総説**REVIEW ARTICLE****歯科インプラント治療における Er:YAG レーザーの応用**

江黒 徹^{1,2}, 青木 章³, 水谷 幸嗣³, Aristeo A. Takasaki³,
築瀬 武史², 和泉 雄一^{3,4}, 勝海 一郎¹

¹ 日本歯科大学生命歯学部 歯科保存学講座

² 社団法人 日本歯科先端技術研究所

³ 東京医科歯科大学大学院 歯学部総合研究科 生体硬組織再生学講座 歯周病学分野

⁴ 東京医科歯科大学グローバル COE プログラム 歯と骨の 分子疾患科学の国際教育拠点

(平成 22 年 12 月 9 日受理, 平成 23 年 1 月 28 日掲載決定)

Application of Er:YAG Laser in Dental Implant Therapy

Toru Eguro^{1,2}, Akira Aoki³, Koji Mizutani³, Aristeo A. Takasaki³,
Takeshi Yanase², Yuichi Izumi³, Ichiroh Katsuumi¹

¹Department of Endodontics and Operative Dentistry, School of Life Dentistry at Tokyo, The Nippon Dental University

²Japan Institute of Advanced Dentistry

³Department of Periodontology, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University

⁴Global Center of Excellence (GCOE) Program, International Research Center for Molecular Science in Tooth and Bone Diseases, Tokyo Medical and Dental University

(Received December 9, 2010, Accepted January 28, 2011)

要旨

Er:YAG レーザーは、軟組織および硬組織の両者に应用可能であるため、齲蝕治療をはじめ、歯周治療、歯内療法や歯科インプラント治療にも広く应用されており、優れた臨床効果を発揮している。インプラント治療への応用としては、1 次手術時における歯肉切除、インプラント床形成のための骨外科、および歯肉や骨組織の創傷治癒促進のための LLLT、2 次手術時の埋入インプラントの露出のための歯肉の切除・整形や骨整形、メンテナンス期におけるインプラント周囲炎への応用などが中心である。Er:YAG レーザーは、今日インプラント治療において有望なレーザーとなり今後の発展が期待されている。本稿では、基礎的研究結果とともにインプラント臨床への Er:YAG レーザー応用について紹介する。

キーワード: インプラント, フィクスチャー, Er:YAG レーザー, インプラント周囲炎

Abstract

The Er:YAG laser has been widely applied in dental treatments such as caries therapy, periodontal therapy, endodontic therapy, and dental implant therapy and demonstrated the excellent clinical effects since the laser is applicable to both soft and hard tissues. In the field of implant therapy, the Er:YAG laser can be applied to the following stages: gingivectomy, osseous surgery for implant bed preparation and LLLT for promotion of wound healing in the first phase of implant therapy, and gingival and bone tissue preparation for uncoverage of submerged implants in the second phase, and treatment of peri-implant lesions in the maintenance stage. Thus, currently the Er:YAG laser has become a promising laser in implant therapy and the further development of applications is expected. In the present paper, the clinical applications of the Er:YAG laser are introduced with the results of recent basic studies.

Key word : dental implant, fixture, Er:YAG laser, peri-implantitis

1. はじめに

Er:YAG レーザーは、当初、効率的に歯質を蒸散できることで注目が集まったレーザーであるが、現在では齶蝕治療のみならず、歯石除去をはじめ歯周組織を対象とする歯周治療を中心に、歯髄腔あるいは根管内にアプローチする歯内療法や歯の欠損部を補綴するインプラント治療にも応用されており、レーザー発振装置の発展にともない歯科臨床の様々な領域にその優れた効果を発揮している¹⁻⁴⁾。

日本国内には現在、数十種類の歯科インプラントシステムが導入されている。各システムによって手術方法に特徴があり、システムや症例毎に施術方法は異なるものの、一般的にインプラント治療は、フィクスチャーとよばれるチタンインプラント体を骨内に埋入する1次手術、数ヶ月後に骨結合(オッセオインテグレーション)したインプラント体を口腔内に露出させる2次手術、そしてアバットメントならびに上部構造を装着する最終補綴治療から成り、さらに、治療完了後のメンテナンスへ移行される。本稿では、1次手術、2次手術、メンテナンスの3種のステージにおけるEr:YAG レーザーの応用について解説したい。

2. インプラント体および周囲組織へのEr:YAG レーザー照射の影響

インプラント治療に应用する場合は、歯肉や歯槽骨といった周囲組織に対して照射した際の安全性とインプラント体に対する照射の影響を考慮しなければならない。Er:YAGレーザーは、被照射組織の極表層で吸収され、組織深達性が少ないといわれており、周囲組織に対しては目標とする部分を安全に処理でき、注水することにより

照射野の温度変化もほとんど無いといっている⁴⁾。

現在、臨床応用されているインプラント体はチタン合金がほとんどであり、歯肉貫通部分は機械研磨された表面性状であるが、骨内に埋入される部分の表面性状はシステムによって様々な工夫が加えられている。骨内埋入部分も当初は機械研磨面が基本とされていたが、表面積を拡大することを目的にチタンをプラズマ溶射したTPS (Titanium Plasma Splayed), オッセオインテグレーションを強固にするためにチタン表面にハイドロキシアパタイトコーティングを施したもの、そのほか陽極酸化加工を施したものや酸エッチングを施したものなど様々な微細な表面構造(マイクロストラクチャー)のシステムがある^{5,6)}。

これまで、歯肉貫通部分などに応用されている機械研磨された表面では先端出力 50 mJ/pulse 程度の設定においては、表面にほとんど影響を与えないことが分かっている^{7,8)}。さらに、注水することにより温度上昇も認められず、オッセオインテグレーションを妨げるようなことは生じない。

しかしながら、メンテナンス時の治療対象となるインプラント周囲炎を起こしたような症例では、本来骨内にあるべき表面部分が露出していることが多く、骨内埋入部分の表面は前述したような様々な粗造な表面構造を有しているため、対象となるインプラント体の特徴に配慮する必要がある (Fig.1)。今後のより詳細な検討により、マイクロストラクチャーへの的確な照射条件の設定が待たれるところである。Fig.1 に示す反応は、実際に臨床応用する際の注意喚起を目的として非注水・接触照射という過酷な条件下にて照射した際の反応を確認したもので、不適切な照射条件ではフィクスチャー表面の熱損傷が起こりうることを示している。

Fig.1 Alterations of the fixture surface of various dental implants following Er:YAG laser irradiation without water cooling.

Single pulse of Er:YAG laser (KEY laser 1242, KaVo, Germany) were irradiated using a contact probe without water mist on the surface of three kinds of implant fixtures (SteriOSS®, SteriOSS, USA). In order to detect any thermal affects of the Er:YAG laser to the implants, the irradiation was performed in a severe irradiation condition without water cooling. In the case of the fixture surface of machined implant (TI), distinct morphological changes were not observed at 32 mJ, but the surface color changed slightly and severely at 75 and 97 mJ irradiation, respectively. The surface of the titanium plasma splayed implant (TPS) was melted and severe morphological changes were observed at all the energy levels. The surface of the hydoroxy-apatite coated implant (HA) were ablated at all the energy levels and carbonization was partly observed.

Fig.2 Preparation of a starting point for the access hole on the alveolar bone ridge during implant embedding procedure using an Er:YAG laser. (a) A starting point of the access hole on the alveolar ridge was prepared using an Er:YAG laser (Dentlite 30, HOYA Corp.) with a contact tip (FC80) at 100 mJ/pulse, 20 pps with water spray. The Er:YAG laser was capable of precisely ablating the bone tissue unlike the conventional drilling, and the starting point was easily prepared in a correct position. (b) The implant fixture was placed successfully in a narrow alveolar ridge. (case by T.E.)

3. 1 次手術における応用

1 次手術では、浸潤麻酔あるいは伝達麻酔が必須である。麻酔針刺入点に対して Er:YAG レーザーを非注水・ディフォーカス照射を行うことで粘膜面の知覚鈍麻作用が得られ、まず表面麻酔としての応用が可能である。

浸潤麻酔後には、歯肉・骨膜を切開・剥離して骨面を露出し、インプラント体埋入のための骨孔形成を開始することになる。通常はマイクロモーターにスチールバーを装着して回転切削にて行う。しかしながら、硬い骨面では、回転するバーが骨面でずれてしまい、目的としたポイントから外れてしまうことがある。Er:YAG レーザーの場合、非接触でも骨を蒸散することができるため、目標とするポイントに起始点をつくるのが容易に可能である。その後、数種類の形状のバーを用いて直径約 4.0 mm (システムによって異なる) 程度のインプラント床を予定する深さにまで形成する。一部では、インプラント床すべてをレーザーで形成するという報告もみられるが、切削効率の問題と規格化の問題から研究段階である^{10,11)}。インプラント床形成への応用は、軟組織のみならず骨を蒸散することのできる Er:YAG レーザー特有の適応といえよう。

インプラント埋入後に歯肉縫合を行うが、剥離された歯肉弁や骨に対して Low level laser therapy (LLLT) を行うこ

Fig.3 Gingivectomy and gingivoplasty without local anesthesia in the second phase of implant surgery using an Er:YAG laser. (a) Occlusal view of the implant fixture embedded at the upper right second premolar site at 3 months of post-surgery of fixture placement. Thirty-four year old female. (b) Pre-irradiation of Er:YAG laser was performed to obviate the need for local anesthesia. The operative area was irradiated at 75 mJ/pulse and 20 pps without water spray in a defocused mode using an Er:YAG laser (Dentlite 30, HOYA Corp.) and a contact tip (FC80). (c) Operative view of gingivectomy to uncover the submerged using an Er:YAG laser at 75 mJ/pulse and 20 pps with water spray. (d) The treated site immediately after irradiation. The implant fixture was clearly and precisely exposed without major thermal side effects. (e) 1 week after operation. The wound healing was complete and favorable. (case by T.E.)

とで、歯肉線維芽細胞や骨芽細胞を活性化することにより治癒促進を期待する処置が行われている¹²⁻¹⁴⁾ (Fig.2)。

4. 2 次手術における応用

4.1 歯肉切除 (埋入フィクスチャーのパンチアウト)

歯肉下で骨結合したインプラント体を口腔内に露出させる 2 次手術時には、歯肉切除や周囲の小帯切除など周囲軟組織に対して処置が行われる。レーザーの応用は、これまでの替刃メスや電気メスを用いた処置に比べ、いくつかの優位性が高いことが報告されている^{15,16)}。インプラント体を露出させるための歯肉切除は、通常、浸潤麻酔下で替刃メスを用いて行われる処置である。Er:YAG レーザーを応用する場合には、インプラント体が歯肉から透けている程度の比較的浅い埋入位置にある症例では、対象となる歯肉が白変もしくは褐色に変化する程度まで、非注水でディフォーカス照射をすることで、浸潤麻酔を行わずに無痛的に歯肉切除できる症例が多い。厚い歯肉の存在する症例や骨縁下に深く埋入されたインプラント体を露出させるには、浸潤麻酔を必要とすることもあるが、いずれにおいても、替刃メスを用いた切除に比べ痛みが少なく、治癒が早いことはレーザー治療の特徴といえよう¹⁷⁾ (Fig.3)。

4.2 骨整形

インプラントシステムによっては、2次手術時にインプラント体周囲の歯槽骨整形を行うことがある。その場合、埋入されているインプラント体に傷つけることなく周囲骨のみを除去することが必要であり、一般的にはそれぞれのインプラントシステム独自に規格化されたツールを用いるが、規格外に存在する骨を処置するためには、バーやチゼルといった器具を用いるよりも、インプラント体を損傷することなく必要な部分を処理できるEr:YAGレーザーは非常に有利である。

4.3 頬粘膜に付着する小帯の切除

インプラントに上部構造を装着した後の清掃性を考慮した場合、周囲にある小帯を切除することがある。Er:YAGレーザーでは、まず非注水・ディフォーカス照射を行ったうえで切除することで、浸潤麻酔をせずに無痛的に処置できる症例が多い。

5. メインテナンスにおける応用

治療完了後のメインテナンスにおいて、Er:YAGレーザーがさらに注目されているのは予後不良例に生じるインプラント周囲炎に対しての応用である。

近年のインプラント体は微細なマイクロストラクチャーを有するものが多く、組織親和性に優れている反面、骨から露出してしまうと汚れが付着しやすく除去することが難しい。従来の機械的な接触様式の治療では、チタン表面を損傷せず、スレッドを有する複雑な立体構造の細部まで、しかも、マイクロストラクチャーが付与されたフィクスチャー表面を破壊せずに効率的にデブライドメントを達成するのは殆ど不可能である。機械的手段の補助として、薬液や抗菌薬による化学的除菌が行われているが、これらは必ずしも確実ではなく、抗菌薬投与では耐性菌の出現やアレルギーなどの副作用の懸念がある¹⁸⁾。従って、マイクロストラクチャーのデブライドメントには接触型ではなく、非接触型のエア・アブレーションやレーザーの応用が期待されている¹⁸⁻²⁰⁾。Er:YAGレーザーを応用することにより非接触で、マイクロストラクチャーの中に入り込んだプラークや、肉芽組織等を効果的に除去すると同時に殺菌効果も期待できる。

5.1 インプラント周囲炎への応用に関する基礎的研究

Er:YAGレーザーは、高出力ではチタンに熱変化を生じるが、臨床に通常用いられる適正な出力での注水下での照射は、マイクロストラクチャーを含む各種チタン表面の性状の変化²¹⁾や著しい温度上昇を起こさず²²⁾、骨芽細胞の付着に影響を与えず^{21,23)}、除菌が可能であり^{23,24)}、ヒーリングアパットメント上の石灰化物を表面の損傷なく除去できたこと⁸⁾などが報告されている。従って、Er:YAGレーザーは適正な出力と照射条件を遵守することにより、チタン表面および骨欠損部の両者を同時にデブライドメントできる効果的な波長と期待されている^{18,20,25,26)}。

イヌにおける実験的インプラント周囲炎の外科的治療

Fig.4 Operative views (a-d) of the surgical treatment of experimentally-induced dehiscence-type peri-implantitis lesions in dogs. All defects were filled with a granulation tissue (a, b). Degranulation and implant surface decontamination was performed by either an Er:YAG laser device (c), or plastic curets (d). At 6 months following therapy, a favorable formation of new bone was observed in the laser group (e) when compared to the control curet group (f). (Villanueva goldner stain, bar = 500 μ m, original magnification x30). BBD = bottom of the bone defect, CBD = coronal level of bone defect. NB: newly-formed bone tissue. [Photographs from Takasaki AA et al. Er:YAG laser therapy for peri-implant infection: a histological study. *Lasers Med Sci* 22:143-157, 2007. *Lasers in Medical Science* © copyright (2007) Springer-Verlag London Limited]

の動物研究において、Er:YAGレーザーが汚染チタン表面のデブライドメントおよび骨欠損の肉芽組織の掻爬に安全かつ効果的に応用可能であり、リオッセオインテグレーションが得られることが組織学的に示されている^{27,28)}。Takasakiらは、裂開型骨欠損のインプラント周囲炎を用いて (Fig.4 (a), (b)), Er:YAGレーザーが不良肉芽組織の掻爬とフィクスチャー表面 (ITI, SLATM) のデブライドメントに安全かつ効果的に応用できることを証明した²⁸⁾。Er:YAGレーザー (Dentlite 30TM, HOYA 社) は、先端出力 62 mJ/pulse (パネル表示 95-105 mJ/pulse, 先端エネルギー密度 10.0 J/cm²/pulse), 20 Hz, 生理食塩水の注水下にて照射し (Fig.4 (c)), 対照群ではプラスチック製キュレットを用いて同様の処置を施し、生理食塩水にて洗浄した (Fig.4 (d))。

レーザー照射により、肉芽組織の除去およびインプラント表面のデブライドメントは、チタン表面に明らかな熱傷害を生じることなく (Fig.4 (c)), キュレット (Fig.4 (d)) よりも容易に可能であり、照射骨面からの出血がキュレット処置よりも顕著に認められた。組織学的には、術後 24 週において、照射骨面に熱傷害は見られず、対照群と同様に、欠損部に良好な骨組織の再生が生じていた。インプラ

Fig.5 A clinical case of surgical therapy of the peri-implantitis with the Er:YAG laser. (a)Before surgery. A fistula formation was clearly observed around the implant at the upper left first incisor (#21) site. (b) During surgery. The bone defect and the implant fixture surface were effectively debrided with the Er:YAG laser without producing any major thermal damages on the irradiated surfaces. (c) At 6 months of post-surgery, favorable wound healing was observed and the peri-implant tissues became stable. (Case by K.M.)

ント面への骨新生は、レーザー群において、より歯冠側への伸展を示した (Fig.4 (e), (f)). 組織計測においては、新生骨の高さおよび骨とインプラントの接触部の長さについては、統計学的有意差には達しなかったが、レーザー群のほうがより良好な成績を示す傾向が見られた。

このように、Er:YAG レーザーはインプラント周囲炎の外科治療において、汚染インプラント体表面および骨欠損部の両者のデブライメントに有効に应用できることが組織学的に示され、さらに Er:YAG レーザー治療では新生骨形成が促進される可能性が示唆されている^{28,29)}。

5.2 インプラント周囲炎の外科治療への臨床応用

Er:YAG レーザーの外科治療への応用の臨床例を Fig.5 に示す。患者は 38 歳女性で、インプラント部歯肉の瘻孔からの排膿を主訴に来院した (Fig.5 (a))。デンタル X 線写真、CT 画像により、頬側に骨欠損が確認されたため、Er:YAG レーザーを用いたフラップ手術を施行した。浸潤麻酔下にて歯肉骨膜弁を剥離し、骨欠損部の肉芽組織の掻爬とインプラント体表面のデブライドメントを、Er:YAG レーザー (DentlitzTM, HOYA 社) を用いて行った。パネル表示 80 mJ/pulse (先端出力約 40 mJ/pulse, エネルギー密度 14.2 J/cm²/pulse), 20Hz, 滅菌生理食塩水の注水下にて照射を行った。接触照射による骨欠損部の肉芽組織の除去は容易であり、インプラント体表面は注水下でのニアコンタクト照射にて、確実な冷却効果の下で表面を機械的にも熱的にも損傷することなく処置が可能であり、スレッドに沿ってレーザー照射を行い、表面の滅菌および無毒化を図った (Fig.5 (b))。また、翻転した歯肉弁の内面の炎症性肉芽組織も非注水照射にて蒸散し

た。欠損底の骨表面からは出血が顕著であり、骨欠損部の血餅の活性化を期待してディフォーカス照射にて表面を凝固し安定させ、その後、弁を復位し縫合を行った。術後、瘻孔は消失し、臨床的改善が認められた (Fig.5 (c))。

6. まとめ

Er:YAG レーザーのインプラント治療への応用として、日常臨床で最も頻度が高いのは 2 次手術時における歯肉切除ではないだろうか。非注水ディフォーカス照射にて歯肉が白変あるいは褐色に変化する程度まで予備照射をおこない、その後、注水下にて照射をすることによって、ほとんどの症例において無麻酔下にて無痛的に処置が可能で、しかも創面は熱傷害が非常に少なくきれいである。また、必要な症例では直接骨処置を行うことができるのも本レーザーの大きな利点である。

さらに最近では、インプラント周囲炎に対するダイオードレーザーや LED といった光と光感受性薬剤を併用した殺菌・除菌が注目されており、Er:YAG レーザーの応用も大いに期待される。詳細な照射条件は、各種インプラントの表面構造によって異なるため、今後の詳細な研究が必要である。

参考文献

- 1) R.Hibst, U. Keller. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser Aon dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers Surg Med.*, 9: 338-44. 1989.
- 2) A.Aoki, I.Ishikawa, T.Yamada, M.Otsuki, H.Watanabe, J.Tagami, Y.Ando, H.Yamamoto. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment *in vitro*. *J Dent Res*, 77: 1404-14.1998.
- 3) T.Eguro, T. Maeda, M.Otsuki, Y.Nishimura, I.Katsuumi, H.Tanaka. Adhesion of Er:YAG laser irradiated dentin and composite resins: Application of various treatments on irradiated surface, *Lasers in Surg. Med.*, 30: 267-272, 2002.
- 4) I. Ishikawa, A. Aoki, A.A.Takasaki. Clinical application of erbium:YAG laser in periodontology. *J. Int. Acad. Periodontol*, 10: 22-30, 2008.
- 5) 吉成正雄. インプラントの表面構造—骨接触部位—. *日歯先技研会誌*, 16: 181-188, 2010.
- 6) 江黒徹, 小川正明, 築瀬武史, 久保一美, 前田徹, 田中久義. インプラントのフィクスチャーに対する Er:YAG レーザー照射の影響. *日口腔インプラント誌*, 12: 504-510, 1999.
- 7) T. Eguro, M.Ogawa, T. Maeda, H. Tanaka. The Surface Observation of Er:YAG Laser Irradiated Polished Titanium. *Proceeding of 5th congress WCOI*, 622-623, 2002.
- 8) T. Matsuyama, A. Aoki, S. Oda, T. Yoneyama, I. Ishikawa: Effects of the Er:YAG laser irradiation on titanium implant materials and contaminated implant abutment surface. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, 21: 7-17, 2003.
- 9) 江黒徹, 渡沼敏夫: インプラント治療, 和泉雄一, 青木章, 石川烈編著. 歯周治療・インプラント治療における Er:YAG レーザーの使い方, 111-117, 2010, 医学情報社.
- 10) M.EL-Montaser, H.Devlin, M.R. Dickinson, P. Sloan, E. Richard. Osseointegration of titanium metal implants in Er:YAG laser-prepared bone. *Implant. Dent.*, 8: 79-85, 1999.
- 11) G. Keslar, G. Romanos, R. Koren: Use of Er:YAG laser to improve osseointegration of titanium alloy implants—a comparison of bone healing. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*,

- 21: 375-379, 2006.
- 12) V. Aleksic, A. Aoki, K. Iwasaki, A.A. Takasaki, C.Y. Wang, Y. Abiko, I. Ishikawa, Y. Izumi. Low-level Er:YAG laser irradiation enhances osteoblast proliferation through activation of MAPK/ERK. *Lasers Med. Sci.*, 25: 559-569, 2010.
- 13) M. Khadra. The effect of low level laser irradiation on implant-tissue interaction. *In vivo and in vitro studies*. *Swed.Dent. J. Suppl.*, 1-63, 2005.
- 14) M. Khadra, N. Kasem, S.P. Lyngstadaas, H.R. Haanaes, K. Mustafa. Laser therapy accelerates initial attachment and subsequent behaviour of human oral fibroblasts cultured on titanium implant material a scanning electron microscopic and histomorphometric analysis. *Clin.Oral. Implant Res.*, 16: 168-175, 2005.
- 15) G. E. Romanos, N. Gutknecht, S. Dieter, F. Schwarz, R. Crespi. Laser wavelengths and oral implantology. *Lasers Med. Sci.*, 24: 961-970, 2009.
- 16) J. Arnabat-domínguez, A.J.España-tost, L. Berini-aytès, C. Gay-escoda. Erubium:YAG laser application in second phase of implant surgery: a pilot study in 20 patients. *Int. J. Oral Maxillifac. Implants*, 18: 104-112, 2003.
- 17) J.L.Zerado, K.K.Sasaki, Y.Kumei, K. Toda. Hindlimb withdrawal reflexes evoked by Er:YAG laser and scalpel incisions in rats. *Photomed Laser Surg.*, 24(5): 595-600, 2006.
- 18) I. Ishikawa, A. Aoki, A.A. Takasaki, K. Mizutani, K.M. Sasaki, Y. Izumi. Application of lasers in periodontics: true innovation or myth? *Periodontol* 2000, 50: 90-126, 2009.
- 19) G.E. Romanos, G.H. Nentwig. Regenerative therapy of deep peri-implant infrabony defects after CO₂ laser implant surface decontamination. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 28(3): 245-255, 2008.
- 20) F. Schwarz, J.Becker. Peri-implant infection: etiology, diagnosis and treatment. Berlin, Quintessence, 2010.
- 21) F. Schwarz, D. Rothamel, A. Sculean, T. Georg, W. Scherbaum, J. Becker. Effects of an Er:YAG laser and the Vector ultrasonic system on the biocompatibility of titanium implants in cultures of human osteoblast-like cells. *Clin Oral Implants Res*, 14(6): 784-792, 2003.
- 22) M. Kreisler, H. Al Haj, B. d'Hoedt. Temperature changes at the implant-bone interface during simulated surface decontamination with an Er:YAG laser. *Int J Prosthodont*, 15(6): 582-587, 2002.
- 23) F. Schwarz, A. Sculean, G. Romanos, M. Herten, N. Horn, W. Scherbaum, J. Becker. Influence of different treatment approaches on the removal of early plaque biofilms and the viability of SAOS2 osteoblasts grown on titanium implants. *Clin Oral Investig*, 9(2): 111-117, 2005.
- 24) M.Kreisler, W. Kohnen, C. Marinello, H. Gotz, H. Duschner, B. Jansen, B. d'Hoedt. Bactericidal effect of the Er:YAG laser on dental implant surfaces: an *in vitro* study. *J Periodontol*, 73(11): 1292-1298, 2002.
- 25) A. Sculean, F. Schwarz, J. Becker. Anti-infective therapy with an Er:YAG laser: influence on peri-implant healing. *Expert Rev Med Devices*, 2(3): 267-276, 2005.
- 26) F. Schwarz, A. Aoki, A. Sculean, J. Becker. The impact of laser application on periodontal and peri-implant wound healing. *Periodontol* 2000, 51: 79-108, 2009.
- 27) F. Schwarz, S. Jepsen, M. Herten, M. Sager, D. Rothamel, J. Becker. Influence of different treatment approaches on non-submerged and submerged healing of ligature induced peri-implantitis lesions: an experimental study in dogs. *J Clin Periodontol*, 33(8): 584-595, 2006.

- 28) A.A.Takasaki, A. Aoki, K.Mizutani, S. Kikuchi, S. Oda, I. Ishikawa: Er:YAG laser therapy for peri-implant infection: a histological study. *Lasers Med Sci*, 22(3): 143-157, 2007.
- 29) K. Mizutani, A. Aoki, A.A.Takasaki, A. Kinoshita, C. Hayashi, S. Oda, I. Ishikawa: Periodontal tissue healing following flap surgery using an Er:YAG laser in dogs. *Lasers Surg Med.*, 38(4): 314-324, 2006.
- 30) 青木章, 水谷幸嗣, 和泉雄一: Er:YAG レーザーによるデブライドメント, 和泉雄一, 吉野敏明編著. インプラント周囲炎を治療する. 150-57, 2010, 医学情報社.

著者紹介

江黒 徹 (Toru Eguro)

1994 年, 日本歯科大学歯学部卒業. 1998 年, 日本歯科大学大学院歯学研究科(歯科保存学専攻)修了(歯学博士). 2001 年, 日本歯科大学歯学部歯科保存学教室助手. 2003 年, 同講師. 2005 年, 江黒歯科クリニック開業. 日本歯科大学歯学部歯科保存学教室非常勤講師. 日本歯科保存学会専門医・指導医・評議員. 日本口腔インプラント学会専門医・評議員. 日本レーザー歯学会認定医・指導医・評議員. 社団法人日本歯科先端技術研究所専務理事.

青木 章 (Akira Aoki)

1989 年, 東京医科歯科大学歯学部卒業. 1989 年, 同・歯学部歯科保存学第二講座研修医. 1991 年, 同・医員. 1996 年, 同・リサーチ・アソシエイト(日本学術振興会研究員), 歯学博士取得. 1998 年, 同・助手. 2000 年, 同大学院・医歯学総合研究科・生体硬組織再生学講座・歯周病学分野助手に配置換え. 2003-04 年, 文部科学省在外研究員, カリフォルニア大学サンフランシスコ校客員助教. 2007 年, 東京医科歯科大学大学院・歯周病学分野助教(現在に至る). 歯学博士, 日本歯周病学会専門医, 日本レーザー歯学会認定医・指導医, Academy of Laser Dentistry (ALD, 米国) 認定医 (standard proficiency), 日本レーザー歯学会評議員, 日本レーザー医学会評議員, 世界レーザー歯学連合 (WFLD) Asian-Pacific Division Vice Chair, ALD Science & Research Committee Member.

水谷 幸嗣 (Koji Mizutani)

2002 年, 東京医科歯科大学・歯学部歯学科卒業. 2006 年, 同・大学院医歯学総合研究科・生体硬組織再生学講座・歯周病学分野修了, 歯学博士取得. 2007 年, 東京医科歯科大学・歯学部附属病院歯周病外来医員, 2010 年ハーバード大学医学部・ジョスリン糖尿病センター研究員(現在に至る). 歯学博士, 日本歯周病学会専門医, 日本レーザー歯学会認定医, 日本歯科保存学会会員, 日本口腔インプラント学会会員.

Aristeo Atsushi Takasaki

2001 年, エスピリト・サント連邦大学歯学部卒業. 2007 年, 東京医科歯科大学大学・大学院医歯学総合研究科・生体硬組織再生学講座・歯周病学分野修了, 歯学博士取得. 2006-2007 年同大学院・21 世紀 COE プログラム Super Student. 2007 年, 同大学院・同分野・外国人研究者. 2007-2008 年, 同・技術補佐員. 2008 年 - 現在, 高崎歯科医院院長 (現在に至る). 2009 年 - 現在, インプラント修士課程, CPO Sao Leopoldo Mandic, Campinas, Sao Paulo, Brazil. 歯学博士, ブラジル歯周病学専門医.

築瀬 武史 (Takeshi Yanase)

1984 年, 神奈川歯科大学卒業. 1987 年, ヤナセ歯科医院開業. 1998 年, 医学博士取得 (東京医科大学). 2007 年, 東邦医科大学医学部客員講師. 2008 年, 神奈川歯科大学客員教授. 2009 年, 東京医科大学客員講師. 日本口腔インプラント学会専門医・指導医・理事. 社団法人日本歯科先端技術研究所会長.

和泉 雄一 (Yuichi Izumi)

1979 年, 東京医科歯科大学歯学部卒業, 1983 年, 同・大学院歯学研究科修了, 歯学博士取得, 同・歯学部歯科保存学第 2 講座助手, 1987-89 年, ジュネーブ大学医学部歯学科講師, 1992 年, 鹿児島大学歯学部歯科保存学講座 (2) 助教授, 1999 年, 同・教授, 2003 年, 同・歯学部附属病院副病院長, 同・大学院医歯学総合研究科・歯周病態制御学分野教授, 2004 年, 同・医学部・歯学部附属病院病院長補佐, 2007 年, 東京医科歯科大学大学院・医歯学総合研究科・生体硬組織再生学講座・歯周病学分野教授, 2008 年, 同・歯学部附属病院病院長補佐. 歯学博士, 日本歯周病学会常任理事, 日本歯科保存学会常任理事, 日本レーザー歯学会評議員, American Academy of Periodontology (AAP, International Member), American Society of Microbiology (ASM, Active Member), Asian Pacific Society of Periodontology (APSP, Treasurer), 日本歯周病学会歯周病専門医・指導医, 日本歯科保存学会保存治療専門医・指導医.

勝海 一郎 (Ichiro Katsuumi)

1974 年, 日本歯科大学歯学部卒業. 1978 年, 同大学院歯学研究科 (歯科保存学専攻) 修了 (歯学博士). 1978 年, 同歯科保存学教室第 1 講座助手. 1980 年同講師. 1981-1983 年, ノースウエスタン大学歯学部留学. 1995 年, 同教授. 2003 年, 同歯科保存学講座教授. 日本歯科保存学会理事長. 日本歯内療法学会理事. 日本口腔科学会理事. 日本歯科大学歯学会副会長. 日本歯科保存学会専門医・指導医. 日本歯内療法学会専門医・指導医.