エキシマレーザーによる軟部組織切離機序

The mechanism of soft tissue cutting using
Excimer laser.

* 米沢卓実, * 小野村敏信, 浅野雅広, 阿部裕輔, 鎮西恒雄
満洲邦彦, 本村喜代二, 井街 宏, 渥美和彦

T. Yonezawa, T. Onomura, M. Asano, Y. Abe,
T. Chinzei, T. Mabuchi, K. Motomura, H. Imachi
K. Atumi

* 大阪医科大学整形外科
東京大学医学部医用電子研究施設

The mechanism of biological tissue cutting was investigated using excimer laser. No or a minimal thermal effect can be observed from the post operative tissues. Many hypotheses have been published about the mechanism of tissue cutting; thermal effect, photon effect, photochemical effect, plasma effect and others. After thermographical analysis with wood and white of an egg, we have been studying this problem using rabbit's and rat's muscle and bone. Postoperative tissues were observed with light and electro microscope. Under the optimum condition, the carbonated layer couldn't be found. With light microscope and SEM, tissue fragments were ablated. With TEM, selective organelle destruction (especially mitochondria and glycogen granule) were caused. The results show that the first step of tissue cutting mechanism using excimer laser is not due to thermal effect but due to selective organelle destruction, although the whole mechanism contains many phases.

近年、紫外域の波長を持ち、高尖頭値・短パルスレーザーであるエキシマレーザーの医療応用への研究報告が増えつつある。切離組織は、鋭利で、切離の際、発熱は少なく、著明な ABLATION を認める点で、従来のレーザーと異なる切離機序が考えられるが未だ未明である。我々は、整形外科領域への応用に先立ち、筋および骨への照射結果を光顕および電顕で観察し、その切離機序に若干の知見を得たので報告する。なお、筋と骨の内容が重複するため、次の報告と共に一編にまとめて頂いた。エキシマレーザーの切離機序に対しては、表-1 の様な仮説が発表されている。我々は、サーモグラフィを用いて、木と卵白への基礎照射を検討したのに、ウイスターラット、家兎の筋及び骨にレーザーを照射した。

波長 308 nm(Xe-Cl) のレーザーを使用し、線条および面状に照射した。また、熱効果を制限するため、生理的食塩水下で照射した。

1. サーモグラフィと木；点状照射

1 Hz での熱発生は、34 °C 以下であり、サブトラクションサーモより新たな熱の発生は、非照射部先端のみに認められた。炭化層は認めなかった。20 Hz では、50 °C 以上の発熱と炭化層とを認めた。

2. サーモグラフィと卵白；点状照射

1 Hz, 5 Hz では、各々、26.6 °C, 43 °C の温度上昇を認め、卵白全体に軽度の温度上昇を認めた。卵白表面からは ablation を著明に認めたが、白濁や炭化は認めなかった。

10 Hz 以上では、50 °C 以上の発熱、卵白全体の著明な温度上昇を認めた。卵白は、白濁し炭化層も認めた。

3. 筋への照射；生食もしくは流水中

100 ~ 130 Hz 以下の照射では、炭化層を認めることなく切離しえた。その光顕による観察では、組織破片が照射口に向かっているが、核は粉碎されていない。筋繊維断端は、引き裂かれたようになっており、照射先端部の筋繊維は、不規則に波状になっていた。走査電子顕微鏡では、筋繊維の波状化と引き裂かれたような繊維断端を認めるが、

炭化物は認めなかった。

透過電子顕微鏡：7 J/mm² にて照射

a. 5 Hz, defocused beam.

ミトコンドリアの破壊、膨化が観察され、血管周囲の間質には、細胞内から放出されたミトコンドリアが多数観察される。筋繊維、筋小胞には以上が認められない。細胞内のミトコンドリアやグリコラーゲン顆粒はほとんど消失していた。核内クロマチンは凝集し細胞死を意味している。しかし、熱変性による特徴的变化ではない(図-1)。

b. 10 Hz, defocused beam.

5 Hz 照射の所見に加え、筋繊維の Z-帯、M-帯の変性が特徴的である。これは筋繊維の蛋白変性を意味しており、熱による影響と考えられる(図-2)。

4. 骨への照射；生食もしくは流水中

60 Hz ~ 80 Hz, 450 J ~ 720 J で線条照射した組織の光顕像は、骨皮質表面の膨化と表層の剝離が認められ、一部に飛散物も認められる。しかし、CO₂ レーザーや YAG レーザーに見られる炭化層は認めず、熱変性層も極めて薄い。走査電顕では、照射部表面は、粗となり剝離脱落していく像であった。

透過電子顕微鏡：7 J/mm² にて照射

a. 5 Hz, defocused beam.

ラグナスペース内骨細胞の核は、クロマチンの凝集が、著明で核小帯・核蛋白は認めがたい。細胞質は、細胞内小器官・器質が消失しており、一部に破壊された細胞膜より細胞内物質が飛び出している像を認めた。ミトコンドリアは、膨化もしくは破壊されていた。このことは、照射時の ablation をよく説明し得る(図-3)。

b. 10 Hz, defocused beam.

ラグナスペース内には、核や細胞質の区別のつかない電子密度の高い物質が認められ、クロマチンと考えられた。また、一部にコラーゲン繊維を認めた。このことは、骨組織の壊死を意味している(図-4)

(注) 本文および表、図は次の原稿に続く。