Ga-Al-As 半導体レーザーによるレーザー刺激療法

Laser Stimulation Therapy using a Diode Laser

篠原秀樹, 野口正之, 高橋秀暢, 西宮克明, 河手典彦, 小野寿太郎,
小中千守, 会沢勝夫*, 加藤治文, 早田義博

Hideki Shinohara, Masayuki Noguchi, Hidenobu Takahashi,
Katsuaki Nishimiya, Norihiko Kawate, Jutarō Ono,
Chimori Konaka, Katsuo Aizawa*, Harubumi Kato,
Yoshihiro Hayata

東京医科大学外科
東京医科大学第二生理*

Departments of Surgery and Physiology*,
Tokyo Medical College

The authors investigated the effectiveness of laser stimulation therapy for pain by Gallium-Aluminium Arsenide Diode Laser System in 181 cases with pain and other symptoms. The diode laser emits a 70mW beam of 830nm wavelength. Laser irradiation was performed at the area of the neural conduction path and Hyōdō's meridian points. Among 181 cases, 102 cases (56.4%) reported significant effectiveness, 65 cases (35.9%) reported some effect and 11 cases (6.1%) showed no effect. In 3 cases (1.7%) symptoms increased. The effective rate was 92.3%. Good results were obtained especially the cases with shoulder-arm syndrome, whiplash injury and ileus. This methodology was also effective in eliminatory stridor during asthma attack and also to promote peristalsis movement. This technology is effective in freeing cancer patients from pain without using sedatives which sometimes cause complications. There were no serious side effects.

I. はじめに

1960年にMaiman¹⁾がルビー結晶から初めてレーザー発振に成功して以来, 多くの種類のレーザーが開発されてきた。医学分野では1962年に研究用レーザー装置が試作され²⁾, 1964年にはルビーレーザーを用いた光凝固装置による網膜剥離に対する治療が行われている²⁾。その後, 診断, 治療, 生体計測等にレーザー光が広く用いられるようになった。

一般的に悪性腫瘍に対してはCO₂レーザー,

YAGレーザーによる熱エネルギー照射と, 腫瘍親和性蛍光物質を投与後, クリプトンレーザーあるいはアルゴン・ダイ・レーザーによる光照射がある。

さらに近年, 低出力レーザーの熱作用以外の生体に及ぼす各種の効果が注目されている。1968年Mester^{3,4)}は皮膚の難治性潰瘍の臨床例において多くの改善例を報告しており, 1973年Plog⁵⁾は電針療法の針刺入の代りに, レーザーによる神経刺激を考案し, 西ドイツMBB社のKroyによりレー

図1

図2

疾患別即時効果

表2

症例の種類

表1

疼痛部位	疾患名	症例数
頸部痛 肩部痛 上肢痛	1 頸肩腕症候群	15
	2 肩凝り	33
	3 肩関節周囲炎	11
	4 頸部捻挫	8
	5 変形性頸椎症	19
上肢痛	6 乳癌術後の患側上肢の浮腫・疼痛・運動制限	6
腰部痛 下肢痛	7 変形性腰椎症	15
	8 腰部脊椎間狭窄症・腰椎すべり症	2
	9 筋・筋膜性腰痛症	8
四肢痛	10 変形性膝関節症	4
	11 関節炎・腱鞘炎（肘・膝・足）	5
	12 慢性関節リウマチ	3
胸部痛	13 帯状疱疹	2
	14 腫胸	1
腹部痛	15 胆石症・慢性膵炎	2
その他	16 外傷後遺症	6
	17 イレウス	6
	18 喘息発作	3
	19 癌性疼痛（肺癌）	18
	食道・胃・直腸・子宮・乳房	6
	20 術後疼痛（陳旧性）	5
	21 三叉神経痛・後頭神経痛	3
計		181

疾患名	即時効果				症例数	*有効率(%)
	+	+	+	-		
1 頸肩腕症候群	13	2	0	0	15	100
2 肩凝り	20	12	1	0	33	97
3 肩関節周囲炎	6	3	2	0	11	81.8
4 頸部捻挫	5	3	0	0	8	100
5 変形性頸椎症	11	6	2	0	19	89.5
6 乳癌術後の患側上肢の浮腫・疼痛・運動制限	4	1	0	1	6	83.3
7 変形性腰椎症	9	6	0	0	15	100
8 腰部脊椎間狭窄症・腰椎すべり症	1	1	0	0	2	100
9 筋・筋膜性腰痛症	2	6	0	0	8	100
10 変形性膝関節症	2	2	0	0	4	100
11 関節炎・腱鞘炎（肘・膝・足）	3	2	0	0	5	100
12 慢性関節リウマチ	1	1	1	0	3	66.7
13 帯状疱疹	0	2	0	0	2	100
14 腫胸	0	1	0	0	1	100
15 胆石症・慢性膵炎	0	0	2	0	2	0
16 外傷後遺症	3	2	0	1	6	83.3
17 イレウス	4	2	0	0	6	100
18 喘息発作	1	1	1	0	3	66.7
19 癌性疼痛（肺・食道・胃・子宮・乳房）	14	9	1	0	24	95.8
20 術後疼痛（陳旧性）	2	2	1	0	5	80
21 三叉神経痛・後頭神経痛	1	1	0	1	3	66.7
計	102	65	11	3	181	92.3

*有効率=(+)+(+)/症例数×100(%)

表3

疼痛部位別即時効果

疼痛部位	疾患名	即時効果				症例数	*有効率(%)
		+	+	+	-		
頸部痛・肩部痛・上肢痛	①②③④⑤	55	26	5	0	86	94.2
上肢痛	⑥	4	1	0	1	6	83.3
腰部痛・下肢痛	⑦⑧⑨	12	13	0	0	25	100
四肢痛	⑩⑪⑫	6	5	1	0	12	91.7
胸部痛	⑬⑭	0	3	0	0	3	100
腹部痛	⑮	0	0	2	0	2	0
その他	⑯⑰⑱⑲⑳㉑	25	17	3	2	47	89.4
計		102	65	11	3	181	92.3

*有効率=(+)+(+)/症例数×100(%)

ザー針装置が作られた⁶⁾。一方、我国においては1979年、大西⁷⁾がHe-Ne及びNd-YAGレーザーの頭痛に対する治療効果を報告した。その後、大城及び岡田⁸⁾のGallium-Aluminium-Arsenide半導体レーザー装置開発によるペインクリニックへの応用がある。

今回、我々はシャープとの協同開発によりGa-Al-As半導体レーザー装置を試作し、レーザー刺激療法を試みたので、これを報告する。

II. レーザー装置の概要 (図1, 図2)

装置の素子材料はGa-Al-As系で、波長830nm、出力70mWであり、治療導子先端にはF=4.2mmのレンズが装着してある。また、コントローラ本体はAC100V電源で作動し冷却装置は不要である。光出力は70mWで一定であり、照射モードは連続、パルスの2通りが選択でき、パルスモードでは周波数を任意に設定できる。また、照射中は警報ブザーが鳴るが、このブザーはレーザーの発振されていない時でも発声でき、ブラインドテストが可能である。照射時間は99秒まで任意に設定でき、残り秒数が導子先端にデジタル標示される。また、レーザーの発振は導子先端のタッチセンサーによりON, OFFが行なわれる。

III. 臨床対象及び照射方法

臨床対象は、東京医大病院外科及び関連病院外科2施設の外来及び入院患者で、175名(男性98名、女性77名)、181症例であり、年齢分布は7才～89才、平均51.8才であった。

症例は表1の如く、肩凝り33例、癌性疼痛24例(うち肺癌18例)、変形性頸椎症19例、頸肩腕症候群15例、変形性腰椎症15例、肩関節周囲炎11例、頸部捻挫8例、筋・筋膜炎腰痛症8例、乳癌術後の患側上肢の浮腫・疼痛・運動制限6例、イレウス6例、外傷後遺症6例、その他喘息発作、帯状疱疹等である。疼痛部位別では頸部～肩部～上肢痛86例、腰部～下肢痛25例、四肢痛12例などであった。

今回のレーザー照射では、パルスモードは使用

せず全例連続照射に統一した。照射部位は疼痛を訴える局所及びその支配神経と、兵頭が「痛みの新しい治療法」の中で著した針治療における「つぼ(meridian point)」⁹⁾とした。1症例につき20～30ヶ所照射し、照射回数は1週間に1～2回で全治療過程で最低1回から7回であり、最高はイレウスに対し連日14日間があった。最も多かったのは1～3回照射であった。1ヶ所の照射時間は当初40秒であったが徐々に減じ全て15秒にした。これにより効果に差異はみられなかった。

IV. 治療効果判定基準

1) 即時効果

患者の自覚症状に基づき治療改善の度を百分率で表わし、さらに次の4つに分類した。即ち、70～100%の改善を著効(++)、30～69%の改善を有効(+)、0～29%を不変(±)、症状の増悪を増悪(-)とし、有効率=(++)+(+)の数/症例数×100(%)で表わした。

2) 持続効果

効果持続1/2日未満を無効とし、効果の持続期間を日数で示した。

V. 治療成績

疾患別及び疼痛部位別の即時効果を表2、表3に、各々の持続効果を表4、表5に示した。

全症例181例の即時効果は、著効102例(56.4%)、有効65例(35.9%)、不変11例(6.1%)、増悪3例(1.7%)であり、有効率は92.3%であった。

疾患別の即時効果では、症例数が少ないものもあり一様に比較できない点もあるが、頸肩腕症候群、肩凝り、頸部捻挫、変形性腰椎症、筋・筋膜炎腰痛症、変形性膝関節症、関節炎及び腱鞘炎、イレウス、癌性疼痛などで特に良好な結果が得られた。

疼痛部位別の即時効果では、腹痛のみ不良であったが、他は有意の差はみられず良好であった。

次に持続効果についてみると、症状の軽快したもの17例(9.4%)と、消失したもの30例(16.6%)

表4

疾患別持続効果

疾 患 名	症 例 数	持 続 効 果																
		不 明	無 効	1/2 日	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	10 日	14 日	30 日	45 日	90 日	軽 快	消 失
1 頸肩腕症候群	15	●●●											●●●				●●●	●●●
2 肩凝り	33	●●●		●	●	●	●●●	●●●	●●●			●	●●●	●●●			●●●	●●●
3 肩関節周囲炎	11	●●●			●	●				●		●					●●●	●●●
4 頸部捻挫	8	●●●			●	●											●●●	●●●
5 変形性頸椎症	19	●●●			●	●	●				●			●●●	●		●●●	●●●
6 乳癌術後の患側上肢の浮腫・疼痛・運動制限	6		●			●		●			●							●
7 変形性腰椎症	15	●			●	●					●●●	●	●			●	●	●
8 腰部脊椎間狭窄症・腰椎すべり症	2							●										
9 筋・筋膜性腰痛症	8	●●●			●			●			●							●
10 変形性膝関節症	4	●●●			●					●						●		
11 関節炎・腱鞘炎(肘・膝・足)	5	●●●									●			●				
12 慢性関節リウマチ	3	●●●					●											
13 帯状疱疹	2	●									●							
14 腫胸	1																	●
15 胆石症・慢性膵炎	2		●●															
16 外傷後遺症	6		●			●					●●							●●
17 イレウス	6			●			●											●●
18 喘息発作	3	●●●					●											●
19 癌性疼痛(肺・食道・胃・直腸・子宮・乳房)	24	●●●			●●●	●●●	●●●	●●●			●●							●●
20 術後疼痛(陳旧性)	5	●●●			●	●	●	●										●
21 三叉神経痛・後頭神経痛	3	●●●												●				
計	181	28	12	2	13	7	14	9	4	2	19	4	4	12	2	2	17	30

表5

疼痛部位別持続効果

疼 痛 部 位	症 例 数	持 続 効 果																
		不 明	無 効	1/2 日	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	10 日	14 日	30 日	45 日	90 日	軽 快	消 失
頸部痛・肩部痛・上肢痛	86	●●●	●	●	●	●	●●●	●●●	●	●	●	●	●●●	●●●	●		●●●	●●●
上 肢 痛	6		●			●		●			●							●
腰部痛・下肢痛	25	●●●			●	●		●			●●●	●			●		●	●
四 肢 痛	12	●●●	●		●		●			●	●			●		●		
胸 部 痛	3	●									●							●
腹 部 痛	2		●●															
そ の 他	47	●●●	●●	●	●●●	●●●	●●●				●●			●				●●
計	181	28	12	2	13	7	14	9	4	2	19	4	4	12	2	2	17	30

と両者あわせて47例(26.0%)と著しい改善が得られた。この軽快、消失した症例中約70%は頸部～肩部～上肢痛であった。また、持続が7日以内のものは70例(38.7%)であり、さらに4日以内は45例(24.9%)であった。無効は12例(6.6%)であった。

持続効果を疼痛部位別にみると、頸部～肩部～上肢痛の約63%、腰部～下肢痛の約60%は7日以上持続効果を認めた。

一般に、即時効果が良好な症例ほど効果持続日数が長かったが、即時効果不変(±)でも翌日から効果が出現し持続効果の得る症例も181例中3例あった。またそれとは逆に、即時効果が良好でも持続日数の短い症例が6例あった。疼痛軽減のパターンとしては、照射中あるいは照射直後より疼痛が減少する症例が大多数であったが、中には1次的に疼痛が増強してから照射前の状態より疼痛が少なくなった症例もあった。

次に主な疾患について述べると、頸肩腕症候群では不明4例を除いて全例14日以上持続効果あるいは軽快、消失が得られた。肩凝りでは疼痛の程度により無効から消失まで様々な持続効果であった。肩関節周囲炎及び頸部捻挫では約半数が症状軽快あるいは消失を示した。変形性腰椎症では約70%が7日以上持続効果をみたが、症状の消失は1例もみられなかった。乳癌術後の患側上肢の浮腫・疼痛・可動域制限では、照射直後より可動域の劇的な増加がみられた。しかし、持続効果の方は4日以内が大多数であった。慢性関節リウマチでは手指等の小関節では効果がみられなかったが、肩や膝などの大関節では良好な結果が得られた。帯状疱疹は症例が少なく一般論は述べられないのであるが、即時効果は有効程度であったが、神経ブロック様の効果が7日間持続した。胆石症痙攣発作と慢性膵炎の疼痛には全く無効であった。イレウスでは全例において、照射中より腸蠕動がはじまり軽症では数時間後に排ガス、排便がみられ、重症でも連日照射により胆汁性嘔吐等のイレウス症状が改善した。しかし、この重症例は癌性イレウスの為、照射を中止するとまた元の状態に

もどってしまった。

喘息発作3例中2例では、照射中より症状の改善がはじまり、照射直後の聴診上でも喘鳴の減少が確認された。しかし、残り1例では不変(±)程度の結果であった。持続効果については追跡できなかった。癌性疼痛に対しては95.8%とすぐれた即時効果が得られたが、半数以上が4日以内の持続効果であり、中には数時間という症例もあった。最後に、照射後症状が増悪し、持続効果も全くなかった3例は、乳癌術後の患側上肢痛と、外傷後遺症の腰痛及び三叉神経痛であった。

VI. 考 察

レーザー照射により深部のmeridian pointを刺激するには50mW以上の出力が必要である¹⁰⁾とする発表があり、光が深部に到達しなかったための無効例の報告¹¹⁾もある。我々もこの点を考慮し、シャープとの協同開発により70mWのGa-Al-As半導体レーザーを開発し臨床応用をした。半導体レーザーの特徴は①軽量小型である(冷却装置不要)、②実用化上重要なこととして他のレーザーにはみられない量産性と高信頼度、③電流を流すだけで高効率で発振する^{12,13)}等である。またこのレーザーは高輝度の微小光源であるため、小さい面積に出力光を集中することが容易であり¹²⁾、830nmという波長は他のレーザーの波長より吸収係数が小さく、深部組織まで到達すると考えられる⁸⁾。

今回の我々の治療成績は92.3%(181例中167例)の有効率であり、各疾患で良好な結果を得た。特に、乳癌術後の患側上肢の浮腫・疼痛・可動域制限は種々の治療に抵抗をしめすが、レーザー照射にて劇的な改善が認められた。また、イレウスで全例に照射中より腸蠕動のみられたことは注目すべきことである。さらに、喘息発作において少数ではあるが有効例があった。今後、症例を増やし検討すべきであろう。癌性疼痛に対し95.8%の即時効果の得られた事は、たとえ効果持続期間が短時間であれ疼痛から解放されることは、麻薬や鎮痛剤の使用量を減少させることができ意義高いこ

とである。慢性関節リウマチで膝関節等の荷重関節の疼痛がとれることにより、リハビリが可能となり、レーザー照射が積極的治療法の1つになり得るであろう。しかし、疼痛は生体の防御反応の1つであり、癌性疼痛や椎間板ヘルニア等の整形外科疾患において安易に疼痛除去することにより、病的骨折や神経マヒ等を起こす危険性もあり、今後照射適応の基準をつくる必要がある。

今回の治療中、重篤な副作用はみられなかったが、①疼痛の増強した症例(181例中3例)、②照射後の全身倦怠感、③照射局所の弱い熱感などが認められた。なお、過去に報告¹⁰⁾されている様な嘔気、眩暈等はなかった。

以上半導体レーザーの利点は数々あるが、大きな欠点として①照射に時間がかかること、②術者や手技により効果に差のことがある、などである。

今回の我々の治療成績からも、レーザー照射により自律神経を刺激し神経支配領域の血管拡張の起こっている事¹⁰⁾が示唆された。また、レーザーの除痛効果についてモルフィン様物質やプロスタグランジンなどの物質との関連が言われている⁶⁾が、不明であった。

今後の課題としては、レーザーの組織への到達深度の解明と、波長変化による有効率の差、さらに神経・血管・筋肉等への作用機序に関する基礎実験が必要と思われる。

最後に、本研究に際し御指導、御協力を得ました医療法人瑞浪病院、財団法人会田病院並びにシャープ株式会社に深謝の意を表します。

参考文献

- 1) Maiman, T.H.: Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*, 167(4736): 493, 1960.
- 2) 渥美和彦・他編: レーザー医学 — 基礎と臨床 — 序, 中山書店, 1980
- 3) Mester E, Spiry T, Szende B, et al: Effect of laser ray on wound healing, *Am J Surg* 122: 532 ~ 535, 1971

- 4) Mester E: Laser application in promoting wound healing, *Lasers in Medicine*. ed. by Koebner, H.K. Chichester-New York-Brisbane-Toronto, John Wiley & Sons, 1980, 190~213
- 5) Plog FMW: Biophysical application of the laser beam, *Lasers in Medicine*. ed. by Koebner, H. K. Chichester-New York-Brisbane-Toronto, John Wiley & Sons, 1980, 21~37
- 6) 大西俊輝, 神川喜代男: レーザー針装置の開発とその臨床応用, *医学のあゆみ*, Vol 124, No 5, 1983, 589-594
- 7) 大西俊輝, 神川喜代男他: Laser acupuncture system の開発, 第3回医用レーザー研究会論文集, 1977, 61-64
- 8) 岡田武史, 大城俊夫他: 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*, 246-252, Vol 32, No 2, 1983
- 9) 兵頭正義: 痛みの新しい治療法, *中外医学社* 75~123
- 10) 神川喜代男, 大西俊輝: 頭頸部痛に対する Laser Acupuncture, *脳神経外科特別問題懇話会講演録(第12回)* 155-158, 1979
- 11) 岡田武史他: レーザーによる鍼治療, *日本レーザー医学会論文集* 47-50, 1980
- 12) 林厳雄: レーザー「半導体レーザー」日本物理学会編, 九善
- 13) 丸山徹, 秋田佳之: レーザーの医療への応用, 23-13, *日本レーザー医学会誌*, Vol 3, No 4, 1983