

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：32404

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21791863

研究課題名（和文） 根管形成用レーザーマニピュレーターの開発

研究課題名（英文） Development of laser tip for root canal preparation

研究代表者

小谷 依子 (YORIKO KOTANI)

明海大学・歯学部・助教

研究者番号：20458491

研究成果の概要（和文）：レーザーを用いた根管治療において、 $8.77\text{J}/\text{cm}^2$ で感染象牙質の除去が可能であることが示唆された。また、マニピュレーターの設計ではステンレス製のチューブに縦長の窓を 4 方向に開けたものに、直径 1mm の砲弾型のガラスを計 6 個挿入して試作品とした。この形状で根管壁にレーザーを照射することは可能である。とくに上段部のレーザー照射量が多く、下段部の照射量が少ないことは、実際の根管治療においても妥当である。

研究成果の概要（英文）：Summary: Our study suggested that, in laser treatment of the pulp canal, $8.77\text{J}/\text{cm}^2$ is sufficient to remove infected dentin. In terms of manipulator design, a prototype was produced by making longitudinal openings in a stainless steel tube in four directions and inserting a total of six 1-mm-diameter glass balls. This configuration made it possible to irradiate the pulp canal wall with the laser. Laser irradiation was particularly high in the upper portion and low in the lower portion, which is appropriate for actual pulp canal treatment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010 年度	300,000	90,000	390,000
2011 年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：医師薬学

科研費の分科・細目：歯学、保存治療系歯学・歯内療法学

キーワード：Er:YAG レーザー、根管治療

1. 研究開始当初の背景

我々は機械的切削によって根管形成を行ってきた。レーザーによる根管治療は、非接触的になおかつ、感染歯質のみを除去するこ

とを可能とする。このことは、今まで煩雑であった根管形成を短時間・簡単に行うことができ、患者・術者の負担も減少すると考えられる。さらに、感染象牙質を選択除去すると

いう MI が実現できれば、健全な歯質が守られることによって、歯のライフスパンが著しく伸び、患者の健康、ひいては生命を守ることにつながることになる。

しかし、根管という狭小な空間においてレーザー効果を発揮するのはむずかしい。根管照射可能なレーザーのチップは商品化されているものもあるが、そのほとんどは、レーザーの広がり角を用いて根管に照射しているに過ぎない。そのため、効率的に根管内に照射できる根管治療用レーザーマニピュレーターの開発を目指すことにした。

2. 研究の目的

根管内の健全象牙質の損傷を抑え、感染歯質のみ選択的に削除できる、また根管に効率よく照射できる根管治療用レーザーマニピュレーターの開発・臨床応用を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 健康象牙質に影響を及ぼさない最大の値とその値が軟化象牙質をアブレーションできるかを探る。

① 通法通りに根管形成を行ったヒト下顎小白歯を根管にそって垂直方向に切断する。

② 健康象牙質にレーザー照射を行う（レーザーは Er:YAG レーザーを使用）。

③ 光学顕微鏡、SEM 観察および 3 次元解析を行い、影響が出ない最大の値を算出する。

(2) レーザーマニピュレーターのプロトタイプ（試作品）のデザイン、作成

(3) 作成したプロトタイプ（試作品）を用いて実際の照射を行い、軟化象牙質を除去できるか検討する。

4. 研究成果

(1) レーザーによる感染歯質のみ除去の可能性について

① 健康象牙質に影響を与えないエネルギー密度は、 $8.77\text{J}/\text{cm}^2$ 以下であった。

② $8.77\text{J}/\text{cm}^2$ では、軟化象牙質は健康象牙質よりアブレーションされやすいことが確認できた。（図 1, 2）

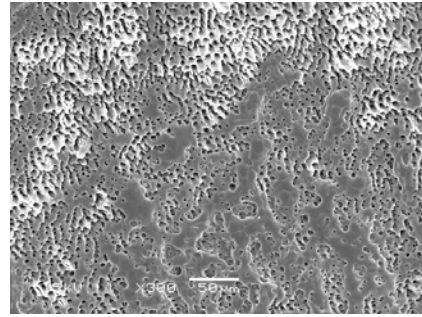


図 1 $8.77\text{J}/\text{cm}^2$ 照射（健全象牙質）

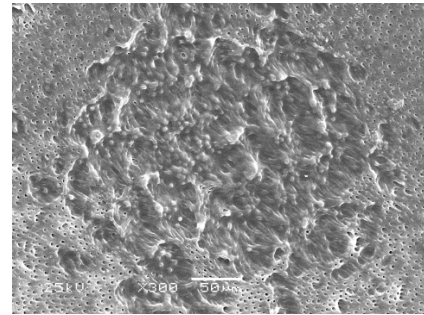


図 2 $8.77\text{J}/\text{cm}^2$ 照射（軟化象牙質）

以上の結果から、レーザーを用いた根管治療において、 $8.77\text{J}/\text{cm}^2$ では感染象牙質のみの除去が可能であることが示唆された。

(2) マニピュレーターのデザイン、作成
① 照射部分の設計は、ステンレス製のチューブに縦長の窓を 4 方向に開けたものに、直径 1mm の砲弾型のガラスを計 6 個挿入してプロトタイプ（試作品）とした。（図 3～5）



図 3 砲弾型ガラス



図 4 ステンレスチューブ

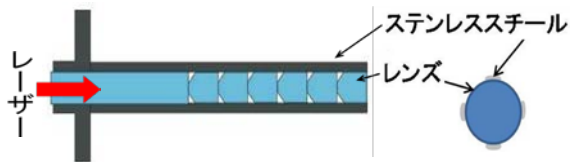


図5 試作品模式図

②使用予定の Er:YAG レーザーに①を接続させるためのステンレス製のチップを作製した。(図6)



図6 マニピュレーター接続部

③①の試作品でレーザー照射の光線軌跡シミュレーションを行った。(図7)

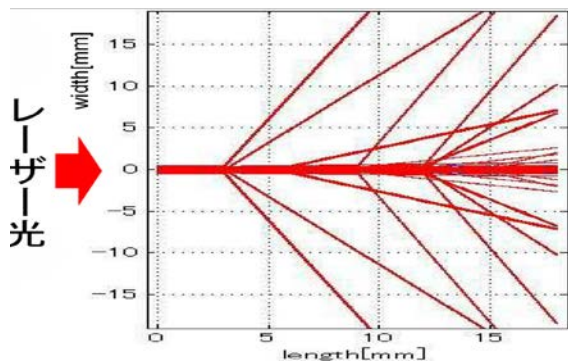


図7 入射光 1000本の光線軌跡シミュレーション

以上の結果から、この試作品の形状で、根管壁に照射することが可能であることが示唆された。

(3) 実際のレーザー照射

①半導体レーザーを用いて、試作品で実験値(強度分布)を計測した。(図8)

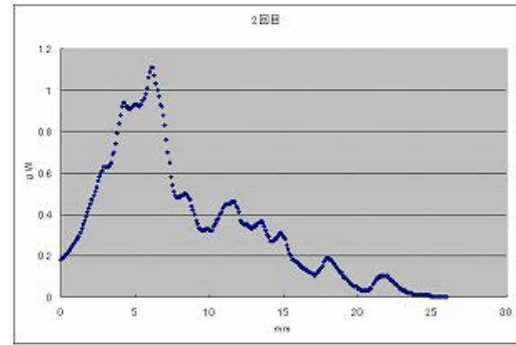


図8 放射光の測定結果(強度分布)

②Er:YAG レーザーでの根管壁への照射では、根管壁に照射痕は確認できなかった。

以上の結果から、試作品において、シミュレーション結果と同様に、根管壁に照射が可能であることが示唆された。

(4) まとめ

レーザーには直進性があり、ターゲットである根管壁は側方にあり、照射が難しい。根管内で照射可能なレーザーのTipは商品化されているものもあるが、そのほとんどはレーザーの広がり角を用いて根管に照射しているに過ぎない。今回設計したレーザーマニピュレーターは、光線軌跡シミュレーションの結果より、理論的に歯軸に対して側前方かつ広域に照射できることがわかった。なおかつ、半導体レーザーで計測した強度分布図により、裏付けされた。このことは、今まで不可能とされてきた、根管壁に確実な照射が可能であることを示している。また、強度分布図により、屈折率、透過率などの関係から砲弾型レンズ1段目、2段目から放射されたレーザーが多く、3段目からレーザー光が通過していくに従い、とくに4段目から放射量が少なくなる傾向が見られることがわかった。このことは、根尖孔に向けた照射を減少させることになり、根尖孔の破壊やステップの形成を防止できる可能性がある。さらにこの上段部のレーザー照射量が多く、下段部の照射量が少ないという利点は、根管口から根尖孔に向かって細くなる根管内の照射に適している。さらに改良を重ねれば、根管治療をレーザー照射一度で済ませることが可能であることが示唆された。

しかし、実際の根管壁への照射において、照射痕が確認できなかった理由として考えられるのは、使用したレーザー発振機のパワー不足が挙げられる。先端方向へ行くに従い、レーザーのパワーは減弱していくため、最初の導入部分のパワーはある程

度強いことが求められる。また、実際の治療はレーザーは熱を発生するために、照射の際に注水が不可欠となる。今後、実用化を考えるとすれば、レーザー発振機のパワーと、強度分布図から分かる減弱の%をうまくコントロールすることが必要である。

健康象牙質に影響を与えずに済むレーザーのエネルギー密度は 8.77J/cm² 以下であった。このエネルギー密度で軟化象牙質は健全象牙質よりアブレーションしやすいことが判明しているが、その値を実際に照射できるかどうか疑問になった。

今後の研究課題として、いかに先端までレーザーを減弱させずに側方に照射できるか、設計とレーザー発振機の検討が必要になってくると思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

①高橋哲哉, 小林健二, 牛込瑛子, 小谷依子, 申 基喆, 薬剤を用いた NiTi ファイル破折片除去に関する研究、明海歯科医学雑誌、査読有り、第 40 巻 2 号、2011、155-16

②小林健二, 小谷依子, 中村幸生、再植歯における歯内療法処置の開始時期、日本歯内療法学会誌、査読有り、第 30 巻 30 号、2009、165-170

[学会発表] (計 7 件)

①小林健二, 中村裕子, 小谷依子, 高橋哲哉, 牛込瑛子, 橋島弓子, 申 基喆, 亜脱臼した上顎前歯にみられた Transient Apical Breakdown の症例、日本歯科保存学会 2011 年春季学術大会(第 134 回)、2011.6.9~10、東京ベイ舞浜ホテルクラブリゾート

②高橋哲哉, 小谷依子, 呉 崇史, 中村幸生、新たな根管内照射用レーザーマニピュレーターの開発、日本歯科保存学会 2010 年秋季学術大会(第 133 回)、2010.10.20~21、大阪国際交流センター

③小谷依子, 小林健二, 村岡 亮, 松見秀之, 片山 直, 中村幸生、根管象牙質に対する Er:YAG および Er,Cr:YSGG レーザーの照射効果に関する基礎的研究、第 129 回日本歯科保存学会春季学会、2008.11.7~8、富山国際会議場。

[図書] (計 2 件)

①小林健二, 中村裕子, 小谷依子, 高橋哲哉, 小此木雄, 牛込瑛子, 橋島弓子、リュウワ印刷、歯内療法学実習書改訂版、2011、34

②小林健二, 中村裕子, 小谷依子, 高橋哲哉, 呉 崇史, 小此木雄, 牛込瑛子, 関根 慧, 橋島弓子、リュウワ印刷、歯内療法学実習書、2010、34

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小谷 依子 (KOTANI YORIKO)

明海大学・歯学部・助教

研究者番号：20458491

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：