

最近の技術から

最近の医用レーザーの動向

末永 徳博・戸井田昌宏*・浅田 昌弘

日本赤外線工業(株) 〒213 川崎市高津区坂戸 232-1

1. はじめに

レーザーの医療への応用もすでに実用段階に入り、各科においてはその適用も確立し、レーザー応用もルーチン化しつつある。これらのレーザーの応用も実用化されたレーザー光の熱作用を利用するものであったが、最近は対象とする症例に対し期待する効果を生じせしめる最適波長光レーザーの選択や、レーザー光の光化学的、光力学的応用を目指す新しい動きがある。したがって本稿では、こうした最近の動向をレーザーデバイス別に応用分野をからめて紹介する。

2. CO₂ レーザー

レーザーメスとして代表的な CO₂ レーザーは、その光のもつ組織吸収率の高さと収束性の良さを生かし、狭小体腔内での非接触組織蒸散を主用途として耳鼻科、婦人科、脳外科等に広く適用されている。近年 CO₂ レーザー光のもつ組織透過性のきわめて小さい特徴を利用し、血管をレーザーにより吻合する応用がなされている。

出力を 20~60 mW で安定に制御し、吻合部への照射エネルギーを 1.5~2.0 J/mm² になるようレーザー光または血管を動かし、ビーム径を 120 μm 以下にし、血管外中膜の short collagen fiber に熱エネルギーを与えることでコラーゲン新生作用を増長して組織 welding を行なうものである¹⁾。このレーザー血管吻合術は従来法に比し所用時間の短縮化と微小血管の吻合が容易となり、脳外科、血管外科、整形外科等に応用が期待される。また同じ手法により卵管吻合、神経吻合の検討も行なわれている。

3. Nd: YAG レーザー

当初、急性消化管出血に対する止血を目的として応用の始まった Nd: YAG レーザーは、導光路として柔軟

性に富む石英ファイバーが利用できるため、経内視鏡的に腫瘍の凝固や閉塞部の開存に応用されている。近年 Nd: YAG レーザーによる効果的な組織切開、蒸散を目的とし、ファイバー先端に円錐状サファイアロッド材を装着しその先端部 (φ 0.1~0.6 mm) よりレーザー光を出射させ、組織に接触させ切開を行なう手法が開発された。また接触照射の応用として、ファイバーを接触、穿刺しレーザー照射部近傍の温度を熱電対により計測し、温度コントロールしながらレーザー照射を行なうレーザーハイパーサーミアの検討も行なわれている²⁾。

4. Ar レーザー

眼底病に対する光凝固や色素性母斑等の皮膚疾患治療に用いられている Ar レーザーの新しい応用は、細径ファイバーへの導光が可能なことから、粥状動脈硬化病変部の閉塞開存に応用されている。またファイバー先端に卵状金属チップを装着し、レーザー光により金属チップを加熱し、これを粥腫に接触させる方法も検討されており³⁾、血管形成術への応用が活発化している。

5. Dye レーザー

最近レーザーの波長可変性に着目し、生体系に対し選択的に光化学反応をもたらす応用が、癌治療に対し試みられ注目されている⁴⁾。

これは腫瘍親和性を有するヘマトポルフィリン誘導体 (HPD) を静注し、投与数十時間後体内に導入されたレーザーガイド内視鏡より 405 nm の波長をもつクリプトンレーザーを照射し、腫瘍部に集積した HPD を励起する。HPD は 630 nm と 690 nm の蛍光を発し、部位診断はこの蛍光スペクトルを観察することで行なわれる。次に診断で発見された腫瘍に 630 nm の波長をもつ Ar/Dye レーザーを照射する。この波長は、HPD 励起効率はあまり高くないが、腫瘍への浸透度が高く照射後 24 時間ほどで腫瘍は壊死はじめる。現在ではより組織透過性の高い金蒸気レーザーの開発が行なわれ、組織内深達度および抗腫瘍効果は Ar/Dye レーザーに比し

* 現在：新技術開発事業団稲場生物フォトンプロジェクト
〒982 仙台市八木山南 2-1-1 (財)電気磁気材料研究所内

2倍以上高いことが報告されている⁵⁾。

対象部位の光吸収特異性を応用した別例として、ヘモグロビンの吸収帯域である577 nmに波長を同調させ、正常皮膚へのダメージ低減を図り、効果的に血管腫を治療する試みがなされたり⁶⁾、尿路結石の選択的破壊を504 nm 波長で 60 mJ/pulse のフラッシュランプ色素レーザーで結石の光吸収に伴う衝撃波により行なうことが検討されている⁷⁾。これは体外衝撃波による腎尿結石破砕機よりも治療率が高く、装置価格および治療コストが低いことからその将来性が注目されている。

6. エキシマレーザー

近年狭窄症や心筋梗塞等の虚血性心疾患に対する新しい治療法としてレーザー血管形成術が期待されている。

これは経皮的大腿動脈よりファイバーカテーテルを冠動脈病変部へ導入し、閉塞部粥腫をレーザー光により除去しようとするもので、各種レーザーの検討が進められている。レーザー血管形成術のポイントは正常血管壁へのダメージを与えるにいかに効果的に粥腫の除去を行なえるかと血管内へ導光可能なファイバーシステムである。このような観点からその生体作用が熱作用とは異なり、光分解作用が主でしかも石英ファイバーでの導光が可能となるXeClエキシマレーザーが注目されている⁸⁾。

7. 中赤外レーザー

血管内粥腫の効果的除去は、組織吸収率の高い波長による限局的蒸散によっても可能であり、この観点からCOレーザーがカルコゲナイドファイバーとの組合せ⁹⁾、またEr: YAGレーザーがフッ化物ガラスファイバーとの組合せで検討されている¹⁰⁾。

8. その他の

レーザーフローサイトメトリーydプローブ血流計等が普及はじめている計測分野での新しい動きとしては、N₂レーザーとN₂/Dyeレーザーを用い、エネルギー代謝系のNAD/NADH redox stateをファイバープローブにより蛍光計測することでモニターしたり¹¹⁾、蛍光の2次元的变化をマッピング計測することで¹²⁾、心組織や

脳組織の*in situ*での活性化状態の計測が試みられている。

またエネルギー代謝系のチトクローム *aa3* やヘモグロビンが近赤外光を吸収することを利用し、色素レーザーや半導体レーザーを用いて非侵襲的に酸素代謝や虚血状態を測定する試みがされている¹³⁾。

9. おわりに

最近のレーザーの医療への応用について、up-to-dateな話題を中心に述べてきたが、本拙文が医用レーザーの動向についての理解に役立てば望外の幸せである。

文 献

- 1) 林 成之, ほか: "Micro-surgeryによる微小血管吻合術", 日本レーザー医学誌, 3 (1982) 587-592.
- 2) S. Suzuki, et al.: "Experimental studies of endoscopic local hyperthermia," Proc. SPIE, 712, Lasers in Medicine (1986) 15-21.
- 3) H. Hussein: "A novel fiberoptic laserprobe for treatment of occlusive vessel disease," Proc. SPIE, 605, Optical and Laser Technology in Medicine (1986) 59-66.
- 4) T. J. Dougherty, et al.: "Phototherapy of malignant tumor: Roll of the laser," Lasers in Photomedicine and Photobiology (Springer, Berlin, 1980) pp. 67-75.
- 5) 久住治男, ほか: 日本レーザー医学誌, 5, No. 3 (1985) 107-110,
- 6) J. G. Morelli, et al.: Lasers Surg. Med., 6 (1986) 94-99.
- 7) G. M. Watson, et al.: "Plased dye laser fragmentation of urinary calculi," Abstracts of Proceedings of the Society for Lasers in Medicine and Surgery, Orlando, Florida, 1985.
- 8) W. S. Grundfest, et al.: Am. J. Surg., 150, August (1985) 220-226.
- 9) 荒井恒憲, ほか: 日本レーザー医学誌, 7, No. 4 (1987) 25-26.
- 10) H. P. Weber, et al.: "Erbium lasers for medical applications," Technical Digest, CLEO '87, paper THJ 1 (1987).
- 11) G. Renault, et al.: Lasers. Surg. Med., 5 (1985) 111-122.
- 12) N. Hayashi, et al.: J. Jpn. Soc. Laser Med., 4 (1984) 49-51.
- 13) 林 成之, ほか: 日本レーザー医学誌, 6 (1986) 331-334.

(1987年12月11日受理)