Nd:YAG レーザーを用いた歯科治療の 各領域への疼痛緩和効果

山口 博 康 小林 一行* 新 井 高*

鶴見大学歯学部附属病院総合歯科 2

*鶴見大学歯学部歯科保存学第二講座

(受付 : 2010 年 5 月 28 日, 受理 : 2010 年 7 月 3 日)

Pain-relieving Effects of Nd:YAG Laser for Various Dental Treatments

Hiroyasu YAMAGUCHI, Kazuyuki KOBAYASHI* and Takashi ARAI*

Department of General Dentistry and Clinical Education, Tsurumi University School of Dental Medicine

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

(Received: May 28, 2010, Accepted for Publication: July 3, 2010)

Abstract: We have reported the pain-relieving effects and clinical applications of Nd:YAG laser. This article summarizes the use of Nd:YAG laser for pain relief, and includes the following: the mechanism of pain relief, treatment of hypersensitivity, application of surface anesthetic effect, pain-relieving effects of Nd:YAG laser irradiation, with and without India ink, effects on pulp sensitivity after Nd:YAG laser irradiation, the pain-relieving effects of Nd:YAG laser during orthodontic treatment, effects of Nd:YAG laser irradiation on pain relief at clamp placement, low-power laser therapy for temporomandibular arthrosis, effects of low-power Nd:YAG laser irradiation on stellate ganglion, and pain-relieving effect after periodontal and endodontic surgery by Nd:YAG laser irradiation. This paper reviews the role of Nd:YAG laser in pain relief for treatments conducted since 1995, summarizes research reports, and suggests how Nd:YAG laser may be used in future for relieving pain and improving blood circulation.

(J. Jpn. Soc. Laser Dent. 21 : 95 ~ 99, 2010 Reprint requests to Dr. YAMAGUCHI)

Key words = Nd:YAG laser, Pain-relieving effect, Dental treatments

キーワード = Nd:YAG レーザー, 疼痛緩和効果, 歯科治療

緒 言

現在では、高出力レーザーは日本の全診療施設の約 1/3 が所有していることから、日常臨床に広く活用されていると思われる¹⁾。市販されている高出力レーザーは、その波長特性により組織表面吸収型および組織透過型レーザーに分類され²⁾、生体への作用は異なる。一方、口腔領域における疼痛は様々であるため、組織透過型と組織表面吸収型の波長特性を十分生かして疼痛緩和効果を得ることが重要である²⁾。

日常歯科臨床において遭遇する疼痛に対して、高出力

レーザーを使用して疼痛緩和効果が得られるとされている²⁾。特に組織透過型レーザーの中でも Nd:YAG レーザーは麻酔効果、鎮痛作用、血流の改善に伴う発痛物質の除去により疼痛緩和効果が得られ、我々は今までに Nd:YAG レーザーの疼痛緩和効果に着目し一連の研究を行ってきた³⁻¹⁵⁾。本稿ではこれらの組織透過型レーザーである Nd:YAG レーザーの疼痛緩和効果について総括し、今後の基礎研究および臨床応用について考察する。

1. Nd:YAG レーザーの疼痛緩和効果

関根ら¹⁰⁾ はアフリカツメガエルの触覚神経線維束に

Nd:YAG レーザーを照射することにより神経放電を可逆的に抑制することを報告した。この照射効果は触覚神経線維の閾値が上昇することから、これが麻酔効果および疼痛緩和効果と推察された。

また、照射エネルギーが一定値を超えると神経放電の可逆的な伝導抑制効果が得られず、不可逆的な抑制となることから、過剰な照射は周囲組織の熱損傷、神経線維の熱変性を生じることも考えられ、疼痛緩和効果を得るための Nd:YAG レーザーの照射条件および照射方法が重要であることを報告している。

2. 象牙質知覚過敏抑制効果

象牙質知覚過敏症については組織透過型のレーザーである He-Ne レーザー¹⁶⁾、半導体レーザー¹⁷⁻²⁰⁾、Nd:YAG レーザー^{5, 21)}、と組織表面吸収型である炭酸ガスレーザー²²⁻²⁴⁾の使用が報告されている。

これらの作用機序はそれぞれ異なり、He-Ne レーザー²⁵⁾は、麻酔効果と慢性疼痛緩和効果があり、一方、半導体レーザーは歯髄 C 神経線維の脱分極を抑制²⁶⁾することにより、疼痛緩和効果が得られると考えられている。

これに対して Yonaga ら²⁷⁾は歯頸部にインディアンインクを塗布し Nd:YAG レーザーを照射することにより、疼痛緩和効果の得られることを報告している。そして、この作用機序に関しては、照射により開口した象牙細管が閉塞されるためと報告されている。この効果は組織表面吸収型である炭酸ガスレーザーを象牙質壁へ照射した場合、象牙質がシールされることと同様の効果が得られていると考えられる²²⁾。

小林ら⁵⁾は歯周治療中に生じた知覚過敏症に対して患歯の歯肉歯槽粘膜に墨汁を塗布し Nd:YAG レーザー照射した場合、歯肉退縮が 3 mm までの症例に対して奏功する傾向を示し、臼歯部に比較して前歯部では有意に奏功することを報告した。これは前歯部は根が単根であり、その形態が単純で、また臼歯部に比較して歯槽骨の厚みも薄く奏功しやすいためであろうと考察している。

Nd:YAG レーザーを歯頸部に照射することにより、組織透過型レーザーが歯頸部から歯髄組織に対して麻酔効果が得られると考え、我々は Nd:YAG レーザーの照射と象牙質コーティング材を併用し、象牙質知覚過敏処置の応用を試みた。その結果、術前に比較して疼痛閾値の有意な上昇効果が得られることから、疼痛緩和に効果に有効であることを報告した¹³⁾。

3. 表面麻酔効果

我々は Nd:YAG レーザーの表面麻酔効果の有効性を報告した⁴⁾。口腔粘膜の中でも歯肉歯槽粘膜境は痛覚点が多い²⁸⁾。そのため浸潤麻酔時の針の刺入時に生じる疼痛を

避けるため、表面麻酔を使用している。ジェル状や噴霧された表面麻酔剤は、唾液に希釈され、苦味が感じられ、さらに奏功まで 2 分以上と不快感を伴う。これに対して Nd:YAG レーザーの表面麻酔としての応用は、照射後直に注射針の刺入が可能となり奏功時間が短縮でき、苦味がなく、唾液による希釈の影響も受けないなどの利点がある⁴⁾。

4. クランプ装着時の疼痛緩和効果

関根ら⁷⁾はクランプ装着時に生じる疼痛緩和効果について Nd:YAG レーザーを使用し、実験的に痛覚閾値の上昇効果を得られることを報告した。また、小平ら¹⁵⁾はラバーダム装着から除去までの経時的な疼痛変化を検索した。その結果、ラバーダム装着、除去時の疼痛に対して表面麻酔剤と Nd:YAG レーザーでは同程度の疼痛緩和効果であることを明らかにした。

5. 矯正治療に生じる疼痛に対する緩和効果

歯の移動時の疼痛発現には Calcitonin gene-related peptide (CGRP) Substance P などの神経ペプチドの関与が報告され²⁹⁾、これら神経ペプチドにより周囲への histamine, prostaglandin 等の発痛物質が遊離し、その結果、炎症が促進し疼痛が生じる。また、この神経ペプチドは温痛覚を伝えるとされている A δ , C 線維に存在することが解明され²⁹⁾、矯正力を加えた際の疼痛発現に関与している。

これらの chemical mediator の中でも IL-1, PGE₂ はメカニカルストレスにより生じ、疼痛に関与していることが知られている。この発現を半導体レーザー照射が抑制³¹⁾することから疼痛緩和効果が得られることが報告されている。細田ら⁶⁾は実験的に歯間分離を加えた実験で Nd:YAG レーザー照射直後より 4 時間、有意に疼痛緩和効果の得られることを明らかにした。また、青木ら¹²⁾はマルチブラケット法におけるインシヤルワイヤー装着群と犬歯遠心移動群の矯正装置装着後に Nd:YAG レーザーを照射することにより、非照射側に比較して有意な疼痛緩和効果が得られたことを報告している。これらのことは、矯正治療時に生じる疼痛に対して Nd:YAG レーザーは有効であることを示唆している。

6. 墨汁塗布と疼痛緩和への影響

歯肉歯槽粘膜に墨汁を塗布することにより 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を吸収させ、さらに深部への熱影響を抑制する。

Nd:YAG レーザー照射時の墨汁塗布の有無と疼痛緩和効果について小林ら³²⁾は下顎右側犬歯歯肉歯槽粘膜に墨汁を塗布して Nd:YAG レーザーを照射した群は墨汁非塗

布でレーザー照射した群に比べ歯髄温度感覚閾値及び注射針刺入の疼痛閾値が有意に上昇し、疼痛緩和効果が得られることを報告した。墨汁塗布によってその効果が高くなるのは、レーザー照射により歯肉表面の太い神経路が刺激され、細い神経を通る痛覚路が遮断³³⁾ (Gate control theory) されることや下行性抑制系の賦活³⁴⁾ などの関与も考えられ、さらに墨汁を透過したレーザー光により本来の組織透過型の作用が加わることによって相乗的效果が得られたと結果と推察される。

7. 歯髄血流量への影響

我々はNd:YAG レーザー照射による血流量の影響について検索した結果、根尖相当部へのレーザー照射は歯髄血流量への上昇効果が得られるが、全身的な循環動態には影響を及ぼさなかったことを報告した^{35, 36)}。また、経穴へのレーザー照射がハリの代替療法として用いることの可能性を確かめる目的で上顎前歯に関連する経穴である迎香にNd:YAG レーザーを照射し反対側の上顎犬歯の有意な血流上昇を報告³⁷⁾ した。今後、経穴へのレーザー照射による新たな臨床術式への応用が課題となる。

8. 星状神経節近傍への照射効果

星状神経節ブロックの応用療法として伊藤ら³⁸⁾ はNd:YAG レーザーを星状神経節近傍への照射を報告した。この療法により交感神経系の活動低下と体液の変化が生じ皮膚表面温度は上昇することを明らかにした。非観血的なこの療法は、局所麻酔を使用した星状神経節ブロックとは異なり、両側性に均等な温度上昇効果が認められ、作用機序は局所麻酔と異なり、自律中枢を介した伝達作用と考えられている。星状神経節近傍へのレーザー照射効果は、感染の危険性も無く安全な術式であることから、今後さらなる臨床への応用と詳しい作用機序が今後の課題である。

9. 外科処置への応用

松井らは、歯周、歯内外科処置の術野へのNd:YAG レーザー照射の影響について報告している^{8, 9, 11)}。この効果として術後疼痛緩和効果が得られ、外科処置後の腫脹、術後疼痛が減少することから鎮痛剤を服用しなくても不快感なく経過したとされている。組織透過型の半導体レーザーにおいてはchemical mediatorの中でもIL-1, PGE₂を抑制することから、手術野へのレーザー照射により炎症反応が減じられ術後疼痛が認められないことが報告されている³¹⁾。

10. 顎関節症への低出力レーザーの効果

荒尾ら³⁸⁾ は顎関節症Ⅰ型および筋顔面疼痛-機能障害症候群 (myofascial-pain-dysfunction syndrome) の患者の

下関に対してNd:YAG レーザーの低出力照射を行ったところ、患部の血流量や臨床症状の改善を報告した。また、顎関節症Ⅱ、Ⅲ型にもNd:YAG レーザーの低出力照射は有効であるとの報告³⁹⁾ がされている。さらに荒尾ら⁴⁰⁾ は顎関節症Ⅳ型についてNd:YAG レーザーの低出力照射後、マニピュレーションを行い、外科、スプリント療法を経ることなく症状の改善を図ることが出来たことを報告している。

顎関節症の外科処置への応用では内視鏡治療により関節鏡視下授動術に应用されている⁴¹⁾。このNd:YAG レーザーの照射の応用はメスなどの手術に比較して出血の少なく良好な視野を確保でき外科処置が可能となる⁴²⁾。

今後の問題点：安全性の確認

口腔内では痛点への浸潤麻酔の刺入などにより、迷走神経反射が誘発される可能性 (デンタルショック) も考えられ注意が必要である。

星状神経節近傍へのNd:YAG レーザー照射は、星状神経節ブロック様効果が得られるが、この作用機序としては交感神経系への活動低下効果³⁵⁾ であり、自律神経系への影響が考えられる。そのため、口腔内における自律神経系へNd:YAG レーザー照射による影響を調べるのが重要である。我々は口腔内の自律神経系の関与する枝でも迷走神経の分岐がする舌咽神経の終枝である下顎口峽粘膜部にNd:YAG レーザーを照射では血圧、脈拍などの全身循環動態には影響を与えていないことを報告した⁴¹⁾。日常臨床で口腔内に使用するNd:YAG レーザーの照射条件 (100mJ, 15pps) では自律神経系への影響を与えることなく安全に使用できると思われる。

結 語

以上の記述の通りNd:YAG レーザーは歯科領域において疼痛緩和を目的として、多岐に渡る応用がなされている。しかしながら、歯髄血流量の上昇効果、経穴への照射では未だ歯内療法への直接的な臨床応用には到っていない。即ち、浸潤麻酔においては歯髄組織内への血流量は減少し酸素欠乏が生じていることが予想されるが、これらの状態でNd:YAG レーザーを周囲の経穴、根尖への照射を行った場合、血流量は上昇する可能性もあり虚血状態の改善も考えられる。また、この状態における疼痛閾値のレベルの変化についてはいまだ明らかでない。

神経への低反応レベルレーザー作用機序として神経組織中のアデノシン-3-リン酸 (ATP) の増加によりカリウムチャンネルを開口し、神経の過剰興奮を抑制する可能性が報告⁴³⁾ されているが、口腔内局所における作用機序については明らかとなっていない。

この様に、Nd:YAG レーザーの麻酔効果の作用機序に

については明らかでないが、今後これらの不明な点を解明するためには歯科だけでなく医科領域における臨床応用等多岐に渡る研究が必要である。

本内容の一部は第21回日本レーザー歯学会学術大会シンポジウム(2009年11月22日, 福岡)で発表した。

文 献

- 1) 八島章博, 山口博康, 小林一行, 他: 「レーザー歯科診療の保険適用の可能性」に関するアンケート調査. 日レ歯誌, 19: 70-77, 2008.
- 2) 加藤純二, 粟津邦男, 篠木 毅, 他編: 一からわかるレーザー歯科治療, 第1版, 東京, 2003. 医歯薬出版, 26-29.
- 3) Yamaguchi H, Kobayashi K, Arai T: In vivo evaluation of human pulp sensitivity after Nd:YAG laser irradiation. J Oral Laser Appl, 5: 81-84, 2005.
- 4) 山口博康, 小林一行, 佐藤恭道, 他: Nd:YAG レーザーの表面麻酔効果. 日レ歯誌, 9: 9-12, 1998.
- 5) 小林一行, 山口博康, 熊井麻子, 他: 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. 日歯周誌, 41: 180-187, 1999.
- 6) 細田章代, 細田 裕, 佐藤恭道, 他: 歯の移動時に生じる疼痛に対する Nd:YAG レーザーの効果. 日レ歯誌, 11: 22-26, 2000.
- 7) 関根章子, 山口博康, 小林一行, 他: Nd:YAG レーザー照射によるクランプ装着時の疼痛緩和効果. 日レ歯誌, 14: 126-130, 2003.
- 8) 松井康太郎, 関根章子, 湯浅茂平, 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の比較. 日レ歯誌, 15: 6-13, 2004.
- 9) 松井康太郎, 湯浅茂平, 加茂茂隆, 他: 歯周および歯内外科治療での Nd:YAG レーザー照射に伴う術後疼痛緩和効果. 日歯科保存誌, 48: 372-378, 2005.
- 10) 関根章子, 柳沢 隆, 浅沼 厚: Nd:YAG レーザーによる疼痛緩和効果の理想的な照射条件. 日歯保存誌, 49: 407-414, 2006.
- 11) 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. 日歯周誌, 48: 106-112, 2006.
- 12) 青木賢太郎, 戒田清和, 磯野浩昭, 他: 矯正治療における Nd:YAG レーザーの疼痛緩和効果について. 東矯正誌, 16: 119-129, 2006.
- 13) 山口博康, 及川和美, 福田貴久, 他: レーザーと象牙質コーティング材を応用した象牙質知覚過敏処置. 日レ歯誌, 18: 26-29, 2007.
- 14) 山口博康: Nd:YAG レーザーの疼痛緩和効果. 日レ治療誌, 2: 42-46, 2007.
- 15) 小平裕恵, 吉田拓正, 山口博康, 他: ラバーダム装着から除去に至るまでの Nd:YAG レーザーによる疼痛緩和効果に関する経時的変化. 日レ歯誌, 20: 62-66, 2009.
- 16) 松本光吉, 西濱亮介, 小野寺篤, 他: 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. 昭歯誌, 8: 180-184, 1988.
- 17) 松本光吉, 船井博雄, 若林 始, 他: GaAlAs 半導体レーザー(象牙質知覚過敏治療器一型)による象牙質知覚過敏処置に関する研究. 日歯保存誌, 28: 766-771, 1985.
- 18) 松本光吉, 友成 宏, 若林 始: レーザーによる象牙質知覚過敏の処置に関する研究—照射部位に関する検討—. 日歯保存誌, 28: 1366-1371, 1985.
- 19) 海老原新, 竹田淳志, 荒木孝二, 他: 試作型 GaAlAs 半導体レーザーの象牙質知覚過敏症への応用—二重盲検法による効果の判定—. 日歯保存誌, 31: 1782-1787, 1988.
- 19) 松本光吉, 船井博雄, 白須賀哲也, 他: 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. 日歯保存誌, 28: 388-399, 1985.
- 20) 飯田雅博, 安藤嘉則, 渡辺 久, 他: 半導体 (GaAlAs) レーザーの露出根面の知覚過敏症に対する効果および歯肉溝領域の細菌叢に及ぼす影響. 日レ歯誌, 4: 3-7, 1993.
- 21) 河田克之, 大塚秀春, 市村 光, 他: 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. 日歯保存誌, 39: 989-995, 1996.
- 22) Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, et al: Long-term effects of CO₂ laser irradiation on treatment of hypersensitive dental necks: results of an in vivo study. J Clin Laser Med Surg, 16: 211-215, 1998.
- 23) Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, et al: The advantage of CO₂-treated dental necks, in comparison with a standard method: results of an in vivo study. J Clin Laser Med Surg, 14: 27-32, 1996.
- 24) Zhang C, Matsumoto K, Kimura Y, et al: Effects of CO₂ laser in treatment of cervical dentinal hypersensitivity. J Endod, 24: 595-597, 1998.
- 25) Jarvis D, MacIver MB, Tanelian DL: Electrophysiologic recording and thermodynamic modeling demonstrate that helium-neon laser irradiation does not affect peripheral Aδ or C-fiber nociceptors. Pain, 47: 243-245, 1991.
- 26) Wakabayashi H, Hamba M, Matsumoto K, et al: Effect of irradiation by semiconductor laser on responses evoked in trigeminal caudal neurons by tooth pulp stimulation. Laser Surg Med, 13: 605-610, 1993.
- 27) Yonaga K, Kimura Y, Matsumoto K: Treatment of cervical dentin hypersensitivity by various methods using pulsed Nd:YAG laser. J Clin Laser Med Surg, 17: 205-210, 1999.
- 28) 山田 守: 口腔領域の痛みの生理. 歯界展望, 31: 1207-1214, 1968.
- 29) 中本清嗣: ラットの実験的歯の移動時に伴うペプチド含有神経線維の変化について. 日矯誌, 50: 282-292, 1991.
- 30) Shimizu N, Yamaguchi M, Uesu K, et al: Stimulation of prostaglandin E₂ and interleukin-1β production from old rat periodontal ligament cells subjected to mechanical stress. Gerontol A Biol Sci Med Sci, 55: B489-B495, 2000.
- 31) Shimizu N, Yamaguchi M, Goseki T, et al: Inhibition of prostaglandin E₂ and Interleukin-1β production by low-power laser irradiation in stretched human periodontal ligament cells. J Dent Res, 74: 1382-1383, 1995.
- 32) 小林一行, 柳沢 隆, 櫻庭栄一, 他: 墨汁塗布の有無による Nd:YAG レーザー照射の疼痛緩和効果. 日レ歯誌, 12: 69-73, 2001.
- 33) Melzack R, Wall PD: Pain mechanisms: a new theory. Science, 19: 971-979, 1965.
- 34) 山本博之, 尾崎昌宣, 井口賀之: ラットにおける経穴レーザー照射の鎮痛効果. ペインクリニック, 8: 43-48, 1987.
- 35) Yamaguchi H, Kobayashi K, Sato Y, et al: Nd:YAG laser irradiation of human dental pulp. Implication as predictor of pulp hemodynamics. Laser Surg Med, 26: 270-276, 2000.
- 36) 山口博康, 市原雅樹, 小林一行, 他: 迎香への Nd:YAG レーザー照射によるヒト歯髄血流量の影響. 日レ歯誌, 19: 125-129, 2008.
- 37) 伊藤暖果: 低出力 Nd:YAG レーザーによる皮膚温度上昇の機序の研究—とくに神経伝達機序について—. 日口外誌, 37: 1966-1980, 1991.
- 38) 荒尾宗孝, 伊藤暖果, 吉田憲司: 顎関節症患者に対する低出力レーザー効果に関する基礎的研究—レーザー微小循環血流計を用いて—. 日レ歯誌, 3: 1-8, 1992.
- 39) 荒尾宗孝, 丹下和久, 高井克憲, 他: 顎関節症患者に対する低出力レーザー効果に関する低出力レーザー照射に関する臨床的研究—顎関節症Ⅲ型(クローズドロック)について—. 日口外誌, 37: 1966-1980, 1991.

- 日顎関節誌, 6: 95-108, 1994.
- 40) 荒尾宗孝, 丹下和久, 深谷昌彦: 顎関節症患者に対する低出力レーザー効果に関する臨床的研究—顎関節症Ⅳ型について—, 日レ歯誌, 7: 72-82, 1996.
- 41) 大西正俊, 大月佳代子, 中山英二: 顎関節病変に対する関節鏡視下レーザー手術. 口科誌, 39: 246-255, 1990.
- 42) 山口博康, 堀田克幸, 小林一行, 他: 口狭粘膜への Nd:YAG レーザー照射の影響. 日レ歯誌, 16: 31-33, 2005.
- 43) 片岡洋祐: 神経への低反応レベルレーザー作用の基礎科学. 日レ治療誌, 8: 36-40, 2009.