原著

慢性疼痛疾患に対する低出力レーザー治療の応用

Low Power Laser Therapy for Chronic Pain

佐藤 賢一, 剣物 修, 原田 幸二, 古御堂 均,
華岡由香里, 大塚 浩司, 森本 裕二, 紘野 繁雄
北海道大学医学部麻酔学講座

Kenichi SATO, Osamu KEMMOTSU, Koji HARADA, Hitoshi FURUMIDO,
Yukari HANAOKA, Hiroshi OTUKA, Yuji MORIMOTO and Shigeo KASENO.
Department of Anesthesiology, Hokkaido University School of Medicine

要 旨

麻酔科ペインクリニック外来において、過去4年間に各種の慢性疼痛疾患152症例に対して低出力レーザー治療を応用し、即時効果および長期効果の有効性について検討した。全症例に対する平均治療回数は28.1回であった。即時効果は著効36例(23.7%),有効65例(42.8%),不変50例(32.9%),増悪1例(0.6%)で、著効、有効を合わせた有効率は66.4%であった。長期効果では疼痛消失21例(13.8%),軽快92例(60.5%),不変39例(25.7%),増悪例は認めず、消失、軽快を合わせた有効率は74.3%であった。とくに難治性とされている帯状疱疹後神経痛に対する即時効果、長期効果はともに約90%の高い有効性を認めた。合併症に関しては、全身倦怠感、照射部位の熱感、一過性疼痛増悪を認めたが重篤な副作用はなかった。低出力レーザー治療はその簡便性と無侵襲的治療法であるため、今後、広く普及することが期待される。
キーワード: 低出力レーザー, ペインクリニック, 慢性疼痛, 鎮痛効果

Abstract

We have been using low power laser therapy(LT)in 152 patients with chronic pain of different origins at our pain clinic in the past four years. The effect of LT was evaluated in two fashions: the immediate effect and the long term effect. The averaged effective ratio was 66.4% for the immediate effect. In the immediate effect, Very good were 36 cases (23.7%), good 65 cases (42.8%), no change 50 cases (32.9%)and worse a case (0.6%). The averaged effective ratio was 74.3% for the long term effect. In the long term effect, no pain were 21 cases (13.8%),light pain 92 cases (60.5%),no change 39 cases (25.7%) and worse was not observed. LT was particular effective in patients

of postherpetic neuralgia (PHN). The total effective ratio were high about 90% for PHN. Complications attributable to LT included general fatigue, hot sensation of the irradiation areas and and temporally increased pain. However, no serious side-effects were obtained in this series of patients. In future, LT might become popular due to its simplicity and noninvasiveness.

Key Ward: low power laser therapy, pain clinic, chronic pain, analgesic effect

はじめに

近年、レーザーの臨床医学での応用はめざましく、特に最近では低出力レーザーの優れた鎮痛作用が注目されている。私共は種々の慢性疼痛疾患に対して低出力レーザー治療を応用し、有効な症例を経験してきている。今回、最近4年間に低出力レーザーで治療した152症例における有効性について検討したので報告する。

I 対象と方法

(1) 対象

対象は当科でレーザー治療を受け、効果の判定できた152症例であり、年齢は11歳から91歳まで平均 54 ± 12 (Mean $\pm$ SD), 性別は男性72例, 女性80例であった。

(2) 低出力レーザーおよび照射方法

低出力レーザー治療器はGa-Al-As半導体レーザー(松下電産MLD-2001)で波長830nm, 最大出力60mW, 連続モード, 直径2mmのスポットビームとして使用した。

照射方法は皮膚の痛みの該当部位及び圧痛点を中心に神経走行上に約1~2cm間隔で一部位に10秒間行い, 1回の照射時間は10~20分とした。外来患者は週2~3回, 入院患者はほとんど毎日治療した。レーザー治療回数は5~10回を1クールとし, その前後で治療効果を判定し, 終了ないし継続を判断した。

(3) 痛みの評価と効果判定

効果判定はペインスコア(10点法)を用いて痛みをスコアで表し, 即時効果および長期効果について検討した。

即時効果はレーザー治療の初回に, 治療の前の疼痛を10とし, 照射直後いくつであるか記し, 以下の4つに分類した。著効: 10→3~0, 有効: 10→7~4, 不変: 10→10~8, 増悪。有効率は(著効+有効例)/全症例数×100(%)で求めた。

長期効果はレーザー治療の終了時に治療前と比較して, 以下の4つに分類し判定した。

消失: 10→0, 軽快: 10→4~1, 不変: 10→10~8, 増悪。有効率は(消失+軽快例)/全症例数×100(%)で求めた。

(4) 帯状疱疹後神経痛(PHN) 7症例において

レーザー治療の皮膚温および皮膚血流に対する作用をコアテンブCTM-205(テルモ)とレーザードプラ血流計LASERFLO BPM403(米国T.S.I.社製; 近赤外線780nm低出力半導体レーザーを使用)を用いて検討した。計測は当科外来にて行い, 室温は22~23℃とほぼ一定に保持された。胸部に疼痛部位を有するPHN症例(男女比4:3, 平均年齢 62 ± 15 (54~78)歳, 体重42~70kgに15分間, 仰臥位にて安静後, 低出力レーザー治療を出力60mW, 10分間, 連続モードで行い, 治療の前後で皮膚温と皮膚血流を測定した。統計処理は皮膚温と皮膚血流の治療前後の比較にはWilcoxon U検定を用い, $P < 0.05$ を統計学的有意差ありとした。

II 結果

(1) 疾患別平均治療回数(表1)

1症例につき平均治療回数は28.1回であった。PHN, 頸椎症の治療回数がやや多かった。

(2) 即時効果(表2)

全症例152例の即時効果は著効36例(23.7%), 有効65例(42.8%)で, 不変50例(32.9%), 増悪1例(0.6%)で, 有効率は66.4%であった。治療中に一過性に痛みが強くなった1例を認めたが治療後は速やかに軽快している。

PHN, 腰痛症, 肩関節周囲炎, 筋緊張性頭痛, 下肢痛, 陣旧性術後疼痛などで有効率が60%以上であり, 特にPHNでは89%の高い有効率を認めた。これらの症例では大多数, レーザー治療中ないし治療直後から疼痛の緩和を訴える場合が多いが, 照射後時間を経てから効果が出現する場合も認められた。またその他の疾患には後縦靱帯骨化症, 慢性関節リウマチ, 閉塞性動脈硬化症,

肘関節炎，変形性膝関節症，骨粗鬆症，陰部痛，癌性疼痛，肋間神経痛，骨折治癒後疼痛を含む。このうち閉塞性動脈硬化症が著効，骨粗鬆症，癌性疼痛，肋間神経痛，骨折治癒後疼痛に有効例を認めた。

(3) 長期効果 (表 3)

全症例で152例の長期効果は消失21例 (13.8%) で，軽快92例 (60.5%) で，不変39例 (25.7%) で，増悪例は認めず，有効率は74.3%であった。PHN,腰痛症，頸肩腕症候群，肩関節周囲炎，筋緊張性頭痛，下肢痛，陣旧性術後疼痛で60%以上の有効率を認めた。その他として閉塞性動脈硬化症，骨折治癒後疼痛に疼痛消失例を認めた。また，カウザルギー，その他として慢性関節リウマチ，肘関節炎，後縦靱帯骨化症，陰部痛などに対しては無効であった。これらのうち，慢性関節リウマチは1症例であり，治療回数も4回と少なく，患者の自己評価に基づくものであり，小幡ら¹⁰⁾のように圧痛域値に基づく検討は行っていないので有効率の評価には注意が必要と思われる。一般に，即時効果が良好であるものほど

長期効果も良好である傾向が認められた。特に，難治性とされるPHN61例中12例に疼痛消失例を認めたのは特筆すべき効果であった。PHN症例では疼痛のため不眠を訴える場合が多いが，照射を繰り返すと眠れるようになったり，鎮痛薬の使用量が軽減できた例も多く認められた。

表 1 疾患別平均治療回数

疾 患 名	平 均 治 療 回 数
带状疱疹後神経痛	36
腰痛症	18
カウザルギー	15
頸肩腕症候群	40
肩関節周囲炎	4
筋収縮性頭痛	4
三叉神経痛	28
下肢痛	23
陣旧性術後疼痛	3
その他	43

表 2 疾患別即時効果

疾 患 名	著効	有効	不変	増悪	症例数	有効率 (%)
带状疱疹後神経痛	27	30	6	1	64	89
腰痛症	2	6	5		13	62
カウザルギー		1	4		5	20
頸肩腕症候群		4	8		12	33
肩関節周囲炎	5	5	5		15	66
筋収縮性頭痛		6	4		10	60
三叉神経痛	1	1	2		4	50
下肢痛		5	3		8	62
陣旧性術後疼痛		2	1		3	66
その他	1	5	12		18	33
	36	65	50	1	152	66.4

表 3 疾患別長期効果

疾 患 名	著効	軽快	不変	増悪	症例数	有効率 (%)
带状疱疹後神経痛	12	47	5	0	64	92
腰痛症	1	8	4		13	69
カウザルギー			5		5	0
頸肩腕症候群	2	6	4		12	67
肩関節周囲炎	4	7	4		15	73
筋収縮性頭痛		6	4		10	60
三叉神経痛		2	2		4	50
下肢痛		7	1		8	87
陣旧性術後疼痛		2	1		3	66
その他	2	7	9		18	50
	21	92	39	0	152	74.3

図1 レーザー治療前後の皮膚温の変化

PHN症例 (n=7) を対象に、患部の皮膚温をレーザー治療前後で測定した。表面温(○)と深部温(●)は平均値±標準誤差で表した。統計は Wilcoxon U 検定を用い、*($p < 0.05$)はレーザー治療前(control)との有意差を示す。レーザー治療後では表面温、深部温ともに有意な温度上昇を認めた。

図2 レーザー治療前後の皮膚血流の変化

PHN症例 (n=6) を対象に、患部の皮膚血流をレーザー治療の前後で測定した。皮膚血流の単位は ml/100ml 組織 / 分で、値は平均値±標準誤差で表した。統計は Wilcoxon U 検定を用い、*($p < 0.05$)はレーザー治療前(control)との有意差を示す。レーザー治療後では57%の有意な増加を認めた。

(4) 合併症

重篤なものは認められず、照射中の一過性疼痛増悪3例、照射直後の全身倦怠感1例、照射部位の熱感を訴えた例が数例認められたのみで、非常に安全に治療を施行できた。

(5) PHN症例 (n=7) でのレーザー治療前後の皮膚温の変化は平均温で表面温は33.2°Cから34.0°C、深部温33.9°Cから34.7°Cに上昇し、ともに有意な差を認めた(図1)。

PHN症例 (n=6, 男性の1症例除く) でのレーザー治療前後の皮膚血流の変化をみると、治療後には治療前に比較して、平均値で57%の有意な増加を認めた(図2)。

Ⅲ 考 察

医療分野においてレーザーの応用は、高出力で波長が長い熱作用を利用して切開、凝固作用に利用するもの(炭酸ガス、アルゴン、YAGレーザーなど)と、100mW以下の低出力で、光活性効果を消炎、鎮痛作用に利用したいわゆる低出力レーザー(半導体、He-Neレーザーなど)に大別される。低出力レーザーの臨床応用はMesterら²⁾がHe-Neレーザーを用いて難治性潰瘍治癒促進効

果を報告したことが最初である。ついでPlogら²⁾は、He-Neレーザーを用いたレーザー針の治療の効果を報告している。本邦でも大西ら³⁾がHe-NeレーザーおよびNd-YAGレーザーを用いて頭痛治療を報告し、岡田ら⁴⁾は、Ga-Al-As半導体レーザーを腰痛などに使用し、有効例を報告している。

今回のレーザー照射の治療点は針治療における経穴法とは関係なく行ったが、経穴を選んで照射した報告も多い⁵⁻⁹⁾。低出力レーザーの一部位に対する出力と照射時間の未だ確立しているとはいいがたいが、He-Neレーザーは出力10mW以下で30-120秒の照射¹⁰⁾あるいは数分から10分以上の照射^{8, 9)}が必要とされる。今回の報告で使用したGa-Al-Asレーザーでは出力60-70mWを用いれば10-20秒間の照射^{6, 7, 11)}で短くて良い。いずれのレーザーによっても良好な効果が報告されている。北出ら⁵⁾は出力10mWと70mWの半導体レーザーの効果を比較して、当日の効果では70mWレーザーのほうが有意に鎮痛効果が高いとしている。今回使用したGa-Al-Asレーザー治療器は、波長830nm出力60mWであったが、この波長とパワー密度ではほぼ最大の組織透過性をもち、標的分子に対して何ら温熱効果はないとされている¹²⁾。

また今回、照射時間は一回10～20分間としたが、山本ら¹³⁾はラットの実験で、10分毎のパルス照射で痛覚域値が上昇し、60～90分間照射後に、ほぼ最大の痛覚域値の上昇を示すと報告している。

半導体レーザーの有効性に関しては、即時効果では、篠原ら⁷⁾は整形外科および末期癌の痛みに対して即時効果88.7%，小幡ら¹⁰⁾は慢性関節リウマチ(RA)患者の炎症関節部位での即時効果は75%，北出ら⁵⁾は70mWレーザーを各種疼痛に使用して即時効果は73%と報告し、いずれも今回の即時効果66.4%よりやや高い良好な結果を報告している。また長期効果では、岡田ら⁴⁾は腰痛，神経痛，関節痛症例で56%，小幡ら¹⁰⁾はRA症例で69.4%，白戸ら⁶⁾は各種疼痛例で85.9%，岡島¹⁴⁾らは整形外科疾患で60%，伊藤田ら⁹⁾は各種疼痛例で80%と報告し、今回の長期効果74.3%と近い有効率を示している。これらの報告はレーザー装置およびレーザー光の出力，波長，照射時間，照射間隔，照射方法，照射部位，対象疾患，治療の評価法など必ずしも一致していないため一様に比較はできない。しかしながら，いずれも高い有効性が認められており，二重盲検法による報告^{15, 16)}もあるためレーザー治療の疼痛疾患に対する高い有効性は疑いないものと考えられる。持続効果では，篠原ら⁷⁾は一回照射で症状の軽快，消失が27.4%で，3日以上効果の持続したものが61.6%であったと報告している。また西田ら¹¹⁾やWalker¹⁷⁾は繰り返し照射について言及しており，飯島ら⁸⁾もPHN症例の有効例においては照射回数を重ねる毎に痛みを軽減することを報告している。今回のPHNや症例においても一回の治療効果は明らかに認められるが，持続効果が乏しい例に繰り返し照射することで疼痛が消失した例も多数認められるので，レーザー治療は根気よく繰り返すことが治療効果を上げるために重要であると考えられる。

また今回，即時効果，長期効果ともに90%前後の高い有効率を示したPHN症例に関しては，これまでもレーザー治療の有効性は報告されている^{8, 11, 17, 18)}。西田ら¹¹⁾はGa-Al-Asレーザーを使用し，30回以上の照射で14例中7例(50%)に初診時の半分以下に疼痛が緩和したことを認めている。西田らの報告と今回の成績での有効率の相違は，前者は疼痛部位への照射のみであったが，今回は当該の神経走行上に広範囲に照射したことによるものと考えられる。これはレーザー光の生体刺激あるいは生体活性効果が当該神経に広く作用し，ヘルペスウイルスにより損傷された神経組織が回復したことによるものと推測される。Walker¹⁷⁾はPHN症例に対してHe-Neレーザーで30回照射し，5名中3名に有効で

あったと報告している。飯島ら⁸⁾もPHN症例に対してHe-Neレーザーを用いて20照射後に88.9%の有効率を得たとし，今回の長期効果とほぼ同様の良好な成績を報告している。PHNのような神経組織の損傷に伴う慢性疼痛は罹病期間が長期化し，心因性要素も加わり，神経ブロック療法や薬物療法などの従来の治療が無効である場合が多い。今回，このような難治性疼痛疾患に対しても，レーザー治療の高い有効性が認められたことは，本治療法が難治性疼痛の有力な治療手段となる可能性を示唆するものと期待される。

合併症に関してはPlogら²⁾の報告と同様に今回，重篤なものは認められていない。PHNの1症例で治療中に一時的な疼痛の増加を認めたが治療回数を重ねることでペインスコアの改善が認められた。ほとんどの症例でレーザー治療中は痛みが増悪することはなく，感染などの危険もなく，安全に行えた。また，これまでの針治療や神経ブロック療法と異なり，手技が簡便で正確な照射ができ，しかも疼痛をとまなわない治療法であるために，患者への負担は軽減されている。レーザー治療のもつこれらの特徴は本治療がペインクリニックの領域における応用を今後，さらに進展させるものと思われる。

半導体レーザーの疼痛緩解作用の機序に関してはいまだに不明の点が多いが，これまでに照射部位の血流改善はサーモグラフィ，血流量，皮膚温などの検討から確認されている³⁾。

西田ら¹¹⁾はPHN症例でレーザードプラを用い，局所の皮膚血流が30%以上増加したことを報告しているが，今回の成績でも50%以上の皮膚血流の増加を認めている。レーザー治療による血流の増加は交感神経ブロックにみられるように自律神経を介する血管拡張を促して，末梢循環を改善し，発痛物質を速やかに移動させることで，疼痛緩和に寄与していると推測される¹⁹⁾。また，最近，レーザー照射がラットの末梢神経におけるブラジキニンの産生の抑制作用が報告され²⁰⁾，ラットの大伏在神経へのレーザー照射は，Na-K-ATPaseを増加するとの報告がある²¹⁾。これらもレーザー治療の疼痛緩解の機序に関与していると考えられる。WalkerらはHe-Neレーザー照射はヒトの末梢神経において体性感覚誘発電位を発生させ²²⁾，脊髓反射を抑制するとし²³⁾，さらにはラットの海馬スライス標本において神経活動を抑制する²⁴⁾と報告している。これらは末梢神経のみならず中枢神経もレーザー光に対して感受性があることを示している。今後，細胞レベルでの神経活動に対するレーザー光の作用機序が明らかにされることにより，レーザー治療による疼痛緩解の機序が解明されるものと期待される。また，

レーザー照射は針治療と同様に生体刺激法の一つと想定され、ナロキソンで拮抗されるなど内因性モルフィン様物質の関与が示唆され^{1,3)}、痛みの上行性伝達に関する細胞膜安定化作用^{2,5)}なども考えられている。それらの急性鎮痛作用以外に、レーザーの光化学的酵素活性化作用、組織修復効果^{2,6)}などが、神経ブロック療法などが無効であったPHNをはじめとする慢性疼痛に対して、繰り返して施行したレーザー照射により得られた長期効果を一部説明するものと推測される。

まとめ

各種の慢性疼痛疾患に対して低出力レーザーの治療効果を検討した。その結果、即時効果、長期効果はともに高い有効性が認められた。またレーザー治療は患者に苦痛を与えず、合併症としては重篤なものはなく、熱感、全身倦怠感を少数認めるのみで、安全性が高い治療法と考えられた。今後、神経ブロックや薬物療法などの従来の方法のみでは、抵抗を示した症例に対する有力な治療手段となることが期待される。

本論文の要旨は第23回日本ペインクリニック学会総会(盛岡, 1988), 6th Asean Congress of Anaesthesiologists(Manila, 1989)および the Second World Congress international Society for Low Power Laser Applications in Medicine(TOKYO, 1990)にて発表した。

参考文献

- 1) Mester E, Spiry T, Szende B, et al.: Effect of laser rays on wound healing. *Am J Surg* 122 : 532-535, 1971
- 2) Plog FMW: Biophysical application of the laser beam. ed by Koebner HK, *Lasers in Medicine*, Chap 3, Chichester-New York-Brisbane Toronto, John Wiley & Sons. 21-37, 1980
- 3) 大西俊輝, 神川喜代男, 鈴木正根, 他: Laser acupuncture. *医学のあゆみ* 115 : 143-146, 1980
- 4) 岡田武史, 大城俊夫, 加藤好雄: Gallium-aluminium arsenide 半導体レーザーのペインクリニックへの応用. *麻酔* 32 : 246-252, 1983
- 5) 北出利勝, 兵頭正義: 低出力レーザーによる鎮痛効果についての基礎的臨床検討. *ペインクリニック* 8 : 35-42, 1987
- 6) 白戸千野, 小野慶一, 大城俊夫: 半導体レーザーによる除痛効果2700症例の治験. *ペインクリニック* 8 : 29-34, 1987
- 7) 篠原秀樹, 加藤治文, 小中千守, 他: Ga-Al-As 半導体レーザーによるレーザー刺激療法ペインクリニック 8 : 12-17, 1987
- 8) 飯島一彦, 下山直人, 下山恵美, 他: 帯状疱疹後神経痛に対する低出力He-Neレーザー繰り返し照射の効果. *ペインクリニック* 9 : 767-771, 1988
- 9) 伊藤田雄三, 万屋勇治, 宇野太啓, 他: 低出力レーザーのペインクリニックへの使用経験. *ペインクリニック* 10 : 485-489, 1989
- 10) 小幡純一, 柳瀬昌弘, 本村明江, 他: 慢性関節リウマチにおける低出力レーザーの鎮痛効果. *ペインクリニック* 8 : 18-22, 1987
- 11) 西田宣子, 瀧川千鶴子, 合他由紀子, 他: 帯状疱疹後神経痛に対するレーザー治療の応用. *ペインクリニック* 8 : 6-11, 1987
- 12) Ohshiro T, Calderhead RG: LOW LEVEL LASER THERAPY, Chap 3, John Wiley & Sons pp. 33 1988
- 13) 山本博之, 尾崎昌宣, 井口賀之, 他: 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
- 14) 岡島行一, 茂手木三男, 原田 孝, 他: 整形外科領域における低出力レーザーの治療経験. *ペインクリニック* 8 : 23-28, 1987
- 15) 廖 英一, 柳瀬昌弘, 小幡純一, 他: 二重盲検試験による低エネルギーレーザー光線療法. *ペインクリニック* 7 : 185, 1986
- 16) Moore KM, Hira N, Kumar PS, et al: A double blind crossover trial of low level laser therapy in the treatment of postherpetic neuralgia. *Laser Therapy* 1 : 7-9, 1988
- 17) Walker J: Relief from chronic pain by low power laser irradiation. *Neuroscience Letters* 43 : 339-344, 1983
- 18) 飴物 修: 帯状疱疹後神経痛に対する低出力レーザーの応用. *老化と疾患* 4 : 100-103, 1991
- 19) Kamikawa, K. Development of laser acupuncture systems and their clinical applications. *New Frontiers in Laser Medicine and Surgery* (ed Arsumi, K.) pp. 489-498, Excerpta Medica, Amsterdam 1983
- 20) Maeda, T. Morphological demonstration of low reactive laser therapeutic pain attenuation effect of the gallium aluminium arsenide deoed laser. *Laser Therapy* 1, 23-26 1989

- 21) Kudoh, C., Inomata, K., Motegi, M. and Ohshiro, T. Low level laser therapy pain attenuation mechanism: histochemical and biochemical effects of 830nm gallium aluminium arsenide diode laser radiation on rat saphenous nerve Na-K-ATPase activity. *Laser Therapy* 1(1):3-6 1989
- 22) Walker, J.B. and Akhanjee, L.K. Laser-induced somatosensory evoked potentials: evidence of photosensitivity in peripheral nerves. *Brain Research* 344, 281-285 1985
- 23) Walker, J.B., Swartzwelder, H.S. and Bondy, S.C. Suppression of hippocampal epileptiform activity in vitro after laser exposure. *Laser Therapy* 1, 19-21, 1989
- 24) Walker J.B. Temporary suppression of clonus by brief photostimulation. *Brain Research* 340 : 109-113, 1985
- 25) Kitzes M, Twiggs G, Berns MW : Alternation of membrane electrical activity in rat myocardial cells following selective laser microbeam irradiation. *J Cell Physiol* 93 : 99-104, 1977
- 26) 西田 淳, 佐藤 孝, 小山田喜敬, 他 : レーザー照射RA滑膜の病理組織学的検討。第30回日本リウマチ学会総会内容抄録, 136, 1986