Er:YAG レーザー照射による歯周および 歯内外科処置後の疼痛緩和効果

湯 浅 茂 平 松 井 康 太 郎 吉 田 拓 正
福 田 貴 久 明 石 学 小 林 一 行
山 口 博 康 新 井 高

鶴見大学歯学部第二歯科保存学教室

(主任：新井 高教授)

(受付：平成 18 年 6 月 14 日，受理：平成 18 年 7 月 10 日)

Pain Relief Effect after Periodontal and Endodontic Surgery by Er:YAG Laser Irradiation

Mohei YUASA, Koutarou MATSUI, Takumasa YOSHIDA,
Takahisa FUKUDA, Gaku AKASHI, Kazuyuki KOBAYASHI,
Hiroyasu YAMAGUCHI and Takashi ARAI

Department of Periodontics and Endodontics, Tsurumi University School of Dental Medicine

(Chief: Prof. Takashi ARAI)

(Received: June 14, Accepted for Publication: July 10, 2006)

Abstract: The aim of this study was to compare the pain relief effect after periodontal and endodontic surgeries between Er:YAG laser irradiation and the administration of anti-inflammatory drugs in the same patients using Visual Analogue Scale (VAS). Forty teeth in 10 patients were used in this study. The surgical procedure was as follows: the gingival flap was elevated, then root planing and bone defect debridement were done. In the experimental group (Exp) of 22 teeth in 10 patients, Er:YAG laser was irradiated to root surfaces, bone defects and the inside of gingival flaps after root planing and bone defect debridement (1.0W, 30 seconds, 3 times). In addition, this laser was irradiated around the mucogingival junction immediately after surgery (1.5W, 1 minute, 3 times). In the control group (Cont) of 18 teeth in 10 patients, Er:YAG laser was not irradiated following surgery and anti-inflammatory drugs were administered after surgery as early as possible. All patients were administered some antibiotics. VAS was performed immediately after surgery, at 1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours after surgery, and at 1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours after getting up for the following two days. Healing was uneventful in all patients. The statistical analysis by the Wilcoxon signed-ranktest indicated that there was no statistical significance between the experimental group and control group for VAS values in this study. This study suggested that Er:YAG laser irradiation and anti-inflammatory drugs might have almost the same pain relief effect after periodontal and endodontic surgeries.

(J. Jpn. Soc. Laser Dent. 17 : 87 ~ 92, 2006 Reprint requests to Dr. YUASA)

Key words = Er:YAG laser, Anti-inflammatory drugs, VAS (Visual Analogue Scale)

キーワード = Er:YAG レーザー，消炎鎮痛剤，VAS (Visual Analogue Scale)

緒 言

Er:YAG レーザーは組織表面吸収型レーザーに分類さ

れ、その波長は $2.94\mu\text{m}$ である。このレーザーは水分によ
く吸収されるので、組織表層でエネルギーの大部分が吸収
され内部にまで透過しない特性を持つ。この特性を利用し

て、う蝕治療¹⁾、歯肉やメラニン蒸散²⁾、歯根端切除術³⁾、軟組織外科手術⁴⁾ およびスケーリング⁵⁾ などに応用されている。

一般的に外科治療は急性炎症を惹起し、これに関連した術後の疼痛は患者にとって不快症状を伴い苦痛であり、歯周病領域での外科処置は1回で終了することは少なく、外科治療後の腫脹あるいは疼痛の存在のために治療の継続が困難になることがある。また、このような急性炎症の過程では、血管応答および血管応答に呼応した化学伝達物質の放出が示されている⁶⁾。アラキドン酸カスケードにおける代謝物であるプロスタグランジンやロイコトリエンなどの代謝産物の総量が規制できることでも疼痛発現の軽減が可能と考えられる。ここでEr:YAGレーザーの特性の観点から、生体内での熱蓄積が少なく、かつ被照射組織に損傷を与えにくく、これらの効果が相乗し十分な術後疼痛緩和効果が得られる可能性がある。この仮説から、まず我々は患者を無作為に設定し、歯内および歯周外科でのEr:YAGレーザーの術中および術直後照射と術後での消炎鎮痛剤の内服による術後疼痛緩和効果をVisual Analog Scale (VAS) を用いてその効果を比較した結果、臨床的には十分な術後疼痛緩和効果を確認した⁷⁾。しかしながら、疼痛の指標としてのVASは、疼痛には痛覚的側面と情動的側面が存在し、なおかつ個体差等の要因により正確な評価が困難である⁸⁻¹⁰⁾。このために患者を無作為に設定した我々の研究⁷⁾では、結果の精度が劣ると考えられる。したがって、結果の精度向上を目的に同一患者に設定した場合でのサンプリングが必要であると考えられる。

この研究の目的は、同一患者における歯周および歯内外科でのEr:YAGレーザーの術中および術直後照射と術後での消炎鎮痛剤の内服での術後疼痛緩和効果についてVASを用いて比較、検討することである。

材料および方法

鶴見大学歯学部附属病院保存科を受診し、同一口腔内で歯周および歯内外科治療が2回必要で本研究の趣旨に対し承諾が得られた患者10名（男性5名、女性5名 平均年齢57.9 ± 7.4歳）で骨欠損を有する40歯を対象とした。なお、本研究は鶴見大学歯学部倫理委員会（受付番号218、平成16年12月6日）の承認のもとに行われた。

外科治療に先立ち、基本治療としてブラッシング指導、スケーリング・ルートプレーニング、必要に応じたカリエス処置、歯内治療を行った。外科術式は、酒石酸水素エドネフリン（1:73,000）含有2%塩酸リドカイン（オーラ注カートリッジ1.8ml、昭和薬品化工、東京）による十分な浸潤麻酔後、通法にしたがって全層歯肉弁を形成、剥離、翻転した。その後、ルートプレーニングまたは骨欠損部の搔爬を行った。

実験群に対しては、Er:YAGレーザー（オサダエルファイン400、長田電機工業（株）、東京）を使用した。レーザー照射は、歯根面は根面の無毒化、骨欠損部は骨欠損内部での肉眼で確認できない軟組織の蒸散、さらには、歯肉弁内面は止血を目的に注水下、接触法にておのおの100mJ、10pps、1.0W 30秒3回、さらに、創面の閉鎖後に疼痛緩和を目的にエアフロー下、非接触法にて100mJ、15pps、1.5W 1分3回の条件で行った。

対照群は、術中、術後ともにレーザー照射を行わず、可及的に術直後にプロピオン酸系ロキソプロフェンナトリウム（ロキソニン[®]、三共、東京）60mg 2錠の内服を指示した。

外科処置法についてはレーザー照射以外は実験群、対照群ともに通法にしたがって処置を行った。実験群、対照群ともに術後の感染予防を目的に抗生剤の3日間服用を指示した。さらに、耐え難い疼痛発現の場合のロキソニン[®]60mg 2錠内服については術直後から6時間、起床後から6時間までにおけるVASによる評価時間内には避けるよう指示した。実験群と対照群は無作為に選定し、すべての外科治療は同一の術者により行った。今回行った外科処置の内訳は実験群10部位22歯のうち歯周外科処置は8例（フラップ手術14歯、GTR 5歯、エムドゲン[®]（生化学工業（株）、東京）1歯）、歯内外科処置2例（歯根端切除術2歯）、対照群10部位18歯では歯周外科処置10例（フラップ手術10歯、GTR 5歯、エムドゲン[®]3歯）であった。

術後疼痛の評価としてのVASは10cmの横線で左端0、右端100と記載してあるスケールを用いた。VASは術直後から6時間後までと起床時から6時間後までとし、1時間毎に行い、経過時間に対応した両者でのVASの変化についてWilcoxon signed-ranks testによる統計学的分析を行った。さらにこれと併せて、患者自身の判断による術後の腫脹およびロキソニン[®]の内服の有無についても調査した。

結 果

1. VAS値の変動と統計学的分析

術直後から6時間後でのVASの平均値は、術直後で実験群が0、対照群は0、1時間後では実験群が5.1、対照群が1.0、2時間後では実験群が9.7、対照群が5.8、3時間後では実験群が16.4、対照群が8.2、4時間後では実験群が20.9、対照群が12.1、5時間後では実験群が26.2、対照群が15.0、6時間後では実験群が35.7、対照群が13.8であった（表1）。術直後から6時間後までのVAS値についてWilcoxon signed-ranks testによる統計学的分析の結果、各時点において両群間に有意差は認められなかった（図1）。

表 1 術直後から 6 時間後までの VAS の平均値
(n = 10)

	実験群	対照群
術直後	0	0
1 時間	5.1	1.0
2 時間	9.7	5.8
3 時間	16.4	8.2
4 時間	20.9	12.1
5 時間	26.2	15.0
6 時間	35.7	13.8

図 1 術直後から 6 時間経過後の VAS の変動
術直後から 6 時間後までの Wilcoxon signed-ranks test による統計学的分析の結果、両群に有意差を認めなかった表 2 起床後から 6 時間後までの VAS の平均値
(n = 10)

	実験群	対照群
起床後	3.1	15.1
1 時間	3.2	13.4
2 時間	2.7	4.8
3 時間	5.5	4.7
4 時間	2.7	2.8
5 時間	2.8	4.9
6 時間	4.1	5.2

図 2 起床直後から 6 時間経過後の VAS の変動
起床直後から 6 時間後までの Wilcoxon signed-ranks test による統計学的分析の結果、両群に有意差を認めなかった表 3 術後の腫脹
(n = 10)

	実験群	対照群
術後 1 日目	7 例	7 例
術後 2 日目	6 例	9 例

表 4 ロキソニン®の内服
(n = 10)

	実験群	対照群
術後 1 日目	7 例	7 例
術後 2 日目	1 例	4 例

起床後から 6 時間後までの VAS の平均値は、起床直後で実験群が 3.1、対照群が 15.1、1 時間後では実験群が 3.2、対照群が 13.4、2 時間後では実験群が 2.7、対照群が 4.8、3 時間後では実験群が 5.5、対照群が 4.7、4 時間後では実験群が 2.7、対照群が 2.8、5 時間後では実験群が 2.8、対照群が 4.9、6 時間後では実験群が 4.1、対照群が 5.2 であっ

図 3 術直前の口腔内写真

た (表 2)。起床直後から 6 時間後までの VAS 値について Wilcoxon signed-ranks test による統計学的分析の結果、各時点において両群間に有意差は認められなかった (図 2)。

2. 術後の腫脹とロキソニン®の内服について

術後の腫脹は、術後 1 日目では、実験群で 7 例、対照群

図 4 歯根面に対するレーザー照射

図 5 軟組織の蒸散を目的とした骨欠損内に対するレーザー照射

図 6 局所の出血量を減少させ、術後の腫脹を抑制することを目的とした歯肉弁内面へのレーザー照射

図 7 照射直後、良好な止血が確認された

図 8 術後疼痛緩和を目的に創面に対しレーザー照射した直後

図 9 術後1週において歯肉の治癒は臨床的に良好であった

で7例、術後2日目では、実験群で6例、対照群で9例であった(表3)。術後でのロキソニン®の内服は、術後1日目では、実験群で7例、対照群で7例、術後2日目では、実験群で1例、対照群で4例であった(表4)。

3. レーザー照射

基本治療終了後、対照群、実験群の順で外科手術を行った(図3)。通法に従って、全層弁翻転後、ルートブリングと骨欠損の搔爬後、歯根面、骨欠損、および歯肉弁内面にレーザーを照射した(図4-6)。照射条件は、注水下で接触にて100mJ、30pps、3.0W 30秒3回とした。照射直後には歯肉弁内面の止血が確認された(図7)。処置完了後、手術野は良好な止血と十分に搔爬が行われていることを確認した。創面の閉鎖後、エアフロー下で非接触にて100mJ、15pps、1.5W 1分3回にて照射した(図8)。処置完了時まで浸潤麻酔の追加は行わずに良好な止血の維持が可能であった。術後1週の抜糸時において、実験群の歯肉は対照群と比較して肉眼的に腫脹はわずかで、上皮化が良好であることが観察された(図9)。

考 察

疼痛の評価としてのVASは、疼痛には痛覚的側面と情動的側面が存在し、なおかつ個体差等の要因により正確な評価が困難である⁸⁻¹⁰⁾。患者を無作為に設定した以前の研究では、術直後から6時間後において術後2時間後のVAS値は実験群で有意に高値であり、起床後から6時間後では、起床直後から2時間後のVAS値は対照群で有意に高値であった⁷⁾。以上のことから考察すると結果の精度は劣ると考えられたため、今回は結果の精度向上を目的に同一患者でのVASのサンプリングを行った。今回の研究結果では、術直後から6時間後および起床後から6時間後のVASに統計学的有意差は認められなかった(図1, 2)。このことから被験者を同一患者に設定した今回の研究では結果の精度向上が達成できたと考える。VASに影響を与える要因として外科術式の種類が考えられるが、我々の歯周および歯内外科領域でのレーザーを用いた術後疼痛緩和に関する研究¹¹⁾では、VAS値は外科術式にあまり影響を受けなかった。このことから、Er:YAG レーザーによる術後疼痛緩和効果は消炎鎮痛剤の内服とほぼ同等であることが考えられる。

今回の研究での外科処置に伴う出力設定の根拠は、山口ら¹²⁾と海老原ら^{13,14)}の研究を参考にした。特に根面へのレーザー照射は、歯周病学的観点からはLipopolysaccharide (LPS)の除去および歯内外科的観点からは根尖切除後の封鎖が主な目的になると考えられる。山口ら¹²⁾のEr:YAG レーザー照射が根面上のLPS除去効果に関する研究では、根面に100mJ、15ppsのEr:YAG レーザー照射により83.1%のLPSの除去が可能であることを報告している。

さらに、Er:YAG レーザー照射は歯周病原性細菌に対し殺菌作用を有することも報告されている^{15,16)}。この一方で、Er:YAG レーザー照射後、根面の表面構造に極薄い変化層が残存するという報告により、歯周組織の付着様式に何らかの影響を与える可能性があり、この点は今後の検討課題であると考えられる¹⁷⁻¹⁹⁾。また、海老原ら^{13,14)}のEr:YAG レーザーの根尖切除および逆根管窩洞形成に関する研究では、70mJ、10ppsの出力では切除面にスミア層は観察されず、強化型酸化亜鉛ユージオールセメントによる根管充填で良好な封鎖が可能である。今回の研究では歯髄症状は認められなかった。これは青木ら²⁰⁾のビーグル犬を用いたEr:YAG レーザーのスケーリングへの応用した場合での歯髄への影響を検討した結果と一致する。これらのことから今回の研究での出力規定は妥当性があると考えられる。

中村ら²¹⁾はラット下顎骨に対するEr:YAG レーザーの照射は炭化層や凝固壊死層などの熱障害は認めなかったことを報告している。この報告を参考にして今回の研究では、骨欠損部へのレーザー照射は、肉眼で確認できない軟組織の蒸散と肉眼下における手用器具によるデブライドメントでの治療効果の向上を目的とした。また、今回の研究では、レーザー照射中に不快症状を訴える患者はいなかったことから、臨床的にEr:YAG レーザーの骨への照射は影響が少ないと考えられる。

術後の腫脹に関する調査結果では、実験群の被験者10名中、術後1日目で7名、術後2日目で6名に術後の腫脹が存在した(表3)。これに対し、ほぼ同様条件下でのNd:YAG レーザーの使用では、被験者10名中、術後1日目で6名、術後2日目で7名の術後の腫脹を確認した²²⁾。歯肉弁内面へのレーザー照射は、局所の出血量を減少させることにより、術後の腫脹を抑制することを目的とした。一般にEr:YAG レーザーのような熱の発生が少ないレーザーでは止血作用は弱い、Nd:YAG レーザーに代表される組織透過型レーザーでの熱作用は照射面内面に広がるために凝固、止血作用が強いとされている。しかしながら、今回の研究の範囲内ではレーザー間での顕著な差は認められなかった²³⁾。

歯肉境移行部は痛覚の神経線維が多く、痛覚はポリモダル侵害受容器の興奮によるとされている。侵害受容器の支配神経はAδあるいはC線維である。これらの痛みを伝達する神経線維中には、サブスタンスPやカルシトニン遺伝子などのペプチドを含んでいる。損傷や感染による炎症時には、血漿中からブラジキニン、血小板からセロトニン、損傷細胞からK⁺イオンやプロスタグランジンが放出され、ポリモダル侵害受容が興奮し神経線維の興奮により神経線維中にインパルスを生じさせる。このインパルスは順行性に伝導すると同時に軸索分枝を経由し逆行性に伝導する²⁴⁾。この結果、神経線維中に含まれているサブス

タンシ P やカルシトニン遺伝子が末端から放出され、肥満細胞を活性化しヒスタミンを遊離し末梢血管を拡張することにより、連鎖反応的に痛みの範囲と強さが増大していく²⁵⁾。この痛みのメカニズムに何らかの抑制をかける目的で、歯肉弁外面にレーザー照射した。しかしながら、Er:YAG レーザーは組織表面吸収型レーザーであるために歯肉深部での神経に対しての抑制作用は期待しにくい。歯周および歯内領域における外科的侵襲において術後の大きな腫脹と強い疼痛を惹起することは周知の事実であり、疼痛を引き起こしやすい組織に対する侵襲の要因を考慮し、今回の研究の被験歯は骨欠損を有する歯とした。この観点から、Er:YAG レーザーは骨の炎症を直接的抑制することにより術後疼痛緩和効果が発現すると考えられるが、不明な点が多い。今後の課題として、レーザーはその波長特性による疼痛緩和効果の発現機序の相違があるために、総合的な効果判定の必要があると考えられる。このため、同一口腔内で 3 回外科治療が必要な患者に対し、現在消炎鎮痛剤の内服、Nd:YAG レーザー、Er:YAG レーザーによる術後疼痛緩和効果の比較、検討を行っている。

結 論

歯周および歯内外科処置における Er:YAG レーザー照射と消炎鎮痛剤の内服による術後疼痛緩和効果は、ほぼ同等であることが示唆された。

謝 辞

本研究の遂行に際し、御協力頂いた長田電機工業株式社の関係各位に衷心より謝意を表します。

本論文の要旨は、第 17 回日本レーザー歯学会 (2005 年 10 月 29, 30 日新潟) において発表した。

文 献

- 熊崎 護, 豊田紘一: Er:YAG レーザーによる歯牙硬組織切削 (窩洞形成) について, 日レ歯誌, 6: 16-24, 1995.
- 石井さやか, 青木 章, 川嶋庸子, 他: Er:YAG レーザーの歯肉メラニン除去への応用—術式ならびに臨床的予後評価について—, 日レ歯誌, 13: 89-96, 2002.
- 古森孝英, 横山恵以子, 松本葉子, 他: Er:YAG レーザーによる歯根尖切除術の経験, 口病誌, 63: 516-520, 1996.
- 渡辺 久, 青木 章, 安藤嘉則, 他: Erbium:YAG レーザーの軟組織外科手術, スケーリングおよび窩洞形成への応用と臨床評価, 日歯保存誌, 38: 1168-1179, 1995.
- Schwarz F, Sculean A, Gergand T, et al: Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. J Periodontol, 72: 361-367, 2001.
- Henry O. Trowbridge and Robert C. Emling.: Inflammation /A Review of the Process Fourth Edition. Tokyo, 1990, Quintessence Publishing, 3-52.
- 松井康太郎, 湯浅茂平, 吉田拓正, 他: Er:YAG レーザー照射と消炎鎮痛剤の内服による歯周および歯内外科治療後の疼痛緩和効果の比較, 日レ歯誌, 16: 73-79, 2005.
- 石川達也, 内田安信, 金子 謙, 他: 痛みのメカニズムと特徴, 歯・顎・口腔痛みの臨床, 東京, 1997, 医歯薬出版, 3-19.
- 宗行万之助: 痛みの評価—Visual Analogue Scale (VAS) について—, 日ペインクリニック会誌, 1: 359-369, 1994.
- Revill SI, Robinson JO, Rosen M and Hogg MIJ: The reliability of a Linear analogue for evaluating pain. Anaesthesia, 31: 1191-1198, 1976.
- 松井康太郎, 湯浅茂平, 吉田拓正, 他: フラップ手術での Nd:YAG レーザー照射に伴う術後疼痛緩和効果, 日歯周病会誌, 47(春季特別号): 64, 2005.
- Yamaguchi H, Kobayashi K, Osada R, et al: Effects of irradiation of an Erbium:YAG laser On root surfaces. J Periodontol, 68: 1151-1155, 1997.
- 海老原 新, 関根義朗, 竹田淳志, 他: Er:YAG レーザーの根尖切除術への応用に関する基礎的研究, 日レ歯誌, 8: 23-30, 1996.
- 海老原 新, 和達玲子, 関根義朗, 他: Er:YAG レーザーを用いた逆根管充填窩洞形成に関する研究, 日レ歯誌, 9: 23-31, 1998.
- 安藤嘉則, 青木 章, 鈴木久美, 他: Er:YAG レーザーの歯周病原性細菌に対する殺菌効果, 日歯周誌, 35: 374-381, 1993.
- Ando Y, Aoki A, Watanabe H, et al: Bactericidal effects of Erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. Lasers Surg Med, 19: 190-200, 1996.
- 水谷幸嗣, 青木 章, 木下淳博, 他: Er:YAG レーザーの歯肉剥離搔爬術への応用—ビーグル犬における組織学的評価, 日歯保存誌, 47(秋季特別号): 35, 2004.
- Aoki A, Miura M, Akiyama F, et al: In vitro evaluation of Er:YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. J Periodont Res, 35: 266-277, 2000.
- Fujii T, Baehni Pierre C, Kawai O, et al: Scanning electron microscopic study of the effects of Er:YAG laser on root cementum. J Periodontol, 69: 1283-1290, 1998.
- 青木 章, 安藤嘉則, 木下淳博, 他: Er:YAG レーザーのスケーリングへの応用に関する研究—歯髓およびエナメル質への影響について—, 日レ歯誌, 4: 114-115, 1993.
- 中村幸夫, 小菅伊知郎, 吉田拓真, 他: ラット下顎骨に対する Er:YAG レーザーの照射効果について, 日レ歯誌, 6: 8-15, 1995.
- 松井康太郎, 湯浅茂平, 加茂公隆, 他: 歯周および歯内外科治療後の Nd:YAG レーザーと消炎鎮痛剤による疼痛緩和効果, 日歯保存誌, 48: 372-378, 2005.
- 加藤純二, 栗津邦男, 篠木 毅, 他: 一からわかるレーザー歯科治療, 東京, 2003, 医歯薬出版, 39-40.
- 山田 守: 口腔領域における痛みの生理, 歯界展望, 31: 1207-1214, 1968.
- 石田一雄: 痛みのメカニズム—最近の神経生理学知見—, 日歯麻会誌, 29: 89-94, 2001.