高出力半導体レーザー、エルビウムヤグレーザーにより切離した組織の光顕および走査電顕による検討

河野明正、小野俊哉、今西 薫、阿部裕輔、井街 宏、渥美和彦、

*米澤卓実、*鎮西恒雄、*満洲邦彦、*藤正 巖

東京大学医学部医用電子研究施設、*東京大学先端科学技術研究センター

Microscopic Study on The Cutting Tissue with Hight Output Diode Laser and Erb:YAG Laser.
Akimasa Kouno, Toshiya Ono, Kaoru Imanishi, Yusuke Abe, Kou Imachi, Kazuhiko Atsumi,
*Takumi Yonezawa, *Tsuneo Chinzei, *Kunihiko Mabuchi, *Iwao Fujimasa
Institute of Medical Electronics, Faculty of Medicine, University of Tokyo
*Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

We have been deveroping new laser device for orthopedic surgery. Although various kinds of laser have become to utilize to these devices, their reaction to the living tissue has not been clarified yet. The objective of this study is to compare the tissue reaction difference between high output diode laser, Erb:YAG laser, Nd:YAG laser and Electrocautery. Rat gluteal muscle was usedfor this study. Immediatly after cutting muscle with these instruments, specimens were treated for histological observation with light microscope and Scanning Electron Microscope(SEM). A fiber chip was used for tissue cutting with CW lasers. Four layers of heat influences were observed in very wide range with electrocautery cutting; from surface, char layer, necrotic layer, degeneration layer transient zone and normal layer. These four layers were also recognized on the tissue with CW laser cutting such as diode laser and Nd:YAG laser. On the other hand, the cutting surface by Erb:YAG laser with high peak power and few Hz of pulse rate condition, was very sharp, and almost normal tissue was naked under the microscopic and SEM observation. However, very thin layered heat influence appeard on the surface at the irradiating condition of low peak power and above several Hz of pulse rates.

【はじめに】

レーザーが手術用のメスとして使用され始めてから今日まで様々な特徴を持つレーザー発振機が開発されてきている。我々は、整形外科領域で使用することを前提として、連続発振では、小型化が可能で、管理維持の容易な高出力半導

体レーザーに着目し開発を進めてきた。

我々は過去最高4.5ワットの出力を持つ連続発振の高出力半導体レーザー手術装置(波長; 810 nm)を開発し、手・足の外科手術に使用してきた。さらに、20ワット以上の高出力半導体

レーザーの出現を見るにいたり、臨床の現場で身近に使用される手術器具となることが予想される。また、パルス発振であるErb:YAGレーザー（エルビウムヤグレーザー）（波長；2940 nm）は無色素組織に対する吸光度が高く、組織の鋭利な切離・蒸散が可能であると考えられ、上記の高出力半導体レーザーとは異なる用途に使用できるものと位置づけ開発・改良を行ってきている。

【目的】

今回、連続発振の高出力半導体レーザーおよびNd:YAGレーザー、パルス発振であるErb:YAGレーザー、さらに電気メスを用いた筋組織での使用結果を、光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡電顕により観察し、それぞれの組織反応における特徴を検討したので報告する。

【方法】

今回使用した各レーザーの発振波長はNd:YAGレーザーが1,060 nm、高出力半導体レーザーが810nm、Erb:YAGレーザーが2,940 nmで、施術方法としては、ラットをエーテル麻酔したのち、その臀筋と背筋を露呈し、電気メスは通常の使用法により、また、高出力半導体レーザーは先端にファイバチップを用い、Erb:YAGレーザーはファイバーにより導光したのち、非接触照射により組織切離を行った。

【結果および考察】

それぞれの、筋組織における変性パターンを光顕および電顕で観察を行うと、電気メスは、熱影響が高度でかつ広範囲に渡り、電顕では筋組織の広い範囲で融解・壊死が起こっているのが認められた。（図1）

高出力半導体レーザーおよびNd:YAGレーザ

ーでは、電気メス同様、炭化層・熱壊死および熱変性が認められたが、電気メスに比べその範囲は狭く、電顕による観察でも、切開面の融解は見られるが、電気メスのような広がりは見られない。（図2，3）

また、Erb:YAGレーザーの

- 1) ピーク値を下げ、パルス数を増やした場合の光顕による観察では、熱変性層はきわめて狭く、電顕でも切開面における融解は見られるものの、切開面と正常組織との境での熱影響はほとんど見られなかった。（図4）
- 2) ピーク値を上げ、パルス数を減らして照射した場合、切開面での熱影響は光顕写真で見てもほとんど認められず、電顕での観察でも筋繊維が残っていて融解もほとんど起こらない、熱影響の極めて少ない組織欠損ができることが分かった。（図5）

【まとめ】

整形外科領域においては、レーザーの使用に際して、今回行った筋組織のような軟部組織の切離のみならず、骨などの硬組織への手術操作や重要な神経近傍での手術操作が行われており、さらには、関節鏡視下で水の灌流下における手術操作など、様々な使用環境を考慮に入れねばならず、また、使用対象により各レーザーの特徴を生かした使用方法を選択することが今後必要になるものと考ええる。

図1. 電気メスで切離した筋組織の組織像
(光顕写真(マッソントリクローム染色(M.T)) $\times 13.2$ (左), 電顕写真(右))

図2. Nd:YAG レーザー (1.5 Watt, 5 sec, C.W) で切離した筋組織の組織像
(光顕写真(M.T) $\times 13.2$ (上), 電顕写真(下))

図3. 高出力半導体レーザー(2Watt, 5 sec, C.W)で切離した筋組織の組織像
(光顕写真(M.T)×13.2(左), 電顕写真(右))

図4. Erb:YAGレーザー(50mJ×1.5Hz)で切離した筋組織の組織像
(光顕写真(M.T)×13.2(左), 電顕写真(右))

図5. Erb:YAGレーザー(150mJ×5Hz)で切離した筋組織の組織像
(光顕写真(M.T)×13.2(左), 電顕写真(右))