Nd:YAG レーザーの臨床応用

和 賀 正 明

旭川歯科クリニック・秋田県開業

(受付：平成 17 年 4 月 15 日，受理：平成 17 年 7 月 22 日)

Clinical Application of Nd:YAG Laser

Masaaki WAGA

Asahikawa Dental Clinic

(Received April 15, Accepted for Publication: July 22, 2005)

Abstract: Recently, laser beams are increasingly being used as a useful tool in dental practice.

In this study, the author used two type of high peak pulse Nd:YAG laser devices (Medical Science Co., Tokyo and Altech Co., Tokyo).

More than 30,000 patients have undergone laser treatment successfully in our clinic.

There are five characteristics of clinical-application lasers:

- 1) Processing the tip of the optical fiber with TiO_2
- 2) Using TiO_2 as a reaction mediator between laser beam and dental tissues
- 3) Selective conditions for optimum laser treatment
- 4) Development of technique for laser irradiation
- 5) Cooling system for hard and/or soft tissues

In this report, the author describe the minimal invasive treatment of incipient caries, treatment of infected root canal, serious case of periodontitis, and marsupialization of impacted molar tooth.

The author also discuss the role of TiO_2 in helping to reduce the excess reflectivity and absorbability of the laser beam on dental tissues.

(J. Jpn. Soc. Laser Dent. 16 : 134 ~ 139, 2005 Reprint request to Dr. WAGA)

Key words = Processed fiber, TiO_2 , Nd:YAG laser

キーワード=ファイバー加工，酸化チタン反応剤，Nd:YAG レーザー

緒 言

レーザーは，現在の歯科臨床において，高頻度で利用される有効な医療機器である。Nd:YAG レーザーは，波長 1,064nm の近赤外光であり，レーザーの発振媒体はイットリウム (Y)・アルミニウム (A)・ガーネット (G) にネオジウム (Nd) が添加されたものである。Nd:YAG レーザーに関する研究は 1960 年代に眼科¹⁾での応用が始まり，その後各診療科で広く用いられるに至った。わが国の歯科領域では初期う蝕の進行阻止療法が 1991 年に高度先進医療として厚生省から承認された²⁾。

Nd:YAG レーザーには，連続波とパルス波があり，パ

ルス波は，超音波 Q-スイッチ付 (AOQ-sw)，ノーマルパルス，ジャイアントパルス (ハイピークパルス) の 3 種の発振形式のものがある。当医院は 3 台のハイピークパルス Nd:YAG レーザー (メディカルサイエンス社製 図 1, アルテック社製 図 2) を用い，現在まで延べ約 3 万人の歯科疾患患者に安全かつ有効に応用している。

このレーザーを臨床に使用する際のポイントは，①ファイバー先端の加工②反応剤 (酸化チタン) 使用③最適な照射条件の選択④照射手技⑤照射対象の冷却などにある。これらを活用し初期齲蝕治療，感染根管処置，重度歯周疾患への応用，埋伏歯の開窓術等の実症例とその有効性について報告する。なお，Nd:YAG レーザーを照射する際，熱

的にも化学的にも安全な酸化チタンを反応剤として用いる。これは、レーザー光の組織からの反射や内部への到達を減らし、かつレーザー光の吸収効率を上げる目的で使用している。

本機の特徴

性能と特徴は次のとおりである。

波長 1,064nm, ストリーク (アルテック社) のパルス幅は 50, 100, 200, 400 μ s に可変可能である。一方パワーパルス (メディカルサイエンス社) は 400 μ s である。両機の最大出力は 13, 5W, パルスレート 1 ~ 15pps, 光学系石英ファイバーを使用し、その同軸上で空冷と水冷及び先端加工が可能である。

ファイバー加工について

とりわけ日常臨床によく遭遇する小窩裂溝、隣接面、歯周ポケット、感染根管等のように、解剖学的に極めて狭小な部位へのレーザー照射を必要とする場合、対象とする病巣は前方照射方向に存在するよりはむしろ通常側方に散在している。したがって側方照射に重点を置くことが重要となる。側方照射には直進方向にのみ出る光ファイバー (bare fiber) でなく先端加工を施すことにより光を全周囲方向に出すことが出来る先端加工ファイバー (processed fiber) を使用する (図 3-1)。この加工は Nd:YAG レーザーにおいては極めて容易である。因みに、ポット加工は、加工ポット内で、約 30mg の圧接下で照射エネルギー 500mJ 繰り返し速度 10pps (以下 500mJ-10pps, パネル表示) の照射条件で 2 秒間すると得られる。(図 3-2, 3-3) 加工されたファイバー先端から照射されるレーザー光は、全周囲方向へ照射され、その分直進光が減衰する^{3,4)}。

加工ファイバーの特徴としては、①組織の切開には直進方向のみのレーザー光では不可能であるが、先端加工によって全周照射が可能になる。②小窩裂溝や歯周ポケットの処置にも、周囲方向への照射が不可欠であるが、ファイバー加工によって可能となる。③加工前直進方向へ 4.0w の先端出力は加工後には 1.4w に減弱 (65% の減) させることができる。④軟組織切開の病理組織像では、炭化層、凝固層とも僅少である。⑤接触端子表面で熱変換が行われるのでファイバーの先端に触れている組織にのみ反応し周囲組織へ熱損傷が及ぶことは少ない⑥空冷ないし水冷下においても機能するなどが挙げられる。

臨床応用

1) 初期齲蝕の予防処置への応用

(1) 症例

患者は 13 歳女性、主訴は、上顎前歯の白濁、凹凸感と冷水痛である。視診によると、上顎前歯の歯頸部に、白濁

があり、右側犬歯と左側側切歯には実質欠損があった (図 4-1) ダイアグノデント (以下 Dd 値と記す) により図中に示すように左側犬歯より右側犬歯まで順に、15 (3), 52 (2), 11 (1), 6 (1), 8 (2), 27 (3) の測定値を示した。

(2) 照射術式

レーザー光の吸収を促進させる為に反応剤として、タンニン酸セメント (HYC) を塗布した。ファイバー加工後、照射条件は 200mJ-10pps, 歯面より、0.5mm の距離にて 1 点に集中しないよう、ファイバーを速やかに動かしながら刷掃するように照射を行なった。さらに、光と同軸上からのエア放出冷却により、熱の蓄積を避けた。来院時一回の処置として 1 歯に 200J を目安に、3+3 の 6 歯に対して 1,400 ~ 1,500J を照射した。照射直後、リン酸酸性フッ素溶液 (APF) を塗布した。

(3) 成績

2 ヶ月経過後、白濁の消失や改善が認められ、歯冠歯頸部表面の凹凸感が粗造感に変化した。Dd 値は、5 (3), 8 (2), 4 (1), 1 (1), 5 (2), 8 (3) と著明に低下している。左側側切歯および右側犬歯の実質欠損は拡がらず、減少傾向にあると思われる (図 4-2)。5 ヶ月後の状態も良好である⁴⁾ (図 4-3)。

図 5-1, 5-2, 5-3 は、4 年のフォローアップのケースであるが、このケースを含め、長期にわたり安定している⁶⁾。

(4) 考察

以上の臨床結果より、レーザー照射とフッ化物の併用により、従来法より短期間に①耐酸性の付与⁷⁾ ②フッ素の取り込みの増強③初期う蝕の再石灰化④感染歯質の殺菌などから予後良好になったと思われる。切削を目的とせず病変部組織のみの選択的除去による最小侵襲処置を可能にしたと思われる。

2) 歯内療法への応用

(1) 症例

患者は 55 歳女性、上顎右側側切歯の根尖部の圧痛自発痛、打診痛のため来院した。X 線診査の結果、根尖部に拇指頭大の歯根嚢胞が認められ、根管治療時に滲出液がみられた (図 6-1)。

(2) 照射術式

通常の根管治療を行った後、レーザーによる治療を行った。通法に従いファイバー加工後、600mJ-3pps (1.7W) で 1 ~ 2 秒の照射を 1 週間隔にて 3 回行った。術式は、根管内に 3% 酸化チタン乳液を反応剤として満たし、根尖 3mm からファイバーを引き上げながら照射した。

(3) 成績

根管充填後 (図 6-2)、及び術後 6 ヶ月後 (図 6-3) のデンタル X 線写真像を示す。根尖部透過像の消失が早期に

図 1 メディカルサイエンス社製 パワーパルス

図 2 アルテック社製 ストリーク

図 3-1 プロセスファイバー

図 3-2 加工ポット

図 3-3 チタンポット

図 4-1 術前の前歯唇面観

図 4-2 照射2ヵ月後

図 4-3 照射5ヵ月後

図 5-1 術前の前歯唇面観

図 5-2 照射直後

図 5-3 照射4年後

認められ、臨床症状も良好であった。

(4) 考察

難治性の感染根管治療についても従来の根管治療法に加えレーザーが有効であると思われる。この場合レーザー光は前方のみならず周囲方向へも照射され、反応剤を併用することにより安全かつ有効な処置を可能にしていると考えられる。

3) 歯周疾患への応用

(1) 症例

患者は49歳女性で全顎にわたる冷水痛、歯の動揺、および歯肉の自発痛のため来院した(図7-1)。特記すべき既往歴、現病歴はないが、歯科治療に対しての恐怖感と精神面の不安定さがあった。

ウォーキング法による4点法のプロービングデプスの測定では、4 mm以上39箇所、7 mm以上は24箇所、BOPは76箇所ブラークインデックス60%と重症であった(図7-2)。デンタルX線写真から前歯部において(図7-3)、水平性の骨吸収と楔状骨欠損が認められた。

(2) 治療術式

ブラークコントロール、PMTC、スケーリング後、レーザーによる歯周ポケット搔爬術を行った。

通法によりファイバー加工後、500mJ-9pps、直進方向の出力1.4W、3%酸化チタン乳液を反応剤として使用、ファイバーと同軸のエアー冷却を併用しながら間歇照射を行った。

照射方法はポケット底から1 mm上方に離しながらウォーキング法のプロービングをする場合のように側方移動させながら照射を行った。さらに1 mmずつ歯冠側に移動し、3~4歯の対象ポケット内の全面にトータルジュール(パネル表示)500J前後を目安として20分ほどの時間をかけて照射を行った。因みに500Jを連続して照射した場合の所要時間は1分40秒ほどである。ポケットの内縁上皮付着部を傷つけないことやファイバーを同一部位に止めないで照射することも注意すべきポイントと考えられる。

照射にあたっては歯周ポケット内壁の上皮に接触するような角度でファイバー側面からの照射光を使い、ポケット内縁上皮および炎症性結合組織の蒸散と除去を行った。

次いで、エアースケーラーと手用キュレットでSRPを行い、ポケット内のデブリスや歯石などを洗浄し根面セメント質の汚れを除去し、根面を滑沢にした。その後ボスミンを含んだガーゼにより圧迫後、処置を終了した。翌日、またそれ以降の予後も良好であった。

(3) 成績

初診より約1年3ヵ月後、レーザーによる歯周基本治療は、週一度、左側上顎より4~6歯ずつ3ヶ月間行った。炎症がコントロール出来た段階で、矯正処置を併用してい

る(図7-4)。図は初診時と、1年3ヵ月後のプロービングデプス等の変化である。4 mm以上は21箇所、7 mm以上は0箇所、BOPは3箇所、ブラークインデックスは40%であった(図7-5)。

(4) 考察

全ての歯周病の症例がこの症例と同様に改善するわけではないが、おおよそ良好な結果を認めている。非外科的処置によるSRPをより確実に、かつ低侵襲に行えるアクセスセラピーとして有効と思われる。

4) 埋伏歯の開窓処置への応用

(1) 症例

患者は10歳男子で歯列不正及び下顎第1大臼歯の萌出遅延を主訴として来院した。近医で矯正治療を行っているが、歯列が改善していない。初診時の口腔内写真である(図8-1)。

(2) 照射術式

「6」の未萌出歯の開窓処置を行った。X線診査の結果、粘膜下7 mmの深さに「6」が確認された(図8-2)。

局所麻酔を行い、通法に従いファイバー加工後、切開開始点に3%酸化チタンを反応剤として塗布、エアー冷却を使用しつつ、900mJ-10pps(直進方向出力2.2W)にて粘膜切開を行った(図8-3)。

手技としては、加工ファイバーをハンドピースより長めにだし、45度の角度からファイバー側面を使って、軽く接触させ、ファイバーのしなりを利用しながら切開を行った(図8-5)。処置当日に、ブラケットを装着した(図8-4)。

(3) 結果

短時間にて、切開が可能であり、炭化層、出血、疼痛も少なく治癒も良好な経過を辿った。われわれのラットの舌を加工ファイバーにて切開した動物実験では舌の病理組織像は炭化層、凝固層とも僅少であり、組織へのダメージは軽微で早期な治癒が認められた⁴⁾(図8-6)。

(4) 考察

加工ファイバー、酸化チタン反応剤等の相互作用により、軟組織の切断と即時凝固を可能にした。高い止血効果により、外科処置直後のブラケット装着が可能となった。

ま と め

ファイバー先端加工により、上記の如く日常臨床で、初期齲蝕の予防処置はもとより、症例として頻度の高い小窩裂溝う蝕、歯周ポケット搔破、感染根管処置、軟組織の切開処置等に対するレーザー治療を、安全かつ有効に行うことが可能となった。この場合、ハイピークパルスNd:YAGレーザーを使用するが、処置効率をあげるために酸化チタン反応剤の応用が推奨される。今後は更に至適パルス幅や照射術式等を検討する所存である。

図 8-1 初診時の側面観

図 8-2 初診時の X 線写真

図 8-3 Nd:YAG レーザーによる切開直後

図 8-4 処置翌日

図 8-5 ファイバーの接触方法

図 8-6 ラット舌のプロセッドファイバーによる切開像

図 9 診療室内観

現在の旭川歯科クリニックは、スタッフ 17 名、ユニット 9 台、レーザー 7 台で日常の診療を行っている。図 9 は診療室の内観である。安全面を考慮しつつレーザー診療を行い易くする為、十分な広さをもった個室形式をとっている。今後レーザーはますます歯科臨床において応用されることが多くなるであろう。したがって更なる研究及び診療

室での安全性を十分に認識した臨床応用を重ねながら、Nd:YAG レーザーが一層有効な装置として発展する事を望んで止まない。

文 献

- 1) Zaret, M.M., Breinin, G.M., Schmidt, H., Ripps, H., Siegel, I.M., and Solon, L.R.: Ocular Lesions produced by an optical maser (Laser). *Science*, **134**: 1525-1526, 1961.
- 2) 森岡俊夫: Nd:YAG レーザーによる初期う蝕の進行阻止療法. *高度先進医療*, **7**: 207, 1995.
- 3) 斉藤陽一, 斉藤泰子: 先端加工ファイバーの軟組織への影響. 森岡俊夫編, 別冊 Quintessence 歯科用レーザー 21 世紀への展望・パート 1. 東京, 2001, クインテッセンス出版, 192-193.
- 4) 杉原成良, 神谷 誠, 和賀正明: Nd:YAG レーザー用光ファイバーの TiO₂ による先端加工. *日レ歯誌*, **14**: 25-31, 2003.
- 5) 和賀正明, 神谷 誠, 杉原成良: ハイピークパルス Nd:YAG レーザー照射による初期齲蝕の最小侵襲処置について. *日レ歯誌*, **14**: 131-138, 2003.
- 6) 和賀正明: ハイピークパルス Nd:YAG レーザー照射による初期齲蝕の最小侵襲処置と経年観察. 森岡俊夫編, 別冊 Quintessence 歯科用レーザー 21 世紀への展望パート 2. 東京, 2004, クインテッセンス出版, 12-15.
- 7) 山田恵子, 桜井 聡, 神山紀久男: 人工的 初期脱灰エナメル質へのレーザー照射とフッ化物塗布併用による齲蝕抑制効果に関する実験的研究. *小児歯誌*, **26**: 732-742, 1998.