

放射線科学

## レーザーの臨床応用

岡江 俊治

レーザーは1960年に米国で開発されてから、急速に普及し、電気通信その他の工業分野に続いて医学への応用が始まりました。現在では多数の診療科が日常診療にレーザーを利用しています。筆者自身も多少ではありますが、名古屋大学医学部放射線医学教室在籍時および現在の所属施設でレーザーを利用した診療を行っています。今回私見に基づいて医用レーザーの現状と将来展望を述べてみます。まず初めに筆者の経験を申しますと、学生時代、東洋医学に興味があり、サークル活動をしていた体験を生かして、レーザーを鍼灸治療に応用してみました。具体的には、低出力であるヘリウムネオンレーザーを東洋医学で確立されている経穴（ツボ）に照射する方法で、癌患者さんを対象としたいわゆる癌性疼痛の除去あるいは軽減効果を目的として行いました。その結果、二重盲検テストで有効性が確認されました。しかしながら経穴に対するレーザーの作用機序については、その後多くの報告がありますが、定説までには至っていません。気管支ファイバーを用いたレーザー照射も行いました。使用したレーザーはネオジウム YAG を媒質とした固体レーザーです。直接観察できる病変をレーザーの熱凝固作用で蒸散する方法であり、進行した肺癌が気道を閉ざしているような場合に、開存させて呼吸困難を改善するのが目的です。もうひとつヘマトポルフィリン誘導体（HpD）を用いた癌の光線力学治療（Photodynamic therapy 略して PDT）も若干行いました。HpD とは正常組織に比べて癌組織への取り込む割合が大きい色素の一種であり、投与後にある特定の波長のレーザー光（アルゴンダイ）を照射すると、物理的励起状態になります。その状態は不安定であり、直ちに安定な基底状態に移行する際に活性酸素が生じ、取り込まれている癌組織を破壊します。即ち正常組織を温存しながら癌治療ができるという理想的な方法です。ただしこの治療法には大きな副作用があります。HpD 投与後日光に体をさらすと、光線過敏性皮膚炎を生じやすいことです。数日間は室外へ出ないようにする必要があります。以上の診療行為は1996年までに医療保険が付与されてから、徐々に普及するようになりまし

た。現在レーザーの臨床応用をおこなっている診療科は麻酔科、消化器内科、呼吸器内科、循環器内科、胸部外科、消化器外科、整形外科、泌尿器科、産婦人科、形成外科、皮膚科、歯科、および放射線科等であり、学会で発表されている研究および診療内容は多岐にわたっています。また一般医家（開業医）からの発表が多いのも目立ちます。例えばレーザーによる脱毛、顔面皮膚のレーザーリサーフェッシングによる皺取り、および老人性色素斑の除去等です。現在そのうち、低反応レベルレーザー治療（Low-reactive Level Laser Therapy 略して LLLT）と波長可変レーザーが注目されています。LLLT とは組織反応を生じるが障害は起こさないような、60mw～1000mw 程度の低出力レーザーを使用する治療と定義されています。この治療の適応を列記しますと、

- 1) リハビリテーション：片麻痺や脳性麻痺での機能訓練、等
- 2) 整形外科：腰痛、関節痛、骨再生促進、スポーツ障害、等
- 3) 形成外科：皮弁術後の血行障害、肥厚性瘢痕、ケロイド、等
- 4) 皮膚科：帯状疱疹、アトピー性皮膚炎、等
- 5) 麻酔科：神経ブロック、ペインクリニック、等
- 6) 歯科口腔外科：顎関節症、末梢顔面神経麻痺、象牙質知覚過敏症、等
- 7) 東洋医学：鍼灸治療への応用

使用するレーザーは、媒質がヘリウムネオンや半導体等の比較的安価な装置が主流となっています。そのため、大学病院等の研究機関だけでなく、一般医家でも日常診療に用いられています。保険請求が可能になったことも普及している大きな理由と考えられます。LLLT の歴史を簡単に述べますと、1971年にハンガリーのメスターが皮膚潰瘍の治癒促進にルビーレーザーが有効であったと報告して以来、様々な臨床応用の試みがありました。1976年にカナダのプログ、1979年に神川が疼痛治療の有効性を報告してから本邦でも話題となり、多くの基礎実験や追試報告が出ました。しかしながら二重盲検テスト等の客観的評価が乏しかったことや、有効性が疑問であった診療報告が重なった等の理由により、一時下火になった印象がありました。しばらくして約10年ほど前から、客観的な作用の評価が徐々に増え、有効性が認められた報告も複数の診療科から出るようになりました。LLLT で用いられるレーザーの作用機序は光作用が主体であり、熱作用は関与していません。生体への影響は知覚神経や交感神経への作用、骨組織形成促進作用、血管への作用、等が挙げられます。生体組織に光が照射されると、表面で反射する光と組織内を透過する光に分かれます。その現象は光の波長により異なることから、組織の表面を反射させる方法と透

過させる方法とを使い分ける場合、波長を自由に変えることができればいずれにも利用できるレーザーとなります。また前述の PDT を行う場合、腫瘍等への取り込みが正常組織に比べはるかに多い色素を選択して、その色素へ特異的に吸収され、かつ活性酸素を生み出して腫瘍を破壊するような波長のレーザーが得られれば、より大きな効果が期待できます。現在臨床で用いられているレーザーは、特定の媒質の原子や分子からの誘導放出で得られた光子を、二つの平面鏡を用いた光ポンピング作用により増幅する方法で、波長や位相のそろった光として得られるものです。誘導放出とはエネルギーの高い原子あるいは分子に特定の振動数の電磁波が照射されると 2 個の光子を放出してエネルギーの低い原子や分子になることをいいます（それに対してエネルギーの高い原子あるいは分子が、低い状態に移行するときに 1 個の光子を発生するのが自然放出といわれる）。媒質の種類により発生するレーザーの波長が決定されます。したがって希望する波長のレーザーを発生させるために、媒質の物理特性を変化させる試みが数多く行われてきましたが、並大抵の苦勞ではなかったようです。結局波長可変レーザーの有用性は長い間言われてきたものの、その実用化はごく最近になってからです。自由電子レーザー（Free Electron Laser 略して FEL）がその点で期待されています。FEL は大阪大学の栗津の報告によれば、その波長の広帯域可変性、操作性、独自性により未踏の学術・研究領域を探求する「夢のレーザー」と表現されています。FEL は光速に近い高エネルギー電子が真空中において磁場の影響で蛇行するときに、その接線方向に放出される電磁波（シンクロトロン放射光）が複数生じ、そのうちのいくつか干渉しあって発生した単色光を増幅、発振させたものといわれています。したがっていままでのレーザーに比べて気体、固体、液体等の媒質が不要となります。FEL の特徴は波長の可変性だけでなく、ピコ秒のパルス特性により、生体に対して生ずる光化学反応、光熱反応、光衝撃反応を臓器、細胞、DNA の各レベルで制御できる可能性があるといわれます。現在その臨床応用として、近赤外線波長域で生体成分の選択的除去、硬組織の表面改質、細胞内への色素導入等が報告されています。一般の診療レベルで利用可能になるのはいつ頃になるか、まだはつきりしませんが、今後の展開に注目しています。以上、レーザーの臨床応用に関して、筆者の多少の経験と最近のレーザーに関する学会での発表のうち、個人的に関心を持っている内容を紹介させていただきました。

（安城更生病院 放射線科部長）