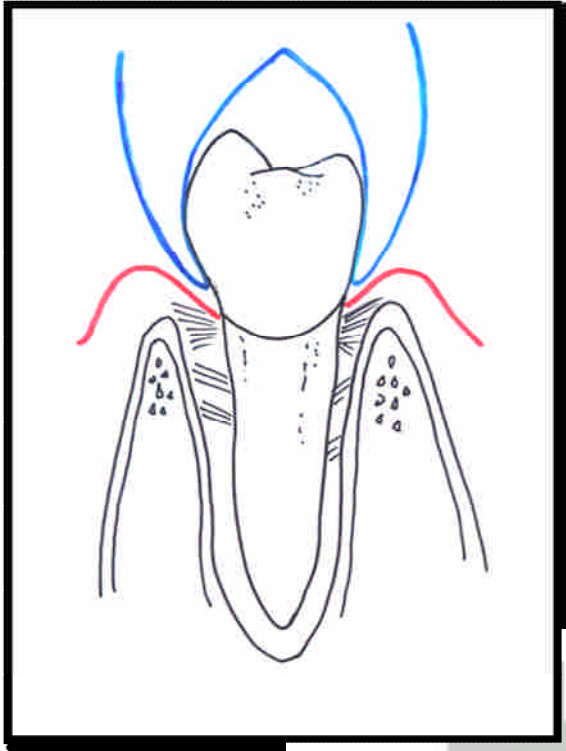
圖三

特製之拔牙鉗，有粗糙面的 beak



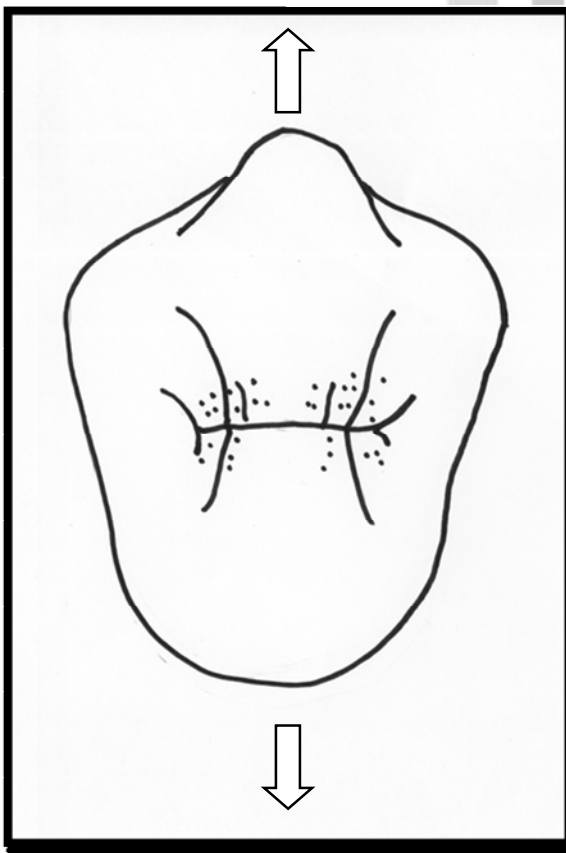
圖四

Beak of forceps 有防滑的粗糙面



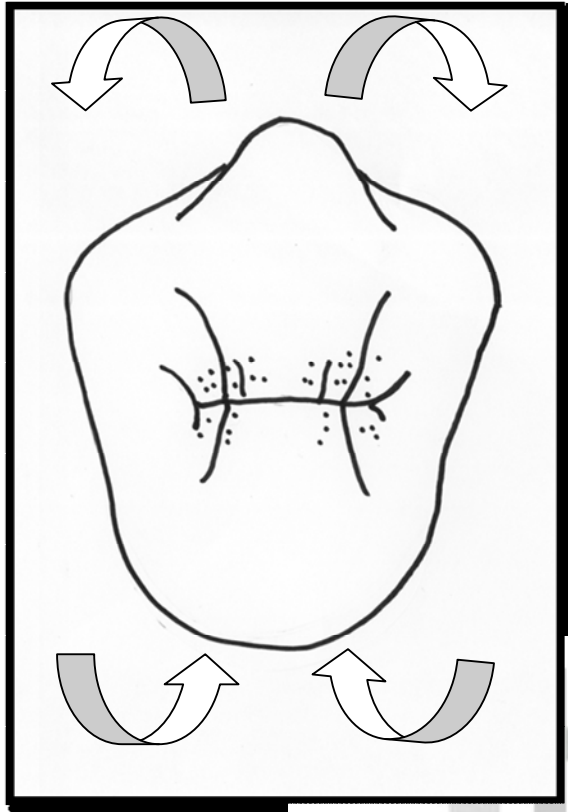
拔牙時 Forceps 夾住牙冠在 CEJ 之上，不可讓 forceps 滑入 socket 內，造成 PDL 之傷害。

圖五



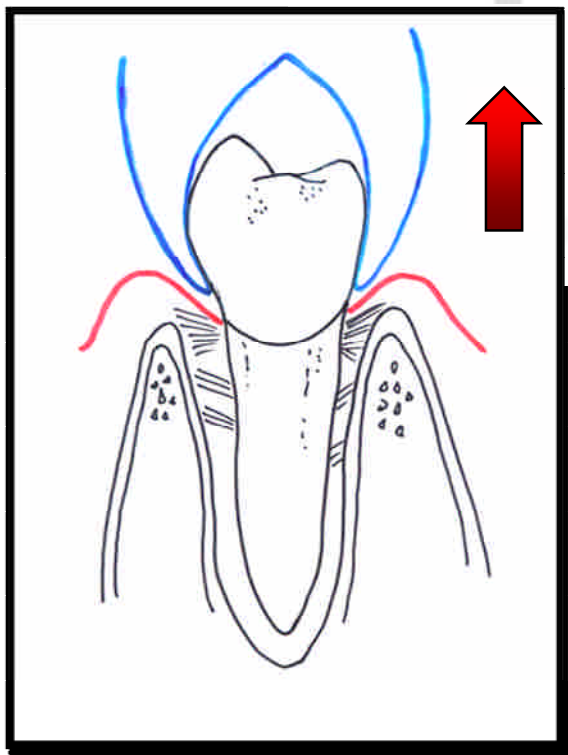
以 buccal 以及 lingual 方向先將 socket 撐開

圖六



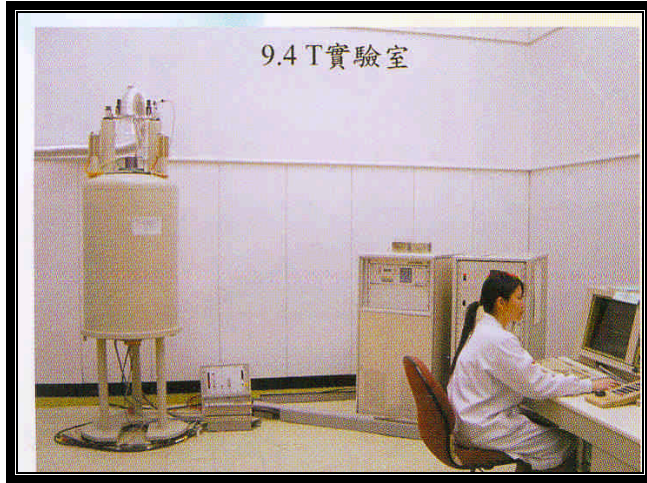
撐開 socket 後，再以旋轉的方式(順時針或逆時針的方向)將牙齒搖鬆

圖七

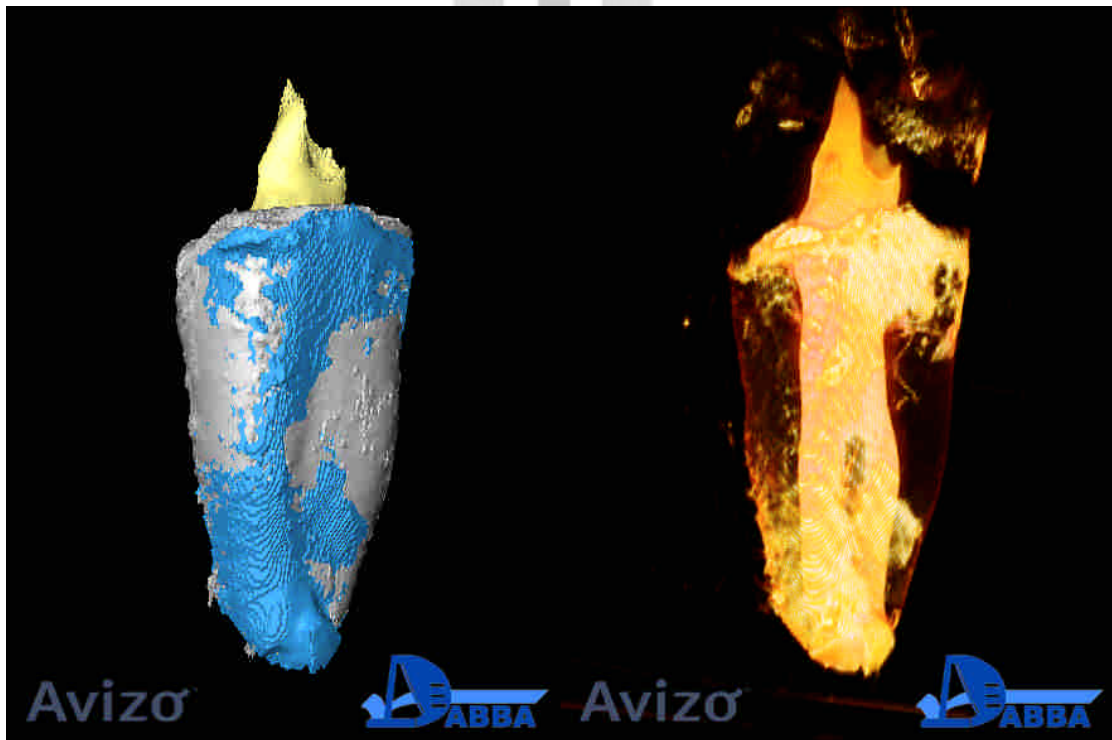


以向 crown 的方向，將牙齒拔出

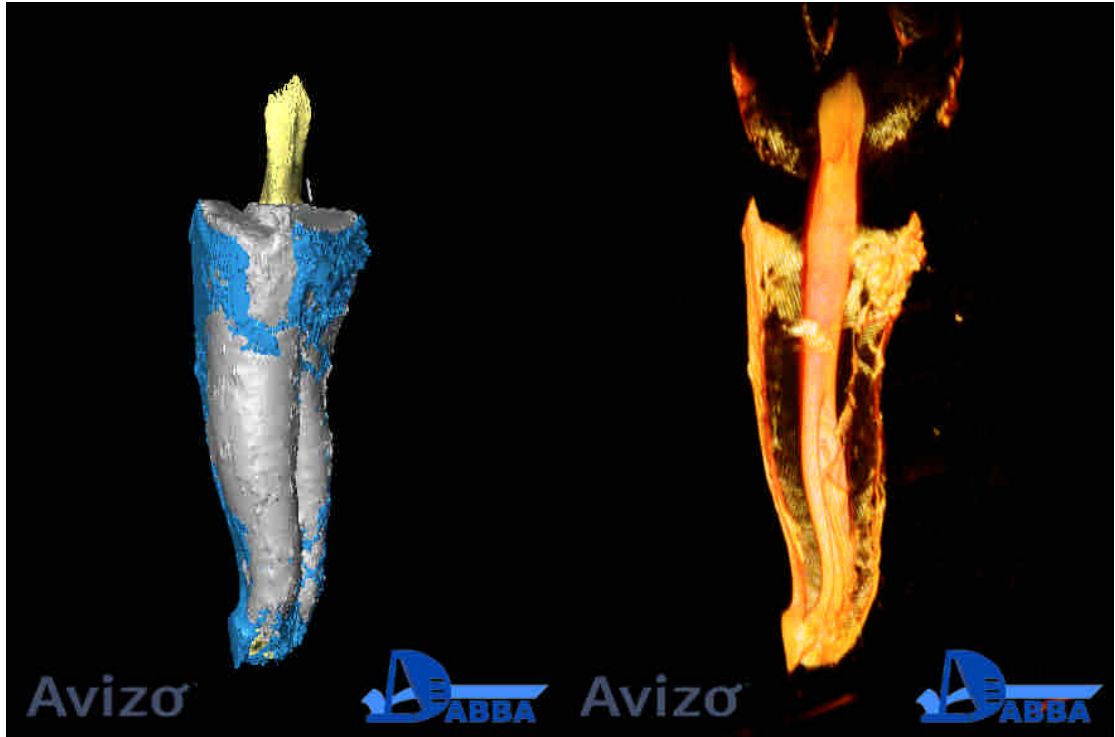
圖八



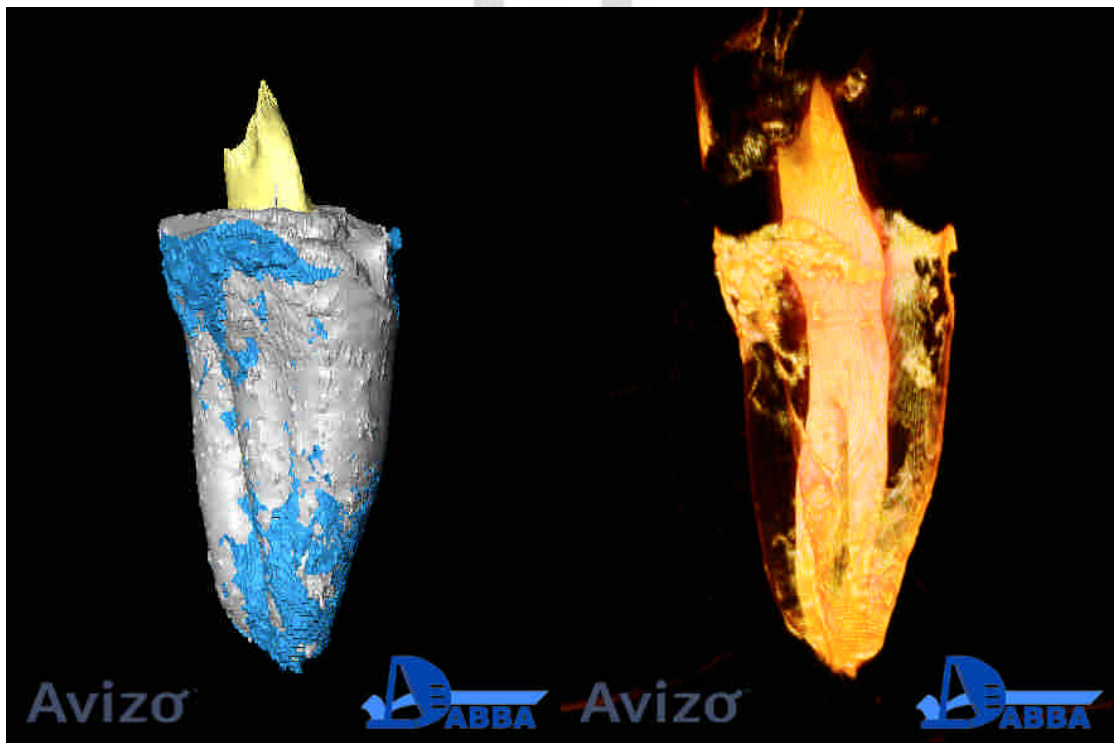
圖九 直立式微米磁振造影儀



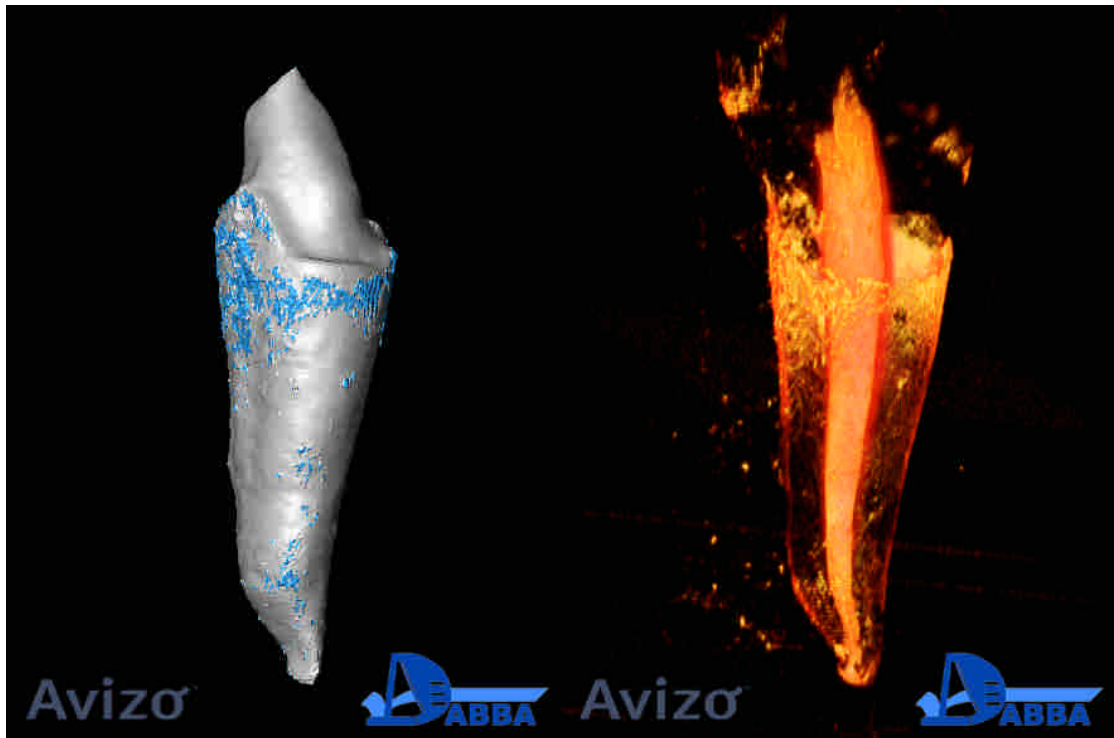
圖十 TMU0_090511 之 3D 數位重組牙齒影像，並以 Avizo 6 軟體辨識並計算牙周韌帶之分布與面積，圖左藍色部分即為殘存在牙根上的牙周韌帶，本圖是遠心頰側(disto-buccal surface)。



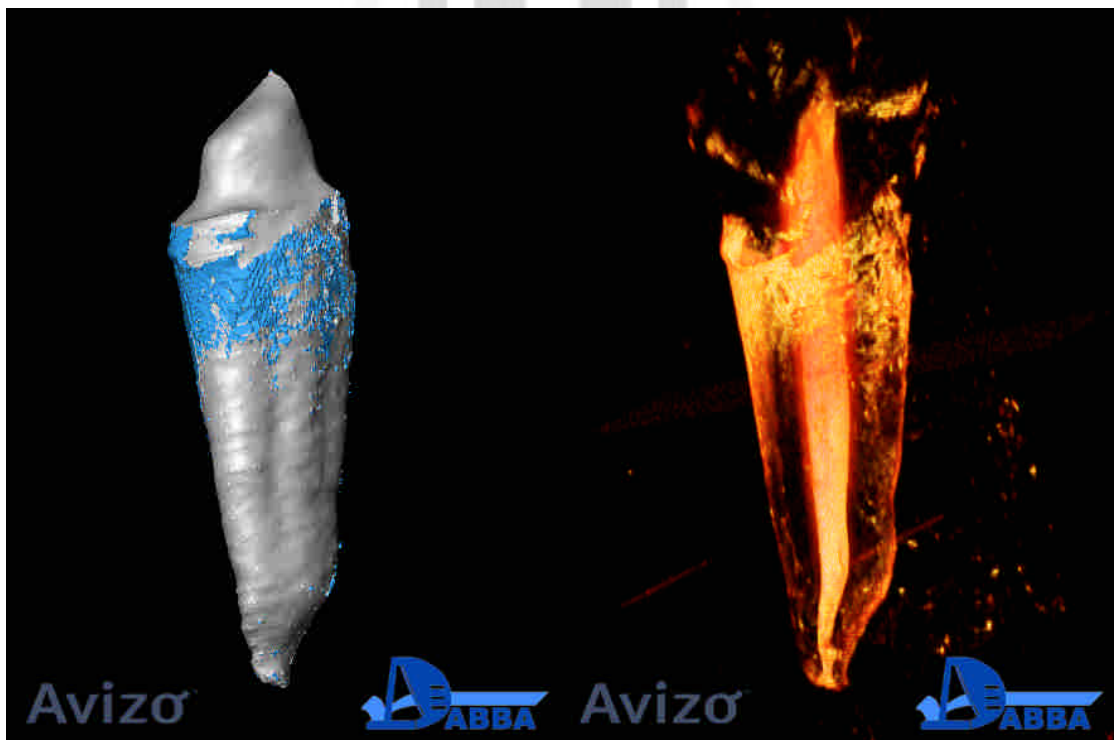
圖十一 TMU0_090511 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是舌側(lingual surface)。



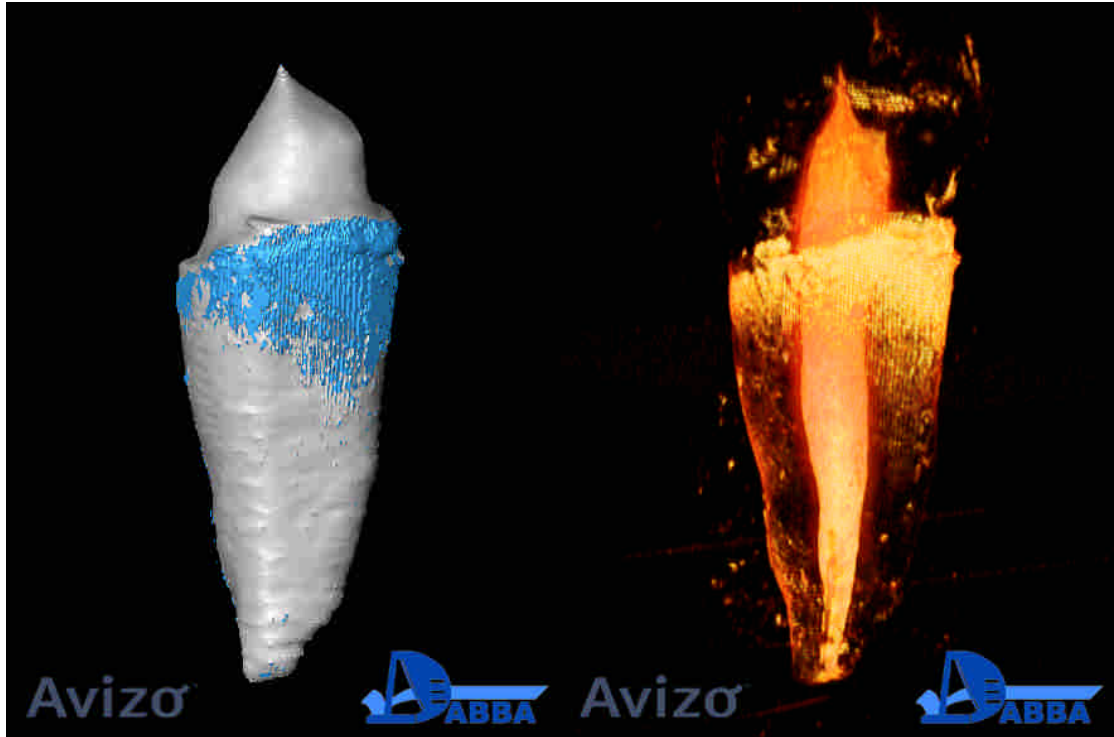
圖十二 TMU0_090511 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是近心頰側(mesio-buccal surface)。



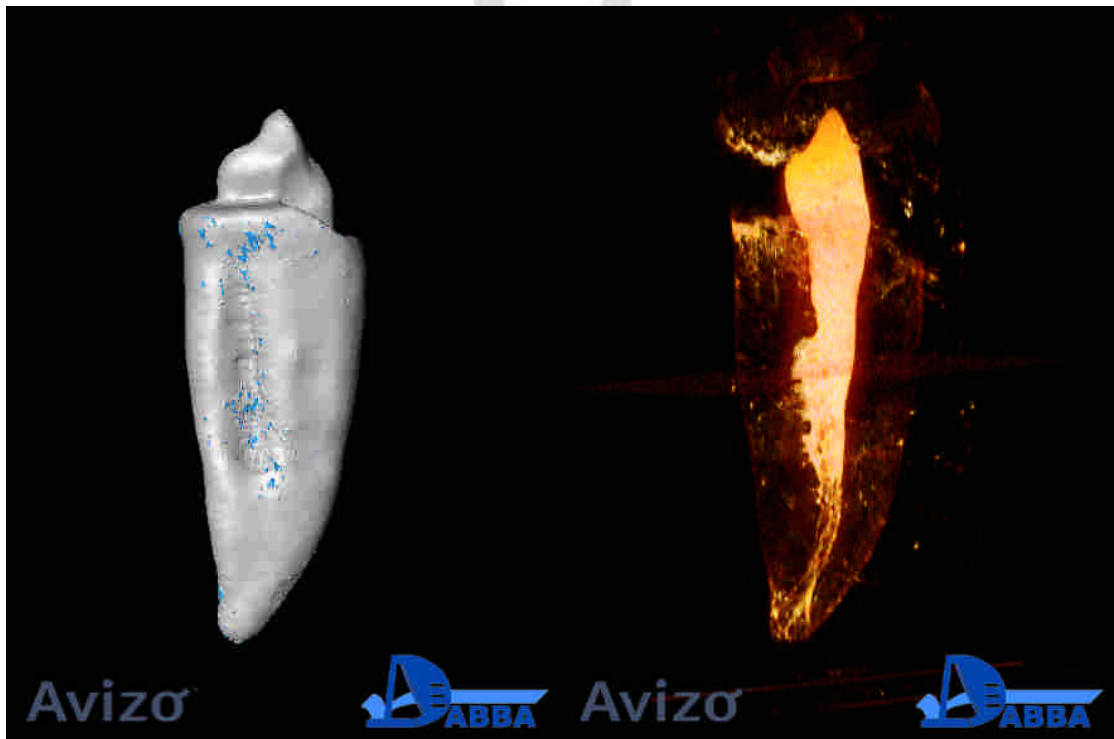
圖十三 TMU2-090605.TD1 之 3D 數位重組牙齒影像，並以 Avizo 6 軟體辨識並計算牙周韌帶之分布與面積，圖左藍色部分即為殘存在牙根上的牙周韌帶，本圖是遠心頰側(disto-buccal surface)。



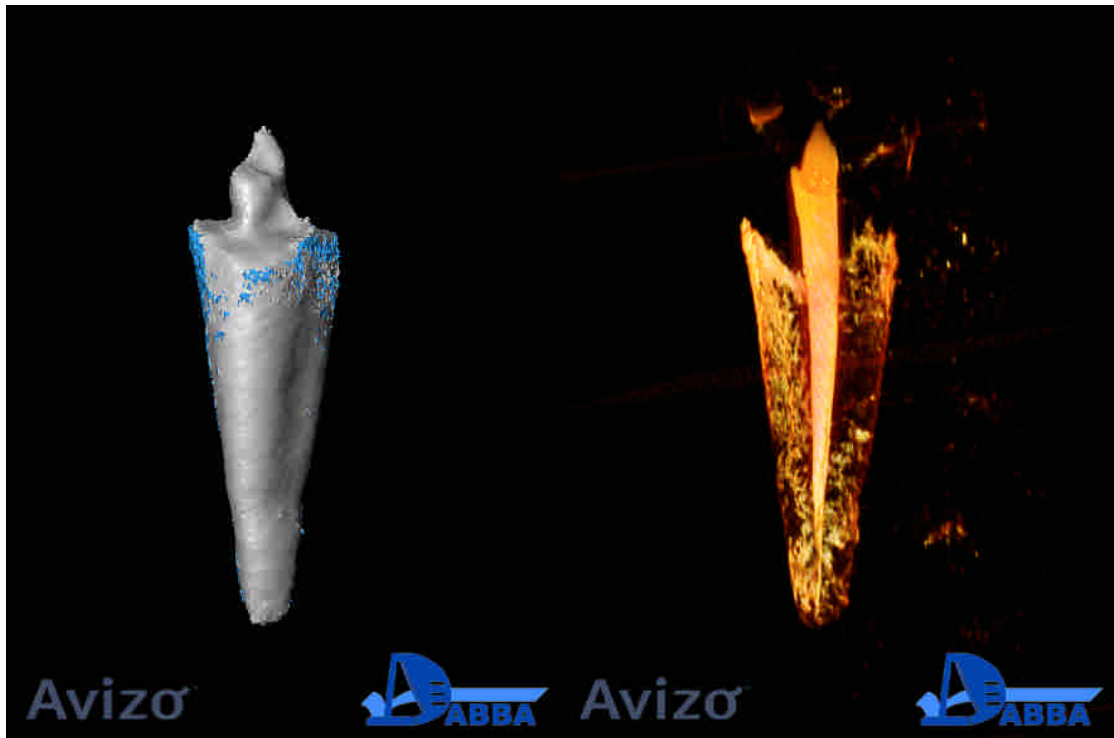
圖十四 TMU2-090605.TD1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是遠心舌側(disto-lingual surface)。



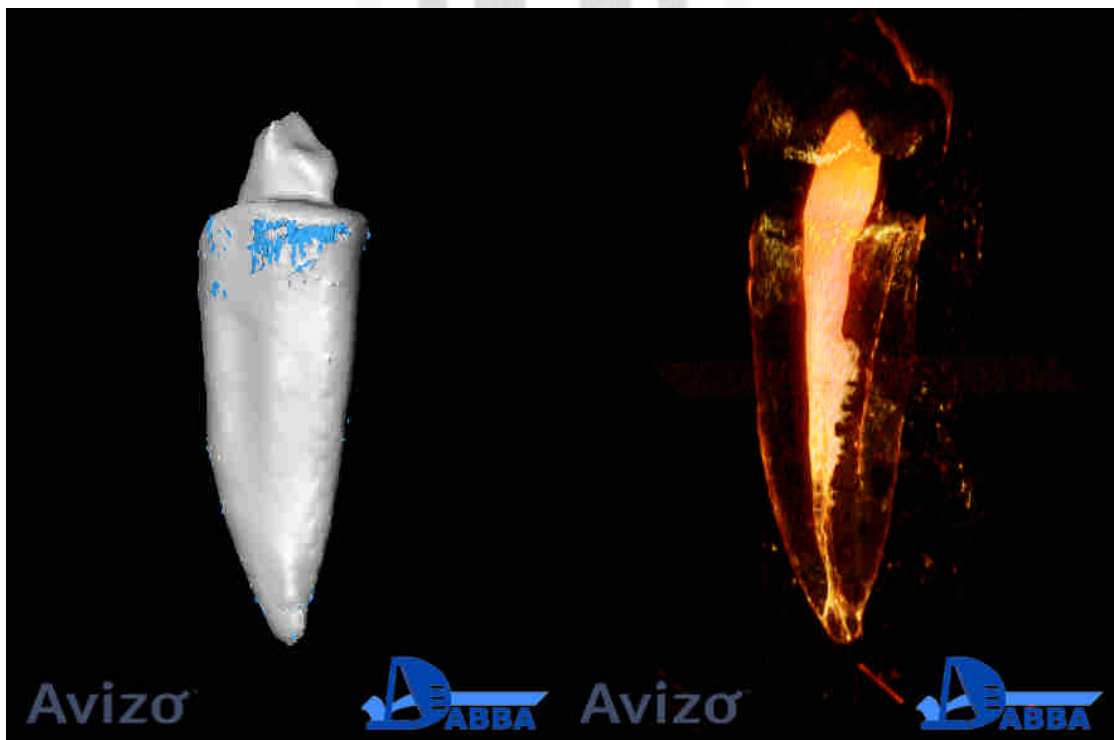
圖十五 TMU2-090605. TD1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是近心頰側 (mesio-buccal surface)。



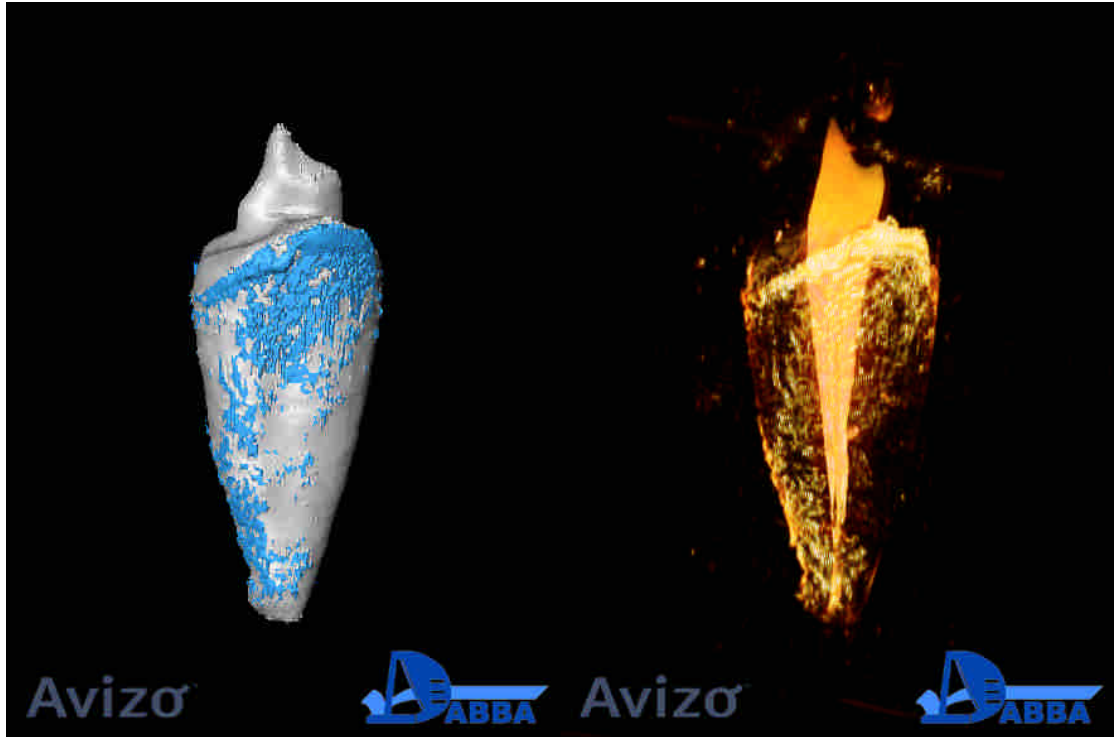
圖十六 TMU3-090610. TI1 之 3D 數位重組牙齒影像，並以 Avizo 6 軟體辨識並計算牙周韌帶之分布與面積，圖左藍色部分即為殘存在牙根上的牙周韌帶，本圖是遠心頰側(disto-buccal surface)。



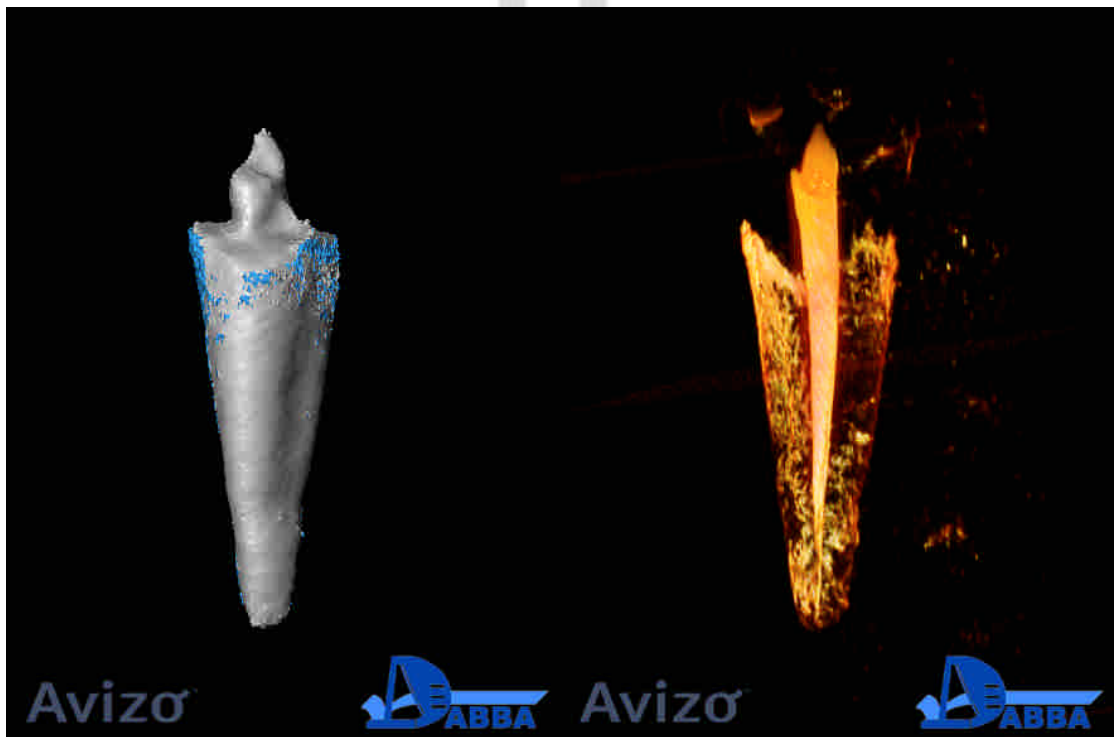
圖十七 TMU3-090610.TI1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是遠心舌側 (disto-lingual surface)。



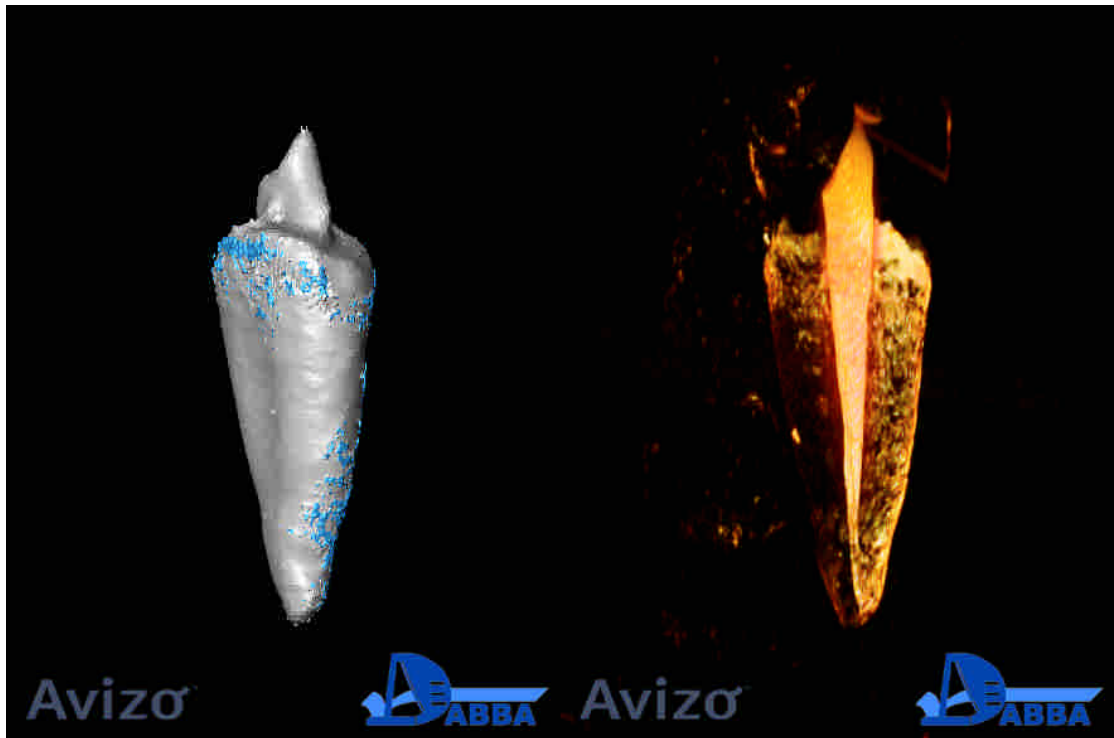
圖十八 TMU3-090610.TI1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是近心舌側 (mesio-lingual surface)。



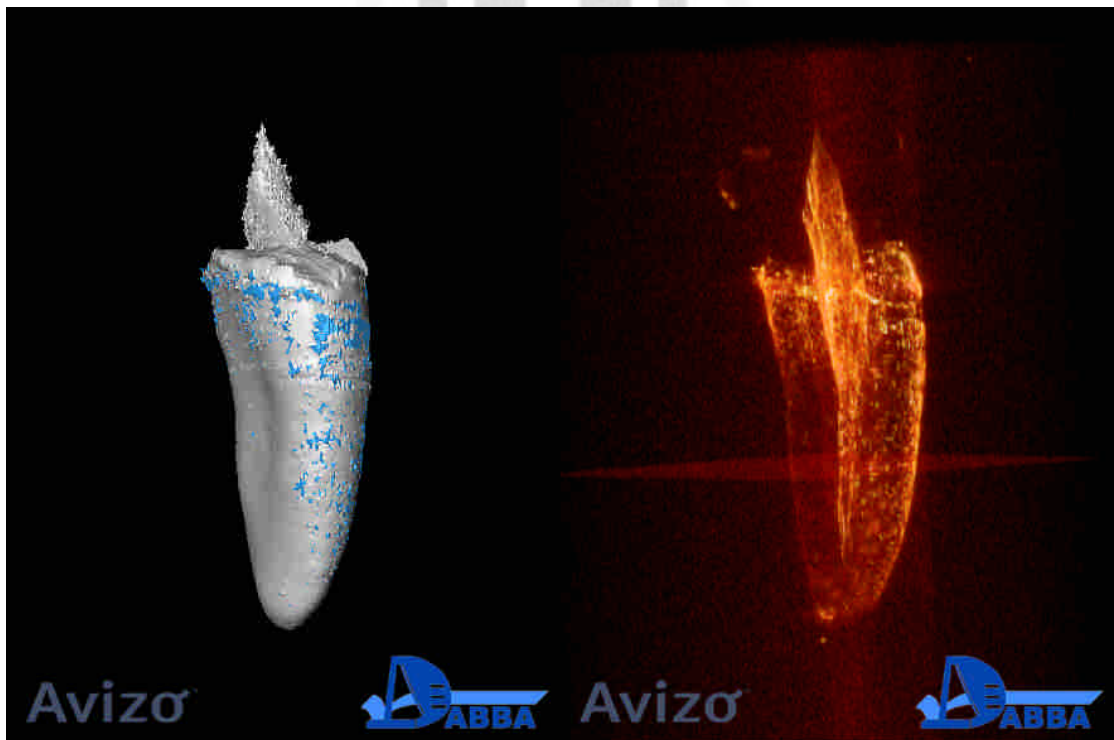
圖十九 TMU4-090611.TJ1 之 3D 數位重組牙齒影像，並以 Avizo 6 軟體辨識並計算牙周韌帶之分布與面積，圖左藍色部分即為殘存在牙根上的牙周韌帶，本圖是遠心側(distal surface)。



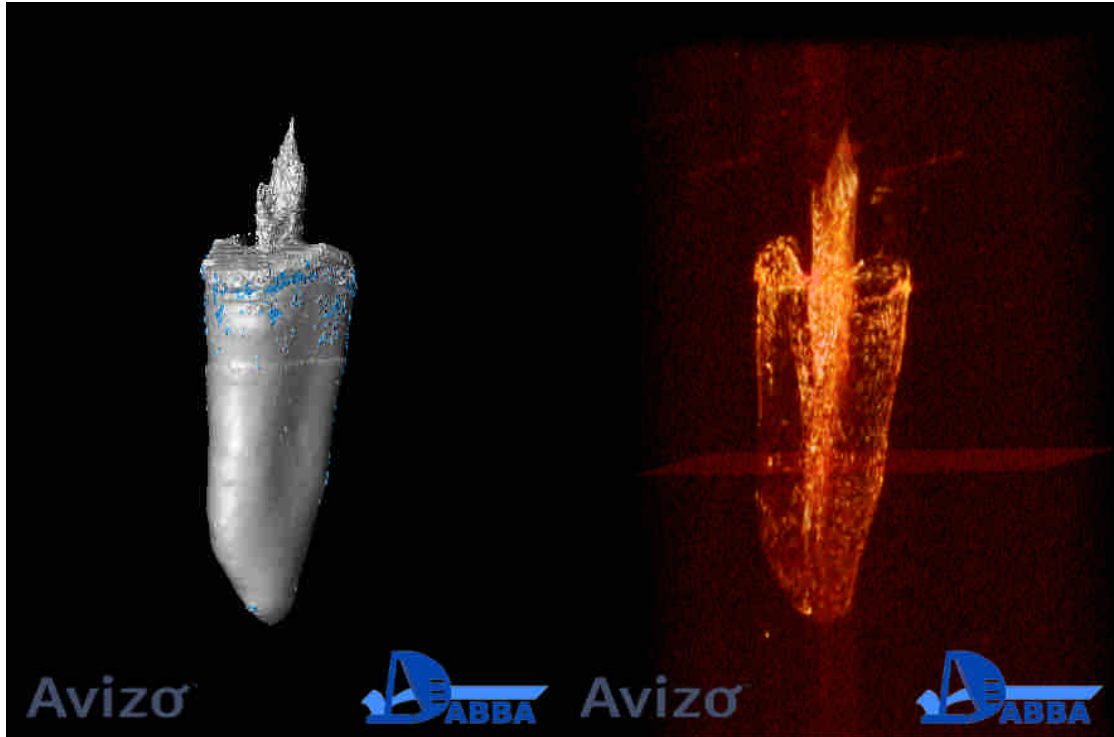
圖二十 TMU4-090611.TJ1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是舌側(lingual surface)。



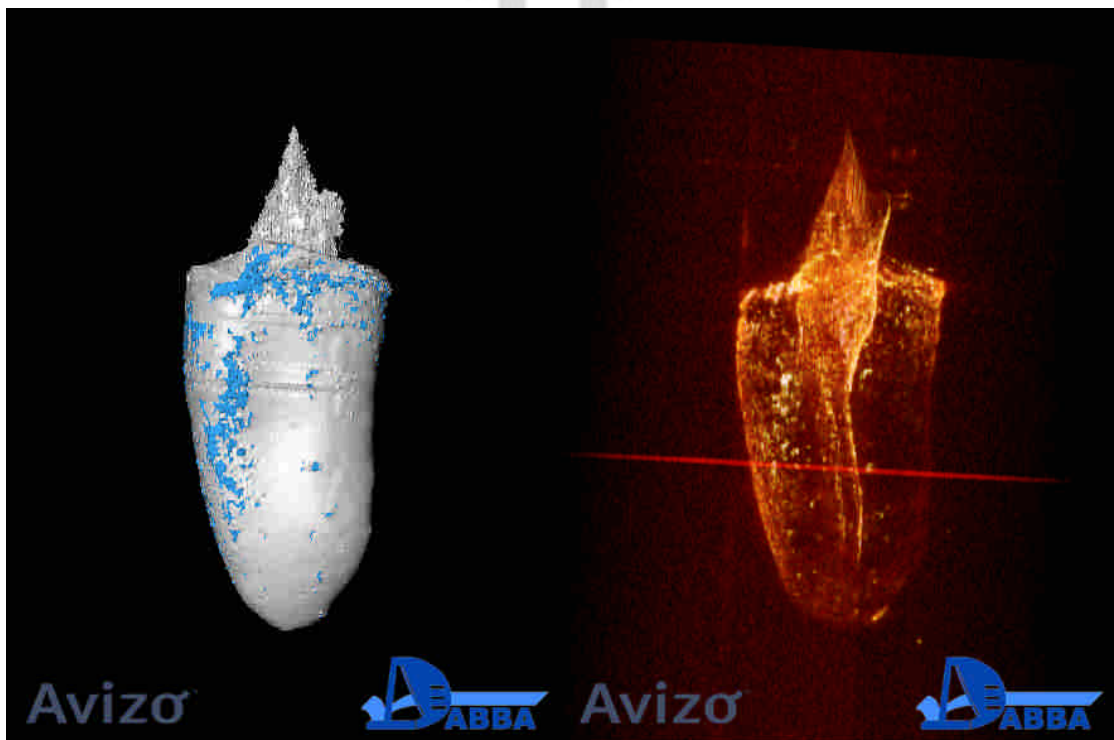
圖二十一 TMU4-090611.TJ1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是近心頰側 (mesio-buccal surface)。



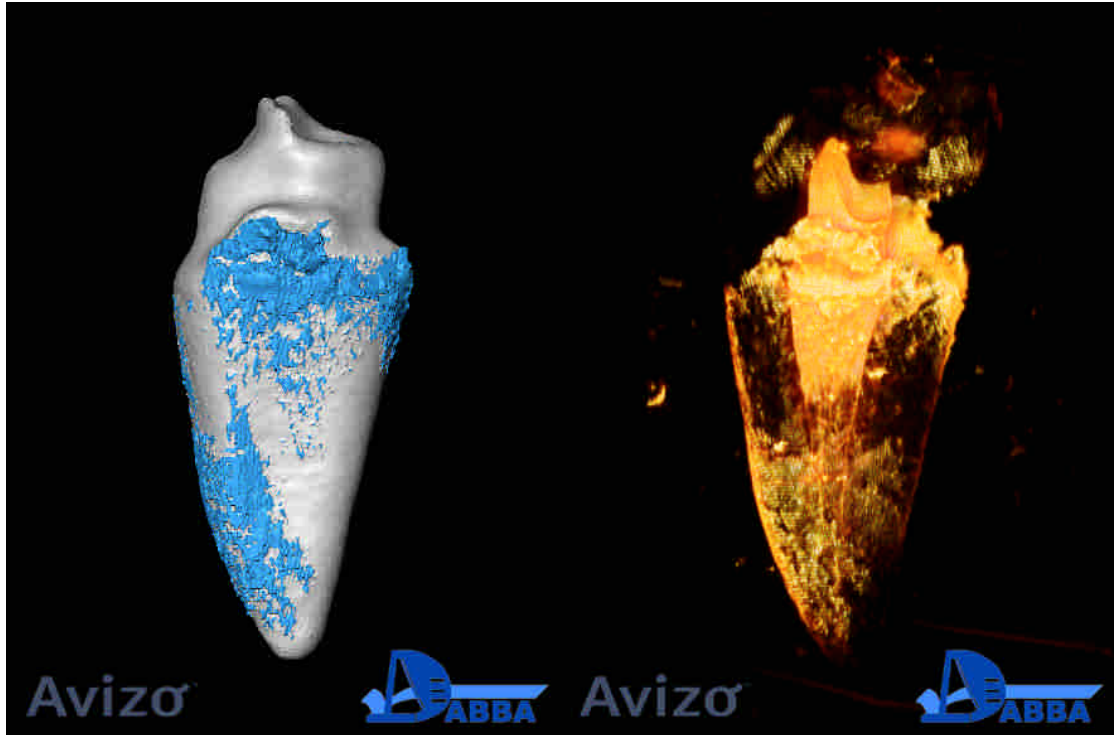
圖二十二 TMUN1-090603.TB1 之 3D 數位重組牙齒影像，並以 Avizo 6 軟體辨識並計算牙周韌帶之分布與面積，圖左藍色部分即為殘存在牙根上的牙周韌帶，本圖是遠心頰側 (disto-buccal surface)。



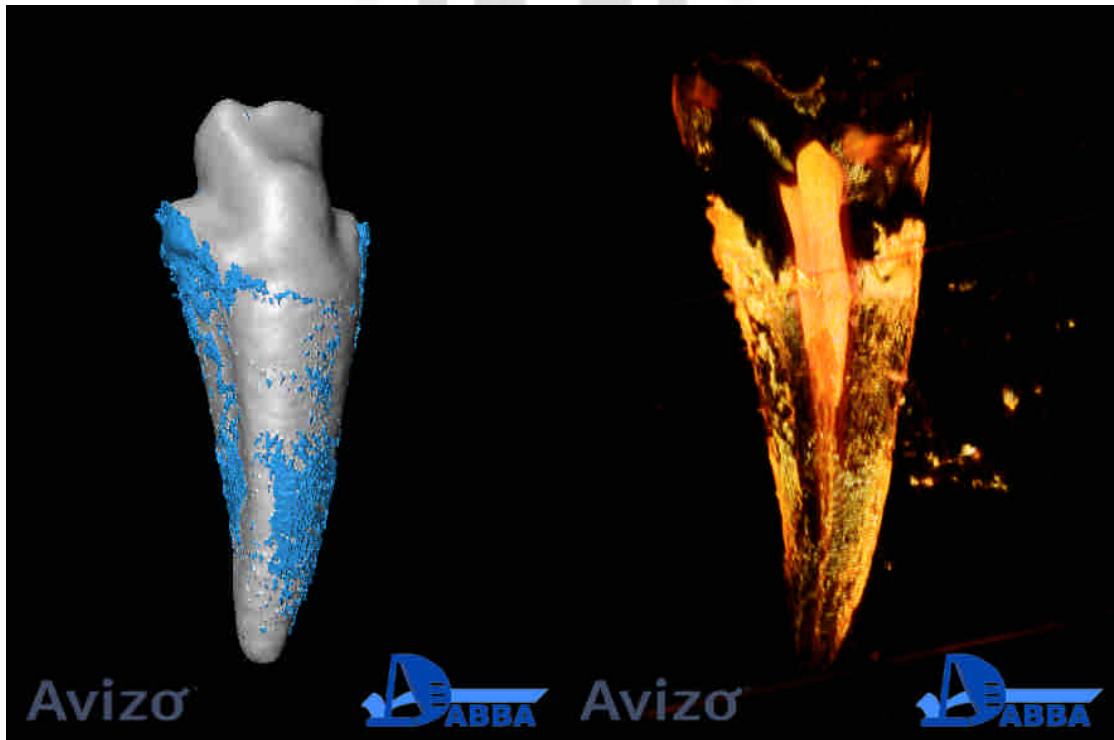
圖二十三 TMUN1-090603.TB1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是遠心舌側 (disto-lingual surface)。



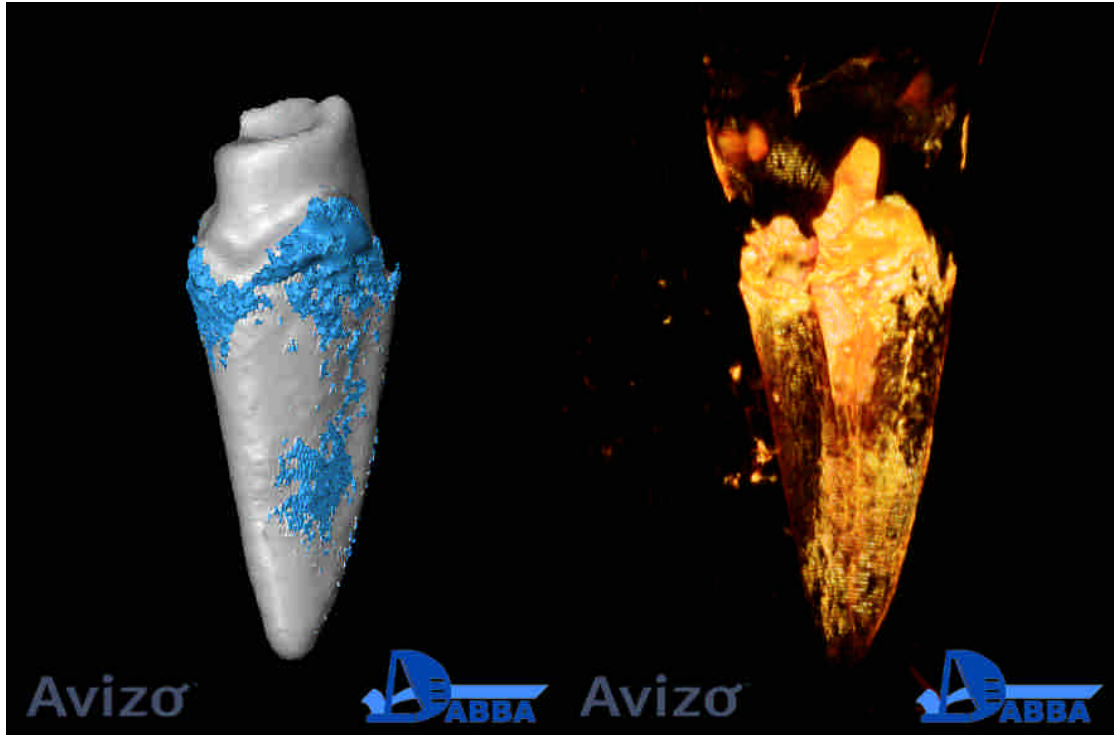
圖二十四 TMUN1-090603.TB1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是近心側 (mesial surface)。



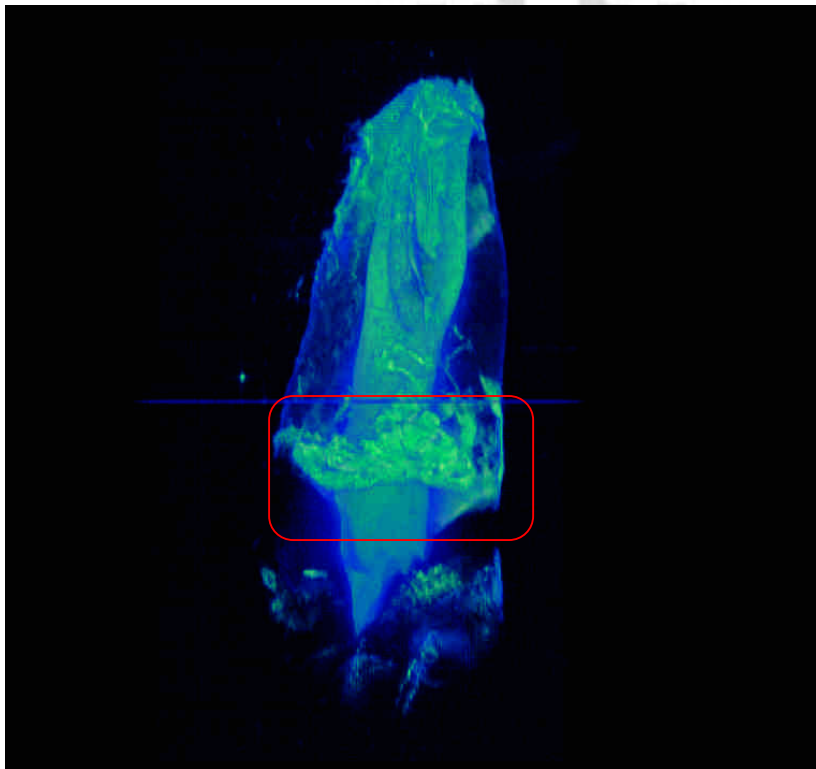
圖二十五 TMUN2-090619. TR1 之 3D 數位重組牙齒影像，並以 Avizo 6 軟體辨識並計算牙周韌帶之分布與面積，圖左藍色部分即為殘存在牙根上的牙周韌帶，本圖是遠心頰側(disto-buccal surface)。



圖二十六 TMUN2-090619. TR1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是遠心舌側 (disto-lingual surface)。



圖二十七 TMUN2-090619. TR1 之 3D 數位重組牙齒影像，本圖是近心舌側 (mesio-lingual surface)。



圖二十八 TMU0_090511 之 3D 數位重組牙齒影像，牙根周圍的發亮區域即是牙周韌帶，紅色區域即懷疑可能是被拔牙鉗夾入之牙齦組織。

傳統拔牙組	頰側 PDL	舌側 PDL	近心側 PDL	遠心側 PDL
TMU0_090511	損傷嚴重，僅存根尖 1/3	損傷嚴重，僅存齒頸部少許	損傷程度中等，位於牙根中間	損傷程度輕微，位於牙根中間
TMU2-090605.TD1	損傷最為嚴重，僅存齒頸部少許	損傷嚴重，齒頸部保存尚可	損傷嚴重，僅存齒頸部少許	損傷嚴重，齒頸部保存良好
TMU3-090610.TI1	接近全部損傷	接近全部損傷	損傷嚴重，僅存齒頸部少許	損傷嚴重，僅存齒頸部少許
TMU4-090611.TJ1	損傷嚴重，僅存根尖 1/2	損傷嚴重，僅存齒頸部少許	損傷程度輕微，位於牙根中間 1/3	損傷嚴重，僅存齒頸部 1/4
改良拔牙組				
TMUN1-090603.TB1	損傷嚴重，僅存根尖 1/3	損傷嚴重，僅存齒頸部少許	損傷程度輕微，位於牙根中間 1/3	損傷嚴重，齒頸部 1/3 部分保存
TMUN2-090619.TR1	損傷程度中等，位於齒頸部 1/2	損傷程度中等，位於齒頸部以下	損傷程度輕微，位於牙根中間 1/3	損傷程度輕微，位於牙根外圍及根尖部位

表一 微米磁振造影掃描後，數位影像經過 3D 重組暨牙根及牙周韌帶計算後，牙根表面的牙周韌帶分布區域的分析(topographic analysis)，將牙齒分為頰側、舌側、近心側、遠心側四個面來檢視牙周韌帶損傷的狀況。

傳統拔牙組	牙周韌帶體積 (mm3)	牙周韌帶覆 蓋面積(mm2)	牙根面積 (mm2)	牙周韌帶與牙 根面積比例
TMU0_090511	13.89	108.31	254.37	43%
TMU2-090605.TD1	4.48	43.81	204.50	21%
TMU3-090610.TI1	0.74	5.20	224.66	2%
TMU4-090611.TJ1	3.44	28.93	151.92	19%
MEAN	5.64	46.56	208.86	21.25%
SD	5.72	44.13	43.14	16.82%
改良拔牙組				
TMUN1-090603.TB1	2.50	21.13	202.64	10%
TMUN2-090619.TR1	11.78	64.67	211.84	31%
MEAN	5.79	42.90	207.24	20.50%
SD	5.20	30.78	6.515	14.85%

表二 微米磁振造影掃描後，數位影像經過 3D 重組暨牙根及牙周韌帶計算後所得之結果。