He-Ne レーザーの創傷治癒促進効果 —基礎的・臨床的検討—

大西 清, 中島龍夫, 吉村陽子, 小林雅明, 柴田恭志, 米田 敬*

藤田学園保健衛生大学形成外科, トヨタ記念病院形成外科*

Effect of low power He-Ne laser on wound healing
- Experimental and clinical studies -

Kiyoshi ONISHI, M.D., Tatsuo NAKAJIMA, M.D., Yohko YOSHIMURA, M.D., Masaaki KOBAYASHI, M.D., Kyoushi SHIBATA, M.D. and Kei YONEDA, M.D.*

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Fujita-Gakuen Health University Hospital
Plastic and Reconstructive Surgery, Toyota Memorial Hospital*

Abstract

Low power laser irradiation has been shown to be effective in promoting wound healing. We studied low power He-Ne laser stimulation on wound healing experimentally and clinically. Round skin defect of 10 mm in diameter were created on the both sides of ear of rabbits. They were divided in three groups and two of groups were treated using low power He-Ne laser irradiation at 1.3 J/cm². One group was point irradiation and the other was scanning irradiation. In the irradiated groups, skin defects were healed rapidly and neovascularization was created around the defects. Histological examination showed that process of wound healing was progressive obviously with minimal inflammatory changes. In clinical cases, laser irradiation was useful for the promotion of healing and some showed general effect of irradiation.

はじめに

近年低出力レーザーは、疼痛除去、消炎効果など各種病態の改善にその効用が注目をあびている。形成外科領域においても、創傷治癒促進、皮弁生着域の拡大、血腫の吸収などに応用され、徐々にその有用性が認められつつある^{2,4)}。われわれも以前より低出力レーザーの有用性に注目し、半導体レーザー照射による皮弁生着域向上についての実験を行ない、皮弁は有意に血流量を増加し、

その生着域の向上を認めたと報告し、その作用機序は、透明標本による照射部周囲毛細血管の増生、血管網の形成などの所見より、レーザー照射による軽微な炎症反応によるものであろうと推論した¹⁾。また、第3回日本レーザー医学会東海地方会において、He-Neレーザーの創傷治癒促進効果について、家兎を用いた実験を行ない、レーザー照射は有意な差をもって治癒を促進すると報告した。今回は、He-Neレーザーの創傷治癒促進効果について、前述の実験を追試、続行し、レーザー照射による全身的な影響、組織学的変化などについて検討を加え、併せて今日まで行なった代表的な臨床応用例を供覧し報告する。

1. 動物実験

(1) 方法

使用したレーザー装置は泉工医科工業社製メラコールドレーザーPDT, 出力8.5mW, 波長632.8nmで、本装置にscanning照射を可能とするための自動走査装置スキャンニングシステムOPT-100型ビーム径0.8mmを装置した。

実験動物は日本白色家兎3.0kg 20匹を用い、両耳介に直径1cmの軟骨膜上の開放創各1個を作成し、コントロール群4匹8創、創中央部1点を照射するpoint照射群8匹、創全体を照射するscan照射群8匹の3群に分け

表 1 実験方法

照射機器: He-Neレーザー
メラコールドレーザーPDT型
出力8.5mW 波長632.8nm
スキャンニングシステムOPT100型

使用動物: 日本白色家兎 3.0kg 20匹

照射部位: 耳介
直径1cmの円形 軟骨膜上の開放創

照射方法: Control群
照射を行わない
Point照射群
片側開放創中央部1点を照射する
Scan照射群
直径1cmの円形で片側開放創全体を
scanning照射する(40回/分)

照射条件: 片側開放創のみ 2分間
開放創作製直後より隔日照射
生じた痂皮は除去せず自然脱落を待つ
照射は痂皮上より行う

照射を行なった。照射は開放創作成直後より隔日照射とし、全身的な影響を観察するため、片側耳介開放創にのみ2分間の照射とした。照射量は point 照射群, scan 照射群とも 1.3 J/cm^2 である。効果の判定は、上皮化完了までの日数によりもとめ、さらに各群全作成創について透明、組織標本を作成し検討を加えた(表1)。

(2) 結果

上皮化完了までの日数を表2に示す。検定上、レーザー照射群は、point, scanning 照射ともコントロール群と比べ、有意の差をもって上皮化日数の短縮がみられた。またこの傾向は、point 群非照射側ともみられ、scan 群非照射側とはみられなかったが、 $P=0.06$ とその傾向を示した。しかし、これらレーザー照射群非照射側全体の検定では、コントロール群と比べ有意な差を得た。point 照射群, scan 照射群間には有意な差は認められなかった。

創の治癒状態は、コントロール群では膨隆が目立ち、収縮傾向を強く認めたのに対し、レーザー照射群では、point, scan 照射群とも収縮傾向もなく、全体に平坦な均一の肉芽形成による上皮化が得られた(図1)。また、レーザー照射群では、第8～9病日頃より急速な上皮化傾向をみた。

上皮化完了後の創部の血管形態を、透明標本として観察すると、全創に周囲からの新生血管の流入をみたが、レーザー照射側では、ほぼ全周に血管の流入が認められた(図2)。

アザン染色による上皮化完了後の組織学的検索では、

表2 結果

		上皮化完了までの日数 (mean $\pm$ S. D.)	有意差
CONTROL 群		17.0 $\pm$ 1.5 日	
POINT 群	照射側	14.3 $\pm$ 1.6 日	あり ($P < 0.01$)
	非照射側 (a)	14.0 $\pm$ 1.5 日	あり ($P < 0.01$)
SCAN 群	照射側	14.0 $\pm$ 1.9 日	あり ($P < 0.05$)
	非照射側 (b)	15.3 $\pm$ 1.9 日	なし
レーザー照射群		14.7 $\pm$ 1.8 日	あり ($P < 0.01$)

コントロール群は、創の収縮傾向が強く、肉芽も厚く間質の浮腫が残存し、炎症細胞浸潤、毛細血管の新生に豊み、幼若な collagen fiber の増殖、不規則な配列を認めたのに対し、レーザー照射群では、既に炎症細胞浸潤、毛細血管の増生も落ちつき、再生上皮は厚く、collagen fiber も比較的規則正しく整然と配列していた。また非照射側においても、再生上皮の肥厚、軟骨芽細胞の出現など創傷治癒過程の進んでいる所見が得られた(図3, 4)。

II. 臨床応用

1988年8月より表3のごとき39例の各種疾患、病態の改善に低出力レーザーを用いた。使用した機器は、動物実験に用いた He-Ne レーザー(メラコールドレーザー

図1 局所所見(13日目)

上: コントロール群
中: レーザー Point 照射群照射側
下: レーザー Point 照射群非照射側

図2 透明標本(18日目)

上: コントロール群
中: レーザー Point 照射群照射側
下: レーザー Point 照射群非照射側

図3 組織標本(18日目)

上: コントロール群
中: レーザー Scan 照射群照射側
下: レーザー Scan 照射群非照射側

図4 組織標本(18日目)

上: コントロール群

下: レーザー Point 照射群照射側

PDT, 出力 8.5 mW, 波長 632.8 nm) と, 半導体レーザー (ルネクトロン Model MLD-2001 型, 出力 60 mW, 波長 830 nm) である。通常の照射法のほか, He-Ne レーザーにおいては, 広範囲の創部に対しても均一な照射が得られるよう scanning 照射を, 半導体レーザーにおいては, 上皮化の完了していない湿潤した創部にも直接照射できるよう工夫した非接触照射も行なってきた。結果は, 39 例中約 70 % にあたる 27 例に有効な治療効果が得られた。代表例を供覧する。

症例 1 (図 5)

切断肢断端部の装具装用によるビラン。

ビラン周囲に He-Ne レーザー point 照射 4 ケ所各 5 分間, 連日照射を行ない, 第 6 病日にはビランの改善を認めた。

症例 2 (図 6)

強皮症による左第 2 指 PIP 関節難治性潰瘍。

潰瘍部に対し He-Ne レーザー point 照射 1 ケ所 10 分間, 隔日照射を行なった。良好な上皮化が得られ潰瘍は治癒した。

症例 3 (図 7)

表 3 低出力レーザー照射症例

	He-Ne レーザー	半導体レーザー
皮膚潰瘍, ひらん	7 例	5 例
皮膚生着不良	3	2
植皮片生着不良	4	2
熱	2	
皮膚剥離術後	8	
アトピー性皮膚炎	1	1
白斑症	2	1
上肢神経麻痺		1
計	27 例	12 例

熱傷後頸部瘢痕拘縮にて植皮術施行後の植皮片下血腫。植皮片の色調は悪く, 血腫を認め, 生着も良好ではなかったため, He-Ne レーザー point 照射 8 ケ所各 3 分間, 連日照射を行なった。その結果, 第 10 病日には血腫の吸収を認め, 生着域も当初の予想をはるかに増し, 色調も改善した。

Ⅲ. 考 察

低出力レーザーの創傷治癒促進効果は, 1971 年 Mester ら³⁾ の報告以来, 諸家らにより報告されている。しかし出力, 照射法などその照射条件はさまざまで, 作用機序の検索, 至適照射法の設定には多くの疑問点, 問題点を残している⁵⁾。

今回の検索においても, レーザー照射群には, コントロール群に比べ有意な差をもって創傷治癒促進効果が認められた。そしてその効果は, レーザー照射側のみならず対側耳介の非照射創にも顕著にみられた。肉眼的には, レーザー照射群では, 創の収縮傾向が少なく, 瘢痕もきれいで, 創周囲に均一な血管の新生を認め, 組織学的には, 再生上皮が厚く, collagen fiber が整然と配列し, 浮腫, 炎症細胞浸潤の消退という創傷治癒過程の進んだ所見が得られた。そして, これらはレーザー非照射側の創部にも認め, レーザー照射の全身的影響を強く示唆するものであった。また臨床例においても, 約 70% の症例に有効な治療効果を得, アトピー性皮膚炎, 熱傷など 4 例に症状の改善, 肥厚性瘢痕の予防など全身的效果が認められた。すなわち低出力レーザー照射は, 過剰な炎症反応を抑えた創傷治癒促進効果を有し, その作用は全身的な組織賦活化作用を有するものであらうと思われた。

創傷治癒に好影響をもたらす低出力レーザーの作用機序は, 創傷治癒自体の機序についても未だ充分には解明

図5 上：照射前
下：照射後 6 日目

図6 上：照射前
下：照射後 14 日目

図7 上：照射前
下：照射後 10 日目

されていないが、創修復の主役を演じる macrophage, 線維芽細胞, 肥満細胞などの collagen 生合成の促進に影響を与えるのであろう。

また、至適照射法検討の一法として scanning 照射を行なったが、結果は point, scanning 照射ともほぼ同様の治癒効果を得、両者間には有意差は認められなかった。作成創が直径 1 cm の円形創で、He-Ne レーザーの組織浸透力が 3 cm に達するとされることより、小範囲の創部では、ほぼ同様の効果が得られるものと思われる。しかし臨床例において、広い照射野を設定した scanning 照射には効果が確認できなかったものもあり、その効果発現には、一定面積に、ある程度以上のレーザー照射量を、一定時間の間に与えることも大切な要因ではないかと思われた。今後レーザーの作用機序に対する生化学的検索、scanning 照射の有用性など至適照射条件の設定に、さらに検討を加えていきたい。

文 献

- 1) Kami T et al.: Effects of low-power lasers on flap survival, *Ann Plast Surg*, 14 : 278 - 283, 1985
- 2) Maruyama Y et al.: Clinical salvage of an ischemic flap with diode laser irradiation, *Acta Chir Plast*, 28 : 232 - 237, 1986
- 3) Mester E et al.: Effect of laser rays on wound healing, *Am J Surg*, 122 : 532 - 535, 1971
- 4) Ohshiro T, Calderhead RG: Low level laser therapy ; A practical introduction, John Wiley

& Sons, 1988

- 5) 田口喜雄ほか：レーザーによる創傷治癒促進効果, *日レ医誌*, 9 : 25 - 32, 1988