

Laser Enhanced Endodontic Treatment 雷射加強盪洗的根管治療

Gregori M. Kurtzman, DDS, MAGD, DICOI, DADIA

【指導教授】柯俊宏 副教授 國立台北科技大學機電整合研究所

【研究生】吳文齊 · 蔡啓東 · 陳韋霖 · 李偉立

The key to endodontic success is two pronged, cleaning the system and sealing it. Although rotary files have improved the efficiency of instrumentation, they are unable to reach any more of the anatomy than hand files are able to reach. Cleaning of the canal system is keyed to irrigation of the canal system to improve debris removal in anatomy that the files are unable to contact. When anatomy is not fully cleaned, sealer is unable to fill this, leaving bacteria to inhabit those areas that may lead to endo-dontic failure over time. Laser-enhanced activation of endodontic irrigants cleans more anatomy adjacent to the main canals so that a more complete obturation of the canal system can occur. An added benefit is that the laser has an antibacterial effect, killing bacteria within the canal anatomy as well as distant to where the irrigation solution

may reach essentially sterilizing the entire tooth to the periodontal ligament.

簡介

根管治療被斷定為能夠有效的清創及清潔牙根。牙根內部是由好幾組銼較難進入的如副根管、鰭狀物、側支根管等所組成 (如圖1)。身為臨床牙醫，我們能夠靈活使用銼的旋轉與移動來清理主要的根管系統，但是根管根部靠近鄰近的主根管無法使用任何機械移除牙髓組織與碎片。在這個階段，根管治療的成功需要清理牙髓組織以及其他的細菌，使填充物可以完全的密封在牙根內。由於還有牙髓組織，所以也無法將填充物放入。成功的關鍵必須依賴完全消毒以及清創牙根，所以才有可能將填充物埋入。所以盪洗一直以來被視為根管治療能成功的主要因

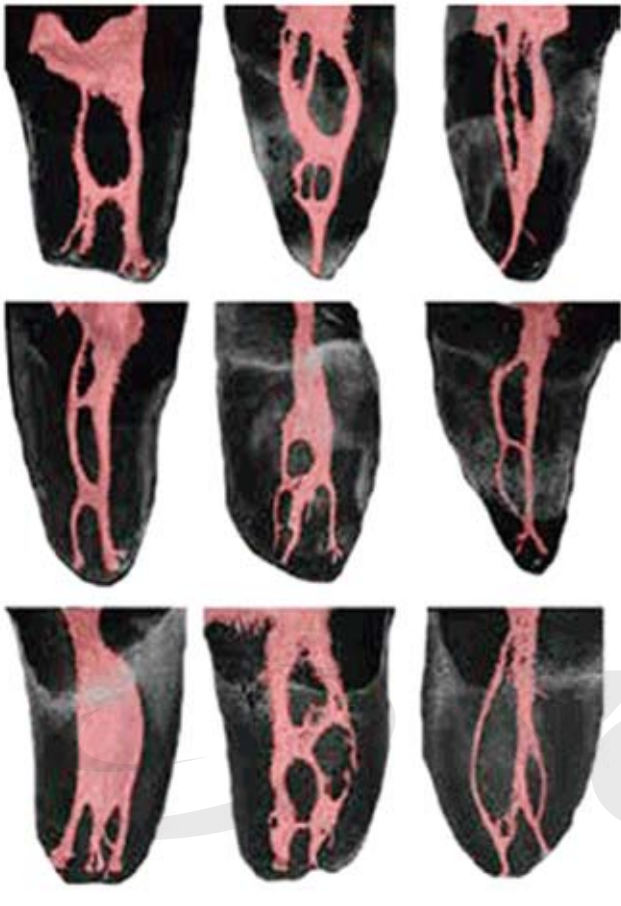


圖1: 較複雜的根管系統，解剖根管後可看見副根管、鰭狀物以及側支根管，可發現根管銼並不容易進入牙齒裡清潔

素。

清理結束後殘餘的細菌，特別是在根管系統頂端的地方，使用過去的傳統方法利用次氯酸鈉(NaOCL)是非常困難完成的(如圖2)。有研究顯示使用 Er:YAG 雷射來實現盪洗效果非常好，並且非常有效率的來盪洗。不僅僅如此還能提高消毒根管系統效果，也解決過去細菌有可能被封閉於填充物的可能(如圖3-4)。

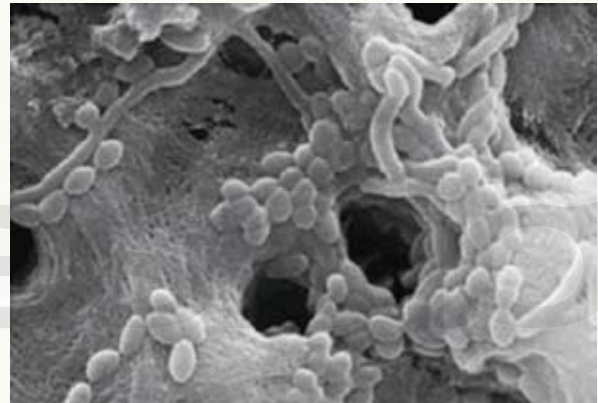


圖2: SEM 顯示細菌與牙髓碎片在根尖1/3處，使用標準的沖洗方式它並沒有完全的移除 (Georgi Tomov, Plodiv, Bulgaria教授)

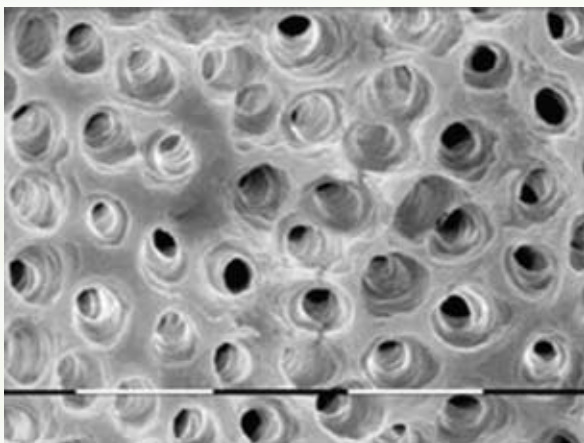


圖3: SEM 展示使用LT-IPITM程序移除在根尖1/3處的細菌與牙髓組織 (圖自Georgi Tomov教授)

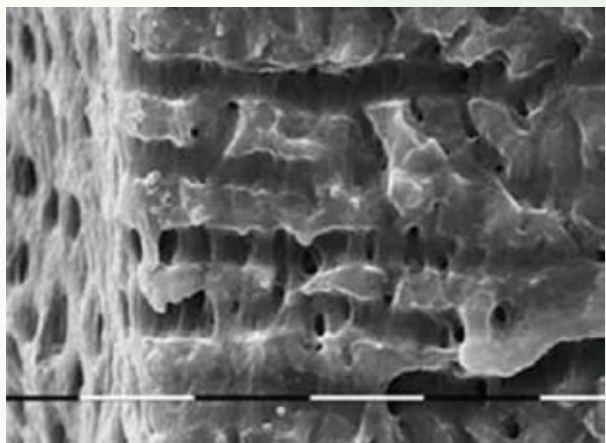


圖4: SEM顯微橫剖面觀察在使用LT-IPITM程序後，在根尖1/3處的牙本質小管裡面的細菌與牙髓組織已完全被移除乾淨，而牙本質小管則完全被打開 (圖自Georgi Tomov, Plovdiv, Bulgaria教授)

盪洗乾淨： 牙髓治療成功的主要原因

雖然根管銼能夠擴大根管、也是準備將封閉根管的一個重要工具，但是根管銼並無法有效的清除牙髓組織碎片及細菌。盪洗還是比較適合清洗根管壁內殘餘的碎片。NaOCL仍然是公認最佳沖洗選擇，由於它能夠組織溶解並且有自然抗菌效果。然而它並不無法清除主要的根管系統以外其他剩餘的組織。組織溶解能夠更有效的移除牙髓組織及細菌，並能夠更进一步的解剖且改善治療。

牙根系統內塗抹層的移除是牙髓治療成功的因素。塗抹層含有細菌，當其殘留在牙根內時可導致再次發生牙髓感染。與傳統的注盪洗方法相比，雷射增強盪洗已證明更好的清除內部塗抹層清除。¹ 如糞腸球菌常常會在治療失敗的時候被發現，消除這種細菌是防止根管系統再次感染的關鍵。單用次氯酸鈉作為沖洗並無法有效的消滅糞腸球菌，但如果使用次氯酸鈉搭配雷射增強盪洗，這種細菌就可以在牙根中被完全消除。²

雷射加強盪洗

雷射已經被證實是以加熱提高次氯酸鈉的殺菌效能，以及其遠距離殺菌效果。但並不是所有雷射波長都表現出相同的效果。相較之下，由次氯酸鈉與 Er:YAG 雷射組合，會比單獨使用次氯酸鈉或同類型的雷射相比的效果都好。根據報告，盪洗搭配雷射能夠

達到最好的殺菌效果。⁴ 與 Nd:YAG 或二極體相比，Er:YAG 的較高波長在塗抹層去除方面更有效，因此更好地系統內做細菌消除。⁵ 使用 EDTA 作為沖洗劑與 NaOCL 搭配使用 Er:YAG 雷射能夠有效加強的牙根系統的清潔效果，因為這兩種溶液在根管治療中具有互補的作用。

此外，Er:YAG 柔觸水雷射™ (LiteTouch™, Light Instruments, 以色列) 在牙髓腔中以液體壓力激活沖洗溶液時產生空化氣泡膨脹，塌陷後溶液留在腔內。雷射尖端的放置不需要進入牙根管就能達到期望的效果，並且腔室中的沖洗溶液激活足以消毒整個根管系統。LiteTouch™ 柔觸水雷射為此設置為一個 Subablative 的設定值，讓使用時不會對牙齒內的硬組織產生結構變化。這降低了琺瑯質的凸起和穿孔的風險，允許在牙齒內安全使用。

當 Er:YAG 雷射被激發時，雷射會產生一道熱波，這些熱能會透過藍寶石的工作尖 (Tip) 傳遞至其吸收液體(盪洗液體)。這將誘發溶液在藍寶石工作尖的尖端，因拉伸應力產生空蝕現象 (Laser Cavitation)，產生此現象的地方遠低於雷射光所能穿透的深度。氣泡的擴散與破裂使其周遭的液體以每秒12公尺的速度快速盪洗根管，使根管內的盪洗液體能在徑向與軸向產生足夠的清洗壓力。這種光學機械式的盪洗方法會使溫度上升，進而使清潔牙本質小管壁的效果更好。

LT-IPI™ 程序 (LiteTouch™ Induced Photomechanical Irrigation):

從打開牙髓腔開始，可用傳統的方法，使用 hand files 來做治療，或是利用 LiteTouch™ Er:YAG 對琺瑯質、牙本質組織進行開髓，然而雷射對於移除陶瓷、金屬是較沒有效的，像是一些假牙上的陶瓷與汞合金，需使用碳化鎢或鍍鑽石的鑽針來穿透上述的材質。而當深度到達牙本質時，便可使用雷射來打開牙髓腔 (硬組織模式)。Er:YAG 還有一個好處是可去除牙髓腔中的污垢，並消除其中的細菌，同時使醫生更好辨認出牙齒上的根管開孔 (軟組織模式)。

當根管上的開孔完成後，使用手動根管銼來建立一個根管軌道路徑到根尖處，接著旋轉銼或是手銼將根管擴大到ISO規定的

大小 (圖5A)。雷射輔助的牙尖盪洗需要一些事前準備，牙尖至少要達到ISO 25/30的等級，最後建議儀器使用0.04或是0.06的錐度。次氯酸鈉 (NaOCL) 被用在腔體與根管內作為牙髓組織的融解液，同時當作手銼的潤滑液 (圖5B)，若在乾燥的根管中進行動作，手銼可能會鈍化或是斷裂。當有足夠的壓力時，盪洗液體會流入，並徹底的清洗牙本質小管。

使用具有0.4 / 17或0.6 / 17mm工作尖的 Er:YAG 進行光激活牙髓腔內溶液的雷射盪洗，有助於除去因根管銼而產生的碎屑。在每個旋轉銼之間，牙髓腔室裡充滿次氯酸鈉 NaOCL，並在雷射的尖端，在牙髓腔內使用溶解液，以10Hz的雷射光用40mJ，以平均功率只為0.5瓦持續20秒活化 (圖5C)。牙髓腔室被抽吸清洗，並且將新鮮的次氯酸鈉 NaOCl 放入口腔內。這樣也

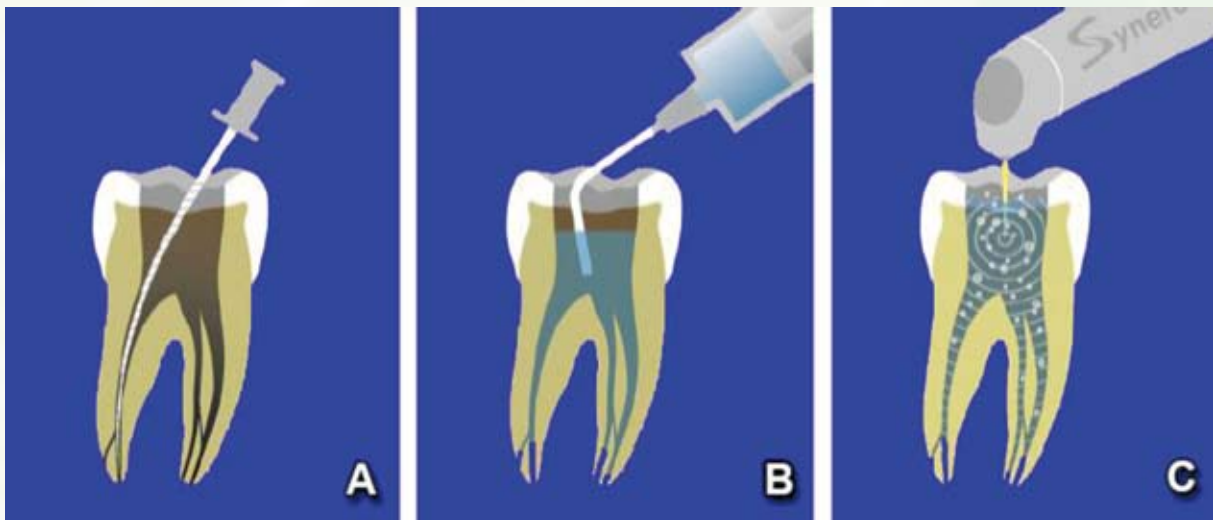


圖5: LiteTouch™ Induced Photomechanical Irrigation protocol (LT-IPI™):

(A). 使用手動根管銼建立根管軌道, (B). 在根管與髓腔室內填充次氯酸鈉 (C). 將LiteTouch™ 的工作尖置入髓腔室內的溶液中並啟動Er:YAG雷射盪洗. (圖自Georgi Tomov, Plovdiv, Bulgaria教授)

沒必要將雷射的尖端部位放置在牙髓腔根管道內，因為牙髓腔內受激活的雷射溶液會將沖洗劑向下傳遞到根管底部的根尖位置盪洗。也可以用17%乙二胺四乙酸EDTA溶液與次氯酸鈉NaOCL交替進行雷射活化。乙二胺四乙酸EDTA溶液的益處是其螯合作用使得下一輪次氯酸鈉NaOCL可以更深入牙髓腔組織中，可以接近根管銼較難處理的部分。然後再用旋轉根管銼對牙髓腔進行最終盪洗處理，將牙髓腔填充氯酸鈉 NaOCL，並且將 Er:YAG 尖端再次放置到牙髓腔中並將其活化至少60秒。這會讓雷射的激活沖

洗劑完整的清除牙髓腔管內的碎屑和剩餘的牙髓組織。從牙髓腔中抽吸沖洗溶液並且放置新鮮的沖洗劑，並重複雷射盪洗，直到在腔室流體中沒有任何可見的碎片(混濁物)。任何剩餘的溶液將從牙齒中吸出來，並且用吸潮紙尖 (paper point) 清乾牙髓腔管道，然後使牙髓腔完全的密閉 (圖6-7)。

結論

根管治療成功的關鍵有兩個重點需要雙管齊下:牙髓腔清潔與密封。雖然旋轉銼提



圖6: 根尖處的解剖圖證明，由於使用LiteTouch™ Er:YAG已經讓佈滿的填充劑更容易進入根尖副孔 (照片是由David Guex博士提供的，法國里昂)



圖7: 由於使用LiteTouch™ Er:YAG，根尖處的解剖圖結構佈滿填充劑(照片是由Georgi Tomov教授提供，Plovdiv，保加利亞)

高了儀器的效率，但是它們也無法達到比單純使用徒手銼更完全的效果。牙髓腔的清潔關鍵是牙髓腔內的是否能被完全清洗乾淨，以及用手銼無法清除剩餘的碎片(混濁物)是否能清洗乾淨。當根管內無法完全清潔時，填充劑無法完全密封，細菌就會留下來住在那些區域，過一段時間就可能導致根管治療失敗。加強雷射盪洗的牙髓沖洗劑活化，可清潔鄰近主要牙髓腔道，使腔內系統更完全的封閉。另一個附加的好處就是，雷射具有殺菌效果，除了牙髓腔道內的細菌，同時沖洗劑也可能達到口腔牙周韌帶的消毒。

References:

1. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K.: A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J.* 1999 Jan; 32(1):32-9.
2. Meire MA, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJ.: Evaluation of Nd:YAG and Er:YAG irradiation, antibacterial photodynamic therapy and sodium hypochlorite treatment on *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J.* 2012 May; 45(5):482-91. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.02000.x. Epub 2012 Jan 14.
3. Asnaashari M, Safavi N.: Disinfection of Contaminated Canals by Different Laser Wavelengths, while Performing Root Canal Therapy. *J Lasers Med Sci.* 2013 Winter; 4(1):8-16.
4. Cheng X, Guan S, Lu H, Zhao C, Chen X, Li N, Bai Q, Tian Y, Yu Q.: Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. *Lasers Surg Med.* 2012 Dec; 44(10):824-31. doi: 10.1002/lsm.22092. Epub 2012 Nov 20.
5. Guidotti R, Merigo E, Fornaini C, Rocca JP, Medioni E, Vescovi P.: Er:YAG 2,940-nm laser fiber in endodontic treatment: a help in removing smear layer. *Lasers Med Sci.* 2014 Jan; 29(1):69-75. doi: 10.1007/s10103-012-1217-x. Epub 2012 Dec 5.
6. DiVito E, Peters OA, Olivi G.: Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012 Mar; 27(2):273-80. doi: 10.1007/s10103-010-0858-x. Epub 2010 Dec 1.
7. Koch JD, Jaramillo DE, DiVito E, Peters OA.: Irrigant flow during photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using Particle Image Velocimetry (PIV). *Clin Oral Investig.* 2016 Mar; 20(2):381-6. doi: 10.1007/s00784-015-1562-9. Epub 2015 Aug 26.
8. DiVito E, Lloyd A.: ER:YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dent Today.* 2012 Nov; 31(11):122, 124-7.
9. Olivi G, DiVito E, Peters O, et al.: Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: an ex vivo study. *J Am Dent Assoc.* 2014 Aug; 145(8):843-8. doi: 10.14219/jada.2014.46.