

低出力レーザーのスポーツ傷害における治療効果について

三輪 一 義・宮 永 豊・香 田 泰 子*
河 野 一 郎・下 條 仁 士・松 田 光 生

Investigation of the effect on relief from pain caused by sports injuries by low reactive level LASER therapy

Kazuyoshi MIWA, Yutaka MIYANAGA, Yasuko KODA*,
Ichiro KONO, Hitoshi SHIMOJO and Mitsuo MATSUDA

The purpose of this study was to clarify the effects of relief from pain caused by sports injuries by low power laser irradiation and to investigate the mechanism of effects by measuring the beat-to-beat (RR interval) in resting heart rate and analysis of responses of plasma immunoreactive β -endorphin levels.

Results were as follows :

- 1) The percentage of those who eased pain by low power laser irradiation was 73.1%.
- 2) Both the mean RR interval and RR interval variations were expanded by low power laser irradiation.
- 3) Plasma immunoreactive β -endorphin levels were increasing by low power laser irradiation. However, individual variety was considerable and there was no significant change.

Key words : Low reactive level LASER, Sports injuries, Relief from pain

I. 緒 言

1960年アメリカのMaimanによってレーザーが発明されて以来¹⁾,最近になってレーザー利用技術は急速に発達し,レーザーはコンパクトディスクやレーザープリンターなど身近な民生用の他,産業,軍事,医療用などに利用されている。

レーザー(LASER)という語は,Light Amplification by stimulated Emission of Radiation(電磁波の誘導放出による光増幅)の頭文字からなっている。レーザーの種類には,ガスレーザー(CO₂, アルゴン, ヘリウム-ネオン等),固体レーザー(YAG, ガラス, ルビー等)及び半導体レーザー

等がある。

医学の分野ではレーザーメスが有名であるが,これはレーザーの「熱による細胞破壊の働き」を利用したもので高出力レーザー治療と呼ばれ,臨床的に盛んに使われている。一方,レーザーには熱以外に光としての性質があり,この性質を生体刺激として治療に用いたのが低出力レーザー治療であり,創傷治癒,レーザー鍼,炎症抑制,疼痛緩和等を使用されはじめています。

近年,この低出力レーザーの生体に及ぼす効果,特に除痛効果が注目されており,低出力レーザーの除痛効果に対する研究報告は,1963年Mester¹⁷⁾,1973年Plog²⁸⁾,我が国では1979年大西²⁵⁾,1983年岡田及び大城ら²³⁾により数多くなされている。

*筑波技術短期大学

これらの研究において、臨床成績では改善率60~80%の高い有効性が報告されている。しかし、その作用機序については、末梢循環調節作用、神経閾値の上昇、化学物質分泌作用等がいわれており、サーモグラフィ^{10,11,24)}、電気抵抗³⁹⁾、尿検査^{13,37)}等いくつかの方法による研究報告がなされているが、いまだ説明されていない。

本研究においては、低出力レーザーの一種である半導体レーザー治療器の除痛効果、特にスポーツ選手に対する有効性を確認するために、スポーツによる外傷、障害に起因する疼痛性疾患を対象として検討を加えた。また、その作用機序を知るために、自律神経系作用の定量的分析法とされる⁹⁾心電図R-R間隔変動係数、除痛物質のひとつといわれている³⁵⁾ β -エンドルフィン(β -Endorphin, 以下 β -Ephとする)の測定、分析を行った。

II. 研究方法

1. 臨床的研究

筑波大学運動部に所属していて、筑波大学スポーツクリニックを訪れた18~24歳の男子29例、女子23例の計52例を対象とした。

疾患別では、足関節捻挫11例、肩関節腱板炎10例、膝関節靭帯損傷8例、アキレス腱炎7例、手関節腱鞘炎5例、その他突き指、骨折、脱臼等である。

運動部別では、体操競技部12例、バスケットボール部8例、陸上競技部8例、バドミントン部5例、サッカー部4例、柔道部3例、その他剣道部、バレーボール部、アメリカンフットボール部等である。

レーザー治療には、持田製薬株式会社と松下産業機器株式会社とによって開発され、現在最も普及している半導体レーザー治療器 MODEL MLD-2001を使用した。

この機器は波長830nm、光出力60mWのGaAlAs (Gallium-Aluminium-Arsenide)半導体レーザーを内蔵したハンディタイプの簡便なものである。キースイッチ、照射時間、周波数、パルス幅の設定ボタン、表示パネル、パワーメーター、プリンターからなる本体部と、半導体レーザー、タッチセンサー機構、発信表示の発光ダイオードからなるプローブとから構成されている。これら種々の機能は治療の安全性をチェックする上でも重要な役割を果たしている。例えば、プローブの

タッチセンサー機構はレーザー光の不用意な外部への漏れを防止するために設けられたもので、レーザー照射孔が治療部位に接触した時のみレーザー光は照射され、さらに照射準備中と照射中とは発信音が異なるように工夫されている。照射中は発光ダイオードも点灯し、一目でそれとわかるようになっている。また、出力は本体部のパワーメーターで簡単に測定できる。なお、レーザー光は照射部先端より2mmの位置でフォーカスを結ぶようになっている。また、出力モードは連続、パルスと切り替えができ、パルスモードにおいてはパルス幅25~75%、周波数1~8Hzの選択が可能である。

照射方法は疼痛部位もしくはその周辺の1~数ポイントにレーザーを照射した。照射時間は1ポイントにつき5~20分間、照射回数は1~20回、出力モードは連続波で行った。

痛みの評価は、我慢できない痛み(運動不能)、強い痛み、普通の痛み、軽い痛み、無痛の5段階評価で、照射直前と直後、12時間後の自覚症状により記録させた。そしてその有効度を著効(著明改善)、有効(中等度改善)、微効(軽度改善)、不変、憎悪として治療終了時に評価させた。

2. 基礎的研究

(1) 対象

臨床的研究の対象者の中から、レーザー照射が有効であった8名、無効であった11名、コントロール群3名の計22名を対象とし、レーザー照射群19名と、レーザー非照射群3名の2群で行った。

(2) 測定方法

1) レーザー照射群

被験者19名(男子10名、女子9名)は、測定開始30分前に測定室に入室し、ベット上で臥床安静をとらせ、測定15分前に心電図測定のための四肢誘導装置及び採血のための翼状針を装着した。

照射方法は、疼痛部位1ヶ所に、10分間、連続波によりレーザー照射を行った。

照射直前、照射中(開始5分後)、照射終了直後(開始10分後)に心電図検査、採血を同期して行った。実験で採取した血液は、ヘパリンスピッツに採取し、血漿を遠心分離し、分析まで-30°Cにて凍結保存した。

測定時間は午後1時から行い、測定室の室温は一定に保った。被験者においては、実験当日は運

動を禁止させ、実験2時間前には飲食を禁止した。

2) レーザー非照射群

非照射群の被験者3名は、実験Iと同じ手順で実験を行い、レーザー照射だけ実施せず、同じ時間経過で心電図検査、採血を行った。

(3) 測定項目

1) 心電図 R-R 間隔平均値

ME-Commercial社製、Autonomic R-100を使用し、心電計の四肢誘導の第II誘導と接続して、100個の連続した心拍数のR-R間隔平均値を内臓コンピュータにより測定した。

2) 心電図 R-R 間隔変動係数(CV)

Coefficient of variation (CV)は心電図上のR-R間隔の変動係数であるが、篠原らは、R-R間隔が呼吸性に変動することは周知のことであり、この呼吸性変動は迷走神経心臓枝の機能を反映すると言われており⁸⁾、また交感神経機能をも反映すると考えられている²²⁾ため、CVは自律神経機能の指標となる³¹⁾と述べている。

上記方法により得たR-R間隔値を $CV = R-R$ 間隔の標準偏差(SD)/R-R間隔の平均値(M)×100%の式で算出した。

3) 血漿中β-Endorphin

ヘパリン血漿を用いて、Incstar社製kitを使用し、ラジオイムノアッセイにより測定した。測定においてはクロマトグラフィーカラムを用いて反

応妨害物質除去の前処理を行った。

以上の方法により測定したそれぞれの結果を照射群と非照射群、有効群と無効群との間で比較検討を行った。なお、血漿中β-Eph値に関しては、スケールアウトした2例を除いたため、照射群：非照射群は17：3、有効群：無効群は8：9であった。

照射群19名のうち、10名については照射終了後10分にも同様の測定を行ったため、参考値として図表のみに掲載する。

III. 結 果

1. 臨床的研究

1) 治療効果

レーザー照射による治療効果は著効7例(13.5%)、有効15例(28.8%)、微効16例(30.8%)、不変(26.9%)、憎悪0例(0%)であり、微効(軽度改善)以上を効果ありと判定した場合は52例中38例(73.1%)であった。

2) 疼痛疾患別治療効果(図1)

改善率は腱鞘炎で12例中12例(100%)と全症例において何らかの改善をみた。ついで腱板炎8例中7例(87.5%)、捻挫9例中7例(77.7%)、突き指4例中3例(75%)であり、靭帯損傷は9例中6例(66.6%)であった。骨部鈍痛は4例中1例(25%)と改善率は低く、骨折、脱臼において

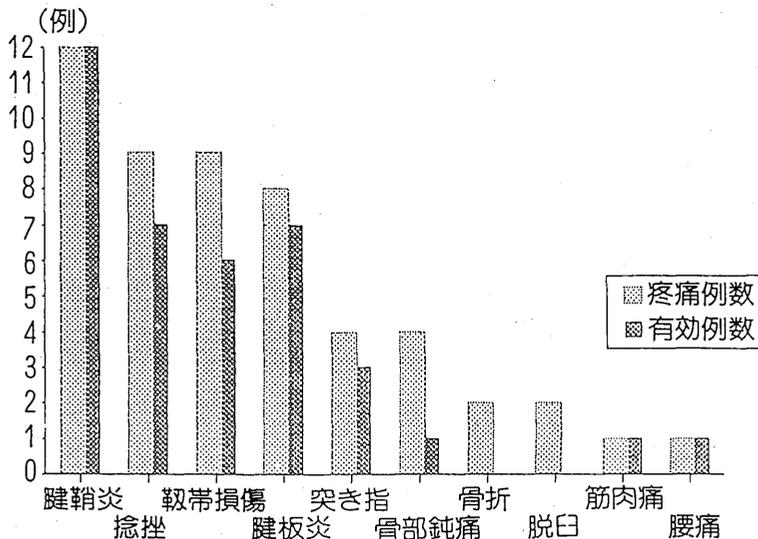


図1 疾患別治療効果

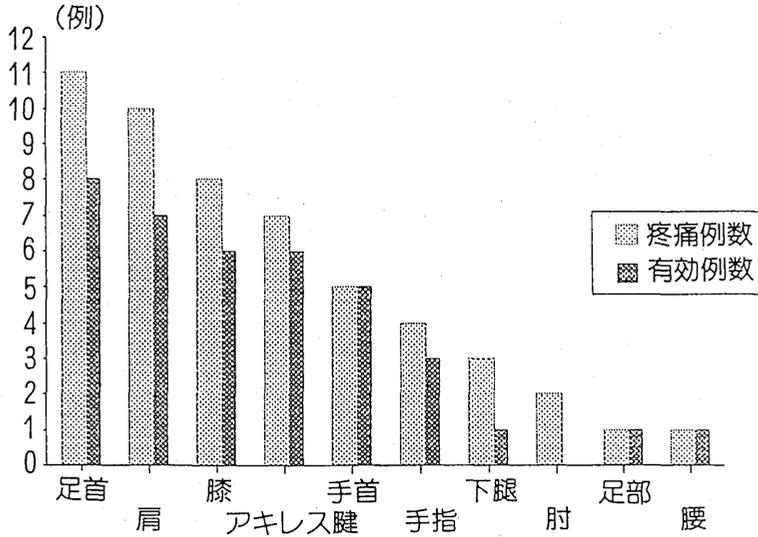


図2 部位別治療効果

は改善がみられなかった。筋肉痛、腰痛は改善率が100%であるが、症例が1例のためはっきりとした傾向を論じることはできなかった。

3) 疼痛部位別治療効果 (図2)

改善率は手関節で最も高く全症例において何らかの改善をみた。アキレス腱も85.7%と高い改善率を示し、ついで膝関節、手指の75%、足関節の72.7%、肩関節の70%であった。

下腿部、肘関節においてはそれぞれ33.3%、0

%と改善率が低い結果となった。足部、腰部については改善率が100%であるが、症例が1例のためはっきりとした傾向を論じることはできなかった。

4) 代表症例 (表1)

レーザー照射の有効性が顕著に表れている症例をあげる。19歳の女性、バスケットボール部所属である。障害名は右アキレス腱炎で、受傷機転は疲労によるものではっきりしてない。発症は1988年5月頃で、同年6月初旬に受診。一般的な保存

表1 レーザー照射の代表症例

照射日	直前のスコア	直後のスコア	12時間後のスコア
8/ 5	4	3	2
6	3	2	2
8	3	2	2
9	3	2	1
10	2	1	1
11	2	1	1
12	2	1	2
13	2	1	1
合宿・遠征			
25	4	1	2
26	2	1	1
19	2	1	1

スコアの判定基準

5：我慢できない痛み 4：強い痛み 3：普通の痛み
2：軽い痛み 1：無痛

療法を続けるも効果がなく、同年8月初旬にレーザー治療を開始した。治療を続けるに従い痛みが軽減し、1週間後にはほとんど痛みがなくなった。その後、合宿・遠征に参加するものの、途中で痛みが再発し、練習を休止した。レーザー治療を再開後すぐに痛みが消失した例である。

2. 基礎的研究

(1) 心電図 R-R 間隔平均値 (ms)

1) レーザー照射・非照射群

照射群では、被験者平均で、照射直前：1070±131，照射中：1082±131，照射終了直後：1086±134と徐々に増加した。非照射群では、1062±34，1055±47，1025±37と減少した。各測定値の増加，減少に有意差は認められなかった。

照射直前値を100とした場合の変動比率をみると、被験者平均で、照射群では100，101.1，101.5，105.8と上昇し、非照射群では100，99.3，96.5と下降した。照射中，終了直後の照射群，非照射群の間に有意差は認められなかった。

2) 有効・無効群

有効群は1076±107，1091±127，1086±130，無効群は1091±151，1101±138，1113±142であり、変動に差はなかった。

(2) 心電図 R-R 間隔変動係数：CV (%)

1) レーザー照射・非照射群 (図3)

照射群では、6.7±1.77，6.6±1.69，7.0±1.85と増加の傾向を示したのに対し、非照射群では、7.2±1.63，6.0±1.75，5.3±1.15と大きく減少した。各測定値の増加，減少に有意差は認められなかった。

変動比率をみると、照射群では100，103.0，106.5と上昇し、非照射群では100，82.7，74.0と下降した。終了直後の照射群と非照射群の間に5%水準で有意差が認められた。

2) 有効・無効群

有効群では6.3±1.60，6.9±1.51，7.1±1.55と増加し、無効群では7.1±1.82，6.4±1.80，6.8±2.08と全体に減少傾向がみられた。

変動比率では、有効群が100，115.7，117.0と上昇したのに対し、無効群では100，91.6，92.1と下降の傾向がみられ、照射中，終了直後，終了10分後の有効群と無効群の間に5%水準で有意差が認められた。

(3) 血漿中 β-エンドルフィン (pmol/l)

1) レーザー照射・非照射群 (図4)

照射群では、6.2±3.85，7.0±4.18，7.2±3.98と増加した。非照射群では、4.4±0.26，3.8±0.25，3.8±0.34と減少の傾向がみられた。

変動比率で見ると、照射群では100，114.1，120.2と上昇した。非照射群では100，86.5，86.3と下降の傾向がみられた。照射中の照射群と非照射群の

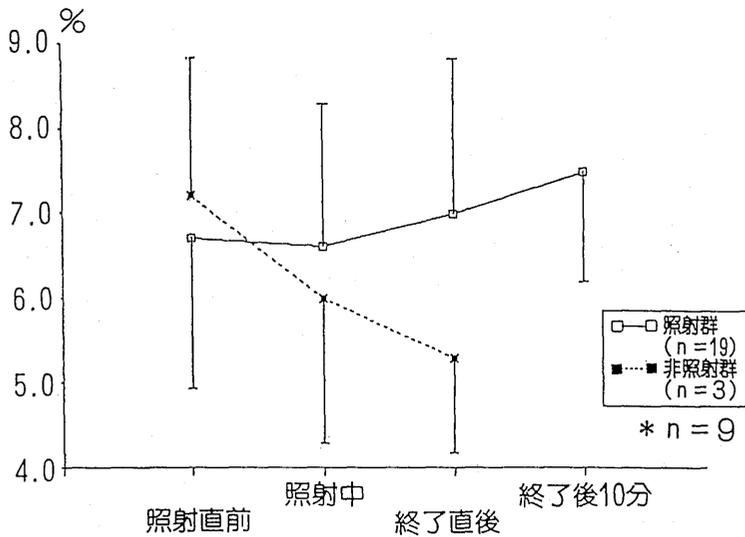


図3 心電図 R-R 間隔変動係数

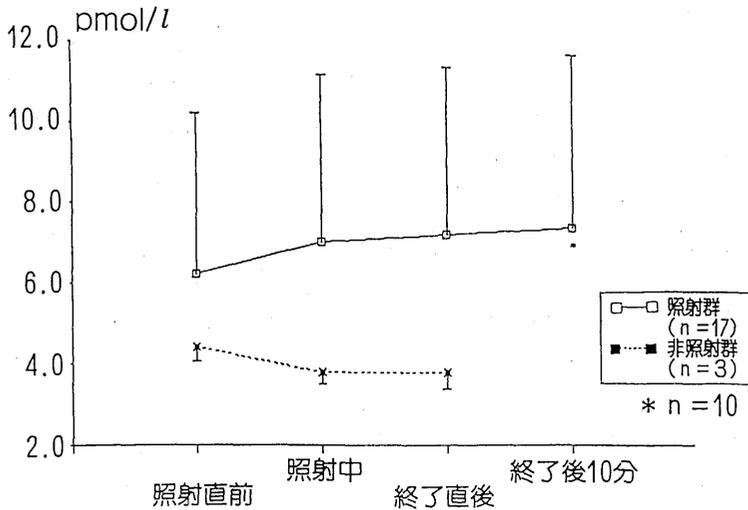


図4 β -Endorphin 値

間に1%水準で、終了直後の照射群と非照射群の間に5%水準で有意差が認められた。

2) 有効・無効群

有効群，無効群ともに，有効群：4.9±1.77，5.9±3.07，6.1±2.49，無効群7.4±4.71，8.1±4.73，8.1±4.68と増加の傾向がみられた。

変動比率で見ると，有効群は116.4，129.1と上昇し，無効群では照射中は112.0と上昇を示すが，終了直後：112.3と下降の傾向を示した。各測定値間に有意差は認められなかった。

IV. 考 察

1973年，Plog²⁸⁾により低出力レーザーの神経刺激が考案され，西ドイツ MMB 社の Kroy によりレーザー針装置が開発されて以来，その効果についての研究が進められ，国内においても，1979年大西ら²⁹⁾の報告をはじめとして，種々の研究・方向がなされている。その研究の報告の大多数は臨床報告であり，その臨床例は肩こり，下肢の疲れ等の筋肉痛，腰痛，後頭・坐骨神経痛，リウマチ，癌性疼痛等であり，その平均年齢も50歳以上がほとんどである。その作用機序に関してはサーモグラフィによる血行改善²⁴⁾，電気抵抗の変化³⁹⁾等の研究がなされているが，報告が少なく，作用機序が解明されるには至っていない。

今回の研究においては，その対象をスポーツによる外傷・障害に起因する疼痛性疾患とし，スポ

ーツ傷害における低出力レーザーの効果を検討した。また，その作用機序について，自律神経系の影響，化学物質の体内変化に注目し，糖尿病患者において自律神経系の影響の指標となっている⁹⁾心電図 R-R 間隔変動係数を用いて，レーザー刺激が自律神経系に与える影響を定量的に表現する試みをした。化学物質の体内変化については，内因性鎮痛物質である β -Eph^{12,35)}を測定し，体液性因子との関連性を追求する試みをした。

1. 臨床的研究について

今回の治療では，微効（軽度改善）以上を有効と判断した場合，改善率は73.1%と宮永ら¹⁹⁾の整形外科領域における疼痛性疾患に対する有効性の報告と同様であり，スポーツによる疼痛性疾患においても高い有効性が確認された。

疾患別の治療効果では，腱鞘炎，腱板炎等，腱における疼痛に高い有効性がみられ，ついで，捻挫，突き指等であった。これはレーザーの生体透過度，焦点位置に関係しているのではないかと考えられる。出力100mW，波長830nmの半導体レーザーの透過深度は10mmとされている⁵⁾。また，焦点位置はプローブ先端より2mmである。このため，病変部位が狭範囲で，比較的表在部にある場合に効果が現れやすいと考えられる。このことは疼痛部位別の治療効果にも現れており，アキレス腱，手関節，手指において有効性が高い結果とな

っている。

低出力レーザーは即時効果が高いとされ、3分から5分の照射で何らかの改善を示す報告が多い。今回の実験では、有効例の38例中20例が初回のレーザー治療で疼痛の軽減があり、即時効果が認められた。しかし、38例中18例は初回の治療では効果が現れず、治療を繰り返すに従い疼痛が軽減していった。急性疼痛においては即時効果が顕著であるが、慢性、陳旧性の疼痛においては即時効果が現れにくいという報告にみられるように¹¹⁾慢性、陳旧性の疼痛においては繰り返しの治療が必要とされる。今回の対象者だけに限らず、スポーツ選手における障害、いわゆるスポーツ障害は、その治癒後も再び痛みを訴える場合が多く、その痛みが慢性になることが多い。そのためスポーツによる疼痛性疾患においては、レーザー治療の即時効果だけを期待するのではなく、繰り返しの治療を重点的に行う必要があると思われる。

より高い治療効果を得るためには照射部位が重要な問題になると思われる。今回の治療においては、照射部位は圧痛点1ポイントまたはその周辺数ポイントであった。しかし、照射のポイントを押痛点だけにとどめず、疼痛を訴える局所、支配神経、東洋医学でいう経穴(ツボ)に照射ポイントを拡大することにより、レーザー治療がより有用性の高い治療手段になると考えられる。

また、レーザー照射においては照射モードも大切である。しかし、今回の実験においては、照射モードは連続波と一定にしたため、照射モードの違いによる効果の相違については不明である。

2. 基礎的研究について

半導体レーザーの疼痛除去の作用機序として、血管性因子、神経性因子、生化学的因子、形態学的因子が関与しているといわれている。

今回我々は、神経性因子として心電図R-R間隔変動係数に、生化学的因子として内因性鎮痛物質である β -Ephに注目してみた。

(1) 心電図R-R間隔について

自律神経機能検査法として多種多様の方法が考察されている²²⁾。本研究において使用した心電図R-R間隔の変動係数(CV)は客観性があり、定量的で再現性のよい検査法として注目されており、糖尿病性自律神経障害にこれを応用した臨床成績が多数報告されている^{1,3,14,21,30)}。1973年、Wheeler &

Watkinsが自律神経障害を有する糖尿病患者では、心電図上のR-R間隔の呼吸性変動が低下することを報告した³⁰⁾。我が国では1979年、景山らがCVが自律神経障害をよく現すと報告している⁹⁾。心電図R-R間隔の変動係数(CV)を指標とした本実験では、レーザー照射によりR-R間隔平均値が増加した。これはレーザー照射により心拍数が減少したことを意味する。これらの事はCV値の増加として認められた。今回の実験結果は篠原らの報告³¹⁾と同様の結果であり、レーザー照射が自律神経系に何らかの影響を与えていることが示唆された。また、有効群と無効群の間に、照射群と非照射群の関係と同等の傾向がみられたことは、患者の主観的な評価に頼っている効果判定の客観化にもつながる一現象として興味深い。

(2) 血漿中 β -Endorphinについて

エンドルフィンとは、生体内に存在するモルヒネ様作用をもつ活性ペプチド、内因性モルフィン(endogenous morphine)の意で名付けられた内因性鎮痛物質の一種である。その中でも特に強い生理作用をもつと言われる β -Ephは、生体がストレスを受けた際に副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)とともに下垂体から分泌されることが明らかになっている^{2,4)}。その作用には、鎮痛作用、モルヒネ類似性の強力な向精神神経作用及び精神神経活動調節作用などがあると言われている^{12,35)}。

今回の実験において、照射群と非照射群との間に統計的な有意差が認められた。しかし、両群の標準偏差の違いを考慮すると明確な相違とは必ずしもいえない。

しかし、非照射群では β -Eph値は増加しない、有効群と無効群の変動比率に差がみられることなどから、レーザー照射により β -Ephは何らかの影響を受けていると考えられる。

β -Ephは、体内の鎮痛作用に大きく関与している物質であるが、体内での日内リズムが存在し¹⁸⁾、ストレスによる影響を多大に受けることから、その実験条件を整えることが正確な測定値を得るために重要なことである。今回の実験においては、測定時間を午後1時から2時の間と一定にした。また被験者においては、測定日午前中の運動を禁止し、測定直前に30分間の安静をとらせる等慎重に実験を行ったため、測定値の信頼性は高いと思われる。しかし、今後研究を続けるに当たり、被験者を実験前日は入院状態にさせる等、環境条件

をより厳密にすることが必要と思われる。

V. 結 論

1. 低出力レーザーによるスポーツが原因とされる疼痛性疾患の治療改善率は73.1%であり、スポーツ選手においても高い有用性が確認された。
2. 心電図 R-R 間隔はレーザー照射により増加した。これは心拍数の減少を示すものである。このことは CV 値の増加として認められた。これにより、低出力レーザーが自律神経系に何らかの影響を与えていると思われる。
3. 血漿中 β -エンドルフィン^βは、レーザー照射により照射前値よりも高値を示したが、有意差は認められなかった。しかし諸々の結果から、低出力レーザーが何らかの影響を与えていると思われる。

参 考 文 献

- 1) Campbell CF, Mason JB and Weilen JM (1983) : Continuous subcutaneous infusion of morphine for the pain of terminal malignancy. *Am Intern Med* 98 : 51-52.
- 2) Dent RRM et al. (1981) : Diurnal rhythm of plasma immunoreactive beta-endorphin and its relationship to sleep stages and plasma rhythms of cortisol and prolactin. *J Clin Endocrin and Metab* 52 : 942-947.
- 3) Ewing DJ, Hume L, Campbell IW, Murray A et al. (1980) : Autonomic mechanisms in the initial heart rate response to standing. *J Appl Physion* 49 : 809-814.
- 4) Facchinetti F et al. (1984) : Impaired circadian rhythmicity of beta-lipotropin, beta-endorphin and ACTH in heroin addicts. *Acta Endocr* 105 : 149-155.
- 5) 深澤要(1988) : レーザー鍼と光灸療法. 谷口書店.
- 6) Goldman A et al. (1980) : Laser therapy of rheumatoid arthritis. *Laserurg Med* 1 : 93.
- 7) 池内忍他(1987) : 皮膚欠損創治癒に対する低出力 He-Ne レーザーの効果. *日本レーザー医学会誌* 8 : 25-26.
- 8) 景山茂 (1978) : 定量的自律神経機能検査法の提唱. *神経内科* 9 : 594-596.
- 9) 景山茂(1979) : 糖尿病性自律神経障害の定量的分析に関する研究. *糖尿病* 22 : 627-634.
- 10) 神川喜代男(1985) : 低出力レーザーによる痛みの治療. *日本レーザー医学会誌* 5 : 215-220.
- 11) 神川喜代男, 田和宗徳 (1987) : 低出力レーザーの臨床応用 3), 鎮痛, 消炎作用. *日本臨床* 45 : 756-761.
- 12) 栗山欣弥, 大熊誠太郎 (1986) : 神経活性ペプチド. *神経伝達物質*, 中外医学社, pp. 149-159.
- 13) 小山田善敬他 (1986) : 慢性関節リウマチ (RA) 及び周辺疾患における低出力レーザー照射の検討. *日本レーザー医学会誌* 6 : 375-378.
- 14) Lloyd-Mostyn RH and Watkins PJ (1976) : Total cardiac denervation in diabetic autonomic neuropathy. *Diabetes* 25 : 748-751.
- 15) Maiman TH (1960) : Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* 167 : 493.
- 16) Mester E, Spiry T, Szende B et al. (1971) : Effect of laser ray on wound healing. *Am J Surg* 122 : 532-535.
- 17) Mester E (1980) : Laser application in promoting wound healing. *Lasers in Med* 190-213.
- 18) 三輪泰子他(1988) : 青年男子鍛錬者における血漿中 β -エンドルフィンおよび副腎皮質刺激ホルモンの持久性激運動負荷による変動について. *筑波大学体育科学系紀要* 11 : 329-339.
- 19) 宮永豊他(1986) : 低出力レーザーの除痛効果について. 第4回日本交通医学会発表.
- 20) 水口公信(1988) : 疼痛治療における最近の進歩と問題点. *麻酔科の立場から* 43 : 2533-2537.
- 21) Murray A, Ewing DJ, Campbell IW, Neilson JMM and Clarke BF (1975) : RR interval variations in young male diabetics. *Br Heart J* 37 : 882-885.
- 22) 野呂純一(1983) : 糖尿病性自律神経障害とメチコバールの効果. *診療と新薬* 20 : 100-109.
- 23) 岡田武史, 大城俊夫他(1983) : Ga-Al-As 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.
- 24) 大城俊夫他(1985) : スポーツペインに対するガイドレーザー治療. *日本レーザー医学会誌* 5 : 221-226.
- 25) 大西俊輝, 神川喜代男他(1977) : Laser acupuncture system の開発. 第3回医用レーザー研究会論文集, pp. 61-64.
- 26) 小幡純一他(1987) : 慢性関節リウマチにおける低出力レーザー療法の全身的效果からみた有用性評価. *日本レーザー医学会誌* 8 : 195-196.
- 27) Petros AJ and Wright RM (1980) : Epidural and oral clonidine in domiciliary control of deafferentation pain. *Lancet* 1 : 8540-8542.
- 28) Plog FMW (1980) : Biophysical application of the laser beam. *Lasers in Med* : 190-213.
- 29) 西條一止(1988) : 痛みと鍼治療. *Pain—痛みの基礎と臨床*(高倉公朋, 森健次郎, 佐藤昭夫編), 朝

- 倉書店, pp. 449-463.
- 30) Sharpey-Schafer EP and Taylor PJ (1960) : Absent circulatory reflexes in diabetic neuritis. *Lancet* 1 : 559-562.
- 31) 篠原秀樹他(1986) : Ga-Al-As 半導体レーザーによる心電図 R-R 間隔に及ぼす影響. *日本レーザー医学会誌* 6 : 175-178.
- 32) 篠原秀樹(1985) : 半導体レーザーで除痛効果を探る. *モダンメディスン* 85 : 42-45.
- 33) 白戸千之他(1987) : 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.
- 34) 杉山博通(1983) : 糖尿病における R-R 間隔変動. *糖尿病* 26 : 661-669.
- 35) 須田光明他(1988) : 内因性オピオイド物質. *Pain* — 痛みの基礎と臨床 (高倉公朋, 森健次郎, 佐藤昭夫編), 朝倉書店, pp. 86-96.
- 36) 若林克己他(1982) : ラジオイムノアッセイ. *内分泌実験講座* 5 ホルモン測定法 (上). 講談社, pp. 97-126.
- 37) Walker J (1983) : Relief from chronic pain by low power laser irradiation, *Neuro-science Lett* 43 : 339-344.
- 38) Wheeler T and Watkins P J (1973) : Cardiac denervation in diabetes. *Brit Med J* 4 : 584-586.
- 39) 山本博之他(1980) : ラットにおけるレーザー照射の鎮痛効果について. *第20回日本ペインクリニック学会総会抄録集*, p. 40.