

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 17 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25861786

研究課題名(和文)硬組織切削レーザーの歯科への臨床応用について

研究課題名(英文)Clinical application of Er:YAG laser to shaping hard tissues

研究代表者

安生 智郎 (Anjo, Tomoo)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・非常勤講師

研究者番号：10396989

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：レーザーによる硬組織の切削は、従来の回転器具による切削に比べ、独特の回転音や振動がなく、レーザー光による照射面の殺菌も期待できる。最近、口腔内でも臨床応用可能なかなり小さな照射チップも開発されており、今回は実際に臨床応用されているC400F(径=0.4mm)を用いた。本研究では、マイクロCT(精密X線断層撮影装置)を用いてEr:YAGレーザーによる窩洞形成された体積の測定を行った。OCT(光干渉断層撮影装置)は、照射した光の反射をセンサーで拾ってコンピューター解析することで、肉眼で確認できないレベルの細かな変化もリアルタイムで測定できることが最大の特徴である。

研究成果の概要(英文)：the potential of the Er:YAG laser to cut hard dental tissues without significant thermal or structural damage would eliminate the need of an ultrasonic unit. However, it is difficult to use a straight tip that has widely applied for cavity preparation because the access is limited. Recently, some types of tips have been developed, the purpose of this study was to investigate the performance of Er:YAG laser with a narrow tip (diameter=0.4mm) to prepare hard tissues. All specimens were also photographed using micro computed tomography. Then microscope images were recorded and analyzed in the same way as contact microradiographs. Some samples were observed by optical computed tomography/electron microscopy.

研究分野：歯内治療

キーワード：歯内治療 レーザー Er:YAG OCT Micro CT

1. 研究開始当初の背景

現在、臨床では根管の機械的清掃・形成に手用ファイルまたは機械的切削器具が主に用いられ、化学的清掃には次亜塩素酸ナトリウムなどが用いられている。しかし、細菌の象牙細管への侵入、バイオフィルムの形成、根管系の解剖学的複雑性（側枝、根尖分岐、フィンなど）等のために、根管系を完全に無菌化することは困難である。また、根管の化学的清掃時には、根管洗浄液の溢出による根尖周囲組織への有害作用が懸念される。そこで近年、根管内での殺菌の補助的な手段として、レーザー応用の可能性が報告されている。歯内療法への応用については、根管内へ導光可能な柔軟で径の細いコンタクトチップの開発が進み、歯髄組織の除去、拡大・乾燥・根管の滅菌、スミヤー層の除去などで有用性が示唆されている。レーザーの歯内療法への応用については、根管形成、根管内の殺菌、根管壁スミヤー層の除去、根管充填後の根尖部封鎖性の向上などがこれまでに研究されている。それらのうち根管内の殺菌に関しては、感染象牙質モデルを用いた Er:YAG レーザー照射効果についての報告があり、形態観察から Er:YAG レーザーによる殺菌作用は象牙質の蒸散による効果が主体であると述べられている。また、感染根管治療症例においてレーザー照射前後に採取した細菌の培養を行って CFU 数を測定し、Er:YAG レーザー照射による殺菌効果を報告も多数存在する。

2. 研究の目的

本研究の目的は硬組織を切削でき Er:YAG レーザー装置と新たに開発されたコンタクトチップを用いて、最終的な臨床応用を目指すため、実際に抜去歯でどの程度根管形成や殺菌効果ができるかを計測する事である。Er:YAG レーザーの特徴として、従来のタービンや電気メスによる治療と比べレーザー装置単体で、硬組織の切削や軟組織の切開が可能であるとともに、レーザー光による照射面への殺菌効果が期待できる点が最大のメリットである。また、タービンの独特の回転音や振動がないため、歯科恐怖症の方への治療にも勧めることができる。また、歯科医療に Er:YAG レーザーが、多くのレーザー波長の中で、最もふさわしいと言われる理由は、水への高い吸収性にある。Er:YAG レーザーは、水を含んだ生体組織に対する蒸散能力が高く、しかも、それは表層のみに起こると考えられている。すなわち、Er:YAG レーザーによる硬組織切削の原理は、ハイドロキシアパタイト間で Er:YAG レーザーによって微小爆発が起こり、アパタイト間の結合が破壊

されるためであり、照射野周囲の照射エネルギー密度は低く、周囲組織への影響はほとんどないと考えられる。従来のレーザーが熱による影響が強いのに比べ、熱の発生が微小、痛みが非常に少ないなども特徴の一つである

3. 研究の方法

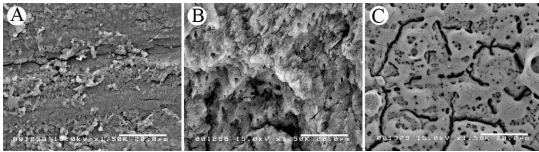
根管形成に関する硬組織レーザーと従来の方法による比較。マイクロ CT が実際に形成された形態や体積の比較に有用であるか検討する。

レーザーを用いた根管形成後に OCT にて撮影を行い、亀裂の有無や深さを計測する。OCT でのリアルタイムの計測により、形成時間と深さの関係・亀裂の有無を計測する。レーザーを用いた根管形成後に走査型電子顕微鏡にて撮影を行い、表面性状を計測する。走査型電子顕微鏡による撮影で、スミヤー層の有無や象牙細管の開口の度合いを調べる。

4. 研究成果

本研究では、マイクロ CT (精密 X 線断層撮影装置) を用いて Er:YAG レーザーによる窩洞形成された体積の測定を行った。Er:YAG レーザー装置は、モリタ社製 Erwin advErl を使い、照射条件は 100mJ, 10pps で照射チップ C400F (径 = 0.4mm) にて 10 秒間照射を行った。ヒト下顎抜去前歯 20 本に注水下で 10 秒間照射を行い、術前・術後で窩洞形成された体積を測定した。また、実際に形成された 3D モデルもコンピューター上で構築し、比較も行った。その結果、実際のヒト抜去歯へのレーザーによる硬組織の切削は、0.44 ~ 1.69mm の深さで切削が可能であった。OCT (光干渉断層撮影装置) は、照射した光の反射をセンサーで拾ってコンピューター解析することで、肉眼で確認できないレベルの細かな変化もリアルタイムで測定できることが最大の特徴である。現在実際に臨床応用できる機械を開発中である。OCT (光干渉断層撮影装置) による実際の形成面の深さの測定では、リアルタイムに窩洞の深さを測定することができ、マイクロ CT による窩洞深さの測定深さと大きな誤差は見られなかった。走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察では、従来回転切削器具で見られるスミヤー層の形成は見られなかったが、完全な象牙細管の開口も見られず、今後の検討課題となった。象牙質にレーザーを照射すると、蛇腹模様の凹みが象牙質に形成される。ショット数・照射エネルギーを増加させて同様に実験を行うと、切削幅について正の相関が見られた。また、チップと象牙質の間の距離を変化させて実験を行うと、100 μm 離れると欠損の大きさが著しく減少し、200 μm 離れると、ほとんど切削されなくなることが判明した。切削面はスミヤー層が見られず、開口した象牙細管が認め

られる。



図は象牙質面の相違 A：通常のバーによる切削面 B：Er:YAG レーザー照射面 C：Nd:YAG レーザー照射面 (Bolortuya G, Ebihara A, Ichinose S, Watanabe S, Anjo T, Kokuzawa C, Saegusa H, Kawashima N, Suda H: Effects of dentin surface modifications treated with Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation on fibroblast cell adhesion, Photomedicine and Laser Surgery, 30, 63-70, 2012.)

上図のように、Er:YAG レーザーによる切削は、象牙質の削りかすであるスメアを象牙質表面に残すことなく、また、その他のレーザーのような熱の影響による表面の溶融を起こすこともない。よって、従来のファイルによる機械的な切削しか方法のない根管治療において、硬組織切削レーザーによる治療方法の確立は非常に有用であると考えられる。近年、歯科用メーカーの企業努力により、根管内にも導光可能なハンドピースに接続できるファイバーチップも開発されており、それらを用いた研究は非常に有用であるといえる。従来の方法と比較して、レーザーによる治療は、無痛的・静音的な治療が見込むことができ、レーザー光自体に殺菌効果があるので、今後とも従来の装置に代わる新しい機器として有望であると考えられる。

歯科領域におけるレーザーの応用は今まで、ハードレーザーとして組織の凝固・蒸散作用による切開、止血、切除等の作用を検討してきた。また、ソフトレーザーでは、創傷治癒促進・疼痛緩和等のペインクリニック領域での検討が行われてきた。2010年4月より歯科の保険治療で「う蝕歯無痛的窩洞形成加算」や「手術時歯根面レーザー応用加算」など適用範囲が拡大された。Er:YAG レーザーは硬組織への照射が認可されているために、すぐに臨床応用可能である。切削というハードレーザーとしての使用法だけではなく、照射面という場の環境が治癒を促進するのであれば、レーザーの臨床応用は飛躍的に増加すると考えられる。このことは治療成績の増加に

つながり、歯の保存による国民の利益、治療費抑制による国の財政への利益につながり、本研究課題への研究費の拠出が直接的に還元されるものと考えている。

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 1件)

J. Ding, A. Ebihara, S. Watanabe, Y. Iino, C. Kokuzawa, T. Anjo, H. Suda, Y. Sumi. Application of Optical Coherence Tomography to identify pulp exposure during access cavity preparation using Er:YAG laser: Photomedicine and laser surgery, 査読有, Vol.32, No.6, 2014, pp.356-359

[学会発表](計 8件)

八尾香奈子、市川勝、佐竹和久、渡辺聡、安生智郎、海老原新、小林千尋、須田英明 . Er:YAG レーザーを利用した根管側枝の洗浄:離れた位置からの照射における洗浄効果.びわ湖ホール、第140回日本歯科保存学会、2014.06.20

八尾香奈子、市川勝、佐竹和久、渡辺聡、安生智郎、海老原新、小林千尋、須田英明 . Er:YAG レーザーを利用した根管側枝の洗浄:清掃効果と歯根周囲に加わる圧力.秋田県総合生活文化会館(アトリオン)、第139回日本歯科保存学会、2013.10.17

市川勝、八尾香奈子、佐竹和久、渡辺聡、安生智郎、海老原新、小林千尋、須田英明 . Er:YAG レーザーを用いた根管洗浄時に生じる根尖孔外への洗浄液の溢出量および溢出距離.秋田県総合生活文化会館(アトリオン)、第139回日本歯科保存学会、2013.10.17

佐竹和久、八尾香奈子、市川勝、渡辺聡、安生智郎、海老原新、小林千尋、須田英明 . Er:YAG レーザーを用いた根管洗浄時に生じる根尖孔外の圧力.住友不動産ベルサール新宿グラント、日本レーザー歯学会、2013.09.28

J. Ding, S. Watanabe, T. Anjo, Y. Iino, C. Kokuzawa, A. Ebihara, H. Suda. The image bone lesion: comparison between porcine Maxilla and Mandible. 第138回日本歯科保存学会, 福岡国際会議場, 2013.06.28

J. Ding, S. Watanabe, Y. Iino, C. Kokuzawa, T. Anjo, A. Ebihara, H. Suda. Ability of Optical Coherence Tomography to Identify Pulp Exposure

J. Ding, T. Anjo, S. Watanabe, Y. Iino, C. Kokuzawa, A. Ebihara, H. Suda. In vitro Detection of Bone Cavity in the Porcine Mandible by Optical Coherence Tomography. Grand Ballroom, COEX SEOUL, APEC2013, 2013.03.23

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安生智郎 (Tomoo Anjo)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究
科・非常勤講師
研究者番号：10396989

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

()
研究者番号：

(4) 研究協力者

()