近赤外レーザ光を用いた心筋焼灼の基礎的検討

Fundamental investigation of myocardial ablation using near infrared laser light

東北大工 [1]，東北大医研 [2]　○(M1)水崎 裕太郎 [1]，清水 一夫 [2]，松浦 祐司 [2]

Tohoku Univ., Graduate School of Engineering [1], School of Medicine [2]

°Yutaro Mizusaki[1], Kazuo Shimizu[2], Yuji Matsuura[1]

E-mail: yuutarou.mizusaki.t3@dc.tohoku.ac.jp

1.　はじめに

頻脈性不整脈の治療法として，カテーテルを用いて，原因となっている心筋を高周波電流によって焼灼するアブレーション法が用いられている．しかし，高周波電流を用いた手法は技術的な難易度が高く，心臓穿孔等といった合併症を起こすことがあり，安全かつ難易度の低いレーザ光を用いた焼灼法が提案されている．

本研究ではビーム強度の均一化が成された近赤外レーザ光を用いた心筋焼灼について，その適切な光照射条件に関する検討を行った．

2.　焼灼深度測定

焼灼実験を行うために，生体組織への浸透性が高い近赤外領域から 808 nm の連続波を発生する半導体レーザを選択し，レーザ光を NA0.22，コア径 550 μm のステップインデックスマルチモードファイバーに結合した．ファイバ先端には石英ガラスで構成された六角柱構造のビームホモジナイザー素子（太さ 2 mm，長さ 50 mm）を配置して光強度の均一化を行っている．

実際の施術では，熱損傷による組織の炭化を生じさせずに，組織の深い領域まで熱変性による焼灼を行う必要がある．そこで，ブタ心筋切片をサンプルとして用いて，照射するレーザ光のパワー密度を変化させながら，サンプル表面の炭化に要する時間と，その際に生じる照射深度を測定した．結果を図 1 に示す．パワー密度が大きくなるにつれサンプル表面の炭化時間は著しく短くなったが，焼灼深度は大きく変化せず，2 W/cm^2 程度で最大深度 4.3 mm が得られた．これは別実験で得られた，波長 808 nm における心筋組織の減衰係数 1.9 dB/mm から得られる光侵達長 4.6 mm にほぼ一致する値である．

図 1 の結果において，あるレーザパワー密度において焼灼深度にピークが現れていることから，レーザ光吸収による変性のほかに，組織中の熱伝導により深部への焼灼が行われていることが予測される．これは焼灼深度がパワー密度だけでなく，レーザ光吸収により発生する全熱量にも影響されることを意味する．そこで，パワー密度を 2 W/cm^2 と一定として，レーザ照射領域を拡大することにより，全照射パワーを上昇させて，炭化に要する時間および焼灼深さの測定を行った. その結果, 図 2 に示すように，全照射パワーを増加させても表面炭化時間はあまり変化しないが，焼灼深度は少しずつ上昇していることがわかる．この結果から，狭い領域を短時間で焼灼するのではなく，広い領域を炭化を生じさせないパワー密度で長時間にわたり焼灼することにより，深い領域への焼灼が可能となることが示唆された．

今後は広領域への均一光照射を行うための光学系の構築や，レーザ波長の最適化などを行う．

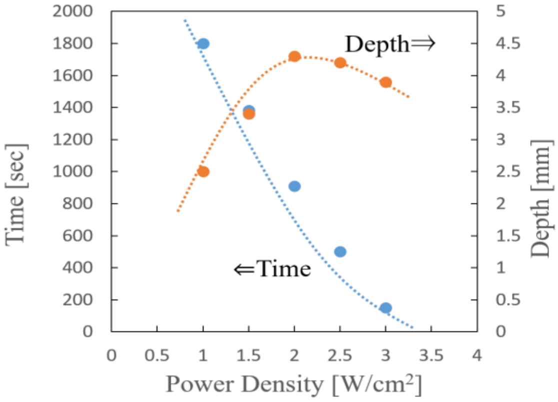

図 1　炭化時間，焼灼深度レーザ光強度依存性

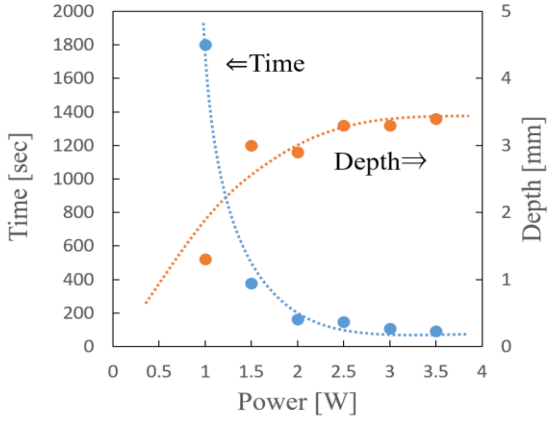

図 2　パワー密度を一定とした際の炭化時間および焼灼深度の全レーザ光パワー依存性