

最近の技術から

低エネルギーレーザーの治療への応用

神川 喜代男

明治鍼灸大学臨床医学教室 〒629-03 京都府船井郡日吉町

1. まえがき

1903年狼瘡の光線療法でノーベル賞を授けられた Finsen は、照明灯、窓ガラス、カーテン、壁などを赤色で統一した部屋で痘瘡患者の治療を行ない、痘痕を残さずに短期間で治癒させた。一般に赤色光線は興奮作用、青色光線は鎮静作用があるとされ、色彩療法は多分に心理的効果によるものと考えられている。しかし Mester は難治性潰瘍に対するレーザー治療で、光線治療が生体組織の刺激によることを証明した。最初ルビーレーザーが使用され、その後 He-Ne, Ar, 半導体, YAG, そして CO₂ レーザーが使用されるに及んで、光線治療効果を波長特性のみで論ずることがむずかしくなった。当然レーザーのコーヒレンズに注目されるが、通常の赤色光線で治療効果が得られるではないかと反論する論文もある。ここでは低エネルギーレーザーによる治療と呼ばれているものを、レーザーによる生体刺激を利用した治療と理解して、最近の動向を述べる。

2. 創傷治癒促進効果

Mester は組織を破壊するには至らない低出力のレーザーに発がん作用があるか否かを検討する目的で、剃毛したマウスの皮膚にルビーレーザーを反復照射した¹⁾。発がんは認めなかったが、1 J/cm²/impulse の照射条件では発毛の促進がみられることから、レーザーによる創傷治療の臨床を 1971 年から開始した。そして He-Ne または Ar レーザーの 4 J/cm² 照射が創傷治癒を促進し、過剰のレーザー照射は治癒を抑制することを明らかにした。この適切なレーザー照射は追試で確認され、治療基準となっている。しかしパルスレーザー照射では単位時間についての照射量が問題となるので、照射条件には照射時間を明記することが望ましい。今日 Mester が高く評価されているのは、この治療の先駆者であるだけではなく、15 の biological systems に対するレーザー照射の影響を調べた結果が、追試によって認められているからである。たとえばレーザー照射による血管の新生増殖、コラーゲン産生能の増加、白血球食作用や核酸合成の促進、プロスタグランдинの変動などである。難治性の下腿潰瘍、じょく瘡、糖尿病を原因とする潰瘍などが治療の対象となるが、最近では皮膚移植の生着率の向上にもレーザー照射が行なわれている。両足の潰瘍患者の一側にのみレーザーを照射し、対側の潰瘍にも治癒の促進がみられたことから、Mester は体液性因子の関与を考えたが、サーモグラムで両側性の血行改善が認められている。

最近の話題は偏光に関する問題である。田口らは発光ダイオードの直線偏光に創傷治癒促進の効果を認め、さらに左円偏光と右円偏光とについて検討し、偏光とコラーゲンの構造との関係を推測している²⁾。岡田らはミオグロビンに He-Ne レーザーを照射し、CD スペクトルの解析から蛋白質高次構造ゆらぎに及ぼす影響を検討している³⁾。コーヒレンズに関する問題は、後で再び述べる。

皮膚の創傷だけではなく、骨折や病的な骨組織に対するレーザー治療が報告されている。He-Ne, YAG, Ar 色素レーザーなどが使用され、骨組織の修復が X 線写真で証明されている。歯牙ではレーザー照射によって第二次象牙質様硬組織の増殖が認められている。整形外科では難治性遷延性治癒骨折に直流通電治療や、体外から変動磁場を与えることによる誘導電流を骨に発生させる治療が行なわれている。磁場が硬組織の細胞に影響を及ぼすことから、レーザーの電磁界に及ぼす影響を検討すべきではないかと思われる。

3. 消炎作用と鎮痛作用⁴⁾

一般に消炎作用と鎮痛作用とは同時にみられるために、消炎、鎮痛作用と一括して取り扱われるが、ここでは両者を分離して述べる。レーザーによる消炎作用は、慢性関節リウマチや、捻挫やテニス肘などのスポーツ外傷での効果が認められている。Goldman らは慢性関節リウマチに Qスイッチ Nd レーザーを照射したが、鎮痛効果を認めたにすぎない。小山田らの He-Ne レー

ガによる慢性関節リウマチ治療では、血液や関節内穿刺液の成分の変動が経時的に分析され、レーザー照射部の関節内組織が手術摘出標本によって組織学的に検索されている点で高く評価される。かれらはセロトニンやプロスタグランдинなどの生理活性物質の変動を調べ、セロトニンの代謝産物である5ハイドロオキシンドール酢酸の増加や、PGE₂の減少を報告しているが、他の報告と一致するものである。

レーザーによる鎮痛作用は、創傷、慢性関節リウマチ、歯牙、歯肉に対するレーザー照射ではからずも認められたと報告されている。意図的にレーザーによる鎮痛を試みたのは Plog である。彼は針通電治療をレーザーで置換することを計画し、Kroy の協力によって He-Ne レーザー治療器を開発した。そして経絡治療のツボにレーザーを照射することによって、各種の痛みが緩和されることを報告した。筆者もこれを追試し、レーザー刺激強度を増すために、富士写真光機の協力で YAG レーザー治療器を開発した。欧州では半導体パルスレーザー治療器の開発が進み、わが国では半導体連続波レーザー治療が普及した。半導体レーザー治療は、小型で管理維持や使用が簡便であるため広く使用されている。

鎮痛効果の評価には心理的影響を除外しないので、臨床では二重盲検によってその効果が確認される。これに対して動物実験では、レーザー照射による痛覚閾値の上昇で確認される。山本らはラットの前足のツボに半導体レーザー（波長 830 nm、出力 80 mW、4 Hz, 50 ns）を最長 60 分間連続照射し、後肢加圧法で痛覚閾値を調べた。その結果、照射時間の延長とともに痛覚閾値が上昇し、照射中止後しだいに痛覚閾値は減じた。出力 40 mW の照射では痛覚閾値の上昇を認めなかった。また内因性オピオイドに拮抗するナロキソンによって、レーザー照射の効果が部分的に抑制された。これらの実験結果は、レーザー照射量に依存する鎮痛効果を示すが、一方ナロキソンで完全に抑制されなかつことは、レーザーによる鎮痛効果には内因性オピオイド以外の作用機序が関与することを示唆する。そしてより出力の高いレーザー治療の使用を勧めるようであるが、実際には出力 10 mW の治療器で鎮痛効果が認められている。この事実はレーザー治療の作用機序の複雑さを物語るものであり、また正常組織と病的組織とではレーザー刺激による生体反応が著しく異なることによるものと考えられる。

一般に低エネルギー レーザー治療に際しては、照射部にはなんの感覚も生じない。出力 100～200 mW の

YAG レーザーのスポット径 2 mm の照射では、局所の皮膚温の上昇は 4 °C 前後で、熱感を生ずることはない。症例によってほのかな温もりを照射部に感ずることがあるが、局所に生じた血管反応による温もりである。出力 10 mW の半導体レーザー照射では、0.5 °C くらいの皮膚温の上昇を認める。これに対して尖頭出力 10 W、半值幅 100 ns、数 kHz の半導体パルスレーザー照射では、鋭敏な患者ではビリビリとした機械的刺激感覚を訴える。したがってレーザー刺激には軽微な熱効果と acoustic 効果があると思われる。Fröhlich の唱えたマイクロ波の nonthermal resonant effect がレーザー刺激にも当てはまるか否か検討を要する。

4. おわりに

低エネルギー レーザー治療には、上記の治療以外にケロイドや色素斑の治療など興味のある研究課題がある。レーザー鎮痛を取り上げてみても、痛みの局所への直接照射と、痛みの局所から離れたツボへの照射とは、果して同じ作用機序によるものかの問題が残されている。そもそも生体にはホメオスタシス（恒常性維持）の保全機能があり、適切な刺激によってこの機能が賦活されると考えられている。低エネルギー レーザー治療とは、このような生体に対する適切な刺激による photoactivation と考えられる。これに対して、本文では言及しなかったがんに対する photodynamic 作用を利用したレーザー治療は、一重項酸素による photoinactivation とみなされる。

今後の低エネルギー レーザー治療は、細胞レベルから分子レベルでの研究、とくに細胞膜、生体高分子、構造水に的を絞った研究へと進み、臨床では各種疾患に対する適応と非適応を明らかにして、より効果的な治療手段の開発に向かうものと思われる。

文献

- 1) E. Mester: "Laser application in promoting of wound healing," *Lasers in Medicine*, Vol. 1, ed. H. K. Koebner (John Wiley & Sons, Chichester・New York・Brisbane・Tronto, 1980) pp. 83-95.
- 2) 田口喜雄、黒川良望、大原 到、稻場文男、葛西森夫: "低出力レーザーの臨床応用—低出力光照射の創傷治癒促進効果", 日本臨牀, 45 (1987) 749-755.
- 3) 岡田基広、藤原 修、加藤一夫、阿座上孝: "低エネルギー レーザー光の蛋白質の構造ゆらぎに及ぼす影響", レーザー研究, 15 (1987) 38-43.
- 4) 神川喜代男、田和宗徳: "低出力レーザーの臨床応用—鎮痛、消炎作用", 日本臨牀, 45 (1987) 756-761.

(1987年12月29日受理)