

# 牙髓、牙周與鑲復三合一 牙科治療觀念之簡介： 顯微牙醫學、雷射牙醫學 與數位牙醫學

黃百弘 醫師

- 臺北醫學大學 學士 碩士
- 新竹明皓牙醫診所 副院長
- WLMC 世界雷射醫學大會 專科醫師 講師
- 德國VHF原廠Col 講師
- 丹麥3shape原廠數位美學鑲復與植牙課程 認證醫師
- APLI 臺灣世界臨床雷射醫學會 專科醫師 與 前常務理事
- 以色列希伯來大學 Litetouch原廠雷射課程 認證醫師
- 法國 Dr. Boudot顯微鏡水雷射課程 認證醫師

## 前言

當一顆牙齒，被診斷為同時具有牙髓疾病、牙周疾病與牙齒本身的疾病時，這樣的牙齒是否應該保留下來或是移除後再施予植牙或製作牙橋來恢復功能與美觀，一直以來，這問題不論在醫師與病人之間或是醫師與醫師之間，都是爭論不休的。如要留下牙齒，需要經歷根管治療、牙周治療與鑲復治療；如需要拔除，即拔即種也是一個很好的選

項。而如今牙科有許多先進的設備，如牙科立體手術顯微鏡、雷射儀器、數位口腔掃描與診間電腦輔助鑲復系統，各自形成一門獨特的學問，而如何整合這些學問，讓醫師能更具效率的執行療程。此篇文章利用臨床常見的一種情況為例，說明這三門領域如何整合應用，將一個一般來說需要至少六次約診以上的療程，進化到當天一次約診完成，即「三合一治療」(圖一)。

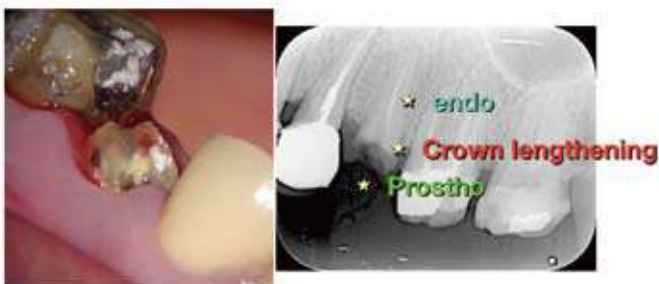
圖一、三合一治療示意圖。



介紹

牙冠斷裂或殘根，牙科臨床常見的一種情況適應症，如 (圖二)。發生原因可能是蛀牙太久導致牙冠斷裂、或根管治療完未做牙套保護導致填補物脫落與牙齒慢慢碎裂等等。原因可能有很多，但診斷應由三個科別分別來思考，如圖二這個案例，牙髓病科方面診斷應有兩個：品質不良的根管充填 (imcompleted endo. tx.) 與良好

的根尖周圍組織 (health periapical condition)，而牙根斷裂 (fracture) 要特別小心檢查是否存在；牙周病科也應該有兩個診斷：牙齦炎 (Gingivitis) 與牙周骨頭狀況良好 (health periodontal bone tissue)，而理學檢查時，搖動度 (mobility) 特別重要的關鍵；鑲復牙科的診斷則更為複雜：冠根比例 (crown-root ratio)、齶齒、剩餘齒質、圍箍長度 (ferrule length) 與生物寬度 (biological width)、鄰接牙齒與對咬牙的狀況等等。如在美觀區還需要加上美學評估，難度會更高，可以加入數位微笑設計來輔助評估 (Digital smile design, DSD)。以上牙齒的條件都需要同時檢查並評估是否適合三合一治療的方式，再提供病人治療選項，我認為此類適應症，病人應該有兩種治療



圖二、牙冠斷裂臨床照與X光照。

選擇：三合一治療與即拔即種，如 (圖三)。原因是長期追蹤下，牙周良好且有良好品質的根管治療牙齒存活率與拔掉後植牙的存活率是一樣好的<sup>[1]</sup>。

為何會想出「三合一治療」？是因為我發現此適應症一般需要三個科別的協同治療 (Interdisciplinary Treatment)，分別由不同的三位科別醫師來執行，從牙周病科先處理牙周問題，通常是牙冠增長術 (crown lengthening)，第一次約診，翻瓣手術與縫合，第二次約診拆線，需要兩次約診；到了牙髓病科，由於已完成牙冠增長術，橡皮障 (rubber dam) 放置較為容易，而一般根管治療第一次約診從髓腔開擴、修型與沖洗、選擇性放入根管内用藥、暫時填補，第二次約診做根管充填，至少兩次約診；最後到了鑲復牙科，第一次約診置入柱釘、製備牙齒、印模、製作臨時假牙，第二次約診來試戴、永久固定，也需要兩次約診。僅一顆牙齒的治療，如完全順利進行療程，至少需要六次的約診，如不順利如根管治療難度很高需要更多次，假牙試戴不合要修改等等，超過六次也是常見的。

臨床上，在我的診所中，牙冠增長術如使用水雷射 (鉬類雷射，Erbium laser)，搭配牙科立體手術顯微鏡，執行不翻瓣微創牙冠增長術，即不需要縫線，可減少一次約診，即六次變成五次；而根管治療由於鐮鈦旋轉器械近年來快速發展，搭配牙科立體手術顯微鏡與水雷射做根管盪洗，可有效率的將根管治療在一次約診中完成，這樣就可以



圖三、牙冠斷裂治療計畫：三合一治療與即拔即種。

從六次約診變成四次了；如以上兩種技術都已純熟，在上好麻藥的情況下，將牙冠增長術與根管治療在一次約診中完成，即達到六次約診縮短一半：三次約診；如再增加一些當次約診的時間，將柱釘、製備牙齒、印模一併完成 (一般牙醫都已經非常純熟的基本技術)，等於病人只要來兩次，第二次約診即可裝好假牙；最後，如再導入診間電腦輔助鑲復系統，當天假牙即可製作出來，如試戴順利，本需六次約診的一個療程，只需一次約診，當天鑲復完成。以上概念，我簡稱為「三合一治療」。

## 顯微牙醫學：牙髓病科

牙科手術立體顯微鏡除了在提升根管治療的品質有非常大的幫助，在牙周治療與美學鑲復也漸漸地被廣泛的應用，如微創牙周手術、微創美學備牙等等。此節專注在根管治療領域的討論，從髓腔開擴 (Access opening)、修形與清創 (shaping & cleaning) 與根管充填 (Root canal filling)。

## 髓腔開擴 (Access opening) :

要將根管系統裡的感染組織清潔與擴大，找出根管開口 (orifice) 是首要關鍵，因根管系統如有遺漏未清除徹底，將是造成未來根管治療失敗的主因<sup>[2]</sup>。打開髓腔後，去除髓腔中所有的有機物 (牙髓組織) 與無機物 (沈積鈣化物)，在顯微鏡底下找出所有的入口。顯微鏡主要功能有二：放大與照明<sup>[3]</sup>。其好處可以避免移除過多的齒質而增加日後贖復的困難度；也可以避免尋找根管開口時，造成側面或底部穿孔的情形；在有多根管的情況，如上顎大白齒的MB2或下顎小白齒超過兩個根管時，在顯微鏡底下操作確實能大大地減少操作的時間，縮短療程<sup>[4]</sup>。

## 修形與清創 (shaping & cleaning) :

為了修形 (shaping) 的效率，鎳鈦器械是必備的。在使用鎳鈦器械之前，應先建立滑行路徑 (glide path)，如沒有建立而直接使用旋轉或順逆重複運轉式的鎳鈦器械，只會造成器械斷裂或根管道被阻塞<sup>[5,6]</sup>。反之，如先取得滑行路徑，根管器械是不易斷裂的，甚至使用極限可以多達六倍之多<sup>[7]</sup>。根管鎳鈦器械在1980年末被發明並應用在根管治療領域後，至今不斷的演進<sup>[8]</sup>。而其演進方向有二：設計與材料。設計上為改變錐度 (Taper) 大小或截面 (cross section) 的設計；材料則是有熱處理 (heat treatment) 或表面處理

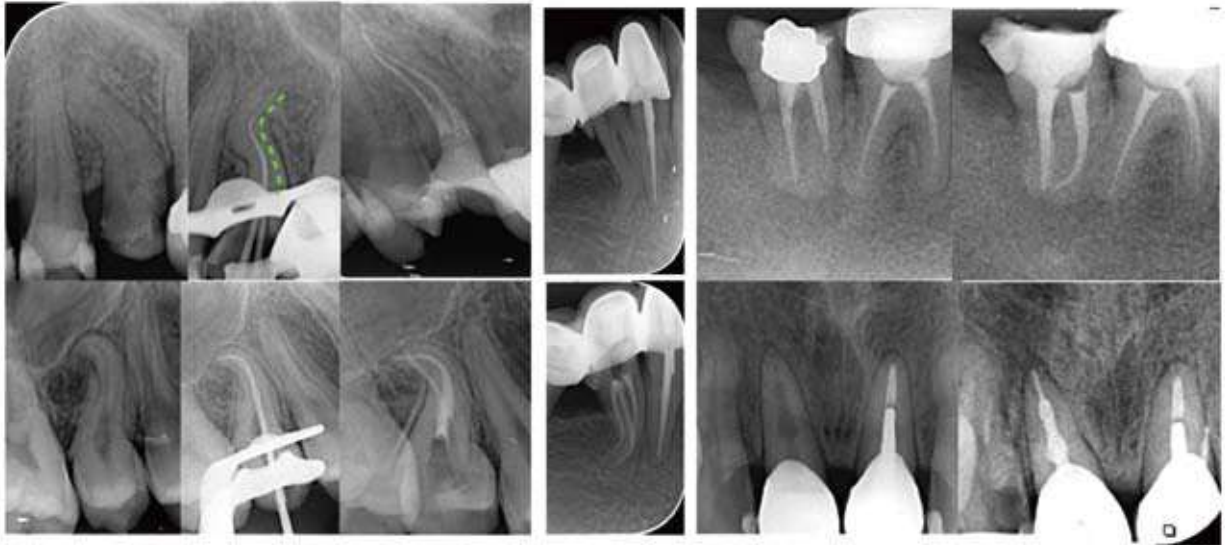
(surface treatment)。而不斷的演進，不外乎就是為了在根管治療修形與清創時，能更有效率、解決困難複雜的根管及提高安全性<sup>[9]</sup>。其臨床應用有以下幾點：根管滑行路徑的維持<sup>[5,10-12]</sup>、根管擴大與修型 (enlargement)<sup>[13,14]</sup>、根管內硬組織 (hard tissue debris) 與塗抹層 (smear layer) 移除<sup>[15,16]</sup>、生物膜 (biofilm) 移除<sup>[17]</sup>、根管內放置藥物 (intracanal medicament) 移除<sup>[18-20]</sup>、根管內填充材料 (root canal filling material) 移除<sup>[21,22]</sup> 等等。

而當今較流行的概念為在診斷牙齒內根管解剖構造後，以盡量不破壞健康齒質為前提，移除根管內的感染，稱為微創根管修形 (minimally invasive anatomical cleaning / anatomically directed instrumentation) 或3-D根管修形<sup>[23,24]</sup>。

M3<sup>®</sup> 為我近年來喜愛的鎳鈦器械品牌，其最主要的原因是其包括了多樣化的設計：彎曲根管修形、階台去除、內吸收根管清潔等等都有相對應的型號來解決這些難題 (圖四)。

以前為了應付千變萬化的根管，要跟許多不同廠商購買各類的鎳鈦器械，M3<sup>®</sup> 的種類型號之多相當讓人驚艷，甚至連針對兒童乳牙都有出專門的型號，其研發的潛力相當讓人期待 (圖五)。

清創 (cleaning) 的部分，除了一般我們熟知的沖洗液與技術之外，鉬雅各雷射 (Er:YAG laser, 俗稱水雷射)



圖四、臨床困難根管案例：左上-S形根管；左下-接近九十度彎曲根管；  
中間-下顎小白齒彎曲多根管，穿過牙套開擴；右上-台階去除，彎曲根管；右下-內吸收

的光誘導雷射波盪洗 (PIPS, Photo-induced Photoacoustic Streaming) 技術，屬於一種雷射輔助沖洗 (LAI, Laser-activated irrigation) 的方式之一，不論在提高次氯酸鈉 (NaOCl) 的淨化作用，與提高17%乙二胺四乙酸 (EDTA) 去除塗抹層的效率，都有良好的效果 [25]。



圖五、M3@ NiTi files臨床影片，請掃 QR code。

### 根管充填 (Root canal filling) :

根管填充的方式有幾種選擇：側向填壓法 (lateral condensation)、垂直加熱填充法 (warm vertical compaction)、連續熱能填充法 (continuous wave compaction) [26] 以及水壓式填壓法 (hydraulic condensation, single cone technique)。而其中水壓式填壓法是較新的觀念，需要搭配生物陶瓷類的糊劑來操作 [27-29]。而如果是特殊根管構造如C型根管或內吸收等等，加熱填充法

確實有明顯比較好的效果 [30,31]。我個人認為在剛學習使用牙科手術立體顯微鏡的時候，根管填充是最好的練習時機，即使到現在，我幾乎每個臨床案例充填的時候都會使用顯微鏡，理由有二：充填的操作時間會縮短與品質大大提升；且此時可再次確認是否有遺漏的開口或未清潔乾淨的根管，增進成功的機率。

## 雷射牙醫學：牙周病科

牙科雷射應用相當廣泛，幾乎所有牙科分科都有相關的臨床雷射應用，如圖六。此節特別針對牙周方面，以微創牙冠增長術來讓各位初步了解牙科雷射的美妙。

鈔雅各雷射因其不論硬軟組織皆可處理的特性，成為當今唯一能在單一療程內執行牙冠增長術的工具，且術後並沒有顯著的牙齦萎縮及浮腫<sup>[32,33]</sup>。其中一個很重要的原因是使用鈔雅各雷射(Er:YAG laser)能創造一個幾乎無菌的環境下，同時又能處理軟硬組織<sup>[34]</sup>。而這樣的臨床特性，能在短時間內提供患者高品質且可預期的治療，我稱之為IPP (Impossible → Possible → Predictable)，隨之而來的，是病人開懷的笑容與喜悅的心情(圖六)。

當遇到如圖二這樣的案例：牙冠斷裂，牙根長度與周圍組織狀況良好的情況，為了取得製作贗復體的條件，牙冠增長術是必須的。牙冠增長術分為兩大

類：冠向延伸與根尖向延伸 (coronal & apical extension)。冠向延伸常用的方式是利用矯正的力量 (如 force eruption)。根尖向延伸又分為兩種：翻瓣手術與微創手術 (open technique & close technique)。依照是否需要修整骨頭、美觀考量、牙周健康狀況與是否有具備微創技術與工具等等來決定使用哪一種術式<sup>[33,35]</sup>。

我的臨床建議操作順序：使用鈔雅各雷射做消毒 (disinfection)、去上皮 (de-epithelium)、移除牙齒上軟組織 (remove cover)、牙齦切除 (Gingivectomy)、移除所有蛀牙與軟牙本質 (remove all caries & soft dentin)、確認生物寬度 (check biological width)、細修軟硬組織 (bone & soft tissue remodeling)、傷口包紮 (wound dressing)。接者如有需要可以裝置橡皮障 (rubber dam application) 後，再進行樹脂填補或根管治療等等 (圖七)<sup>[33,35]</sup>。



圖六、鈔雅各雷射各科臨床影片，請掃 QR code。



圖七、鈔雅各雷射微創牙冠增長術臨床操作建議步驟。

關於生物寬度 (biological width)：一般人類自然牙在考慮做牙周翻瓣手術時，經常使用2.04mm這個生物寬度平均數<sup>[36]</sup>。我認為幾乎所有牙科治療都是客製化、要求非常精準的今日，生物寬度應每個人、每顆牙齒、每個牙面都應有所不同，其寬度介於0.5-2.5mm之間，尤其當微創手術如未翻瓣，骨頭修整微量甚至完全沒有，不應用全翻瓣手術的結果與數據來套用<sup>[37]</sup>。臨床上我經常使用鉅雅各雷射搭配牙科手術立體顯微鏡，將生物寬度決定在0.5-1.0mm已足夠進行後續治療，依照每個牙面不同情況來決定寬度，不需要縫線且術後病人感覺良好，恢復快速。

一個額外的好處：如病人在美觀區同時有牙齦黑色素沉積，使用水雷射可以在一次麻藥之下同時完成微創牙冠增長術與去除黑色素沈積，即牙科紅白美學<sup>[38]</sup>。

## 數位牙醫學：贗復牙科

一日贗復 (the same day dentistry) 必須具備的椅旁或診間系統 (chairside or in-office system)，在不同廠牌的口掃機與牙科加工機，由於開放系統的關係，有非常多種組合，此節針對個人使用熟悉的 3Shape TRIOS 口掃機加上 VHF Z4 加工機來做介紹，旨在讓各位了解踏入此領域基本所需應該知道的細節。

## 3Shape Trios

數位口腔掃描儀器中，丹麥3shape的影像品質與效率一直是業界的領頭羊，其產品3Shape TRIOS特性如下：屬於開放系統 (open system)、有比色功能 (color matching)、有攜帶型 (portable)、僅影像擷取 (無自家輸出設備，milling machine or 3-D printing)、二極體光源、無需噴粉、影像為彩色模型、影像種類為攝影 (Video) 組成3D模型<sup>[39,40]</sup>。

口掃機的成像原理主要有兩種：主動式三角測量法 (Active triangulation method) 與共軛對焦測量法 (Confocal method)，而 3Shape TRIOS 所採用的是共軛對焦測量法<sup>[41]</sup>。而大家最關心的精度與準度 (Precision & Trueness)，臨床常被人引用的邊緣容許誤差為120 $\mu\text{m}$ <sup>[42]</sup>，而目前市面上口掃機的精度約25 $\mu\text{m}$ 以下，大多在10 $\mu\text{m}$ 左右；而準度大多落在20 $\mu\text{m}$ 內，最高也才50 $\mu\text{m}$ <sup>[43, 44]</sup>，當然最後贗復體的精準度還會受到操作者的口掃技巧熟練度與後續串接產生的誤差影響，但口掃本身的誤差已在臨床可接受的範圍內了<sup>[45,46]</sup>。而 3Shape TRIOS 最優秀的地方在於其邊緣線的完整辨識度 (margin finish line definition)<sup>[40]</sup>。邊緣的辨識度對後續CAD (computer aid design) 有極大的影響，甚至說此要素為一日贗復流程中最重要的關鍵也不為過，當然牙齒的製備與排齦的技巧是我們牙醫師應該要因應數位牙科而做出些

許的修正。

只要口掃機有使用前校正與定期保養，加上2019年釋出的AI scan，軟體更新之後，數位印模已經確確實實地比傳統印模要有效率且修正容易。傳統精準印模如等了4-5分鐘後才發現一個小氣泡，是否要重印常陷入兩難，此情況在數位印模只需要修整模型後花個幾秒再補掃修正即可，十分方便；口掃完也可以立即檢查咬合空間是否足夠，如發現不夠，臨床再次修磨後，一樣只需要修整模型後花個幾秒再補掃修正即可<sup>[47]</sup>。值得一提3Shape TRIOS MOVE 這款外型時尚的機型，可以瞬間拉近與病人之間的距離 (即破冰)，為感動病人的利器。

## VHF Z4

之所以會在眾多銑削機 (milling machine)中選擇VHF Z4，最重要的考

量是3Shape與VHF之間有互相認證信任彼此的機器，其次為Z4這型號機器設置簡單，操作簡單，保養簡單。設置簡單：如採用無線傳輸，整台機器只需要一條電源線即可開始工作，沒有其他外接水與氣相關的管線；操作簡單：無論刀具還是瓷塊，都是單擊安裝，沒有任何複雜的操作 (如鎖螺絲)，即助理操作產生的失誤可以大幅降低；保養簡單：工作區域的特殊塗層與只需要使用清水 (沒有任何的油需要添加)，智能觸控螢幕都會提示哪時該做哪些保養。一開始我就將此組合設定在醫師與助理可以自行操作完成臨床單冠案例，過於複雜的還是交由技工所完成，不然不符合成本。整體來說，如使用氧化鋯強化二矽酸鋰類的瓷塊，單冠小白齒12~15分鐘，大白齒16~20分鐘左右可以完成，如需要進爐強化與染色，大約一個小時左右可以做出成品。



圖八、數位鑲復流程路徑圖。



口掃完成後路徑有三條：可以傳給技工所後，全部加工完再快遞回診所，即類似傳統流程；也可以傳給技工所設計後，傳回診所端加工機製作與後續染色處理；第三種即所謂一日贖復，全部在診間自己完成 (圖八)。

在建立一日贖復系統的過程中，我認為學習曲線最高的即是學習CAD (3shape TRIOS Design Studio) 與染色的部分，因為其中包含有解剖構造的專業知識與藝術的成分，當然電腦操作與設計軟體的熟悉度，染色操作與進爐流程都有相當多細節需要注意。一旦標準流程建立完成，成品的品質與效率都是相當令人滿意的。

## 結語

在這全口重建以及植牙興盛的時代，從一般牙醫到全口重建之間，總有著一道深不可見鴻溝，因此我想搭一座橋樑，提出「三合一治療」的觀念，一方面確實可以為病人帶來身心靈的照顧，而另一方面，是各位醫師轉型或提升自己的一門橋接課程。透過「三合一治療」，熟悉各種高科技設備，進修較新的治療觀念與技術，再與病人共同擬定最佳的治療計劃，全口重建便不再是遙不可及的夢想了。

## 參考文獻

1. Torabinejad, M., et al., Outcomes of root canal treatment and restoration, implantsupported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2007. 98(4): p. 285-311.
2. Vertucci, F.J., Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 2005. 10(1): p. 3-29.
3. Sulaiman, A., O. Dosumu, and M. Amedari, Maxillary first premolar with three root canals: a case report. *Annals of Ibadan postgraduate medicine*, 2013. 11(2): p. 105-108.
4. Tzanetakis, G.N., T.A. Lagoudakos, and E.G. Kontakiotis, Endodontic treatment of a mandibular second premolar with four canals using operating microscope. *Journal of Endodontics*, 2007. 33(3): p. 318-321.
5. West, J., The endodontic Glidepath: "Secret to rotary safety". *Dentistry today*, 2010. 29(9): p. 86, 88, 90-3.
6. West, J., Manual versus mechanical endodontic glidepath. *Dentistry today*, 2011. 30(1): p. 136, 138, 140 passim-136, 138, 140 passim.
7. Berutti, E., et al., Influence of Manual Preflaring and Torque on the Failure Rate of ProTaper Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 2004. 30(4): p. 228-230.
8. Haapasalo, M. and Y. Shen, Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endodontic topics*, 2013. 29(1): p. 3-17.
9. Pedullà, E., et al., Cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and metallurgical characteristics of M3 Rotary and M3 Pro Gold NiTi files. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 2018. 43(2).
10. Patiño, P.V., et al., The influence of a manual glide path on the separation

- rate of NiTi rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 2005. 31(2): p. 114-116.
11. Pasqualini, D., et al., Computed Micro-Tomographic Evaluation of Glide Path with Nickel-Titanium Rotary PathFile in Maxillary First Molars Curved Canals. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(3): p. 389-393.
  12. Pasqualini, D., et al., Postoperative Pain after Manual and Mechanical Glide Path: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(1): p. 32-36.
  13. Wu, M.K. and P.R. Wesselink, A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*, 2001. 34(2): p. 137-141.
  14. Paqué, F., et al., Preparation of Oval-shaped Root Canals in Mandibular Molars Using Nickel-Titanium Rotary Instruments: A Micro-computed Tomography Study. *Journal of Endodontics*, 2010. 36(4): p. 703-707.
  15. Stojicic, S., et al., Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International Endodontic Journal*, 2012. 45(4): p. 363-371.
  16. Elnaghy, A.M., A. Mandorah, and S.E. Elsaka, Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. 2016.
  17. de Paz, L.C., Redefining the persistent infection in root canals: possible role of biofilm communities. *Journal of endodontics*, 2007. 33(6): p. 652-662.
  18. Siqueira, J.F. and H.P. Lopes, Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International Endodontic Journal*, 1999. 32(5): p. 361-369.
  19. Van Der Sluis, L.W.M., M.K. Wu, and P.R. Wesselink, The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *International Endodontic Journal*, 2007. 40(1): p. 52-57.
  20. Keskin, C., E. Sariyilmaz, and Ö. Sariyilmaz, Efficacy of XP-endo Finisher file in removing calcium hydroxide from simulated internal resorption cavity. *Journal of endodontics*, 2017. 43(1): p. 126-130.
  21. Zuolo, A.S., et al., Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *International Endodontic Journal*, 2013. 46(10): p. 947-953.
  22. Alves, F.R., et al., Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single-or rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XPendo Finisher. *Journal of endodontics*, 2016. 42(7): p. 1114-1119.
  23. Gluskin, A.H., C.I. Peters, and O.A. Peters, Minimally invasive endodontics: challenging prevailing paradigms. *British Dental Journal*, 2014. 216(6): p. 347-353.
  24. Ruddle, C.J., Endodontic triad for success: the role of minimally invasive technology. *Dent Today*, 2015. 34(5): p. 76-80.
  25. Olivi, G., et al., Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *The Journal of the American Dental Association*, 2014. 145(8): p. 843-848.
  26. Darcey, J. and A. Qualtrough, Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology. *British Dental Journal*, 2013. 214(9): p. 439-451.
  27. Yang, Q. and D. Lu, Premixed biological hydraulic cement paste composition and using the same. 2013, Google Patents.
  28. Zhou, H.-M., et al., Physical Properties

- of 5 Root Canal Sealers. 2013. 39(10): p. 1281-1286.
29. Haapasalo, M., et al., Clinical use of bioceramic materials. *Endodontic topics*, 2015. 32(1): p. 97-117.
  30. Goldberg, F., et al., Comparison of different techniques for obturating experimental internal resorptive cavities. *Dental Traumatology*, 2000. 16(3): p. 116-121.
  31. Keles, A., F. Ahmetoglu, and I. Uzun, Quality of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities: A micro-computed tomography study. *Australian Endodontic Journal*, 2014. 40(3): p. 131-135.
  32. Ishikawa, I., A. Aoki, and A.A. Takasaki, Potential applications of Erbium: YAG laser in periodontics. *Journal of periodontal research*, 2004. 39(4): p. 275-285.
  33. Aoki, A., et al., Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontology 2000*, 2015. 68(1): p. 217-269.
  34. Ando, Y., et al., Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. 1996. 19(2): p. 190-200.
  35. McGuire, M.K. and E. Todd Scheyer, Laser-assisted flapless crown lengthening: a case series. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 2011. 31(4): p. 357.
  36. Lanning, S.K., et al., Surgical Crown Lengthening: Evaluation of the Biological Width. *Journal of Periodontology*, 2003. 74(4): p. 468-474.
  37. Hamasni, F.M. and F. El Hajj, Comparison of the clinical biological width with the published standard histologic mean values. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 2017. 7(5): p. 264.
  38. Roshna, T. and K. Nandakumar, Anterior esthetic gingival depigmentation and crown lengthening: report of a case. *J Contemp Dent Pract*, 2005. 6(3): p. 139-147.
  39. Alghazzawi, T.F., Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *Journal of Prosthodontic Research*, 2016. 60(2): p. 72-84.
  40. Nedelcu, R., et al., Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: an in vitro descriptive comparison. *BMC Oral Health*, 2018. 18(1).
  41. Logozzo, S., et al., Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and Lasers in Engineering*, 2014. 54: p. 203-221.
  42. McLean, J., The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br dent j*, 1971. 131: p. 107-111.
  43. Hack, G.D. and S.B. Patzelt, Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: an in-vitro investigation. *ADA Prof Prod Rev*, 2015. 10(4): p. 1-5.
  44. Renne, W., et al., Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017. 118(1): p. 36-42.
  45. Ender, A. and A. Mehl, Full arch scans: conventional versus digital impressions-an invitro study. *International journal of computerized dentistry*, 2011. 14(1): p. 11-21.
  46. Ender, A. and A. Mehl, In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence International*, 2015. 46(1).
  47. Ahlholm, P., et al., Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 2018. 27(1): p. 35-41.