マイクロフォーカス X 線 CT を用いた未使用コンタクトチップの形態観察

高 森 一 乗

日本大学歯学部小児歯科学講座

(受付 : 2014 年 6 月 18 日, 受理 : 2014 年 7 月 4 日)

Three-dimensional Morphological Analysis of Unused Irradiation Tip Alteration with Er:YAG Laser by Micro-focus X-ray Computed Tomography

Kazunori TAKAMORI

Department of Pediatric Dentistry, Nihon University School of Dentistry

(Received: June 18, 2014, Accepted for Publication: July 4, 2014)

Abstract: The Er:YAG laser is useful for not only removing dental caries, but also for oral surgery, endodontics, and periodontal therapies, and has many advantages compared with traditional treatments. The irradiation conditions of wavelength, output power, and pulse repetition are important for treatment efficacy. Moreover, morphological changes to the irradiated tip are a major factor affecting the adjustment of laser power to specific tissues. However, there is insufficient data regarding tip alterations during treatment. The aim of this study was to conduct a morphological analysis of tips using micro focus X-ray computed tomography (micro-CT). Quartz contact tips for cavity preparation or for soft tissue surgery were analyzed. Micro-CT was performed on five unused tips each. Micro-CT images were obtained under the following conditions: tube voltage 90 or 100kV; current 100 or 200 μ A; and slice width 0.16 or 0.08mm, respectively. The obtained 3D reconstructions were analyzed using software. The 3D data was correctly obtained from the shape of the contact tips by micro-CT. These results revealed that micro-CT is useful for 3D morphological analysis of irradiated tips.

(J. Jpn. Soc. Laser Dent. 25 : 82 ~ 84, 2014 Reprint requests to Dr. TAKAMORI)

Key words = Er:YAG laser, Irradiation tip, Three dimensional morphological analysis, Micro focus X-RAY computed tomography

キーワード = Er:YAG レーザー, 照射チップ, 3次元形態解析, マイクロフォーカス X 線 CT

緒 言

レーザーによる生体組織の蒸散, 切開, 切除を目的とした場合, 効率は被照射組織の光学的特徴に加えて, 使用するレーザー機器の波長, 出力, 繰り返しパルス, コンタクトチップ (以下チップとする) の形状などが要因として挙げられる。

従来の研究においては, レーザーの出力, 繰り返しパルス等の影響に関する検討が多い一方, 被照射組織に接するチップの使用による形状の変化は, 効率の面で非常に重要と考えられるが, その検討は数少なく不明な点も多い。

Er:YAG レーザーは歯科領域において, 硬組織のみでなく軟組織にも幅広く応用されるレーザーである。加えて他のレーザーと同様に照射対象により異なる形状のチップが

準備されている点が特徴で素材にはサファイヤまたは石英ガラスが用いられている。

Er:YAG レーザーでは硬組織の蒸散を目的とした照射では円柱形のフラットエンド型, 根管治療の際には先端が円錐形で側方方向にレーザー光が導光されるものが, 歯石除去には角錐形のもの, 軟組織の切開, 蒸散処置においては術者の好みにより硬組織同様のフラットエンドのものが用いられこともあるが, 他のレーザーに比べ止血が得られにくい Er:YAG レーザーにおいては軟組織の切開と同時に止血効果も得られるように先端部にレーザー光を集光させる形状ならびに表面処理をされているチップが応用されることも多い¹⁾。

Eguro ら²⁾は硬組織用のチップの使用時の出力変化を検討し, その使用時間により先端出力が低下すること, また

その理由としてコンタクトチップの先端形態変化である事を報告している。また、佐藤らは、硬組織用チップを用いて牛歯象牙質に照射した場合でも、先端表面は磨耗するが、ノンコンタクト、斜め照射では出力の低下は見られなかったこと³⁾を、加えて照射後の各コンタクトチップの再利用の試みも報告⁴⁾している。

歯面に接触させない硬組織用チップの変化より、組織に接触して用いられる軟組織用のチップの方が使用後に大きな形態の変化が観察されと考えられるが、詳細な検討はない。

通常チップの使用後の観察評価には走査電子顕微鏡（以下 SEM とする）が多く用いられている²⁻⁴⁾。チップの形態変化の観察を行う場合、実体顕微鏡はチップ形状の変化を簡易に観察、把握することは可能だが、立体形状の記録や比較などは困難である。一方、走査電子顕微鏡は詳細な形状把握は可能であるが、立体形状の比較や観察試料を作製する必要性より同一試料の経時的な形状変化などの観察には適さない。

近年頻用されるようになったマイクロフォーカス X 線 CT（以下マイクロ CT とする）は、詳細な形態観察、立体的な位置関係の確認、距離計測や生体試料の観察、非破壊的かつ標本作製の必要性がない点より、同一標本の経時的な観察にも適している^{5,6)}が、チップをマイクロ CT で観察した報告は渉猟されなかった。

そこで今回は、チップ先端形状を立体的に把握し、かつ今後その形状変化を経時的に比較するための基礎的研究と

して、マイクロ CT を用いて硬・軟組織用未使用チップの形状変化を観察した。

方 法

1. 観察対象としたチップ

観察に供したチップは石英ガラス製であり、それぞれ未使用の硬組織用として使用される形状が円柱形でチップ径がそれぞれ 400 または 600 μm の C400F、C600F ならびに軟組織用として円錐形を呈している S600T を用いた（図 1a, b, c）。

2. 形態観察

1) 実体顕微鏡による観察

実体顕微鏡（SZ61, OLYMPUS, 東京）にデジタルカメラシステム（Digital Sight DS-L1, ニコンインテック, 東京）を用いて撮影を行った。

2) マイクロ CT による 3 次元立体画像観察

マイクロ CT 装置は R_mCT（株式会社リガク, 東京）を用いて、撮影条件は 10 または 20 倍倍率でそれぞれ、管電圧 90 または 100Kv, 管電流 100 または 200 μA , スライス幅ならびに間隔は 0.16, または 0.08mm にて行った。立体構築ならびに画像解析は専用のソフト（i-VIEW Ver1.07, 株式会社モリタ製作所, 京都）を用いた。

結 果

1. 実体顕微鏡による形態的観察

実体顕微鏡の観察より、チップ先端は C400F ならびに

図 1 コンタクトチップ
a: C400F b: C600F c: S600T

図 2 コンタクトチップ先端拡大像
a: C400F b: C600F c: S600T

図3 マイクロCTによるコンタクトチップ立体構築画像
a: C400F b: C600F c: S600T

C600Fともに円柱形(図2a, b)でチップ側面は滑沢であった。S600Tにおいては円錐形でありその先端部は鋭端となっていた。また、チップ表面は滑沢ではなく、擦りガラス様を呈していた(図2c)。

2. マイクロCTによる形態的観察

図3にマイクロCTの10倍, 20倍の拡大像を示す。マイクロCT画像において, C400F, C600FならびにS600Tともに実体顕微鏡と同様に明瞭にその形態が再現されていた(図3a, b, c)。また, S600Tに関してはチップ表面の凹凸の状況まで正確に描出されていた(図3c)。立体構築画像は多方向からの形状観察に適していた。また, 各断面の断層画像においてはチップ内部構造の観察も良好に行えた。

考 察

硬組織用のフラットエンドのチップは通常歯面より1mm程度離して照射する, すなわち非接触で用いることが多い。そのため直接歯面に接触することはないが, Eguroらはコンタクトチップ表面の付着物の元素分析の結果より, アパタイト成分を検出されたことを報告し, 蒸散により飛散したアパタイト小片によりチップが破損する可能性を示唆している²⁾。

一方, 軟組織用であるS600Tチップにおいてはその先端が対象組織に接触し切開, 切除, 蒸散されることより硬組織チップより大きな形態変化を生じる可能性が考えられる。

今回, マイクロCTを用いたところ立体的にチップの形状を把握することは容易であり, 照射後の形態観察にも有効性が高いと考えられた。加えて, チップ表面の描出能力も高いことよりその表面性状変化の検討も応用可能と考えられた。また, 断層画像においては内部構造も明確に観察可能で, そのような面からもマイクロCTの応用は有効と考えられた。

今後, どのような使用条件でチップにどの程度の損耗が生じるのか, また, 使用後のチップの経時的な形状変化がレーザーの出力, さらにはその照射プロファイル(照射方向や広がり)にどのような影響を与えるのかについてマイクロCTにて形態変化を把握しながら検討する予定である。

謝 辞

マイクロCTの撮影ならびにその条件設定にご助言いただいた, 日本大学歯学部歯科放射線学講座 新井嘉則特任教授に感謝いたします。

本研究の一部は日本大学歯学部総合歯科学研究所研究費によって行われた。

文 献

- 1) 高森一乗, 那須大介, 関 信幸, 他: 小児軟組織疾患へのEr:YAGレーザーの応用と実態調査. 小児歯誌, 50: 393-397, 2012.
- 2) Eguro T, Aoki A, Maeda T, et al: Energy Output Reduction and Surface Alteration of Quartz and Sapphire Tips Following Er:YAG Laser Contact Irradiation for Tooth Enamel Ablation. Lasers Surg and Med, 41: 595-604, 2009.
- 3) 佐藤浩美, 吉嶺嘉人, 松本妃可, 他: Er:YAGレーザーによる窩洞形成時のチップ損耗と切削効率に関する研究. 日歯保存誌, 54: 169-176, 2011.
- 4) 佐藤浩美, 赤嶺嘉人, 松本妃可, 他: 損耗したEr:YAGレーザー用石英ファイバーチップの再利用の試み. 日歯誌, 23: 78-85, 2012.
- 5) Saito F, Kajii TS, Sugawara-Kato Y, et al: Morphological evaluation of cranial and maxillary shape differences of the brachymorphic mouse with spontaneous malocclusion using three-dimensional micro-computed tomography. Orthod Craniofac Res, 14: 100-106, 2011.
- 6) Zhao C, Kurita H, Kurashina K, et al: Temporomandibular joint response to mandibular deviation in rabbits detected by 3D micro-CT imaging. Arch Oral Biol, 55: 929-937, 2010.