

MEDICAL PHOTONICS

5号 (2011年春号)

抜刷

歯科口腔領域におけるレーザーの応用とその問題点

愛知学院大学 歯学部 顎口腔外科学講座

吉田 憲司

歯科口腔領域における レーザーの応用とその問題点

愛知学院大学 歯学部 顎口腔外科学講座

吉田 憲司

1 はじめに

歯科領域におけるレーザーの応用は、主として口腔軟組織の切開、凝固、止血、蒸散目的に高出力Nd:YAGレーザー、CO₂レーザー、半導体レーザーの歯科用機器が開発され普及してきている。

またう蝕歯の切削、歯石除去には、歯科用Er:YAGレーザー装置が保険適応機器として承認されている。これらのレーザー機器はいずれもファイバー導光により口腔内における操作を可能にしているが、近年では、No-fiber Er:YAGレーザー機器 Lite Touch™ (Syneron Dental Israel) が注目されている。この装置には、レーザーハンドピース部分にレーザー発振媒体が組み込まれており（国際特許）、これまでに開発されてきた医用あるいは歯科用レーザー治療機器のように、装置本体のレーザー発振媒体からファイバーを介してレーザーを導光するシステムでないため、エネルギー減衰がほとんどないことである。従来概念のようにレーザーの発振部分は装置本体に取り付けられているというイメージから脱却した画期的な機器である。しかし、このような機器が欧米で開発されても、日本における薬事承認を得るには臨床試験を新たに行わなければならないなど数々の障壁があり、これがいわゆるデバイス・ラグという日本国内での医用レーザー機器の使用や普及に大きな妨げとなっている。

本稿においては、歯科口腔領域におけるレーザーの応用についての現況とその問題点について解説する。

2 歯科用レーザー機器の特徴と現況

2008年の市場統計調査によれば、本邦における歯科用レーザー装置の累積販売台数は、32,278台である。これは歯科診療所の約1/3の施設で導入されている割合になる。

歯科領域におけるレーザー治療は、1980年代初頭より、当時先行して開発されていた医科用CO₂レーザー、Nd:YAGレーザー装置^{1,2)}を代用して使用され始めた。これら装置は、皮膚、粘膜の軟組織病変の切開、凝固、蒸散、止血などを主たる目的に製品化されており、う蝕治療の際における、病的エナメル質や象牙質の硬組織切削には、レーザーの波長特性からして無理があった。またレーザーハンドピース先端や付属のコンタクトプローブ・チップなども歯科治療に特有なものとして製品化されている付属品は少なかった。しかし1980年代末より、先ず歯科治療の特徴を備えた歯科用レーザーCO₂レーザー、Nd:YAGレーザー装置が開発され、普及し始めた。機器の要点を挙げれば、①口腔内における操作性が簡便かつ良好なシステム、②装置の大きさ、③価格などである。口腔内におけるレーザー治療環境は、非常に制限されている。すなわち導光ファイバー、レーザーハンドピースシステムは口腔という狭い領域で操作可能な大きさ、デザインでなければならない。また血管、神経など重要臓器が近接しており、過剰な照射熱エネルギーによる健全歯への熱影響などの危険性に注意する必要がある、ときとして歯冠には金属性材料による補綴物や修復材料があり、このような部位へのレーザーの誤照射は、口腔内において反射、散乱するため細心の注意

MAIN TOPICS

が必要である。装置の大きさに関しては、レーザー治療時に歯科治療椅子（デンタルチェア）付近に設置されることになるため、施術者や介助者の位置する場所を占有しないような小型の機器が要求される。また製品価格については、高額な治療器の導入は、歯科診療報酬による十分な採算ベースに見合うものではなく、医科も同様にレーザー治療に関する保険適用の内容が極めて限定されていることである。しかし以上のような緒要件をクリアすべく、歯科用レーザー機器の開発に企業側の努力が傾注され、この20年ほどで歯科用レーザー機器は多くの施設で導入されるに至り、市場統計上、現在では歯科診療所の約1/3の施設で導入されていることになる。1980年代末には、歯の硬組織切削を目的とした歯科用Er:YAGレーザー装置の開発が始められ、臨床治験を経て製品化された。また2008年には歯科用Er:YAGレーザー機器によるう蝕病変部の切削除去、さらには2010年に歯科用Er:YAGレーザー機器応用による歯石除去について保険収載が承認された。

1990年代後半頃には、出力3W程度で口腔軟組織の切開、凝固、蒸散、止血処置を行う歯科用に特化した小型の半導体レーザー装置が開発された。価格も手頃なことからユーザーのニーズに応えた機器が製品化されたといえる。一方、口腔癌の手術などに使用するレーザー機器は、歯科用レーザー装置では、照射出力や付属品などが十分とはいえず、医科用レーザー機器を使用しているのが現状である。

現在、歯や骨など硬組織を切削する目的で歯科領域において臨床使用されているのは、Er:YAGレーザー、Er,Cr:YSGGレーザー、No fiber straight Er:YAGレーザーである。

Er:YAGレーザー（波長2940 nm）は、水とヒドロキシアパタイトへの吸収が高く、歯や骨が切削可能なレーザーである。また口腔粘膜軟組織も切開可能である。

Er,Cr:YSGGレーザー（波長2780 nm）は照射部位表面の水蒸気爆発力で歯を切削するヒドロキネティック理論を特徴としている。硬組織と軟組織に有効であるが、色素選択性がない

ため、う蝕軟化象牙質や歯石の除去はあまり効果的ではない。

2.1 No-fiber Er:YAGレーザー装置 Lite Touch™

このレーザー装置は、最大出力700 mJ、ノーファイバー、ノーマニピュレーター方式でレーザー伝達はハンドピース内蔵発振式のためEr:YAGの発振体からハンドピース先端のサファイアチップに出射され、ファイバー伝達中にレーザーエネルギーの減衰がなく、純粋に近い2940 nmのEr:YAGレーザー装置としての特性を發揮し、硬軟両組織に適用可能である³⁾。ハンドピースは360度回転し、口腔内の適用部位に至便である（図1、2）。またファイバーが破

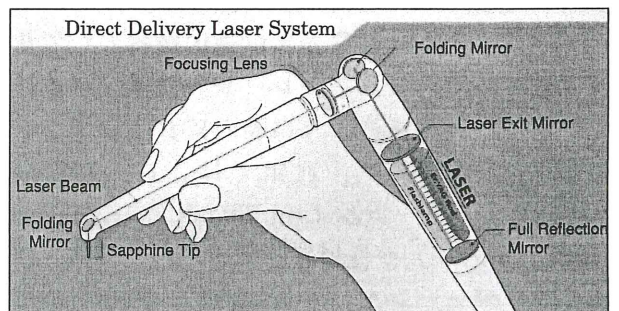


図1 Er:YAGレーザーの発振体がハンドピースに内蔵されている (Syneron Dental Lite Touch™ カタログより引用)

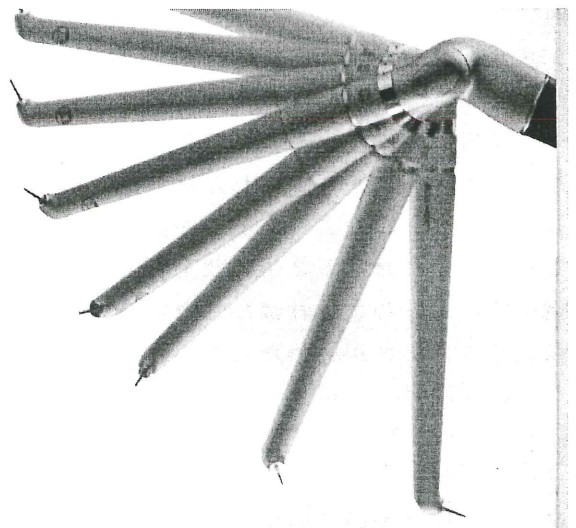


図2 ハンドピースは360度回転する構造になっている (Syneron Dental Lite Touch™ カタログより引用)

損する心配がない。本装置は Er,Cr:YSGG と同様のハイドロキネティック効果をもち、色素反応により軟化象牙質や歯石除去に優れている。

図3、4はニワトリの砂キモを切開した肉眼および病理組織所見である。鋼刃メスで切開したときと同様に鋭利な所見であり、切開面には熱影響による凝固、炭化層もみられない。病理組織所見においても同様である。骨に対しては、ブタ下顎骨歯槽部を切削してみると簡易に切削が可能である(図5)。また骨内に設置したチタ

ンスクリュー除去を想定して、周囲の皮質骨を切削してみると、スクリューを損傷することなく周囲骨を除去することができた(図6、7)。ブタ顎骨の皮質骨は堅固であるため、Lite Touch™を使用して簡単にしかも短時間で除去できたことは驚きであった。歯科用インプラン

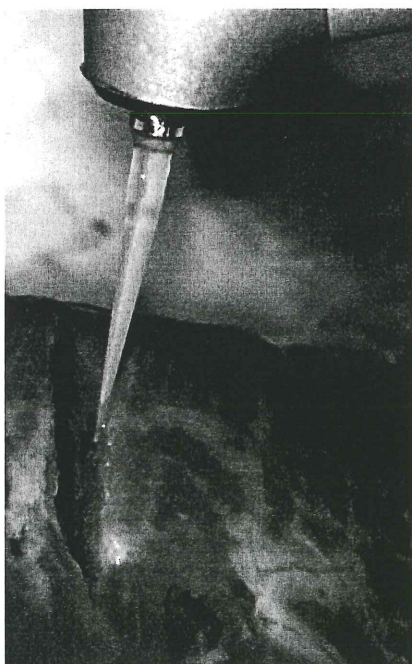


図3 砂キモの切開操作

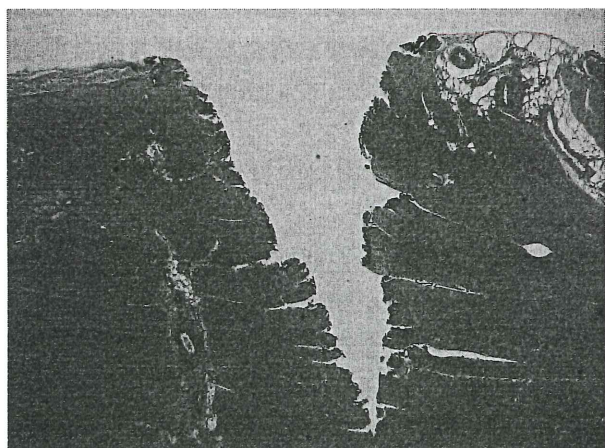


図4 切開した砂キモの病理組織所見 切開層における熱凝固、炭化層はみられない

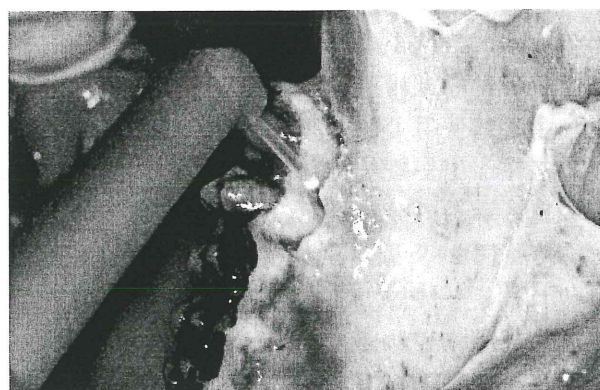


図5 Lite Touch™を使用してブタ下顎骨歯槽部の骨を切削している所見

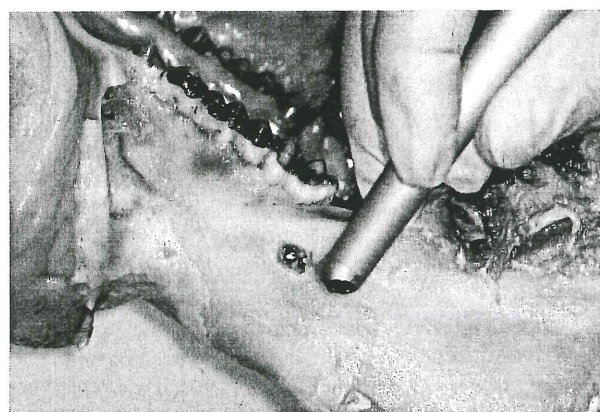


図6 チタン性医用固定材料周囲の骨を削除しているところ



図7 切削骨表面における炭化層や亀裂などの所見はみられない

MAIN TOPICS

ト手術に関連した骨移植時の採骨やコルチコトミーなどに有用な手技となりえよう⁴⁾。

2.2 歯科用高出力半導体レーザー装置 オサダライトサージスクエア OSL-STC

先端最高出力3Wの高出力半導体レーザー手術装置オサダライトサージスクエアは、口腔軟組織の切開、凝固、蒸散、止血効果に効能効果がある。本装置は小型であり、手狭な歯科診療室においては設置場所に苦慮することがなく、非常に手軽に使用可能である。また装置本体とフットスイッチがコードレスのため、装置の移動や設置、稼働の際に足元の制限が回避され至便である(図8)。近年、海外においても歯科用半導体レーザー機器では、同様なシステムの機器が多く製品化されており、ペンシル型タイプの小型装置も開発されている。図9、10は同装置を使用して口底部に発生したガマ腫を摘出した症例である。ガマ腫は唾液の流出障害によってできる貯留嚢胞で口底部に好発する。薄い嚢胞壁の内容は貯留粘液で、摘出時には周囲組織との境界が不明瞭で完全摘出は困難なことが多い。



図8 歯科用半導体レーザー装置 オサダライトサージスクエア OSL-STC



図9 左側口底に発生したガマ腫



図10 切除中の所見

レーザーを用いれば比較的簡単に摘出が行える。本症例の場合、局所麻酔下にOSL-STCにて3W、CWモードで摘出術を施行した。まず、全周を浅く切開し、徐々に病変全体を牽引しながらレーザーメスで切除を進めていく。術中の出血はほとんどみられず、病変部周囲組織も明瞭に確認できるので非常に効果的である。

3 国内における歯科用レーザー機器開発の課題

医療機器の承認審査期間が欧米に比較して遅いデバイス・ラグが問題となっている。歯科領域においても同様な事情で、歯科用レーザー治療機器の承認に時間がかかりすぎ、採算性の見込みがつかず事業撤退や売却という案件もある。これでは企業側の新しい製品の開発やモノづくりのモチベーションも低下してしまい、患者は

最新の機器で治療を受ける恩恵に肖れず、またユーザーである医療者も最新機器に携わる機会の逸失や欧米との情報格差は広がるばかりである。国家レベルで考えると相当な損失になると推察できる。

デバイス・ラグ問題を解決するためには、欧米並に短期間で医療器具の承認が可能な体制を日本でも整備することと、医薬品と同様に海外の試験データを国内利用できるように大幅な規制緩和が必要である。

歯科用レーザー機器の導入を採算ベースで考えると、保険適応に承認されているのは、2008年の4月から「無痛的う蝕除去加算」としてEr:YAGレーザーによる硬組織（歯の）切削が20点（200円）認められ、その後2010年4月には40点に増点となった。また2010年4月には「手術時歯根面レーザー応用加算」40点が新たに導入された（レーザー照射による歯石除去など⁵⁾）が、この2つが保険適応として認められているのみである。

いずれも加算点数であり、採算ベースで考えるともっと高点数であることが望まれる。

4 レーザーから次世代への光治療機器へ

発光ダイオード、LEDなどレーザーとは異なる光源の医療応用が期待されている^{6,7)}。歯科領域においても歯周病原細菌に対する高出力赤色LEDを用いた抗菌光線力学療法（a-PDT Antimicrobial PDT）の至適条件に関する研究報告がみられる⁸⁾。また青色LEDを光源とした歯の漂白（歯のホワイトニング・ブリーチング）も注目されている。

5 おわりに

国内において歯科治療にレーザーが取り入れられるようになり30年以上が経過した。この20年ほどは歯科用に特化したレーザー機器も多数開発されてきたが、レーザー機器の導入が採算ベースで考えると決して満足のいくものではない。小型で安価な機器が海外で開発され、デ

バイス・ラグの問題とも係り欧米とのさらなる格差が危惧される。

問題点や課題は明らかであるので、解決に向けて企業、ユーザー、行政相互の連携と努力が必要である。

参考文献

- 1) 吉田憲司,高井克憲,加藤麦夫,古田 哲,榎本道彦,木下靖朗,神谷祐二,各務和宏,稲本 浩,深谷昌彦:口腔外科領域におけるNd-YAGレーザーの臨床応用. 日口外誌 33:315-324, 1987.
- 2) 吉田憲司,各務和宏,石原 朗,金子道生,加藤麦夫,伊藤暖果,中山和久,深谷昌彦:広範囲出力可変式Nd-YAGレーザー装置、(SLTコンタクトレーザー DCL50[®])の口腔外科領域への応用. 日口外誌 33:2447-2458, 1987.
- 3) Tzi Kang Peng: Clinical applications of Er:YAG lasers in periodontal therapy. *Australasian Dental Practice*, 2008, p130-136.
- 4) Stefan Stübinger, Katja Nuss, Michaela Pongratz, Jill Price, Robert Sader, Hans-Florian Zeilhofer, Brigitte von Rechenberg: Comparison of Er:YAG laser and piezoelectric osteotomy: An animal study in sheep. *Laser Surg Med* 42:743-751 2010.
- 5) 青木章,水谷幸嗣,渡辺久,和泉雄一,石川烈,富士谷盛興,千田彰,吉田憲司,栗原英見,吉江弘正,伊藤公一:レーザーによる歯石除去. 日レ歯誌 21: 100-109, 2010.
- 6) Chukuka S. Enwemeka, Deborah Williams, Sombiri K. Enwemeka, Steve Hollosi, David Yens: Blue 470-nm light kills methicillin-resistant *staphylococcus aureus* (MRSA) *in vitro*. *Photomed Laser Surg*, 27 : 221-226 2009.
- 7) Leticia Lang-Bicudo, Fernanda De Paula Eduardo, Carlos De Paula Eduardo, Denise Maria Zezell: LED Phototherapy to prevent mucositis: A case report. *Photomed Laser Surg*, 26 : 609-613 2008.
- 8) Ishikawa I, Okagami Y, Izumi Y, Umeda M, Tsuchiya F, Tsuno A, Okano T: Effect of a high power red LED on periodontopathic bacteria as antimicrobial PDT. The 12th congress of the World Federation for lasers Dentistry, 9-11th March 2010(Dubai).



吉田 憲司 (よしだ けんじ)

愛知学院大学 歯学部 顎口腔外科学講座 教授