歯周治療中に生じた象牙質知覚過敏症に対する Nd : YAG レーザー照射による疼痛緩和効果

小林 一行 山口 博康 熊井 麻子 田中 麻起
櫻庭 栄一 野村 典生 中村 治郎 新井 高

鶴見大学歯学部第二歯科保存学教室
(1999 年 4 月 10 日受理)

Pain Relief Effects of Nd : YAG Laser Irradiation on Dentin Hypersensitivity during Periodontal Treatment

Kazuyuki Kobayashi, Hiroyasu Yamaguchi, Asako Kumai, Maki Tanaka,
Eiichi Sakuraba, Tsuneo Nomura, Jiro Nakamura and Takashi Arai

Department of Periodontics and Endodontics, Tsurumi University, School of Dental Medicine
Accepted for publication 10 April 1999

The exposure of root surfaces during periodontal treatment often results in dentin hypersensitivity. Although there are various treatments for this hypersensitivity, they are not always effective in all cases. The purpose of this study was to evaluate the pain relief effect of pulsed Nd : YAG laser irradiation for dentin hypersensitivity during periodontal treatment.

One hundred teeth of 45 patients (20 male, 25 female, aged 24 to 62 years) were examined in this study. Conditions for irradiation were carried out at the laser energy 1.5 W, pulses per second 15 pps, irradiation time 60 sec. And Nd : YAG laser irradiated on mucogingival surfaces stained with Chinese ink. The degree of dentin hypersensitivity to air blast and tooth brushing were evaluated before and after Nd : YAG laser irradiation using visual analogue scale (VAS), which is considered a practical and valid method for assessing the efficacy of treatments for dentin hypersensitivity. Also, we observed mucogingival surfaces before and after Nd : YAG laser irradiation by oral photograph and laser microscopy.

Nd : YAG laser irradiation was effective for dentin hypersensitivity with gingival recession within 3 mm. There was a statistically significant difference in the pain relief effect between anterior and posterior teeth ($p < 0.001$), and no damage was found on mucogingival surfaces after Nd : YAG laser irradiation.

This study suggested that Nd : YAG laser irradiation may be useful for dentin hypersensitivity during periodontal treatment. J. Jpn. Soc. Periodontol., 41 : 180~187, 1999.

Key words : periodontal treatment, dentin hypersensitivity, Nd : YAG laser, pain relief

要旨 : 日常臨床の中で象牙質知覚過敏症は、歯周治療中に発症することが多い。特に歯ブラシなどによる機械的刺激に対して起こる疼痛は、口腔清掃状態を悪化させ、歯周炎を再発させてしまう可能性がある。したがって、疼痛緩和効果がある Nd : YAG レーザーを照射することで通常の口腔清掃を早期に行えるようにすることは歯周治療を進める上で有効な処置と考えられる。そこで今回、歯周治療中に生じた象牙質知覚過敏症に対する Nd : YAG レーザー照射による除痛効果を調べる目的で、患歯の歯肉歯槽粘膜に墨汁を塗布し照射を行う方法を用いて、その有効性を歯肉退縮量の程度別、歯種別に比較検討した。さらに、歯肉歯槽粘膜表面への影響の観察も行った。被験歯は歯周治療中に知覚過敏を訴えた患者の 100 歯とし、レーザー照射条件は 15 pps, 1.5 W, 60 秒間とした。痛みの評価はエアールおよびブラッシングによる誘発痛の程度を visual analogue scale (VAS) を用いて判定した。また、歯肉歯槽粘膜表面への影響の観察は、術前、術直後の口腔内写真およびレーザー顕微

鏡観察から検討した。

Nd : YAG レーザー照射による疼痛緩和は歯肉退縮量が 3 mm までの症例において奏功する傾向を示し、前歯部は臼歯部と比較して疼痛緩和が有意に奏功した ($p < 0.001$)。また、Nd : YAG レーザー照射による歯肉歯槽粘膜表面への影響は認められなかった。以上のことから Nd : YAG レーザー照射は歯周治療中に生じた象牙質知覚過敏症に有効であると考えられる。

索引用語：歯周治療，象牙質知覚過敏症，Nd : YAG レーザー，疼痛緩和

緒 言

日常臨床の中で象牙質知覚過敏症^{1,2)}は比較的頻繁に遭遇し、歯周治療においてもスケーリング、ルートプレーニングおよびフラップオペレーション後に発症することが多い。特に象牙質知覚過敏症の中でも歯ブラシなどによる機械的刺激に対して起こる疼痛は、口腔清掃状態を悪化させ、歯周炎を再発させてしまう可能性があり、これに対し確実かつ速効性の治療法がないのが現状である。近年、その治療法として各種レーザーの応用が注目され、象牙質知覚過敏症に対しレーザーを照射することにより顕著な鎮痛効果を示すことが報告されている³⁻⁹⁾。そこで今回我々は、疼痛緩和^{3,9)}および麻酔効果¹⁰⁻¹²⁾があると報告されている Nd : YAG レーザーの歯周治療中に生じた象牙質知覚過敏症への除痛効果を調べる目的で、歯質および歯肉歯槽粘膜への為害作用がないように患歯の歯肉歯槽粘膜に墨汁を塗布し一定の距離をもって照射を行う方法を用いて、その有効性を歯肉退縮量の程度別 (0 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm 以上)、歯種別 (前歯, 小白歯, 大白歯) に比較検討した。さらに、レーザー照射による歯肉歯槽粘膜表面への影響の観察も行った。

材料および方法

1. 被験者および被験歯

被験者は鶴見大学歯学部付属病院保存科に来院し、

表 1 被験歯の分布

歯肉退縮量別					
歯肉退縮量 (mm)	0	1	2	3	4 ≤
歯数	38	17	13	15	17

部位別			
部位	前歯	小白歯	大白歯
歯数	48	19	33

歯周治療中に知覚過敏を訴えた患者 45 名 (男性 20 名, 女性 25 名, 年齢 24~62 歳) である。被験歯の総数は 100 歯で齲蝕歯, 補綴および歯冠修復歯は除いた。被験歯における歯肉退縮量の程度別, 歯種別の分布を表 1 に示す。なお, 本実験は被験者本人に同意を得たのちに行った。

2. レーザー装置

レーザー装置は図 1 に示すパルス発振型 Nd : YAG レーザー, パルスマスター 600 (American Dental Technology 社製, Christi, TX, USA) を使用した。表 2 に本装置の仕様を示す。発振波長は 1,064 nm で, 最大出力は 6 W である。パルスレートは 10 から 100 pps, パルスエネルギーは 30 から 200 mJ である。

3. 実験手順

(1) 術前診査

知覚過敏部位の歯肉退縮量, 同部位のエアーおよびブラッシングによる痛みの評価の診査を行った。歯肉

図 1 Nd : YAG レーザー装置
パルスマスター 600

退縮量はエナメル・セメントジャンクションから歯肉辺縁までの距離とした。また、それぞれの痛みの評価は visual analogue scale (VAS)^{13,14)} を用いて行った。VAS は図 2 に示すように 10 cm の横線で左端に“全く痛みはない”，右端に“これ以上の強い痛みはな

表 2 Nd : YAG レーザー 装置仕様

波長	1,064 nm
最大出力	6 W
パルスエネルギー	30~200 mJ
パルス幅	100 μ sec (FWHM)
パルスレート	10~100 pps
ガイド光 (波長)	He-Ne レーザー (632.8 nm)
デリバリーシステム	フレキシブル石英ファイバー

図 2 visual analogue scale (VAS)

図 3 歯肉歯槽粘膜表面の観察のためのシリコン印象材による印象採得方法

い”と書き、中央部にも印をつけたスケールで、その痛みの程度を患者に記入させた。

(2) 術前の歯肉歯槽粘膜表面の観察

照射部位の術前の写真撮影およびシリコン印象材・エクザファイン (ジーシー社製、東京) による印象採得を行った。印象採得方法は、照射部位の歯肉歯槽粘膜表面に対し、エクザファインを適量のセエアーで均一にし (図 3-a)、その後レジン製のトレーにて印象採得を行った (図 3-b)。

(3) レーザー照射

レーザー照射は図 4 に示すように患歯の歯肉歯槽粘膜に墨汁を塗布し、約 3 cm の距離から 15 pps, 1.5 W, 60 秒間、気銃でエアーをかけ、患歯の根尖部を中心にファイバーを動かしながら行った。また、1 回の照射で効果が不十分と判断した場合、この操作を 1 分間のインターバル後 3 回繰り返した。

(4) 術後診査

術前の診査と同様、照射後の痛みの評価を VAS を用いて行った。なお、術後の経過観察は 1 か月間、1 週ごとに行い、1 か月以上の経過観察については各被験者の来院時にそれぞれ定期的に行った。

(5) 術直後の歯肉歯槽粘膜表面の観察

照射直後に、術前と同様の方法で観察を行った。

(6) 疼痛緩和効果の判定

疼痛緩和効果の判定基準は術後の診査において VAS が減少したものを有効とし、有効率を算出した。有効率は、疼痛緩和効果が認められた歯数/被験歯数とした。また、VAS に変化がなかったか、あるいは増加した場合を無効とした。

(7) 歯肉歯槽粘膜表面に対する影響の判定

術前、術直後の口腔内写真および印象採得した印象面のレーザー顕微鏡観察から歯肉歯槽粘膜表面への影響を比較検討した。レーザー顕微鏡は図 5 に示す走直

図 4 Nd : YAG レーザーの照射方法

図 5 走査型レーザー顕微鏡
1 LM 21 W

図 6 歯肉退縮量別の疼痛緩和効果

型レーザー顕微鏡・1 LM 21 W (レーザーテック 社製, 横浜) を使用し観察した。

結 果

レーザー照射による歯肉退縮量別の疼痛緩和効果を表 3 および図 6 に示す。歯肉退縮量 0 mm で有効率 81.6%, 1 mm では有効率 76.5%, 2 mm では有効率 84.6%, 3 mm では有効率 73.3%, 4 mm 以上では有効率 52.9% であった。このように歯肉退縮が 3 mm までの症例において, レーザーによる疼痛緩和は奏功

表 3 歯肉退縮量別の疼痛緩和効果

	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm ≤
有効	31	13	11	11	9
無効	7	4	2	4	8
有効率 (%)	81.6	76.5	84.6	73.3	52.9

表 4 部位別の疼痛緩和効果

	前歯	小臼歯	大臼歯
有効	46	12	17
無効	2	7	16
有効率 (%)	95.8	63.2	51.5

* : $p < 0.001$

図 7 部位別の疼痛緩和効果

する傾向にあったが, χ^2 検定を用いて統計処理を行ったところ各歯肉退縮量間に有意差は認められなかった。また, 術前の被験歯の臨床的・アタッチメント・レベルは 2~10 mm であった。次に部位別の疼痛緩和効果を表 4, 図 7 に示す。前歯部で有効率 95.8%, 小臼歯部では有効率 63.2%, 大臼歯部では有効率 51.5% であった。このように前歯部は臼歯部と比較してレーザーによる疼痛緩和が奏功する傾向にあり, χ^2 検定を用いて統計処理を行ったところ有意差が認められた ($p < 0.001$)。また, 歯肉退縮量が同じであっても Miller の歯肉退縮の分類¹⁵⁾において, 図 8 に示すようにナロウタイプは奏功しやすく, ワイドタイプは奏功しにくい傾向にあった。また, 再発症例については 4 症例 10 歯あり, 照射後 2 週から 1 カ月後に再発した。しかし, 再発時に再度, 同条件で照

ナロウタイプ

ワイドタイプ

図 8 歯肉退縮の分類について

射した結果、すべての症例において6カ月以上の経過観察で再発は認めなかった。

レーザー照射による歯肉歯槽粘膜表面への影響の観察は、まず、術前、術直後の代表的な口腔内写真を図9に示す。術前、術直後の歯肉歯槽粘膜表面に変化は認められなかった。次に術前、術直後の代表的なレーザー顕微鏡像を図10に示す。術前、術直後の歯肉歯槽粘膜表面に変化は認められなかった。

考 察

象牙質知覚過敏症は、セメント質が喪失し露出象牙質面に刺激が加わった時に一過性の痛みを生じる疾患で、自発痛を欠くことを特徴とする。その痛みのメカニズムにはさまざまな仮説がある^{16~23)}。その仮説の一つに Gysi¹⁸⁾、Brännström^{19~22)}の提唱した外来刺激により象牙細管内の組織液の移動が歯髄—象牙境近くに存在するラシュコフ神経叢の受容体を刺激するという動水力学説があり、一過性の鋭く刺すような痛みを発症させるA δ 線維が歯髄—象牙質領域に多く存在している²⁴⁾ことから有力視されている。このような歯周治療中に発症する象牙質知覚過敏症は一時的なことが多いが、この痛みの期間をできるだけ少なくし通常の口腔清掃を行えることが望ましい。そこで今回、歯周治療中に発症した象牙質知覚過敏症に対し疼痛緩和効果があるNd:YAGレーザーを照射しその効果

を調べた。照射方法については、従来の歯頸部に向け照射し象牙質表面を溶解することにより外来刺激の象牙細管を介する伝達を抑える方法²⁵⁾ではなく、患歯の歯肉歯槽粘膜に墨汁を塗布し一定の距離をもって照射を行い、疼痛緩和および麻酔効果を期待する方法を用いた。墨汁塗布は、Nd:YAGレーザーの黒色色素に対する色素選択性を利用し、部位選択的にレーザーエネルギーを吸収させ²⁶⁾、さらに組織内部への温度上昇を抑制することが可能である²⁷⁾と考えたためである。我々も歯周治療中に生じた象牙質知覚過敏症に対し従来の歯頸部象牙質に向ける照射方法を行ってきたが、効果が不確実であったことや、悪化したケースも少なくなかった。これは、露出歯頸部象牙質へのレーザー照射がスメア層を除去して象牙細管を開口させたり²⁸⁾、二次的に歯髄に障害をもたらす危険性があること²⁹⁾を示唆していると考ええる。また、歯周治療中に発症する象牙質知覚過敏症は一時的なことが多いため、Nd:YAGレーザーの疼痛緩和、麻酔効果を期待し歯肉歯槽粘膜に向け照射し直ちに通常の口腔清掃を行えるようにすることにより、自然治癒させる方法がより安全で且つ確実であるという考えから今回の照射方法を選択した。

本実験においてNd:YAGレーザー照射による疼痛緩和効果は歯肉退縮量が4mm以上の症例においては照射した約半分の症例にしか奏功しなかった。また、奏功しなかった症例の多くは、Millerの歯肉退

術前

術直後

図 9 歯肉歯槽粘膜表面への影響の観察
術前, 術直後の口腔内写真

縮の分類のワイドタイプに属していた。これらの傾向は、根露出部が多いと知覚過敏度が強く、レーザー照射部位が少なくなることに起因していると考えられる。また、部位別にレーザーの疼痛緩和効果を考えると前歯部が臼歯部に比較して奏功する傾向にあった。これは、前歯部は臼歯部に比較して根が単根であり、その形態が単純で、また歯槽骨の厚みも薄いなどの解剖学的要因に起因していると考えられる。これらのことを考えると今回は照射条件を一定にするため前歯部も臼歯部も同一の方法で照射したが、臼歯部、特に上顎大臼歯部の照射方法として口蓋側の根尖部を中心とした歯肉への照射の併用が有効と考えられる。処置別にレーザーの疼痛緩和効果を考えるとその効果はスケーリング、ルートプレーニングを行った 58 歯に対し 44 歯に奏功し (有効率 75.9%)、フラップオペレーションを行った 42 歯に対しては 31 歯に奏功した (有効率 73.8%)。このことから、レーザーによる疼痛緩和効果は処置内容による差異がないことが示唆された。再

術前

術直後

図 10 歯肉歯槽粘膜表面への影響の観察
術前, 術直後のレーザー顕微鏡像 ×250

発症例については再度、同条件で照射を行った結果、すべての症例において疼痛緩和効果が認められ、経過良好であった。このことは再発時の痛みは最初に発症した時の痛みと比べ軽度であったため、再度の照射で効果がより得られたと考える。また、今回、痛みの評価に VAS を用いたが、VAS は統計的には連続的な尺度とは言いがたい特徴を有しており、スコア化する場合、さまざまな問題が絡んで 7~11% の誤差がある³⁰⁾とされており、今後これらの問題をさらに検討する必要があると考えている。歯肉歯槽粘膜表面への影響については、前述したように歯肉歯槽粘膜表面に一定の距離をもって照射し、その結果、口腔内写真、レーザー顕微鏡像観察において変化は認められなかった。このように今回の検索では歯肉歯槽粘膜表面のみ

の観察しか行っていないが、我々はレーザーの疼痛緩和および麻酔効果の作用機序を解明するため一連の研究を行っており³¹⁾、歯髓組織にも不可逆的損傷がないと考えている。また、作用機序については、温熱効果やその他多くの因子が複雑に作用し、痛覚の中でも特に有髄線維である A δ 線維に影響を及ぼし疼痛緩和および麻酔効果が得られたのではないかと考えられる。

以上のことから Nd : YAG レーザー照射による疼痛緩和処置は Grossman³²⁾ の提唱する象牙質知覚過敏症の治療に対する諸条件をほぼ満たしており、歯肉退縮量 3 mm までの症例において奏功する傾向を示し、前歯でその傾向は顕著で、歯肉歯槽粘膜表面への為害作用がないことが示唆され、歯周治療中に生じた象牙質知覚過敏症の治療法として有効であると考えられる。今後、その疼痛緩和および麻酔効果の作用機序、継続時間、歯髓への影響などについて更なる検討を行っていきたいと思う。

謝 辞

本研究の遂行に際し御協力頂いた、株式会社デニックスの関係各位、本学第一歯科保存学教室河野 篤教授に衷心より感謝致します。

本論文の要旨は、第 40 回日本歯周病学会秋季学術大会(1997 年 10 月 4 日)において発表した。

文 献

- 1) 斉藤 毅：象牙質知覚過敏症とその処置，新臨床歯科学講座 4，医歯薬出版，東京，1977，59-68.
- 2) Dowell, P. and Addy, M. : Dentine hypersensitivity—A review. Aetiology, symptoms and theories of pain production. *J. Clin. Periodontol.*, 10 : 341-350, 1983.
- 3) 松本光吉，船井博雄，白須賀哲也，若林 始：Nd : YAG-Laser による歯頸部象牙質知覚過敏症の除痛効果について。日歯保誌，28 : 760-765, 1985.
- 4) 松本光吉，船井博雄，若林 始，小山隆夫：GaAlAs 半導体レーザーによる象牙質知覚過敏症の処置に関する研究。日歯保誌，28 : 766-771, 1985.
- 5) 松本光吉，中村 玄，友成 宏：He-Ne レーザーによる象牙質知覚過敏症の処置に関する研究。日歯保誌，29 : 312-317, 1986.
- 6) 松本光吉，張簡俊貴，日比秀子，福山一晴，中村幸生，白須賀哲也：Pulsed Nd : YAG Laser の歯科保存学領域への応用に関する研究。昭歯誌，10 : 41-45, 1990.
- 7) 熊崎 護，善入邦夫，井上昌孝，藤井弁次：象牙質知覚過敏症に対する半導体レーザーの治療効果。日歯保誌，33 : 911-918, 1990.
- 8) 濱地貴文，岩本恭行，廣藤卓雄，梶島浩明，前田勝正：GaAlAs 半導体レーザーの歯頸部象牙質知覚過敏症に対する鎮痛効果。日歯保誌，35 : 12-17, 1992.
- 9) 河田克之，大塚秀春，市村 光，下島孝裕，池田克巳：歯周疾患を伴う象牙質知覚過敏症に対する Nd : YAG レーザーの治療効果。日歯保誌，39 : 989-995, 1996.
- 10) Whitters, C.J., Hall, A., Creanor, S.L., Moseley, H., Gilmour, W.H., Strang, R., Saunders, W.P. and Orchardson, R. : A clinical study of pulsed Nd : YAG laser-induced pulpal analgesia. *J. Dent.*, 23 : 145-150, 1995.
- 11) Parkins, F. and Miller, R. : Nd : YAG laser analgesia of dentin. *J. Dent. Res.*, 71 : 162 (abstract 450), 1992.
- 12) 内藤 徹，秋吉栄太郎，横田 誠：局所麻酔剤アレルギーが疑われる症例に対する Nd : YAG レーザー照射の応用。日歯保誌，40 : 793-799, 1997.
- 13) Clark, G.E. and Troullos, E.S. : Designing hypersensitivity clinical studies. *Dent. Clin. North Am.*, 34 : 531-544, 1990.
- 14) 滝澤 久，菅谷一彦，塚越 慎，土田眞美，山口博康，山崎泰志，中村治郎：Visual Analogue Scale による象牙質知覚過敏症の痛みの評価。鶴見歯学，20 : 143-149, 1994.
- 15) Miller, P.D., Jr. : A classification of marginal tissue recession. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, 5 (2) : 8-13, 1985.
- 16) Fearnhead R.W. : Histological evidence for the innervation of human dentine. *J. Anatomy*, 91 : 267-277, 1957.
- 17) Byers, M.R. : Dental sensory receptors. *Int. Rev. Neurobiol.*, 25 : 39-94, 1984.
- 18) Gysi, A. : An attempt to explain the sensitiveness of dentin. *Br. J. Dent. Sci.*, 43 : 865-868, 1900.
- 19) Brännström, M. : Dentinal and pulpal response. I. Application of reduced pressure to exposed dentine. *Acta. Odont. Scand.*, 18 : 1-15, 1960.
- 20) Brännström, M. and Åström, A. : A study on the mechanism of pain elicited from the dentin. *J. Dent. Res.*, 43 : 619-625, 1964.
- 21) Brännström, M., Lindén, L.Å. and Åström, A. : The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. *Caries Res.*, 1 : 310-317, 1967.
- 22) Brännström, M. and Åström, A. : The hydrodynamics of the dentine ; Its possible relationship to dentinal pain. *Int. Dent. J.*, 22 : 219-227, 1972.
- 23) Gunji, T. : Morphological research on the sensitivity of dentin. *Arch. Histol. Jap.*, 45 : 45-67, 1982.
- 24) Närhi, M.V.O., Hirvonen, T.J. and Hakumäki, M. O.K. : Activation of intradental nerves in the dog

- to some stimuli applied to the dentine. Archs Oral Biol., 27 : 1053-1058, 1982.
- 25) White, J.M., Fagan, M.C. and Goodis, H.E. : Intrapulpal temperatures during pulsed Nd : YAG laser treatment of dentin, In Vitro. J. Periodont., 65 : 255-259, 1994.
- 26) 森岡俊夫, 鈴木和雄, 田籠祥子 : Nd-YAG レーザー照射によるエナメル質耐酸性増強に及ぼす歯面黒色塗布剤の効果. 口腔衛生学会雑誌, 34 : 40-44, 1984.
- 27) 山田恵子 : 小児歯科領域におけるレーザーによる齲蝕予防に関する研究. 小児歯科学雑誌, 23 : 575-591, 1985.
- 28) 伊藤公一, 西方純一, 西田哲也, 野沢 健, 郷家英二, 村井正大 : スケーリングおよびルートプレーニング面に対する Nd : YAG レーザー照射の効果. 日歯周誌, 34 : 673-680, 1992.
- 29) 井澤常泰, 須田英明 : レーザーによる象牙質知覚過敏症の処置, 下野正基, 飯島国好, 治癒の病理第 1 巻, 医歯薬出版, 東京, 1993, 270-277.
- 30) Kremer, E., Atkinson, J.H. and Ignelzi, R.J. : Measurement of pain : patient preference does not confound pain measurement. Pain, 10 : 241-248, 1981.
- 31) 山口博康, 小林一行, 佐藤恭道, 長田玲子, 菊地康次郎, 櫻庭栄一, 野村典生, 新井 高, 中村治郎 : Nd : YAG レーザーの表面麻酔効果. 日本レーザー歯学会誌, 9 : 9-12, 1998.
- 32) Grossman, L.I. : Gouncil on dental therapeutics. The treatment of hypersensitive dentin. J. Am. Dent. Assoc., 21 : 2050-2053, 1934.

連絡先 :

鶴見大学歯学部第二歯科保存学教室

〒 230-8501 神奈川県横浜市鶴見区鶴見 2-1-3