レーザーオリジナル 1

脳外科用炭酸ガスレーザーメス実用機開発の研究Ⅲ

滝澤 利 明*

(1978年6月10日 受理)

Studies on the Development of a Practical Model of the Carbon Dioxide Laser Surgical Unit for Neurosurgery (Part Ⅲ)

Toshiaki TAKIZAWA*

(Received June 10, 1978)

5.2 その他の臨床領域への応用

5.2.1 皮膚科

色素性母斑及び、単純性血管腫 (portwine mark) に対しては色依存性を利用してアルゴンレーザーやルビーレーザーが従来用いられているが、CO₂レーザーはこれらとまったく異った作用機序で有効に利用できることを知った。病変の面積が広い場合は全身麻酔下に、また、狭い場合は局所麻酔下に50W程度の出力で直径数mmのdefocused beamで照射するとまず表皮の一部が瞬間的に層状に剝離して風船のように膨隆する。これは組織液が蒸気になって爆発的に膨張するからである。beamを速いスピードでscanさせてから、生理的食塩水を侵したガーゼで一ふきするとこの剝離した層は容易にとり除かれる。この際、病変が浅いcaseではこの一回のscanで色素沈着も血管腫も消失する。そして出血も、浸出もみられず露出した面は平滑であり、焼きこげもみられない。病変が深い場合は、更にもう一回照射する。2回目からの照射は直径を少しせばめてやや焦げ目がつく程度の方がよい。これを同じく生理食塩水に浸した

ガーゼでふきとる。この操作を病変が消失するまで重ねる。手術は大変迅速に容易に行われる。現在、術後経過をfollow up中であるがこれまでのところ経過は良好である。この術式を著者はlaser peelingと呼んでいるが、laser peeling直後は周辺の皮膚に比して、白すぎるが、10日目には健常の皮膚の色調が戻って来はじめる。peelingによる術直後の浅い陥凹は3日目に周辺と同じ高さに戻る。現在までのところ、scarやケロイドを残した症例はないが今後follow upする必要がある。またケロイドの治療にも優れた成績をあげている。皮膚癌の除去などにもよい適応である。皮膚科手術用にも出力は大きい方が効率がよい。defocused beamの直径を大きくできるからである。

5.2.2 婦人科

婦人科領域では現在のところ子宮腔部びらん cervical erosionの治療に適用し、良い結果を得ている。子宮腔部びらの治療法としては現在 cryosurgeryが一般に行われているが帯下がきわめて多く、患者の言葉を借りるならば「水道のように出る」と言う。多い時は1日に

* 東京大学医学部脳神経外科, 中央鉄道病院脳神経外科

* Department of Neurosurgery, Faculty of Medicine, University of Tokyo.

* Department of Neurosurgery, Central Hospital of Japanese National Railways.

100mlから200mlに達し、パットの交換など患者にとってわずらわしい。しかし、CO₂レーザーで移行帯の円柱上皮を十分気化にすると術後、帯下も出血もほとんどない。そしてまたこの方法は、電気焼灼より優れている。

5.2.3 外科

痔瘻の根治手術は便利である。瘻孔にゾンデを通し、これを目標にして皮膚、皮下組織瘻孔と一気にCO₂レーザーで切開し瘻孔を肉芽や細菌と共に高温で気化消滅してしまう (Fig. 50)。そのあと一時的に縫合してしまうことが可能である。手術は10分以内で終了する。従来の方法では、組織の欠損が大きいCO₂レーザーでは最少限ですむ。

Fig. 50 Laser surgery of the hemorrhoidal fistula. The blunt probe is inserted into the fistula to indicate the target of vaporization.

その他、肝臓手術、脾臓摘出術等ではレーザー照射に先立って一過性に血管を遮断すると出血が少ないことがわかっている。胃切除術も試みられたが、これは従来の鋼メスの方が軽便であり、外科医はその必要を認めない。

以上の他に、耳鼻咽喉科の手術（声帯ポリープ等）に有用であることは報告されているが、著者らには現在のところ自然例がないので割愛する。耳鼻咽喉科領域ではJako⁷⁾や三橋⁸⁾すぐれた実績をあげている。CO₂レーザーは、今後、ここに述べなかった臨床領域でも新しい適応が発見され、laser surgeryの新しいtechniqueが開発されるであろうと思われる。

6. 安全性について

6.1 使用上の安全性

実用機の必要条件の一つに安全性の確保が容易で且つ、確実になければならないという点がある。CO₂レーザーの場合は眼球の保護とその他の組織の保護と言う二点についてレーザーメスを扱う医師、看護婦、見学者側と患者の双方の保護を考慮せねばならない。

6.1.1 眼球の防護

6.1.1.1 CO₂レーザー

幸い、波長10.6μのCO₂レーザーはガラスを透過しないので、メガネをかけているものはそれでよいし、そうでない者は、素通しのメガネをかければよい。色付のメガネの必要はないので手術野の色調を損わずにすむ。ゴーグルは不便で実際問題として手術には使えない。第一にガラスが曇りやすい。第二に側方の視野を防げる。通常の型のメガネで十分である (Fig. 51)。

Fig. 51 The spectacles with the plain glasses which the author wears during the laser surgery for the protection of the eyes. surface-active agent (surfactant) is necessary to prevent the lenses from collecting moisture (right side). No spectacles are needed when the surgeons look into the operating microscope.

著者らはこの点を確認するために、手術室の照明をすべて消し、手術野の金属器具（吸引管、ピンセット、脳ベラ）にHe-Neレーザーを照射し、術者のメガネのレンズに厚紙を貼って眼球が十分に反射光から防護されているか否か、写

真で確認した (Fig. 52)。その結果, Fig. 53の

Fig. 52 Spectacles covered with the pieces of a thick paper were prepared for the experiment on the eye-protection.

Fig. 53 The eyes are completely protected from the laser beam reflected by the surgical instruments when the operator wears the ordinary glasses.

如く, 眼球は完全に陰に入り, 安全であることがわかる。メガネと顔の隙間から, 眼球にレーザー光が入ることは実際にはない。成書や文献に見られるようにゴーグルやアスベストの手袋をつけ, 重いガウンを着て, しかも手術室の入口に「レーザー使用中につき立入禁止」のサインを出さなくてはならぬとしたら, 実際問題として臨床手術は不可能であり, またその必要はない。従って今後, そのような安全基準を公的に定める時には実際にレーザーを使って手術を行っている臨床医を中心に project team をつくって検討すべきであり, 初期の頃の観念や基準をそのまま借用するのは不要な足かせをはかせることになるので非現実的である。しかし, メガネをかけずに CO_2 レーザーの一次光をのぞ

くことは絶対, 避けねばならない。Fig. 54は家兎の眼球の角膜に CO_2 レーザーの focused beam を出力30Wで 0.5秒間, 照射した標本である。

Fig. 54 Cornea is perforated in the instant of staring into the CO_2 laser beam when it is not protected with glass.

角膜は瞬間的に穿孔し, 前房水が流出する。水晶体の前面のカプセルもわずかに影響が及ぶ。現実にはこのような状況が手術中に生ずることはないが, もし生じたとしても, 実際には一種の逃避反射で顔を瞬間的にそむけるので障害がそれ以上, 深部に生ずることはない。 CO_2 レーザーは水に 100% 吸収されるので水晶体も, 硝子体も透過しないので, これらが気化消滅しない限り, 網膜には達し得ない。Fig. 55は, 家兎

Fig. 55 The cornea remained intact after lasing when it was protected with a plain glass.

の眼球の前にスライドガラスを置いてこれに CO_2 レーザーの一次光を照射した場合の標本であるが角膜は完全に保護されていることがわかる。同様の実験は反射光を用いても行われた。金属製の軟膏ペラを 45° の角度に固定し, 上方

より出力20WのCO₂レーザーを照射してbeamを水平に反射させ家兎の眼球に0.5秒ずつ5回照射した。家兎は照射のたびにまばたきをする。CO₂レーザーは不可視光であるが角膜がわずかながら刺激されているのである。照射後、fluorescenceの溶液を点眼し細隙灯顕微鏡で観察すると角膜潰瘍が緑色に染まってみえる。しかし、ガラスで覆った方の眼球はintactである。

6.1.1.2 He-Neレーザー

我々のCO₂レーザーメスは3号機MODEL MEL-442 "TAKYTOM-77"よりガイド光としてHe-Neレーザーを内臓している。従ってHe-Neレーザーそのものの眼とその他の組織に対する安全性をも実験して確認する必要がある。"TAKYTOM 77"に内臓されているHe-Neレーザーは低出力で2mW程度であり、これが途中で減衰されhandpieceの出口では1.2mW以下になっている。著者らはSpectra-Physics社製の定出力1.5mWのHe-Neレーザーを用い黒色家兎の眼球を一次光で直接1回60秒ずつ週3回、6ヶ月間照射し、眼底カメラで、週1回ずつ観察したが、角膜、水晶体、硝子体等の透明体はもちろんのこと網膜にもなんらの変化を認めなかった。(Fig. 56) ガラスを眼前にお

Fig. 56 Fundoscopy of a black rabbit after a long-termed exposure to He-Ne laser. 30 diopter convex lens was attached to the fundus-camera (Kowa type RC-11).

いた実験も実地の手術に準じて行われたがもちろん何らの異常を認めなかった。白色家兎の網膜は色素に乏しく、ヒトの眼球の代用にならないので有色家兎(茶、灰、黒色)が用いられた。

CO₂レーザーの場合と同様の方法でHe-Neレーザーの反射光の実験も行われたが、結果は予期どおり異常を認めなかった。

He-Neレーザーは波長6328Åで赤色光であり、角膜、前房水、水晶体、硝子体等の透明体には吸収されず透過して網膜色素層に吸収される。上述の如く、ガイド光に用いるような低出力では網膜にはなんらの変化もないが、Kohtiao⁹⁾によれば、25mWの高出力He-Neレーザーで2.5秒照射すると網膜に変化が来るという。著者らは国鉄新幹線のトロリー線摩耗を検出記録する装置に内臓される高出力He-Neレーザーを黒色家兎の眼球に照射する機会を得たのでKohtiaoの実験の追試¹⁰⁾を行った(Fig. 57, 58)。

Fig. 57 The lesion produced on the retina adjacent to the papilla of a black rabbit after irradiation of He-Ne laser with an output power of 26.5mW and an exposure time of 3 sec (arrow). But similar lesion was produced with an exposure time of 1 sec.

出力26.5mWでは1秒間の照射でも網膜は損傷された、しかし透明体には何らの変化も認められなかった。眼底カメラでfollow upしたところ、この網膜の急性所見は4週間で消褪した。

6.1.2 その他の組織

6.1.2.1 CO₂レーザー

その他の組織の保護は前述のように生理的食塩水その他ともかく水を含んだ綿やガーゼで覆えば完全に達せられる。通常、手術においては手術野以外は全部滅菌布で覆ってしまうので問題はない。誤まってこれらの布類に照射されると布が一部焦げるだけですむ。ゴム手袋も一次光

Fig. 58 Necrosis and edema produced on the retina of a black rabbit after irradiation of He-Ne laser with an output power of 26.5mW (power density: 5W/cm²). The lasing was performed with scanning beam and the rabbit was sacrificed 24 hours after irradiation. The arrows show the lesion. Hematoxylin-Eosine staining.

では孔があくし、反射光では多少の熱感を感じる程度であるがこのようなことは過去9年間に2~3回みられた程度である。反射光は遠くはなれた点ではpower densityがきわめて小さいのでnegligibleである。実際、過去9年間、術者や助手や看護婦に障害はみられていない。

6.1.2.2 He-Neレーザー

He-Neレーザーは網膜以外の生体組織には実害がないので問題にならない。ガイド光に用いる程度の低出力ではもちろんであるが、たとえ25mW程度の大出力でも皮膚に直接、照射してもなんらの変化もみられない。実際著者は前記の実験の折に自分の前腕の皮膚に、25mWのHe-Neレーザーを30秒照射してみたが熱感すら感じなかった。その後皮膚になんらの変化も生じていない。家兎の皮膚に出力25mWで5分間照射してもなんらの変化もみとめられなかった。¹⁰⁾ 網膜の細胞の方が皮膚の細胞よりもHe-Neレーザーに対してはるかに閾値が低いことと眼の球のレンズで網膜上に集光されてpower densityが20倍も高くなること、及び皮膚は白色でHe-Neレーザーの赤色光をある程度反射するが網膜色素層は黒色でこれを吸収するための相違であろう。また家兎の網膜の方がヒトの網膜より域値が低いと言われるから家兎で確認された安

全性はヒトに適用されても誤りでないと考えられる。

6.2 装置全体の安全性

レーザー及びレーザーシステムの安全基準に
関しての公的機関より公表されたものとしては、
現在のところ、米国のANSI (American
National Standard Institute, Inc.) のレー
ザーの安全使用方法に関するANS (American
National Standard ANSI Z 136.1-1973)¹¹⁾
が最も権威あるものである。我が国ではまだ公
的な基準がないが、日本電子機械工業会のレー
ザー技術委員会¹²⁾ がANSを中心に検討をすす
めている。今後、国産のレーザーシステムを国
外に輸出する場合はこのANSを基盤にして、
米国のBRH (The Bureau of Radiological
Health, the U. S Department of Health,
Education and Welfare)が1973年3月に立案
公表し、同年12月10日、Federal Registerに
修正案として公告、1974年9月4日にproposed
rulemakingとして再公布したレーザー製品の
施行基準Performance Standard for Laser
Products¹³⁾ (39 FR 32094)を十分、考慮し
ておく必要がある。ANSでは0.25秒以上連続
して作動するレーザーは連続波レーザーとみな
されている。そしてレーザーの危険分類をclass
I~Vまで5段階に分類しているが、著者らの
CO₂ レーザーメス MODEL MEL-442
“TAKAYTOM-77”はclass IVに属する。
class IVは直視はもとより、拡散面からの反射
光が眼や皮膚にあたることも危険な高出力レー
ザーで管理と医学的監視が必要なものである。
ANSでは0.5W以上の出力を有する連続波レー
ザーはclass IVに属する。

著者らのCO₂レーザーメスの安全装置として
は下記のものがある。

1. ガイド光

ガイド光としてHe-Neレーザー(可視光線)
を使用している。炭酸ガスレーザービーム(赤
外光線)はHe-Neレーザーに一致して出来るの
で、照射位置をHe-Neレーザーで確認してから

炭酸ガスレーザーを出すことにより、照射位置をまちがえるという事故を防ぐことができる。

2. ビームシャッター (DHEW/BRH Radiation Performance Standards, 21CFR Sub-chapter Jの1040・10の規格に従う。)

Laser beamを遮断する装置でhandswitchもしくはfoot switchをONにした時だけ、laser beamが通常できるようになっている。又、そのビームシャッターが閉じている時に、ビームシャッターを利用してレーザーの出力を連続的にモニターすることができ、そのため出力の設定が容易にでき、ハンドピース先端から出るレーザーを安全にコントロールできるので、予定外の出力がでるというような事故を防ぐことができる。

3. 手元スイッチ及びキースイッチ (DHEW/BRH Radiation Performance Standards 21CFR Sub-chapter Jの1040・10の規格に従う。)

レーザー動作のために必要な高圧スイッチ (H.Vスイッチ) が術者の手元にあるので、術中にレーザーを使わない間だけ術者はそのスイッチを手元で切っておくことができ、それより術者以外の者がまちがってスイッチを踏んだ場合でもレーザーが出ないようにになっている。又、主制御の出来るキースイッチがコントロール部についており、このキーをはずすとレーザー動作ができないようになっている。

4. ブザー (同上の規格に従う。)

レーザーがhandpiece先端から出ている時ブザーが鳴るので、術者及び周囲の人にレーザーが出ていることを知らせることができ、非常に安全である。

5. 真空スイッチ

レーザー管内の圧力がある一定値以下にならないとレーザーが動作しないようになっている。管内の圧力が50Torrになると真空スイッチがONし、100TorrでOFFするようになっており、ガス圧が高いことによるレーザー管内の異常放電を防いでいる。

6. 冷却油温度検出スイッチ

レーザー管を冷却するための冷却油の温度が十分に下がっていないとレーザー管が、非常に高温になり誤動作の原因となるので、冷却油がある一定温度以下の時にレーザーが動作するようになっている。

7. 油圧スイッチ

冷却油がきちんと流れているかどうかを検知し、冷却油が流れていない時にはレーザーが動作しないようになっている。

8. 冷却にはオイルを使用

電気を絶縁するオイルを使用しているので万一漏れるようなことがあっても電氣的に安全である。

9. ネオントランスを使用し、交流放電で動作

ネオントランスを用い、交流放電でレーザーを動作させているので、万一、ヘッド内部の高圧部に触れて感電したとしても、ネオントランスに20mA以上流れないため、電気ショックが非常に少なく、事故を最少限におさえることができる。

10. 漏電ブレーカー内蔵

電源内部に漏電ブレーカーが内蔵されているので、何らかの事情で30mA以上漏電した時にブレーカーが働き、電源が切れるようになっている。

11. ブレーキ

本体を固定するためのブレーキがあり、手術中、看護婦などが誤って本体に触れたとしても、簡単には動かないようになっており、術者の誤操作を防ぐことができる。

12. 電磁ロック

術中、レーザーを使わない間だけ一時的にヘッド部及びストローク部を固定することが術者の手元ででき、handpiece等が不潔なものに接触することを防ぐことができる。

13. 滅菌フィルター

handpieceの先端から煙の流入を防ぐ空気が出ている。その空気は滅菌フィルターを通過してきたものであるから非常に清潔である。

14. ガス滅菌が可能

ストローク部及びhandpieceは取り外しが容

易に行え、ガス滅菌が可能であるから、清潔な手術が行える。

15. dural protector

硬膜を切開する際、硬膜直下のクモ膜及び脳表を保護するために、handpieceの先端に装着するattachmentである (Fig. 20)。

7. 考察

上述の如くCO₂レーザーメスは組織の切離のみならず、凝固止血、組織の無血的気化消滅が可能で、その機能は多岐にわたり他の波長のレーザーの機能が比較的限られているのに較べると適応が広い。しかし、凝固能のみをとり出して比較するとYAG laserの方がすぐれていると考えられる。YAG laserは波長1.06μで近赤外に属し、100μの水の層を90%透過する。これに反して、CO₂レーザーは100μの厚さの水に99.9%吸収され、0.1%透過するにすぎない。従って組織の熱凝固属はCO₂レーザーより厚く、それに比例して凝固止血能力が高まる。しかし、それに反比例して切離能はCO₂レーザーにはるかに劣る。^{14), 15)} 血管網が発達して高度に出血性の腫瘍を除去する際に、CO₂レーザーだけではcontrolできず、電気メスを併用せざるを得ぬ場合があるが、もし、YAG laserを併用できれば、まずYAGレーザーで腫瘍を凝固し、次いでCO₂レーザーでvaporizeすればすべての出血は完全に予防できると思われる。しかし、その場合、問題になるのは価格と電源であろう。YAGレーザーの効率は低く、一定の出力を得るのに大電源を要する。従って、3相、200Vのコンセントを手術室に設置せねばならない。また、きわめて高価な装置を2台備えることは一般には無理であろう。

CO₂レーザーメスの将来の夢は、10.6μの波長を透過するfiber opticsの開発である。これによりYAGレーザー並のflexibilityが得られ、外科医の不満が大巾に解消すると思われるからである。すでに米軍ではある程度の成功をみたと言う情報がありTaBr等、今後我が国でも研究が進められるものと期待される。

CO₂レーザー用のfiber opticsが完成されない限り、メスの軽便さになじんだ外科医達は関節方式のsurgical armに大きな不満を抱きつづけるであろうが、その外科医達も認めている点は肝臓の手術等、実質臓器の外科である。Gonzalez¹⁶⁾らは犬の肝臓の切離縁からの出血をcontrolするのに電気メスは、CO₂レーザーメスの5倍の出血量を記録し、止血に要する時間はCO₂レーザーメスの14倍であったと記載している。しかし一方、Filder¹⁷⁾らは同じく犬の肝臓を切離する際の出血量は電気メスに比較して、CO₂レーザーメスにおいてはるかに少ないが、止血に要する時間には有意の差はなかったとしている。Hall¹⁸⁾は肝臓の切離に際して、hepatic vesselsをあらかじめ結紮しておけば出血量は電気メスで40%、CO₂レーザーメスで85%も減少させることができると言っている。これらの研究者の報告にみられる差は結局、同じ装置を使用していないこととlaser surgeryの手術手技が異なることによるが、CO₂レーザーメスが止血能で電気メスに優っている点は共通している。本邦では綿貫¹⁹⁾らがヒトの肝臓手術にModel MEL-442を用いて満足すべき結果を得ている。

S. Stellar⁶⁾はCO₂レーザーの作用が“gentle”であると述べているが、この“gentleness”は脳外科手術にとって好ましい性質である。おだやかに腫瘍組織が術者の意図するままに気化消滅する有様を実際に一度でもみればCO₂レーザーを脳腫瘍に適用することの妥当性は脳外科医なら誰でも認めるであろうと思われる。

事実、前述のStellarは初期の頃にこの良さを認めた1人で基礎的な実験をすませた後、臨床応用も行っているが使用した装置が実験機であったため、臨床応用は発展しなかったものと思える。1973年に東京に於いて第5回国際脳神経外科学会が開催された折に、著者らはDr. Stellarの来訪を受けたが、その頃我々の装置は丁度、1号機から2号機に移行する時代であった。Stellarはその頃すでに、著者らの2号機に相当する程度の装置を用いていたが、4年

経過した1977年サンパウロにて開催された第6回国際脳神経外科学会で再会した時にはすでに著者らのチームの方が脳外科用実用機の時代に入っており、米国での目立った発展はみられなかった。同学会で著者らはそれまでの実験と臨床手術を16mmカラーフィルムにおさめて上映したが、かなりの反響があった²⁰⁾一つにはlaser surgeryをはじめてみた聴衆が多かったのと日本の工業製品に対する国際的評価があったためであろうと思われる。我々の他にはオーストリアのGraz大学脳神経外科のHeppner²¹⁾とAscherがイスラエル製のSharplan 791を用いた16mm映画を上映し、StellarもAmerican Optical製の装置を用いた初期の頃の映画を追加した。また、同学会においてはじめて「脳外科におけるlaser surgery」がmorning seminarのテーマの一つにとり上げられ、Stellarを座長にHeppner, Ascher, 神川及び著者を講師として開催されたが、これはレーザーが世界の脳外科医達の関心を惹くにいたったことを示している。現在脳外科用CO₂レーザーメスを開発しているのは著者らのチームだけであるが、Ascher²²⁾らはイスラエルのLaser Industries Ltd.製の汎用CO₂レーザーメスSharplan 791を脳外科用に改良しattachmentsやmicro-manipulatorの改良を含めてMicrolaser Sharplan 733と命名している。従って現在脳外科用専用機は日本とオーストリアにあるわけである。

Sharplanの開発者の一人であるテルアビブ大学のProf. Koplan²³⁾が来日した折に著者の質問に答えて「Sharplan 791の開発に着手したのは1972年であり、自分は形成外科医なのでAmerican Optical製の装置を用いて下腿潰瘍や3度火傷等の手術をはじめたが不便なので自分自身で新しいタイプを開発することにした。そして現在のモデルに満足している。」と答えている。形成外科領域のlaser surgeryは体表の手術であり、出力も中程度ですみ、脳外科のように高出力から低出力まで極端な出力調整を要求されたり、手術用顕微鏡下の細かい要求がないのでスタートが遅くとも実用域に達するの

が比較的早かったのであろうと思われる。イスラエル製のSharplanは世界の主としてユダヤ系の病院に購入され、1975年11月テルアビブでThe First International Symposium of Laser Surgery²⁴⁾がひらかれている。第2回目は1977年10月米国のDallasでひらかれたが、第3回目は1979年9月、オーストリアのGrazで開催される予定である。

目を国内に転ずると神川²⁵⁾らが主としてアルゴンレーザーを用いた仕事を発表しているが著者らはむしろCO₂レーザーメスの非色依存性に着目して1969年に研究に着手してから5年後の1974年、第33回日本脳神経外科学会を皮切りに第34回、第35回、第36回、同学会、1976年12月、東工大ME講演会、1977年第一回医用レーザー研究会にて発表し、また論文^{10),26),27),28)}発表もして来たが特に1977年4月の第16回ME学会にては学術展示も行い実物を作動させた。これらの努力の結果、国内の脳神経外科医の中にも次第にCO₂レーザーの存在、またはmeritを知る人々もふえ、実際に手術を依頼されることも多くなってきた。いずれ需要に応じて装置をふやし、諸々でCO₂レーザーメスによる手術が行われるようになればCO₂レーザーメスによる国内のsymposiumや研究会がひらかれるようになるであろうし、皮膚科や婦人科を含めて健康保険の点数も定められるようになる日が来るであろうことはCTや手術用顕微鏡の使用に保険点数が定められた経過をみても時間の問題と思われる。CTスキャナーで診断しCO₂レーザーメスで手術するスタイルがroutineになる日は近いであろう。

8. 要約

著者らは1969年、脳外科用炭酸ガスレーザーメス実用機開発の研究に着手し、試作1号機からスタートして実用モデルの3号機に至った。この実用機Medilaser—S Model MEL-442 “TAKYTOM-77”を開発する過程では光頭及び電頭による型態学的検索とサーモグラフ、マイクロサーミスター、非接触性赤外線温度計に

よる温度実験が行われ、CO₂レーザーの生物学的作用は型態学的にも熱的にも極めて限局的であることが確認された。ついでこの装置を用いて脳外科、外科、皮膚科、婦人科のlaser surgeryが行われたが、その臨床成績はいずれも画期的であった。

脳外科領域においては現在のところ脳腫瘍がそのもっともよい適応で、従来のmodalitiesでは不可能であったような出血性腫瘍の無血的除去や硬くて除去困難な線維性腫瘍のnon-contact removal by vaporizationが行われた。CO₂レーザーメスの安全性に関しては使用上の注意と安全装置について記載した。

9. 謝辞

著者が脳外科用炭酸ガスレーザーメス実用機開発の研究を志したのは1969年であったが、以来9年間、実に多くの人々の献身的な協力と並々ならぬ御厚意により今日まがりなりにも実用機として現実に日の目を見ることができ、感謝に耐えない。このprojectは本来多額の資金と各種のエキスパートが必要であり、とうてい一人個人のなしうところではない。本研究の立案、発想、方向づけは著者個人の創意によってなされたが、実施の段階になるとこれらの人々の協力なしでは一步も進めないのである。本来ならば一人一人全員のお名前をあげて謝辞を述べるべきであるが紙数の都合でそれができず申し訳なく思う次第である。大勢の協力者の中で特筆すべき方々だけを述べさせていただくと筆頭は中央鉄道病院脳神経外科主任医長の松本正久博士である。松本博士は臨床手術の他、実験動物の購入、動物実験の際のモニター等諸機器の操作から動物の屍体のあと仕末に至るまで、また高価な装置から記録用フィルムに至るまでの購入、折衝を当局と行い、更に16mmカラー映画による手術記録を一手にひきうけ、深夜早朝に至るまでフィルムの編集を行うなど、休日を返上して9年間惜しみなくバックアップして下さり、その功績は計り知れない。本研究の完成は同氏に負うところ多大であり、心から感

謝したい。次に同じく中央鉄道病院脳神経外科医師山崎隆氏である。動物実験も臨床手術もすべて山崎氏の助力で行われ、MEのmedical sideは著者と松本氏と山崎氏の三人のグループであった。永年にわたる同氏の献身的協力は松本氏と並んでこの仕事に不可欠であった。さてE sideの筆頭は持田製薬株式会社々長持田信夫氏である。持田氏は著者とは別個にCO₂レーザーメスの開発を考えておられ、実施に踏み切る段階で著者らのグループと合流し、共同開発の運びとなったのであるが、同氏の先見の明と英断と強い意志がなかったらこのプロジェクトは日の目を見ずに終わったであろう。しかも後述の優秀なレーザー技師達を抜擢し育て上げ、今日の成功をもたらした功績は偉大である。

さて実際に著者の構想を現実の装置に具現化してくれたレーザー技師は、持田製薬MEの東郷隆志、竹内一政、田端光博の三氏である。この装置の細部は彼等自身の創意工夫により完成されたのは言うまでもない。著者のみるところ、この三人の技師は現在我国で実際にCO₂レーザーメスを手がけている人間としては第一人者であると言っても過言でない。この三氏は永年にわたり、手術や実験の際に早朝から深夜までスタンバイして装置の開発改良につとめたがその努力の結晶がMODEL MEL-442である。この三氏と前任者である酒井洋、中根正昭の両氏には試作1号機、2号機の時代にお世話になった。持田製薬事業部部長、木村宏朗氏、太田辰三ディレクター、故矢上登喜吉常務の三氏には経理面で永年にわたり苦勞をおかけした。同社広告部の諸氏には16mm映画のナレーションの録音の際お世話になった。光顕病理標本作成は中央鉄道病院中央検査病理の宇佐美一彪氏に、また電顕標本作成は同病理の早川欽哉医長に引きうけていただいた。細菌培養は同検査部の稲田次郎、片山勝利氏に御協力いただいた。家兎の眼球を用いた安全性の実験は中央鉄道病院眼科の諸氏の協力があり、C-57 blackmouseの実験腫瘍は国立癌センター脳神経外科部長（現東京大学脳神経外科助教授）高倉公朋氏の御厚意により

入手し、継代した。

著者が1969年に本研究に着手した際、心よくルビーレーザーとCO₂レーザーを使わせていただいた東京大学医用電子研究施設長渥美和彦教授と東京女子医大理論外科、桜井靖久教授に心より感謝する。なぜならそれが今日の実用機開発につながったからである。ことに渥美教授にはその後永年にわたり、御指導御鞭達いただき今日に至っている。また本論文を「レーザー研究」に掲載の労をとって下さった近畿大学理工学部の久保宇市教授と「レーザー懇談会」の斉藤善久氏に感謝し、また御迷惑をおかけしたおわびを述べたい。

おわりに本研究のスタートより、指導教官として永年にわたり適切な助言とあはげましをいただいた恩師、東京大学脳神経外科、佐野圭司教授に心より感謝の意を表して稿を終る。

参 考 文 献

- 1) Cushing, H., Bovie, W. T.: Electro-surgery as an aid to the removal of intracranial tumors. *Surg. Gynecol. Obstet.* 47: 751-784, 1928
- 2) Greenwood, J., Jr.: Two point coagulation. *Am. J. Surg.* 50: 267-270, 1940
- 3) Maiman, T.: Stimulated optical radiation in ruby masers. *Nature*. 187: 493-494, 1960
- 4) Javan, A., Bennet, W. B., Jr., Herriot, T. R.: Population inversion and continuous optical maser oscillation in a gas discharge containing a He-Ne mixture. *Phys. Rev. Lett.* 6 (3): 106-110, 1961
- 5) Patel, C. K. N.: High power carbon dioxide lasers. *Scient. Am.* 219: 23-33, 1968
- 6) Stellar, S.: Experimental studies with the carbon dioxide laser as a neurosurgical instrument. *Med. Biol. Eng.* 8: 549-558, 1970
- 7) Jako, G. J.: Laser surgery of the vocal cords. An experimental study with carbon dioxide lasers on dogs. *The Laryngoscope*. 82: 2204-2216, No. 12, 1972
- 8) Mihashi, S., Jako, G. J., Incze, J., Strong, M. S., Vaughan, C. W.: Laser surgery in otolaryngology: Interaction of CO₂ laser and soft tissue. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 267: 263-294, Third Conference on the Laser, 1976
- 9) Kohtiao, A., Resnick, I., Newton, J., Schwell, H.: Temperature rise and photocoagulation of rabbit retinas exposed to CW laser. *Am. J. of Ophthalmology*. 62: No. 3, 524-527, 1966
- 10) 滝澤利明, 山崎隆, 松本正久, 長南常男, 宇佐美一彪, 堀本健次, 牧野秀臣, 磯谷維辰, 塚田一也: 昼間用トロリ線摩耗測定装置に内蔵せるヘリウムネオンレーザーの眼球及び皮膚に対する影響について集電計測の研究 N 76-17: 付録1-5, 1977
- 11) American National Standards Institute, Inc.: American National Standard for the Safe Use of Lasers. ANSI Z 136.1-1973: 9-59, 1973
- 12) 社団法人日本電子機械工業会 レーザー技術委員会: レーザーの安全使用方法 (ANSI基準 Z 136.1 1973) 解説書, 1-37, 1974
- 13) Department of Health, Education, and Welfare-Food and Drug Administration: Federal Register Part 11, Laser Products-Performance Standards. 40: No. 148, 32252-32266, 1975
- 14) Karbe, E., Beck, R., Englisch, W., Königsmann, G., Kramer, H., Petersen, W. D.: Experimental Surgery with Neodymium, Holmium, CO and CO₂ Lasers, Laser Surgery-Proceedings of the 1st International Symposium on Laser Surgery, Israel, 5-6, November, 1975: 174-177, 1976, Jerusalem Academic Press
- 15) Grotelüschen, B., Reilmann, H., Bödecker, V., Buchholz, J.: A high power Nd-YAG-Laser (CW and Q-switch) as a cutting tool in experimental surgery. *Laser Surgery*: 167-173, Jerusalem Academic Press, 1976
- 16) Gonzalez, R., Edlich, R. F., Bredemeier, H. C., Polanyi, T. G., Goodale, R. L., Wangenstein, O. H.: Rapid control of massive hepatic hemorrhage by laser radiation. *Surg. Gynecol. Obstet.* 131 (2): 198-200, 1970
- 17) Fidler, J. P., Hoefer, R. W., Polanyi, T. G., Bredemeier, H. C., Siler, V. E., Altemeier, W. A.: Laser surgery in exsanguinating liver injury. *Ann. Surg.* 181 (1): 74-80, 1975
- 18) Hall, R. R.: Haemostatic incision of the liver: Carbon dioxide laser compared with surgical diathermy. *Br. J. Surg.* 58: 538-540, 1971
- 19) 綿貫詰: 第3回CO₂レーザーメス研究会, 1978, personal communication
- 20) Takizawa, T., Yamazaki, T., Matsumoto, M., Mayanagi, Y., Amano, K., Sano, K., Atsumi, K., Togo, T., Takeuchi, K., Mochida, N.: Studies on the development of the carbon dioxide laser surgical unit for practical use. (16mm Movie film, color) Sixth International Congress of Neurological Surgery, São Paulo. Motion Pictures 1V-335, 1977

- 21) Heppner, F., Ascher, P. W.: The use of laser in neurosurgery (16mm Movie film). Motion Pictures IV-335, 1977
- 22) Ascher, P. W.: *Der CO₂ Laser in der Neurochirurgie*. 1977, Verlag Fritz Molden
- 23) Kaplan, I., Ger, R., Sharon, U.: The carbon dioxide laser in plastic surgery. *Brit. J. of Plastic Surg.* 26: 359-362, 1973
- 24) Kaplan, I.: *LASER SURGERY, Proceedings of the 1st International Symposium on LASER SURGERY*, Israel, 5-6, November, 1975 JERUSALEM ACADEMIC PRESS, Jerusalem, 1976
- 25) Kamikawa, K., Hayakawa, T., Ikeda, T., Kuroda, R., Murui, H., Ushio, Y.: Argon laser treatment of brain tumor sensitized with acridine orange. *Medical J. of Osaka Univ.* 26: No. 1-2, 61-67, 1975
- 26) Takizawa, T.: Comparison between the Laser surgical unit and the Electrosurgical Unit. *Neurologia medico-chirurgica*. 17: Part 1, 95-105, 1977
- 27) 滝澤利明: 炭酸ガスレーザーメス実用機開発の現状と将来医科器械学, 第47巻第9号; 462-467, 1977
- 28) 滝澤利明: 脳腫瘍の Laser surgery. *神経研究の進歩*, 第22巻, 第1号; 101-110, 1978