

Laser Ablation における心筋の凝固様式の基礎的研究: 血液の有無による差異の検討

著者	大竹 裕志, 渡辺 剛, 向井 恵一, 三崎 拓郎, 松永康弘, 松本 勲, 川筋 道雄, 渡辺 洋宇
著者別表示	Ohtake Hiroshi, Watanabe Go, Mukai Kei-ichi, Misaki Takuro, Matsunaga Yasuhiro, Matsumoto Isao, Kawasuji Michio, Watanabe Yoh
雑誌名	胸部外科 = 日本心臓血管外科学会雑誌
巻	45
号	10
ページ	870-872
発行年	1992-09
URL	http://doi.org/10.24517/00050820



Laser Ablation における心筋の凝固様式の基礎的研究*

—血液の有無による差異の検討—

大竹裕志 渡辺 剛 向井恵一 三崎拓郎
松永康弘 松本 勲 川筋道雄 渡辺洋宇**

はじめに

近年、不整脈外科領域で、術中 laser ablation が臨床応用されるようになった。laser は光エネルギーであり、同一エネルギーの照射でも、その作用は照射対象の色調によって変化しうる。術中 laser ablation にさいしても、心拍動下、心停止下（心筋保護液使用下）といった色調が異なる心筋では凝固様式に差が生じる可能性がある。今回、著者らは、これら種々の条件下での心筋凝固について検討を加えたので報告する。

I. 対象および方法

1. 実験動物およびレーザー装置

体重 8~15 kg の雑種成犬 9 頭を対象とした。塩酸ケタミン (10 mg/kg) の筋肉内投与により麻酔導入を行い、全身麻酔下、調節呼吸下に手術を施行した。第 4 肋間胸骨横切開にて開胸し心臓を露出した。レーザー装置は SLT. Japan 社製 CL 50 型 Nd-YAG レーザーを用い、continuous wave にて照射した。導光システムとしては直径 0.06 cm の石英ファイバーを用い、心表面より 10 mm の距離より冷水を散布しつつ照射した。

2. 実験群

照射部位は冠動脈を避けた左心室自由壁とした。照射エネルギーは 10 w とし、照射時間は 10, 20 秒と



図 1. レーザー照射後の心臓
矢印は 0°C 生食水の注入により白色に変化した部分を示す。

した。1 回あたりの照射エネルギーは 200 J (20 W × 10 秒), 400 J (20 W × 20 秒) とした。実験モデルは以下の各群とした。

心拍動群: 心拍動下、0°C 生食水を散布しつつ心外膜側より照射した (200 J; 照射部位数 9, 400 J; 照射部位数 11)。

心停止群: 心停止後、心臓を冷却し、左前下行枝に選択的に 0°C 生食水を注入し心筋保護液注入のモデルとし、白色に変化した部分を心外膜側より照射した (200 J; 照射部位数 10, 400 J; 照射部位数 12) (図 1)。

3. 測定項目

各群の照射部心筋の組織学的検討を行った。心筋標本は 10% ホルマリン液にて固定後に、hematoxylin eosin 染色を施行した。また、両群の各エネルギー量における最大横径、照射深達度、および心筋凝固容積値について検討を加えた。

キーワード: laser ablation, 心筋保護液

* 要旨は 1991 年 4 月第 91 回日本外科学会総会 (京都) にて発表した。

** H. Ohtake, G. Watanabe, K. Mukai, T. Misaki (現富山医科薬科大学第一外科助教授), Y. Matsunaga, I. Matsumoto, M. Kawasuji (助教授), Y. Watanabe (教授): 金沢大学第一外科。

4. 統計学的検定法

得られた値は平均値±標準偏差で示した。平均値の検定には *t* 検定を用い、有意差 ($p < 0.01$) を検討した。

II. 結 果

1. 組織学的検討

両群とも、心筋の破裂、穿孔はまったく認められなかった。両群とも半球状を呈し、組織学的には照射野に一致した周辺部に浮腫状の変化を有する境界明瞭な凝固壊死層が認められた (図2)。

2. 最大横径

200 J の照射では心拍動、心停止群おのおの 6.44 ±

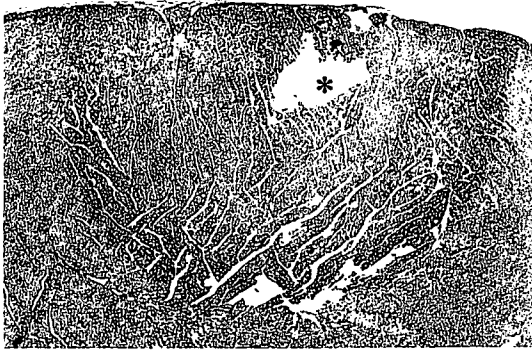


図2. 心拍動群の照射心筋組織標本

(200 J 照射後、ホルマリン固定：H-E 染色)

形状は半球状を呈し、組織学的には心停止群と同様であった。*は標本作成中に生じた亀裂である。

1.26 mm, 4.65 ± 0.44 mm, 400 J の照射では 9.55 ± 0.78 mm, 8.41 ± 0.93 mm であった。心拍動群は心停止群に比し有意に最大横径が大であった ($p < 0.01$) (図3-a)。

3. 組織深達度

200 J の照射では心拍動、心停止群おのおの 3.67 ± 0.47 mm, 3.05 ± 0.76 mm, 400 J の照射では 4.64 ± 0.64 mm, 4.17 ± 0.55 mm であった。組織深達度は心拍動群と心停止群間とに有意差はなかった (図3-b)。

4. 凝固容積値

凝固容積値は、その形状より共同研究者の渡辺らの方法を用い球体と考え、

$$b \geq 2a \text{ の場合, } V = \pi a (a^2/6 + b^2/8)$$

$$b < 2a \text{ の場合, } V = \pi a^2 (b/2 - a/3)$$

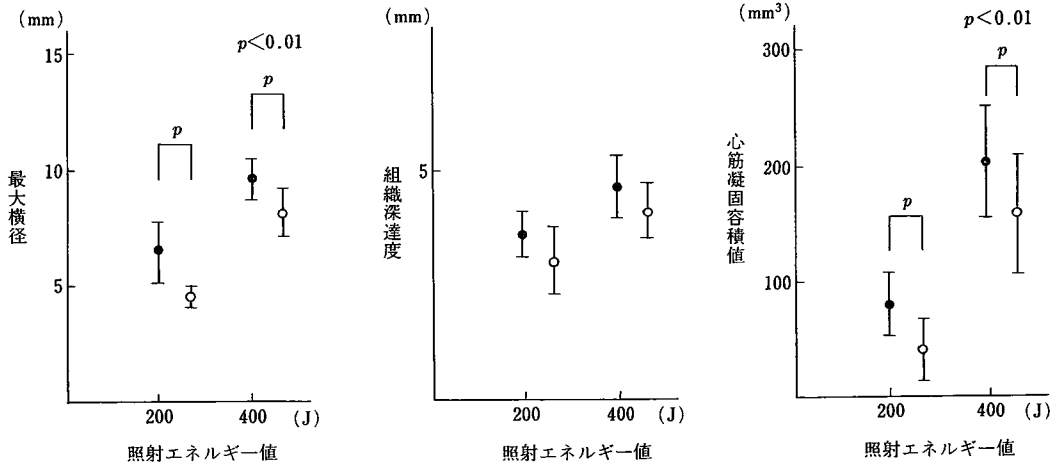
(*a* ; 組織深達度, *b* ; 最大横径)

として計算した¹⁾。

200 J の照射では心拍動群、心停止群おのおの 79.3 ± 26.7 ($m \pm 1 \text{ S.D.}$) mm³, 40.9 ± 16.0 mm³, 400 J の照射では 216.8 ± 56.7 mm³, 157.3 ± 52.6 mm³ であった。心拍動群は心停止群に比し有意に心筋凝固容積値が大であった ($p < 0.01$) (図3-c)。

III. 考 察

今日、不整脈外科領域において、術中 ablation はきわめて有用な術式の一つとなっている。著者らも副伝導路切断術や VT 根治術にさいし、cryoablation を積極的に用い良好な成績をあげている²⁾。さらに近



a. 照射エネルギーと最大横径との関係

b. 照射エネルギーと組織深達度との関係

c. 照射エネルギーと心筋凝固容積値との関係

図3. 測定項目の結果

年, cryoablation にかわる ablation 手技として, 短時間に大きなエネルギーの投与が可能な laser ablation が臨床応用されている³⁻⁵⁾. Svenson ら³⁾は VT 根治術にさいし, 常温体外循環下, 心拍動下に左室内膜側より laser ablation を施行している. また, Saksena ら⁴⁾は左心型 WPW 症候群に対する副伝導路切断術のさいは心停止下に, 右心型に対しては心拍動下に本法を施行したと報告している.

しかし, 照射される心筋の状態に応じたエネルギー制御に関する報告はまだなされていない. laser ablation による組織凝固は, 従来の cryoablation と異なり, 組織のレーザー光吸収による収縮, 脱水 (光熱作用) によって生じる. このため同一エネルギーの照射でも, 照射対象のレーザー光の吸収率の違いにより凝固範囲は異なる. とくに色調はレーザー光の吸収率にもっとも関与する. 心停止下 (心筋保護液使用下) の心筋は通常の生体組織とは異なり血液が wash out され, 白色を呈する. かかる白色調の心筋組織の凝固様式は従来の組織凝固と異なる可能性がある. 前述のごとく, 種々の条件下で laser ablation が試みられているが, かかる点に留意した照射の報告はない. このため今回, 著者らは心拍動下, 心停止下 (心筋保護液使用下) での心筋の凝固範囲について検討を加えた.

照射部心筋の組織学的所見には心拍動下群, 心停止群間に著変は認められなかった. しかし, 最大横径, 凝固容積値は心拍動下群が心停止群に比し有意に大であった. 両群の違いは照射心筋の温度と血液の有無である. 照射対象の温度の差により, 光エネルギーの吸収率が大きく変化することはない. しかし, 血液 (ヘモグロビン) は YAG レーザー (第 2 高調波高) の吸収率が高く, このヘモグロビンの有無が両群の凝固範囲に差異を生じたと考えられた⁶⁾. 今後, 術中 laser

ablation のさいは, 照射される心筋の血液の有無に応じたエネルギー制御が肝要と考えられる.

おわりに

1. 心拍動下, 心停止下 (心筋保護液使用下) での心筋の凝固範囲について検討を加えた.
2. 両群の照射部心筋の組織学的所見には差がなかった.
3. 血液が wash out された心停止下の心筋は, 心拍動下の心筋よりエネルギー吸収が少なく凝固容積値は有意に小であった.
4. 術中 laser ablation のさいは, 照射される心筋の血液の有無に応じたエネルギー制御が重要と考えられた.

文 献

- 1) Watanabe G, Mukai A, Misaki T et al : Thermally controlled laser irradiation of the myocardium with intraoperative ultrasound monitoring. *PACE* 13 : 653, 1990
- 2) 岩 喬 : 不整脈の外科的療法. *日胸外会誌* 36 : 636, 1988
- 3) Svenson RH, Gallagher JJ, Selle JG et al : Neodymium : YAG laser photocoagulation : a successful new map-guided technique for the intraoperative ablation of ventricular tachycardia. *Circulation* 76 : 1319, 1987
- 4) Saksena S, Hussain SM, Gielchinsky I et al : Intraoperative mapping-guided argon laser ablation of supra-ventricular tachycardia in the Wolff-Parkinson-White Syndrome. *Am J Cardiol* 60 : 196, 1987
- 5) Selle JG, Svenson RH, Gallagher WC et al : Laser ablation of ventricular tachycardia. *Thorac Cardiovasc Surg* 36 : 155, 1988
- 6) 渥美和彦 : レーザー医学. 中山書店, 東京, p 161~162, 1980

SUMMARY

Basic Study of Myocardial Coagulation by Intraoperative Laser Ablation : In the Presence and Absence of Blood

Hiroshi Ohtake et al., Department of Surgery (I), Kanazawa University School of Medicine

To investigate whether the efficacy of laser ablation therapy is affected by the color of the target organ, we irradiated 9 canine hearts through the epicardium with Nd-YAG laser (200 J, 400 J), and compared coagulated myocardial volume in the beating heart (reddish) with that in the stopped heart (whitish) infused with 0°C saline (cardioplegic model) via a coronary artery. The coagulated myocardial volume of the beating heart was significantly larger than that of the arrested heart, indicating the YAG laser energy is absorbed by red myocardium to greater extent than it is by white myocardium. In conclusion, during intraoperative laser ablation, the presence or absence of blood in cardiac tissue is an important factor for safe irradiation.

KEY WORD : laser ablation/cardioplegia