意図的再植術における逆根管充填窩洞形成に Er:YAG レーザーを応用した 1 例

渡 辺 聡 興 地 隆 史

東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院歯学総合研究科歯病学系専攻口腔機能再構築学講座歯髓生物学分野

(受付 : 2015 年 5 月 27 日, 受理 : 2015 年 9 月 12 日)

Application of Er:YAG Laser for Root-end Cavity Preparation in Intentional Replantation: A Case Report

Satoshi WATANABE and Takashi OKIJI

Department of Pulp Biology and Endodontics, Division of Oral Health Sciences, Medical and Dental Sciences Track,
Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

(Received: May 27, 2015, Accepted for Publication: September 12, 2015)

Abstract: Although endodontic surgery has evolved into endodontic microsurgery, several authors have found that ultrasonic root-end cavity preparation produces micro-cracks. Meanwhile, various sizes of root canals are encountered in endodontic surgery cases. An ultrasonic root-end cavity preparation for narrow canals might produce a larger strain than for wide canals. The root-end cavity preparation for wide canals only needs removal of gutta-percha, so the effect on dentin might be low. The wedge effect and ultrasonic vibration might affect narrow canals more strongly. The Er:YAG laser mechanism may not cause a large force on the dentin, because it can avoid the wedge effect and ultrasonic vibration. This case report describes the application of an Er:YAG laser to root-end cavity preparation in intentional replantation for roots with narrow canals. The extra-oral time of the case was about 12 minutes and it took 246 sec to prepare two root-end cavities. The manipulation time satisfied the criterion of completion in 15 minutes. Eight months after the surgery, the lesion was found to be healing, with continuous improvement 14 months after the surgery. The essential factors of endodontics are cleaning, shaping and filling; in endodontic surgery, the cleaning factor is often compromised. However, endodontic surgery using laser irradiation may accomplish all the three factors. The Er:YAG laser may be a useful option for preparing root-end cavities in intentional replantation for narrow canals with patients who have a high risk of root fracture.

(J. Jpn. Soc. Laser Dent. 26 : 130 ~ 135, 2015 Reprint requests to Dr. WATANABE)

Key words = Er:YAG laser, root-end cavity preparation, intentional replantation

キーワード = Er:YAG レーザー, 逆根管充填窩洞形成, 意図的再植術

緒 言

歯内療法において歯冠方向からの処置が困難な場合や再根管治療が歯質の多大な喪失を伴う場合、根尖切除術あるいは意図的再植術を試みることができる。ただし、第二大臼歯を根尖切除するには上顎では頬骨弓や下顎においては外斜線等の解剖学的形態の影響により頬側の骨が厚く、しばしば困難を伴う。そこで、根の離開が軽度で抜歯の容易な症例では、意図的再植術の適応になりうると考えられる。意図的再植術は天然歯を保存するために抜歯し、口腔

外で根尖切除、逆根管充填窩洞形成および逆根管充填し、再度抜歯窩に植立する処置である。この治療方法は 250 年以上前から歯科で行われており、近年の術式方法では 77 ~ 95% の成功率が報告されている¹⁻³⁾。

他方、歯科臨床においてレーザーの応用が広がりを見せている。Er:YAG レーザーは硬組織切削が可能であり、周囲組織への熱的影響は少ないとされている^{4,5)}。また、被照射象牙質にスミヤ層を形成しないこと^{5,6)}、殺菌作用を期待できること^{7,8)}、さらに回転切削器具のように微量の注油オイルの飛散がなく、切削振動による手ぶれを起こ

さないこと、その切削機序により機械的切削に比較して歯質に大きな応力を与えない可能性を有していること⁹⁾から、外科的歯内療法においても有用である可能性がある。実際、Er:YAG レーザーを意図的再植術における根尖切除および根管内清掃に応用し、良好な治癒を認めたとする報告¹⁰⁾、あるいは、意図的再植術に際してEr:YAG レーザーを用いて肉芽組織の除去と清掃を行うとともに半導体レーザーを用いて治癒促進を図ったという報告¹¹⁾がなされている。また、根尖切除術あるいは意図的再植術における逆根管充填窩洞形成は超音波を用いる方法が主流になっているが、超音波による逆根管充填窩洞形成において亀裂の発生が生じる事が、抜去歯を用いた実験にて繰り返し報告されている¹²⁻¹⁸⁾。

象牙質の歪を測定した我々の先行研究¹⁹⁻²²⁾において、注水冷却下にEr:YAG レーザーを用いた逆根管充填窩洞形成では、歯根象牙質に大きな歪を与えずに歯質の切削、および根管充填材の除去ができる可能性が示唆されている。すなわち、逆根管充填窩洞形成において誘発が懸念される微小破折発生の機会を、より少なくさせる可能性が考えられる。しかしながら、逆根管充填窩洞形成をEr:YAG レーザーのみで行ったという症例の報告はほとんどない^{10,11)}。

そこで本論文では、特に咬合力が強いと考えられる患者に対し、意図的再植術を行う際の逆根管充填窩洞形成にEr:YAG レーザーを用いた症例を報告する。

症 例

患者：44歳女性。下顎左側第二大臼歯部の補綴物脱離と、咬合時疼痛を主訴に来院。

現病歴：患歯は3日前に補綴物が脱離し、接触時疼痛を生じたため東京医科歯科大学むし歯外来受診。

現症：初診時の口腔内写真を図1に示す。下顎左側第二大臼歯における垂直性打診および根尖部圧痛が認められた。歯周ポケットは全周2～3mmであり、視診では破折線等は認められなかった。デンタルX線写真では大型の鑄造ポストコアが認められるとともに、患歯根尖部の中央から遠心にかけて透過像が確認された(図2)。

暫定的診断：以上の診査結果より、慢性根尖性歯周炎の疑い、あるいは垂直性歯根破折の疑いとした。

治療計画：下顎左側第二小臼歯部の歯根破折の既往、口腔内診査より補綴物のチッピング、多数歯におよぶ咬耗やくさび状欠損、太く長い金属ポストの除去において歯根破折および歯質の多大な喪失を伴うリスクが考えられ、意図的再植術による外科的治療あるいは歯根破折診断の適応症と判断した。患者に上記の病状、レーザーおよびmineral trioxide aggregate (以下MTA; ProRoot MTA, デンツプライ三金)を併用する治療計画について術前に、口頭および説明文書にて薬事法上の適応外使用について、有用性

と予測される不快事項、他の処置のそれぞれの利点と欠点、治療の成功を保証するものではないことなど十分に説明し、それらの理解と同意を得た。

意図的再植術前に下顎管の走行位置および歯根形態を3次元的に把握するために歯科用コーンビームCT (Fine Cube, ヨシダ)撮影を行った。下顎左側第二大臼歯の根形態はFanらの分類²³⁾においてType IIであり、根管形態は根管口から根尖に至るまでC3形態を示していた。遠心根管根尖付近は著しい狭窄を認め、連続性に欠けていた。また患歯根尖病変周囲と下顎管との距離は2～3mm離れていた(図3)。

治療：初診日から1か月後に意図的再植術を行った。1/8万エピネフリン含有2%塩酸リドカイン5.4ml (歯科用キシロカインカートリッジ, デンツプライ三金)を用い患歯周囲に浸潤麻酔を施したのち、鉗子にてセメントエナメル境部を把持し、慎重に抜歯を行った(図4)。次いで、鉗子把持部をラバーリングにて結紮することで患歯を固定した後、手術用実体顕微鏡(111, Carl Zeiss)下にて口腔外操作を行った。すなわち、滅菌生理食塩液注水下でフィッシャーバーを用いて根尖2～3mmを切除後、Er:YAG レーザー装置(Erwin Adverl, モリタ製作所, 出力設定値140mJ, 繰り返しパルス10pps)および先端の平坦なコンタクトチップ(C600F, モリタ製作所)を用いて、逆根管充填窩洞形成および逆根管充填窩洞の清掃を行い(図5)、深さ3mmの窩洞の深さをポケット探針にて確認後(図6)、製造者指定の方法で練和したMTAセメントで逆根管充填を行い(図7)、さらに抜歯窩根尖部の肉芽を鋭匙にて可及的に搔爬後、患歯を抜歯窩に再植した。再植された歯は周囲に支持骨が十分にあったため縫合等の固定は行わなかった。なお、手術用実体顕微鏡にて根表面を強拡大下で精査したが、破折線等は認められなかった。口腔外操作時間は約12分、そのうち逆根管充填窩洞形成および窩洞内清掃の所要時間は2根管で約4分であった。

治療経過：術中および術後疼痛は認めず、術後1週には打診痛の消失、術後1か月に圧痛の消失を認めた(図8)。術後8か月に病変の縮小傾向を認め(図9)、また再植歯に生理的動揺を認めたため当院義歯外来に補綴治療を依頼した。

術後14か月における経過観察時のデンタルX線写真検査で、根尖部X線透過像の消失を認めた(図10)。また臨床的症状はなく、咬合状態も良好であった。

考 察

超音波を用いた逆根管充填窩洞形成について

歯根破折は、歯内療法中に目視で確認できないほどの微小破折が歯根に生じ、それらが蓄積され、応力が加えられることにより微小破折が進展し、表出する可能性が従来よ

図 1 初診時口腔内写真

り指摘されている²⁴⁾。外科的歯内療法においても、超音波を用いた逆根管充填窩洞形成によって歯根に微小破折を誘発することが懸念されている¹²⁻¹⁸⁾。また臨床試験においても、20人の患者の25本の根に対し、超音波を用いて逆根管充填窩洞形成を行う前後にシリコン印象材にて根尖切除面を印象採得し、走査電子顕微鏡にて根尖切除表面を観察した結果、1症例において術前に存在しなかった微小亀裂を認めたとの報告がみられる²⁵⁾。さらに、逆根管充填窩洞に微小亀裂を認めた場合の根尖切除術の成功率は3年経過後に約30%で、亀裂のない場合と比べて有意に低下したとの報告もなされている²⁶⁾。以上より、逆根管充填窩洞形成中に生じた根尖切除面、あるいは歯根象牙質内部の微小破折が、咬合等に起因する応力を加えられることにより進展、または表出し、歯根破折あるいは微小漏洩の原因となる可能性が推察される。本症例では下顎右側第一小臼歯はすでに歯根破折を起こしており、比較的咬合力の強い患者であることは口腔内所見においても明らかであった。

Er:YAGレーザーを用いた逆根管充填窩洞形成

我々の先行研究では、Er:YAGレーザーを用いた逆根管充填窩洞形成時における歯根の亀裂発生率は超音波装置で切削した際の発生率よりも小さいことが確認されている¹⁹⁻²²⁾。これらの研究はEr:YAGレーザーおよび類似した波長のEr,Cr:YSGGレーザーを使用した過去の報告と同様の結果であった²⁷⁻²⁹⁾。逆根管充填窩洞形成時の歯根亀裂発生の主な原因としては、熱および応力が挙げられるが、超音波により切削した際は超音波振動の応力に加えて、楔効果により歯根側方へ向かう応力が生じる可能性がある。一方、注水下でのEr:YAGレーザー照射について熱的影響は少ないものの、蒸散時の微小爆発による応力の発生、また形成面には微細な凹凸が生じるため応力の集中する部位

図 2 初診時デンタルX線画像

ができる可能性が考えられる。本症例の設定値は我々の過去の研究¹⁹⁻²²⁾で使用したEr:YAGレーザー装置 (Erwin Adverl, モリタ製作所) およびコンタクトチップ (C600F, モリタ製作所) の象牙質切削における企業推奨設定値範囲内 (100 ~ 140mJ) における140mJ, 10ppsとしたが、不十分な注水下での照射は熱的影響による亀裂、垂直性歯根破折を引き起こす可能性も考えられ、設定値および注水を十分に制御する必要があると考えられる。

逆根管充填材

近年逆根管充填にMTAが使用されつつあり、従来のSuper EBAセメントあるいはIRMセメントと比較して同等以上の臨床的成功率が報告されている³⁰⁾。超音波あるいはEr:YAGレーザーを用いた逆根管充填窩洞形成におけるSuper EBA, IRMセメント, MTAの微小漏洩量を評価した結果、最も漏洩量が小さかった群はEr:YAGレー

図 3 CBCT 画像

a: 根尖より 5mm 部水平断面像 b: 根尖より 2mm 部水平断面像 c: 根尖部水平断面像 d: 頬舌断面像
e: 矢状断面像 (a-c 各線はそれぞれに対応する水平断面層面, d 線は頬舌断面層面を示す。)

図 4 抜歯時の実体顕微鏡画像

図 5 Er:YAG レーザーによる逆根管充填窩洞形成時の実体顕微鏡画像

ザーを用いた際の MTA 充填群であったとの報告もみられ³¹⁾, また Er:YAG レーザーを用いた逆根管充填窩洞形成方法は従来の形成方法よりも接着性レジンセメントによる逆根管充填において漏洩量大きいとの報告もあり³²⁾, 本症例においてもセメントの選択の参考とした。

意図的再植術の成功に影響を及ぼす因子

意図的再植術の成功に影響を及ぼす因子として, 抜歯手

技に加え, 口腔外露出時間, 患者の年齢, 歯の形態等が挙げられる。特に口腔外露出時間については, 18 分以上乾燥状態にすることで歯根膜細胞の傷害が生じることが示されているが³³⁾, 可及的短時間が望ましいことは言うまでもない。実際, 口腔外での処置を理想的には 10 分以内で行うことも推奨されている³⁴⁾。本症例の口腔外露出時間は約 12 分であり, 概ね妥当な範囲内であったと考えられる。

図 6 窩洞深さの確認時の実体顕微鏡画像

図 7 MTA を用いた逆根管充填時の実体顕微鏡画像

図 8 意図的再植術直後のデンタル X 線写真

図 9 意図的再植術 8 か月後のデンタル X 線写真

また、Er:YAG レーザーあるいは超音波を用いて抜去歯に逆根管充填窩洞形成を行った際の形成時間を比較した研究では、Er:YAG レーザーを使用した際に要する時間（約 50 秒）は超音波を用いた時間（約 2 分 30 秒）よりも有意に短時間であることが報告されている³²⁾。本症例では逆根管充填窩洞形成および窩洞内清掃に 2 根管で約 4 分必要であった。これは、上記の報告³⁵⁾では 1 根管に深さが 2mm の窩洞形成が行われたのに対して、本症例では 2 根管にそれぞれ 3mm の深さまで照射形成したうえ、顕微鏡の使用、形成量の確認を行ったことや注水用シリンジ交換の操作時間、プラグーによる逆根管充填窩洞底面のコンデンス、逆根管充填窩洞内清掃のための照射等、切削以外の臨床操作の時間が加わったことに起因したと考えられる。

外科的歯内療法における根管清掃の要因の欠如

外科的歯内療法も歯内療法の一部と考えられる。しかしながら、歯内療法の原則が根管形成、根管清掃による感染源の除去、緊密な根管充填による再感染の防止とされるものの、外科的歯内療法においては根管形成にあたる逆根管

図 10 意図的再植術 14 か月後のデンタル X 線写真

充填窩洞形成の後、直ちに逆根管充填を行うことから、根管清掃の要因はしばしば軽視されがちであろう。外科的歯内療法における次亜塩素酸ナトリウム溶液や EDTA 溶液の応用は歯根膜や根尖歯周組織への傷害等の問題があるた

めと考えられるが、Er:YAG レーザーは被照射象牙質にスマイヤー層を形成しないこと^{5,6)}、あるいは殺菌作用を期待できること^{7,8)}から、根管清掃効果も期待できると考えられる。すなわち、Er:YAG レーザーを外科的歯内療法に応用することは歯内療法の原則における感染源の除去を達成させるためにも有用である可能性が考えられる。

本論文の一部は、日本学術振興会科学研究費（平成 25～27 年度）若手研究（B）「分子レベルでの微小破折発生機構の解明と新しい破折制御概念に基づく歯科治療法の確立」（課題番号：25870195）による助成を受けて行われた。

文 献

- 1) Kingsbury BC Jr, Wiesenbaugh JM: Intentional replantation of mandibular premolars, and molars. *J Am Dent Assoc*, 83 : 1053-1057, 1971.
- 2) Bender IB, Rossman LE: Intentional replantation of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 76 : 623-630, 1993.
- 3) Grossman LI: Intentional replantation of teeth. In clinical transplantation In dental specialties, Robinson PJ, Guernsey LH eds. 1980, Mosby, 65-76.
- 4) Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, et al: Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. *J Endod*, 28 : 76-78, 2002.
- 5) Schoop U, Moritz A, Kuluger W, et al: The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Lasers Surg Med*, 30 : 360-364, 2002.
- 6) Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, et al: A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J*, 32 : 32-39, 1999.
- 7) Mehl A, Polwaczny M, Haffner C, et al: Bactericidal effects of 2.94 μm Er:YAG-laser radiation in dental root canals. *J Endod*, 25 : 490-493, 1999.
- 8) 安生智郎, 渡辺 聡, 三枝英敏, 他 : Er:YAG レーザー照射による根管内殺菌効果に関する研究. *日レ歯誌*, 58-63, 2008.
- 9) 渡辺 聡, 三枝英敏, 安生智郎, 他 : Er:YAG レーザーによる逆根管充填窩洞形成時に生じる象牙質の歪. *日歯保存誌*, 50, 春季特別号, 136 (P-81), 2007.
- 10) 永井茂之 : Er:YAG レーザーを使用した歯の意図的再植術. *日レ歯誌*, 89-91, 2009.
- 11) Lu CH, Lu HC, Ke JH, et al: Laser assisted tooth replantation case report. See comment in PubMed Commons below. *Laser Ther*, 20 : 273-277, 2011.
- 12) Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL: Ultrasonic root-end preparation. Part 2: microleakage of EBA root-end fillings. *Int Endod J*, 27 : 325-329, 1994.
- 13) Layton CA, Marshall JG, Morgan LA, et al: Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. *J Endod*, 22 : 157-160, 1996.
- 14) Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD: Incidence of root face alteration after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 83 : 387-392, 1997.
- 15) Gray GJ, Hatton JF, Holtzmann DJ, et al: Quality of root-end preparations using ultrasonic and rotary instrumentation in cadavers. *J Endod*, 26 : 281-283, 2000.
- 16) Rainwater A, Jeanson BG, Sarkar N: Effects of ultrasonic root-end preparation on micro-crack formation and leakage. *J Endod*, 26 : 72-75, 2000.
- 17) Peters CI, Peters OA, Barbakow F: An in vitro study comparing root-end cavities prepared by diamond-coated and stainless steel ultrasonic retrotips. *Int Endod J*, 34 : 142-148, 2001.
- 18) Gondim E, Fiquesredo A, Ferraz CC, et al: Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. *J Endod*, 28 : 646-650, 2002.
- 19) 渡辺 聡, 三枝英敏, 安生智郎, 他 : Er:YAG レーザーによる逆根管充填窩洞形成が垂直性歯根破折に与える影響. *日レ歯誌*, 22 : 100-107, 2011.
- 20) Watanabe S, Kokuzawa C, Gombo B, et al: Dentin strain and fracture caused by root-end cavity preparation using Er:YAG laser. *IFEA 8th World Congress Book of Abstract*, 127, 2010.
- 21) Watanabe S, Kokuzawa C, Gombo B, et al: Dentin strain caused by removal of root canal obturation with Er:YAG laser irradiation. *J Endod*, 35 : 459, 2009.
- 22) Watanabe S, Saegusa H, Anjo T, et al: Dentin strain induced by laser irradiation. *Aust Endod J*, 36 : 74-78, 2010.
- 23) Fan B, Cheung GS, Fan M, et al: C-shaped canal system in mandibular second molars: Part II -Radiographic features. *J Endod*, 30 : 899-903, 2004.
- 24) Dang DA, Walton RE: Vertical root fracture and root distortion: effect of spreader design. *J Endod*, 15 : 294-301, 1989.
- 25) Morgan LA, Marshall JG: A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *J Endod*, 21 : 567-570, 1999.
- 26) Peter Z. T, Dip A, Veeral MS: Periapical microsurgery: the effect of root dentinal defects on short- and long-term outcome. *J Endod*, 41 : 22-27, 2015.
- 27) Rahimi S, Yavari HR, Shahi S, et al: Comparison of the effect of Er,Cr:YSGG laser and ultrasonic retrograde root-end cavity preparation on the effect of the integrity of root apices. *J Oral Sci*, 52 : 77-81, 2010.
- 28) Wallace JA: Effect of Waterlase laser retrograde root-end cavity preparation on the integrity of root apices of extracted teeth as demonstrated by light microscopy. *Aust Endod J*, 32 : 35-39, 2006.
- 29) Aydemir S, Cimilli H, Mumcu G, et al: Crack formation on resected root surfaces subjected to conventional, ultrasonic, and laser root-end cavity preparation. *Photomed Laser Surg*, 32 : 351-355, 2014.
- 30) von Arx T, Jensen SS, Hanni S, et al: Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery. *J Endod*, 38 : 570-579, 2012.
- 31) Karlovic Z, Pezelj-Ribaric S, Miletic I, et al: Erbium:YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. *J Endod*, 31 : 821-823, 2005.
- 32) Caliskan MK, Parlar NK, Orucoglu H, et al: Apical microleakage of root-end cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser. *Lasers Med Sci*, 25 : 145-150, 2010.
- 33) Andreasen JO: Relationship between cell damage in the periodontal ligament after replantation and subsequent development of root resorption. A time-related study in monkeys. *Acta Odontol Scand*, 39 : 15-25, 1981.
- 34) Kratchman S: Intentional replantation. *Den Clin North Am*, 41 : 603-618, 1997.
- 35) 海老原新, 和達礼子, 関根義朗, 他 : Er:YAG レーザーを用いた逆根管充填窩洞形成に関する研究. *日レ歯誌*, 9 : 23-31, 1998.