レーザーの外科臨床への応用

葛西真一、水戸迪郎

旭川医大第2外科

Present and Future of Laser Surgery

Shinito Kasai, Mitio Mito

2nd Dept. of Surgery, Asahikawa Medical College

Recent advance in surgery owes not only to the development of operative techniques but also to the development of instruments which support surgical operations. Operative procedures consist mainly of incision, hemostasis, and suture, but incision is the reverse procedure to hemostasis, and it has been a dream for surgeons to incise without bleeding. An electric knife, well known as Bobby, is an evolutionary instrument which enables us simultaneous incision and coagulation. However, its ability for hemostasis is still limited. Resection of solid organs, especially the liver, sometimes involves much bleeding. Therefore the further development of new methods or instruments have been long-expected to realize safety incision without bleedings. Since the first success in transmission of laser beam was reported by Maiman in 1960, application of laser beam has been attempted in every fields. As a matter of course, introduction of it was tried immediately also in medicine. In surgery, laser beam has been investigated of its availability for a tissue dissector which involves no bleeding, coagulator, or diagnostic and therapeutic instruments. In this article, the history of laser beam during these 30 years and its future aspect will be discussed.

1、はじめに

外科治療の発展は、手術手技の向上もさることながら、手術をサポートする周辺機器の開発に負うところも大きい。手術操作の基本は、切開、止血、縫合であるが、切開と止血は相反する行為であり、出血させずに組織を切ることは外科医の夢である。ボビーの名で知られている電気メスは、切開と止血機能を同時に発揮する

ことのできる、画期的な発明であった。実質臓器とくに肝臓の切除はなお出血との戦いであり、出血させずに組織を切る方法や道具が待望されていた。一方、レーザー光線の発振の成功が Maiman によって 1960 年に報告されて以来、夢の光として、あらゆる領域への応用が期待され、当然のことながら医療への導入も直ちに試みられ、外科においては無血手術メス、コアギ

ュレーター、癌の診断と治療などの可能性が検討された。

本項では、その 30 年の歩みを振り返りながら、今後の展望について言及する。

2、外科領域におけるレーザーの変遷

レーザー光線の発振の成功まもなく、本邦では渥美らがルビーレーザー、CO₂ レーザー装置を開発し、臨床応用のための基礎研究を始めた（1965）。そして 1970 年代に入ると、CO₂、アルゴン、Nd:YAG レーザーなどが次々と臨床に試みられ、外科領域ではとくに、体表外科、脳外科、口腔外科などへの応用が早くなされた。1975 年には Laser Surgery の第 1 回国際シンポジウムがイスラエルの Kaplan により開催され、CO₂ レーザーシステムである Sharplan 791 による臨床治験例が多数報告された。同年 New York Academy of Sciences では 3 回目のレーザー関連の会議が開催され、医用レーザーのセクションでは 7 題の演題が発表された。また、1977 年には Neuherberg で医学、生物学の国際シンポジウムが開催され、臨床応用に関する発表も行なわれ、これら各会議における proceedings はその後の研究者たちの教科書ともなった。

本邦では第 1 回医用レーザー研究会が 1997 年に開催され、第 4 回目が、第 1 回日本レーザー医学会となって今日にいたっている。その頃すでに医用とくに外科領域のレーザーシステムとして多機種が開発されており、CO₂ では Sharplan 791, Cavitron AO 300, 日本赤外の Laser 60,100, 持田の MEL-442, アルゴンでは、Lexel 295, Spectra Physics 770, Nd:YAG では

NEC の SL 115, MBB medilLas YAG などがあつた。これらのシステムはいずれも高価であり、またいちいち臨床治験の認可を得なければならないなどの理由で、だれもが簡単に試用するというわけにはいかず、したがって、各レーザーを使用したうえで適応に関する比較を行なうには限界があつた。次に、これら 3 種のレーザーシステムの展開について少し触れてみる。

2-1、CO₂ レーザー

Kaplan が Sharplan 791 を用いて多数の体表外科領域のレーザー手術を行なっていたが、1977 年に Nimusakul らが本システムを導入し、同様に多数の体表外科領域の治療を試みその有用性を報告した。また、滝川らは持田製薬と CO₂ レーザーシステムを共同開発して、脳腫瘍のレーザー治療に効果を上げていた。同様に三橋らは耳鼻咽喉科で、尾上らは泌尿器科での応用を試みた。臨床経験から CO₂ レーザーの特徴を述べると、defocused beam を効果的に使うと出血量を減らすことが可能、極めて繊細な手術が可能、切開縁の熱凝固壊死層が薄く創治癒も良好、vaporization による腫瘍の焼却を無血下で出来る、ME 機器に干渉しないなど、従来の電気メスなどとは一味違う優れた能力を発揮した。欠点としては、装置が大型で高価、多関節ミラー方式なので操作性に問題、vaporization 時の煙の発生、非接触操作のため深度コントロールが難しい、腹部外科とくに出血しやすい臓器である肝切除には限界があるなどがあげられよう。臨床例を重ねるに従い CO₂ レーザーの出力は 20-30W でほぼ十分であることが解り、装置も小型、軽量化が

進み、また、導光路として光ファイバーの使用が可能になりその操作性も向上し、近年システムは格段に進歩したといえよう。

2-2、YAG レーザー

波長 1,06 μm の Nd:YAG レーザーは浸透深度が深く、導光路として光ファイバーが利用できるところから、内視鏡と併用して、切開よりもむしろ止血、凝固や組織の焼却除去に主に使用された。ドイツの Kiefharber らは MBB の mediLas YAG を用いて、食道静脈瘤や胃、十二指腸潰瘍などからの出血に対する止血法として、本レーザーシステムが極めて有用であることを報告した。著者らも、昭和52年頃、本システムを使用する機会を得、早速当院第3内科の内視鏡グループと共同研究を行ない、切開や止血、凝固能力を動物実験で調べ、また、胆石の破壊効果などを検討した上で、臨床応用を試みた。当時は、出血性胃、十二指腸潰瘍は稀ではなく、有効な内視鏡的止血法が模索されていたこともあって、レーザー止血法がおおいに期待され、内視鏡学会などでもシンポジウムとして取り上げられおおいに議論された。その結果、平均止血率約70-80%という成績がえられたが、食道静脈瘤や大量出血で出血点が不明な例、潰瘍底の深い例、露出血管径の太い潰瘍などでは限界があることが明らかとなった。内視鏡自体も太く直視型しかなかったり、レーザーファイバー先端の汚染の防御法も不十分だったり、また、3層200Vという大電源が必要だったり、ハードの面でもいろいろと制約があった。われわれは、この消化管出血例以外に、消化管癌や難治性胃潰瘍の治療にもレーザー

照射を試み、極めて優れた成績が得られることを見出した。とくに、高齢者や合併症で手術適応から除外された早期癌や、進行癌で消化管の狭窄症状や出血を示す例の quality of life の維持などにも有用であった。

一方、外科領域ではどうかと言うと YAG レーザーはやはり切開能力に限界があって、メスとして使用するには不適であった。そこで石英をメス状にして、刃の先端からレーザー照射をしながら組織を切る laser blade (1978 Auth ら、1979 西坂 ら) が開発されたが、切れ味、blade の損傷などの点で実用には至らなかった。近年ニューセラミックスの登場に伴ない、各種の内視鏡のマイクロチップ、ロッドあるいはサージカルロッドなどが開発されて、非接触式照射法から接触式照射法が主流となり、レーザーパワーの効果的な使用法が確立されつつある。しかしながら、一般外科領域、とくに消化器外科領域では無血メスとしての活躍の場は得られていないのが現状であろう。

2-3、アルゴンレーザー

アルゴンレーザーも optical fiber を使用出来るところから、ドイツの Frumorgen らが内視鏡と併用して YAG レーザーと同様の目的に使用できることを報告した。アルゴンレーザーは YAG に比し浸透深度が浅く、その波長がヘモグロビンに吸収されるところから、小出力で消化管出血が止血でき、穿孔の危険性はよりすくないといわれたが、止血能力は YAG に及ばないとして、あまり普及するには至らなかった。

3、新しいシステムと今後の展望

近年の光学材料の進歩と内視鏡システムの発展には目を見張るものがあり、また内視鏡のテクニックも飛躍的に向上してきている。一方、消化性潰瘍の薬物治療が進み、以前のような出血性胃、十二指腸潰瘍も容易に制御可能となり、さらに硬化療法によって食道静脈瘤のコントロールも大変効果的に行なわれる様になって、今日では、消化管出血とレーザー内視鏡という項目は消失したといっても過言ではなかろう。さらに消化管の腫瘍も内視鏡的には高周波電気凝固法が安価でかつ組織が得られるという点でレーザーに勝るようである。また、胆石の除去（とくに肝内、総胆管結石）には内視鏡的乳頭切開下での鉗子による除去が簡単に行なわれ、電気水圧衝撃波法は安価で有用である。最近では体外衝撃波結石破碎装置も開発されている。このように、消化管出血、腫瘍、結石などの治療領域では、レーザーが勝る、あるいは、レーザーでなければならないという適応はもはやなさそうである。

一方、外科領域ではどうであろうか。サージカルロッドを用いた YAG レーザーはその切開能が向上し、CO₂ レーザーも optical fiber が開発されて、いずれも術野が狭くてかつ繊細な手術を必要とされる領域では、電気メス、超音波吸引器などと優劣を競っているところである。一般外科、とくに腹部実質臓器を含む消化器外科領域におけるレーザー手術に関して、レーザー医学会における発表論文を見ても、この数年間は全く発表がない。著者らの手術部にも CO₂、YAG の両システムがあるが、体表外科、耳鼻咽喉科以外の使用は極く稀である。このよ

うに、腹部外科領域においてはあまりそのメリットを発揮できないレーザーであるが、他の外科系診療科においてはどうかというと、“無ければ無いで仕様が無いが、あれば大変便利である。ただし形成外科、眼科では必須である。”というのが一般的な反応であろうか。

さて、現在臨床で使用されているレーザーをあげると、CO₂、YAG、Argon-dye、Ruby、He-Ne などが主で、最近 KrF、KTP、CO などの新しいシステムが検討されてきている。波長から見ると、KrF の 0.248 から CO₂ の 10.6 μm まで広い波長帯にわたるレーザーが使用されている。これらのシステムは、各々の目的に応じて使い分けることによって、その波長の持つ最大の特徴を引き出すことができるわけで、したがって一台で代用するというわけにはいかない。かといって、高価なシステムを何台も揃えることは不可能である。このようなことから今後のレーザーを考えると、最も大掛りなシステムは、波長可変の大出力レーザーによるセントラル、サブライシステムであろう。そして、一般病院向けのシステムは、目的を限定した低価格でコンパクトなシステムということになるだろうか。

4、おわりに

Maiman のレーザー発振の成功から僅か30年しか経っていないのに、光通信網は世界中に張り巡らされ、われわれの日常生活はもはやレーザーシステムが無ければ成り立たないといわれる様になった。医療における検査、診断部門もまた然りである。治療部門でも、“あれば便利”から“無くてはならない”システムが増えつつあり、客観的かつ科学的な評価を加えながら、新しいシステムの誕生を期待したい。