COレーザーを用いた動脈内レーザー手術装置：冠状動脈レーザー手術模擬用 実験モデルの開発と先端操作による大体積の蒸散

荒井恒憲¹⁾、菊地 眞¹⁾、水野杏一²⁾、栗田 明²⁾、
竹内 清³⁾、内海 厚⁴⁾、赤井義朗⁵⁾

防衛医科大学校医用電子工学講座¹⁾、防衛医科大学校第一内科²⁾、フクダ電子³⁾、
三菱電線工業⁴⁾、浜松ホトニクス⁵⁾

CO Laser Angioplasty: Development of Artificial Blood Vessel Model for Estimation of Laser Angioplasty System Performance and Effectiveness of Tip Manipulatability for Large Volume Laser Ablation

Tsunenori Arai*, Makoto Kikuchi*, Kyoichi Mizuno**, Akira Kurita**,
Kiyoshi Takeuchi***, Atsushi Utsumi***, and Yoshiro Akai****

*Dept. Med. Eng., National Defense Medical College

**Dept. 1st. Int. Med., ibid.

***Fukuda Denshi

****Mitsubishi Cable

*****Hamamatsu Photonics

ABSTRACT

A new model device to simulate human artery network was developed to evaluate performance of newly developed CO laser coronary angioplasty system. The effectiveness of tip manipulatability of our laser angioscope catheter for large volume ablation of atheromatous plaque was studied using the new model device. Since the model device was simulate pathway of human femoral approach catheterization, we precisely evaluate manipulatability of the catheter tip. A 90% model stenosis which was consisted of human atheromatous artery wall was installed in segment #7 on left coronary artery of the model. The repetitive CO laser irradiations were irradiated to model stenosis. The model stenosis was clearly improved from 90% to 70% in stenosis rate. The effectiveness of tip manipulatability for large volume ablation was successfully demonstrated.

【はじめに】 動脈内レーザー手術で現在主流となっているマルチファイバー方式は、安全性・簡便性に利点があるものの、完全閉塞の治療ができず、十分な蒸散量が得られないなどの欠点がある¹⁾。現行のPTCA・PTAの長期予後を改善するためには、動脈内レーザー手術の基本的原

理である狭窄・閉塞物質の大体積蒸散が必要不可欠であると考えられ、新しい方式の開発が必要である。

我々は照射方法として先端操作性のある血管内視鏡の視野下で一本のレーザーケーブルを運用する方式のシステムを検討してきた²⁾。また

伝送特性、生体安全性などの見地から、治療用レーザーとしてCOレーザーを使用している³⁾。

今回、冠状動脈レーザー手術装置の評価・開発用モデルを作成し、このモデルで新たに試作したCOレーザー動脈内レーザー手術システムの運用を行ったので報告する。

【冠状動脈レーザー手術評価用モデル】カテーテルの先端操作性を評価する場合、カテーテル挿入経路の形状模擬が重要である。この観点より、血管モデルを開発した。図1に今回開発した血管モデルの全体写真を示した。このモデルは、①血管曲率など血管系の幾何学的状態を模擬できる、②模擬閉塞・狭窄物の設定が可能である、③血管造影が可能である、などの特徴がある。冠状動脈は主要な3枝を設置した。各冠状動脈枝を中央部分にて2分割出来るようにして、閉塞・狭窄模擬物を挿入可能にした。

【操作・蒸散実験】モデル血管左冠状動脈前下降枝seg. 7付近にヒト腸骨動脈より採取した血管壁を円筒形に成形して挿入し90%閉塞モデルを作

図1 冠状動脈レーザー手術装置の評価・開発用モデルの全景

成した。閉塞物質の支持体としてステンレスメッシュを用い、モデルの血管壁をメッシュに6-0縫合糸で縫いつけて支持した。レーザーカテーテルは9F Judkinsカテーテル (Schneider社Soft-Tip Super-Flowタイプ) または外径2.8mmのテフロンチューブに挿入し、モデル狭窄・閉塞部に導いた。シース直径5F (1.67mm) の一方向曲げおよび全体回転が可能な血管内視鏡バルーンカテーテル (有効長95cm) の先端部分を図2に示す。この内視鏡カテーテル下で、外径600μm、照射野400μmのCOレーザーケーブルを繰り出してCOレーザーの接触照射 (1.5W, 0.5Hz, duty50%) により蒸散を行った。ガイドカテーテルはfemoral approach catheterizationの経路に沿って曲がっており、内側は生理食塩水または造影剤によって満たされているので、先端操作に重要な全体回転を評価できる。視野確保用の生理食塩水は内視鏡バルーンカテーテルのレーザーケーブル挿入用ルーメンからレーザーケーブルを挿入した状態でも注入可能である。従って、この血管内視鏡カテーテルはバックアップカテーテルなしに運用できる。通常、我々は蒸散方

図2 一方向曲げ、全体回転方式の先端操作性を有する。内視鏡レーザーカテーテル先端

向のモニターとして血管内視鏡像に加えて血管造影も常時併用しているが、本狭窄モデルでは金属メッシュをモデル支持体としたため、造影は行えない。

【操作・蒸散実験結果】上記の実験状態で完全なカテーテル先端の操作性が確認できた。すなわち、屈曲した冠状動脈内での同軸性の視野確保および、繰り出したレーザーケーブルの照射位置決めが可能であった。トルク伝達性内部構造と滑り特性の優れた外皮によって操作性が著しく改善された。図3に狭窄部の初期状態の内視鏡像を示す。また図4に同部位のレーザー蒸散終了時の内視鏡像を示す。操作性を利用した頻回の照射によって、血管（正常部）直径4mm、長さ4mmの90%閉塞が70%閉塞にまで開存率を改善できた。これに要したエネルギーは224J蒸散体積は9.4mm³である。

【考察】操作性が無いファイバークテーテルではファイバー断面積以上の蒸散面積を得ることはできない。これに対して操作性がある場合に

図3 モデル血管左冠状動脈前下降枝内の90%モデル狭窄の内視鏡像

はファイバークーブル断面積以上の蒸散面積を得ることができる。したがってカテーテルに占めるレーザー伝送用ファイバーの断面積が減り、カテーテル全体径の縮小や種々の機能の付与が容易になる。現状では蒸散にやや時間がかかるが、操作性を伴った蒸散は大きい体積除去にきわめて有効であることが実証された。また我々の装置では簡単な操作方式を採用したことで、カテーテル先端の柔軟性を確保できた。このことは実用上重要であると考える。

【謝辞】本研究で使用した実験装置の主要部は、医療福祉機器技術の開発研究の一環として、フクダ電子（株）、三菱電線工業（株）、および浜松ホトニクス（株）がNEDOから委託を受けて実施している研究において開発された機器である。また冠状動脈レーザー形成術研究用血管モデルは高研（株）と共同で開発した。

【参考文献】

- 1) F. Litvack et al., J. Am. Col. Cardiol., 15, 25A (1990).
- 2) T. Arai et al., Proc. SPIE, 1201, 54 (1990).
- 3) T. Arai et al., Proc. SPIE, 1067, 141 (1989).

図4 レーザー蒸散終了時のモデル狭窄（狭窄率70%以下）