

# LLLT (Low Level Laser Therapy) の新潮流

吉 田 憲 司

愛知学院大学歯学部顎口腔外科学講座

(受付 : 2009年7月31日, 受理 : 2009年8月31日)

## New Trend of LLLT (Low Level Laser Therapy)

Kenji YOSHIDA

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,  
School of Dentistry, Aichi-Gakuin University

(Received: July 31, 2009, Accepted for Publication: August 31, 2009)

**Abstract:** Low level laser therapy (LLLT) is gaining popularity in a variety of clinical applications. The lasers used in dental applications for LLLT are such as the He-Ne laser, the semiconductor laser and others. Low level laser light is reported to alleviate pain and trigeminal nerve paresthesia, to accelerate wound healing, to have a positive effect on inflammatory processes, the prevention and treatment of radiotherapy-induced oral mucositis in oral cancer. However, the biochemical reactions by low level laser irradiation are not fully understood. This paper presents the efficacy of LLLT and cautions when applying clinical in use.

(J. Jpn. Soc. Laser Dent. 20 : 120 ~ 123, 2009 Reprint requests to Dr. YOSHIDA)

**Key words =** LLLT, Low level laser therapy, Low power laser

**キーワード =** LLLT, 低反応レベルレーザー治療, 低出力レーザー

### はじめに

出力の低いレーザー光線を生体組織に照射し, 創傷治癒促進, 血流改善, 疼痛緩和, 神経賦活等の効果を得る目的で臨床応用されている(表1)。

LLLTの効果は, レーザー照射による生体への圧効果, 光活性作用, 電磁界作用, イオン化作用, 熱作用などによりもたらされるものと考えられており, 低出力レーザー治療, ソフトレーザー治療, 低反応レベルレーザー治療(LLLT: low-reactive level laser therapy)などと呼ばれている。「低出力レーザー」, 「ソフトレーザー」はそれぞれ出力, 機器に対する分類概念であり, 「低反応レベルレーザー治療 LLLT」は, 細胞破壊を伴わない非熱的な光化学作用による生体刺激の反応から治療効果を得ようとするものである。

これらの分類, 呼称は専門学会, 成書などにおいても統一をみていない。因みにレーザー医学の専門誌である

Lasers in Surgery and Medicineの掲載論文においても「Low-Intensity Laser (Therapy)」, 「Low-Level Laser (Treatment)」, 「Low-Energy Laser」等の用語が使用されており, 明確な使い分けもされていないようである。

近年では, 「low level laser therapy LLLT」の用語記載が多くみられており, 本論文ではLLLTの用語を使用する。以下, 文中のレーザー照射記載については, low level laser照射を前提とする。

### LLLTに使用される主なレーザー機器

LLLTに使用する主な機器はGaAlAs半導体レーザー, He-Neレーザーである。他にNd:YAGレーザー, CO<sub>2</sub>レーザーなど本来は高出力で生体組織の切開, 止血, 凝固, 蒸散に適応される機器を使用して, 出力を下げたり defocus beamで照射し LLLTを行っている研究についての報告もあるが, 過剰照射エネルギーによる生体組織の傷害や照射部位によっては眼への影響も危惧されるので細心の注意が

表1 口腔領域におけるLLLTの臨床応用

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 歯列矯正中の骨のリモデリング</li> <li>・ 創傷治癒</li> <li>・ 鎮痛（歯痛，抜歯後疼痛，象牙質知覚過敏症）</li> <li>・ 下唇知覚麻痺の神経賦活治療</li> <li>・ 顎関節症</li> <li>・ 口内炎の症状緩和 （造血幹細胞移植，放射線照射，化学療法）</li> <li>・ カンジダ，義歯性口内炎</li> </ul>
--

必要である（図1）。

レーザーが生体に照射された場合には，エネルギーの一部が組織表面において反射，後方散乱し，残りのエネルギーが吸収，散乱し次第に減衰しながら組織内を透過していく。吸収，散乱は軟組織であれば血液，ヘモグロビンなどに影響され，骨や歯など生体硬組織においてはハイドロキシアパタイト，有機成分などにより影響される。He-Ne，半導体，Nd:YAGレーザーなど波長帯0.6～約1.4 $\mu$ mの光はヘモグロビンや水での吸収が少ないため組織中の深達性に優れ，LLLTの効果発現に効率的に作用する。

#### 1. GaAlAs半導体レーザー

本邦においては薬事承認された波長810nm，830nm，900nmの半導体レーザーがLLLT治療用機器として普及している。Nd:YAGレーザーと同様，近赤外線波長領域のレーザーは血液中のヘモグロビンや水での吸収が少なく，生体に照射されると組織を深く透過する。この特性を応用し疼痛緩和や神経ブロックなどペインクリニックへの臨床応用や，血行不良部位への血流改善などに出力数十mW～数百mWの照射条件でLLLTが行われる。

#### 2. He-Neレーザー

波長632nm，出力6mW～10mWのLLLT用の小型装置が製品化されている。

#### 3. Nd:YAGレーザー

波長1,064nmのNd:YAGレーザーは，水に吸収されにくく，照射部位における組織深達性に優れている。この波長特性を利用し神経賦活などbiostimulative effectを目的としたLLLTの報告がある。

### LLLTの主な用途

LLLTとしての医療への応用は，Mester（1968）により難治性潰瘍の治療について報告された。その後Plog（1973）が神経刺激に対する効果について提唱して以来，He-Neレーザー，半導体レーザー，Nd:YAGレーザーなどを使用して多くの基礎的，臨床的研究結果について報告されてきた。

歯科領域では，象牙質知覚過敏や抜歯後疼痛の症状緩和の他に口腔粘膜の難治性潰瘍，口内炎治療にLLLTが行

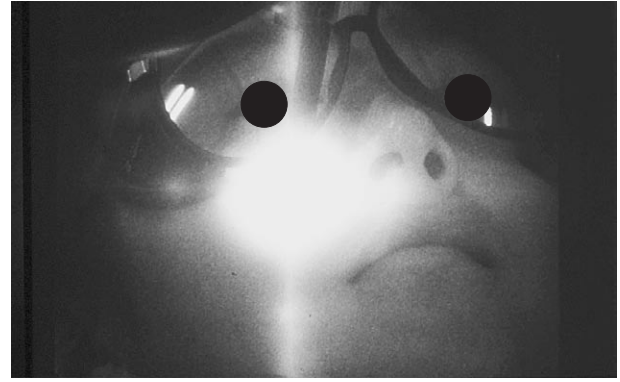


図1 LLLT照射中をCCDカメラで撮像  
照射部位を中心にレーザー光の拡散，散乱がみられる。

われている。

#### 1. 歯列矯正中の骨のリモデリング

歯列矯正中の治療期間を短縮したり，移動歯周囲の骨のリモデリングにLLLTを応用する目的で実験的検討が行われている<sup>1-3)</sup>。

Cruzらは，11人の歯列矯正中患者を対象に波長780nmの半導体レーザーを20mW，5J/cm<sup>2</sup>，照射時間10秒，4回/月の条件で照射したところ，歯の移動速度に対し促進的に作用し，全体的に治療期間が短縮したと報告している<sup>1)</sup>。

同様な観点から，Kawasakiらはラット臼歯に10gの力学的負荷を加え，半導体レーザーを照射し，12日後の歯の移動量，歯槽骨のリモデリングなどについて検討し，レーザー照射群で歯の移動量は対照群に比較して大きく，また吸収側における骨形成と細胞増殖率，圧迫側における破骨細胞の出現数は，照射群が対照群に比較して増加傾向にあったと報告している<sup>2)</sup>。

#### 2. 創傷治癒促進

軟組織，骨組織の実験的組織欠損創，培養細胞へレーザー照射実験を行い，創傷治癒促進に効果的に作用することが報告されているが，近年では，多くの報告が半導体レーザー照射により行われている<sup>4-7)</sup>。

骨組織に対する作用として，Pretelらは，ラット下顎骨の骨欠損創に波長780nmのGaAlAs半導体レーザーを単回照射し，レーザー非照射群に比較して有意に骨形成がみられたことを報告している<sup>4)</sup>。

Kimらは，歯科用インプラント埋入を想定し，ラットの脛骨にチタン製のインプラントを埋入，波長808nmのGaAlAs半導体レーザーを照射し，オッセオインテグレーションが獲得されるまでの期間中，骨組織中のRANKL RANK OPG発現について検討した。その結果，レーザー照射群において，上記発現が確認され，骨代謝活性，骨組織細胞の活性が上昇したことを報告している<sup>5)</sup>。

一方、軟組織に対する LLLT の基礎実験として、Me-drado らはラット背部皮膚に直径 8 mm の全層欠損創を作製し、波長 670 nm の GaAlAs 半導体レーザーを出力 9 mW で欠損創にレーザープローブを接触させ単回照射を行ったところ、実験的皮膚欠損創において、炎症反応を軽減させ創傷治癒に促進的に作用したと報告している<sup>6)</sup>。

また Kreisler らは、ヒト歯肉培養線維芽細胞を用い波長 809 nm の半導体レーザーを出力 10 mW、連続波で 24 時間毎に、単回、2 回、3 回照射したところ、レーザー照射後の細胞生物学的な効果は明らかであったと述べている。しかしその持続時間は限定的であり、それらの所見は臨床的にも関連していると推察され、臨床効果を得るには、繰り返し照射が必要であると報告している<sup>7)</sup>。

### 3. 鎮痛、疼痛緩和

歯痛、抜歯後疼痛、象牙質知覚過敏症へ LLLT により症状が緩和すれば、低侵襲治療 (MIT) として有用である。この目的のために従来より He-Ne、半導体レーザーが主として使用されているが、Zerredo らは、Er:YAG レーザーによる鎮痛効果について基礎実験を行い、Er:YAG レーザーの LLLT の可能性について言及している<sup>8)</sup>。

### 4. 抜歯後の疼痛緩和

抜歯後の疼痛緩和への LLLT は、Aleksa ら<sup>9)</sup> による下顎智歯抜歯後の術後疼痛に対する効果の臨床研究が注目される。実験内容は、① GaAlAs 半導体レーザーを抜歯創より 1 cm の距離から 50 mW ( $4 \text{ J/cm}^2$ )、10 分間の照射、② NSAIDs (Diclofenac) 100 mg を抜歯前に 1 回服用、③ 冷罨法、ソフトダイエットで経過観察の 3 群それぞれ 30 例について VAS による痛みの評価を統計学的に比較検討した。その結果、レーザー照射による抜歯後疼痛の管理が最も優れ、鎮痛薬投与による副作用などを考慮した場合、レーザー照射による疼痛管理法を推奨している。またレーザーによる疼痛緩和について、レーザーの照射エネルギーが関与するとしており、 $4 \text{ J/cm}^2$  以下の照射条件では痛みのコントロールに対して何の影響も及ぼさないと述べている。*in vivo* における興味ある指標の一つであり、どのようなレーザーがどの程度のエネルギー密度や照射条件で効果的なのかという視点からもこれを指標に追試や検討を行うべきであろう。

### 5. 神経麻痺

下顎智歯や歯科用インプラント埋入術、顎矯正手術などの際に、下歯槽神経支配領域である下唇、オトガイ領域を中心とした皮膚、粘膜に知覚麻痺を生じることがある。

Ozen らは、下顎智歯抜歯の際に下歯槽神経障害により生じた知覚障害患者 4 名に波長 820 ~ 830 nm の GaAlAs 半導体レーザーを出力 5 mW、連続波で、口腔外へは下唇、オトガイ部、オトガイ孔相当部、口腔内はオトガイ孔相当部、第一大臼歯根尖部、下顎孔の舌側相当部へ各部位

90 秒間照射、計 20 回の照射を行い、その臨床効果について検討した<sup>10)</sup>。これらの患者は症状発生から 1 年以上経過しており LLLT により、麻痺発症後長期に経過した例でも効果があるという大変興味ある内容の報告である。

知覚麻痺は不快な症状であり、口腔内では会話や摂食の際に、口腔外では外気に暴露し感覚以上を自覚するので医療訴訟になることもある。患者にとって治療のためにさらなる負担を被るのは回避したいところである。LLLT は生体に低侵襲であり、術式も簡便なためこのような事例の対処法として最適である。

### 6. 顎関節症

顎関節症の保存療法には、薬物療法や理学療法がある。理学療法には、開口訓練、TENS、マイオモニター、光線照射 (レーザー、直線偏光近赤外線) などが病態、症状に応じて適用されている。Hakguder らは、62 名の MPS (myofascial pain syndrome) 患者の trigger point へ波長 780 nm の GaAsAl 半導体レーザー照射 (連続波、照射出力 5 mW、 $5 \text{ J/cm}^2$ ) を行い LLLT の有効性を確認するため VAS、algometry と thermography による trigger point 周辺の温度変化について、LLLT + 開口訓練群、開口訓練単独群を設定し検討した<sup>11)</sup>。その結果、開口訓練単独よりも LLLT を併用すると症状改善に効果的に作用したと報告している。顎関節症への LLLT の応用はアレルギーにより薬物を使用できない患者にも有用である。

### 7. 口腔粘膜の潰瘍、口内炎

骨髄移植や末梢血幹細胞移植などの造血幹細胞移植の前処置として全身放射線照射や大量化学療法が行われる。しかし、抗悪性腫瘍剤の口腔粘膜に対する直接作用と白血球数の減少により、激しい痛みを伴う口内炎が起きるため、口内炎発生の予防や疼痛の軽減に含嗽を主とするさまざまな処置方法が講じられている。近年、このような口内炎の発生予防や疼痛軽減に LLLT を適用し、良好な結果が得られていると報告されている<sup>12-14)</sup>。

Schubert らは、骨髄幹細胞移植を受けた 70 人の患者に、口内炎発生の予防と症状の軽減目的で波長 650 nm、780 nm の GaAlAs 半導体レーザーを下唇、左右頬粘膜、舌側炎、舌背部、口底へ  $2 \text{ J/cm}^2$  の条件で連日照射したところ、650 nm 照射群で口内炎の程度とペインスコアの軽減がみられたと報告している<sup>12)</sup>。波長の相異特性まで含めた貴重な研究報告である。

また Arora らは、口腔癌の放射線治療による口内炎発生予防に、10 mW の He-Ne を照射し、口内炎の発症と疼痛軽減、口腔機能障害の予防に効果的に作用したと報告している<sup>15)</sup>。

その他、5-fluorouracil による化学療法を施行した患者への LLLT が効果的であったとする報告<sup>16)</sup> や基礎実験も行われている<sup>17)</sup>。

Maverらは、カンジダに関連する義歯性口内炎の治療に、波長685nm, 830nmの半導体レーザーを使用してLLLТにより改善を図り、義歯性口内炎に有効であったと報告している<sup>18, 19)</sup>。

### おわりに

LLLТは生体に非侵襲的な療法であり、患者に苦痛を自覚させない方法である。手技も簡便であるが、薬物療法など他の療法と併用することで、より高い臨床効果が得られるとの研究報告も多くみられる。高齢化社会に向けて、選択すべき療法の一つとして留め置きたい。

本稿では、LLLТの新しい試みについて、臨床的な事項を中心に解説した。

### 文 献

- 1) Cruz DR, Kohara EK, Ribeiro MS, et al: Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: A preliminary study. *Lasers Surg Med*, 35 : 117-120, 2004.
- 2) Kawasaki K, Shimizu N: Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med*, 26 : 282-291, 2000.
- 3) Kim SJ, Moon SU, Kang SG, et al: Effects of low-level laser therapy after corticision on tooth movement and paradental remodeling. *Lasers Surg Med*, 41 : 524-533, 2009.
- 4) Pretel H, Lizarelli RF, Ramalho RTO: Effect of low-level laser therapy on bone repair: histological study in rats. *Lasers Surg Med*, 39 : 788-796, 2007.
- 5) Kim YD, Kim SS, Hwang DS, et al: Effect of low-level laser treatment after installation of dental titanium implant-immunohistochemical study of RANKL, RANK, OPG: An experimental study in rats. *Lasers Surg Med*, 39 : 441-450, 2007.
- 6) Medrado ARAP, Pugliese LS, Reis SRA, et al: Influence of low level laser therapy on wound healing and its biological action upon myofibroblasts. *Lasers Surg Med*, 32 : 239-244, 2003.
- 7) Kreisler M, Christoffers, Al-Haj H, et al: Low level 809-nm diode laser-induced in vitro stimulation of the proliferation of human gingival fibroblasts. *Lasers Surg Med*, 30 : 365-369, 2002.
- 8) Zeredo JL, Sasaki KM, Fujiyama R, et al: Effects of low power Er:YAG laser on the tooth pulp-evoked jaw-opening reflex. *Lasers Surg Med*, 33 : 169-172, 2003.
- 9) Aleksa BM, Ljubomir T: Postoperative analgesia after lower third molar surgery: contribution of the use of long-acting local anesthetics, low-power laser, and diclofenac. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102 : 4-8, 2006.
- 10) Ozen T, Orhan K, Gorur I, et al: Efficacy of low level laser therapy on neurosensory recovery after injury to the inferior alveolar nerve. *Head & Face Medicine* 2006, 2:3 <http://www.head-face-med.com/content/2/1/3> (Accessed 2009.07.31)
- 11) Hagguder A, Birtane M, Gurcan S, et al: Efficacy of low level laser therapy in myofascial pain syndrome: An algometric and thermographic evaluation. *Lasers Surg Med*, 33 : 339-343, 2003.
- 12) Schubert MM, Eduardo FP, Guthrie KA, et al: A phase III randomized double-blind placebo-controlled clinical trial to determine the efficacy of low level laser therapy for the prevention of oral mucositis in patients undergoing hematopoietic cell transplantation. *Support Care Cancer*, 15 : 1145-1154, 2007.
- 13) Cruz LB, Ribeiro AS, Rech A, et al: Influence of low-energy laser in the prevention of oral mucositis in children with cancer receiving chemotherapy. *Pediatr Blood Cancer*, 48 : 435-440, 2007.
- 14) Jaguar GC, Prado JD, Nishimoto IN, et al: Low-energy laser therapy for prevention of oral mucositis in hematopoietic stem cell transplantation. *Oral Dis*, 13 : 538-543, 2007.
- 15) Arora H, Pai KM, Maiya A, et al: Efficacy of He-Ne Laser in the prevention and treatment of radiotherapy-induced oral mucositis in oral cancer patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 105 : 180-186, 2008.
- 16) Wong SF, Wilder-Smith P: Pilot study of laser effects on oral mucositis in patients receiving chemotherapy. *Cancer J*, 8 : 247-254, 2002.
- 17) Sacono NT, Costa CAS, Bagnato VS, et al: Light-emitting diode therapy in chemotherapy-induced mucositis. *Lasers Surg Med*, 40 : 625-633, 2008.
- 18) Maver-Biscanin M, Mravak-Stipetic M, Jerolimov V, et al: Fungicidal effect of diode laser irradiation in patients with denture stomatitis. *Lasers Surg Med*, 35 : 259-262, 2004.
- 19) Maver-Biscanin M, Mravak-Stipetic M, Jerolimov V: Effect of low-level laser therapy on *Candida albicans* growth in patients with denture stomatitis. *Photomed Laser Surg*, 23 : 328-332, 2005.