エキシマレーザーによる冠動脈内手術装置：冠動脈レーザー内視鏡の開発

阿部裕輔、今西 薫、米沢卓実、鎮西恒雄^{*}、鈴川正之、丹羽真一郎^{**}、
四谷幸朗^{**}、祖川伊知朗^{**}、上宮崇文^{**}、金沢進一^{**}、野垣 健^{**}、瀧沢邦彦、
井街 宏、田子友太郎^{*}、河野明正、小野俊哉、渥美和彦、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
^{**}住友電気工業研究開発本部基盤技術研究所

CORONARY LASER ANGIOPLASTY SYSTEM WITH EXCIMER LASER: DEVELOPMENT OF CORONARY LASER ENDOSCOPIC SYSTEM

Y. Abe, K. Imanishi, T. Yonezawa,
T. Chinzei*, M. Suzukawa, S. Niwa**,
K. Yotsuya**, I. Sogawa**, T. Uemiya**,
S. Kanazawa**, T. Nogaki**, K. Mabuchi,
K. Imachi, T. Tago*, A. Kouno, T. Ono,
K. Atsumi and I. Fujimasa

Institute of Medical Electronics, Faculty of
Medicine, University of Tokyo. *RCAST.
**Sumitomo Electric Industry.

We have been developing coronary laser
angioplasty system with excimer laser.
And the coronary laser endoscopic system
has been developed to realize visual
coronary laser angioplasty.

In order to design the coronary laser
endoscopic system, various kinds of
endoscope were developed experimentally
and evaluated with animal experiment
using goat to establish the requirement for
the coronary laser endoscope.

The requirement for coronary laser
endoscope was clarified to be as follows:
1, Diameter: 1.5-1.8mm max (goat, 50kg)
2, Flexibility of the tip: flexibility is required
and the combination of guide wire is
useful for the successful coronary
approach with endoscope.

3, Stiffness of the body: stiffness is required
for the better handling.

4, Image fiber: 2000 pixel is possible.

Light guide: good

5, Bending function of the tip: 4 direction
(at least 1 direction)

6, Cannel: 1 channel for the guide wire and
laser fiber passage.

In present time, the bending function of
the tip to 4 direction is not developed yet,
and the technique of bending mechanism is
being studied.

【はじめに】

レーザーを用いた血管内手術は、既に末梢動脈において
は数多くの臨床例があり、またいくつかの施設において
は試験的に冠動脈における臨床応用が試みられている。
しかしながら、レーザーによる冠動脈内手術の方法は、
いずれも冠動脈内にレーザープローブを挿入した後、狭
窄部位において盲目的にレーザーを照射する方法をとっ
ている。そのため、病変部のみにレーザーを照射してい
ることの確認が難しく、正常部位をも蒸散している危険
性を否定できない。血管内における直視下手術には、血
管内視鏡が有用であるが、冠動脈においては制約が多く、
冠動脈レーザー内視鏡を開発するには多くの問題を解決
しなければならない。現在我々は、エキシマレーザーに
よる冠動脈内手術装置の開発を行っており、今回、その
中枢となる冠動脈レーザー内視鏡の開発に関する研究報
告を行う。

【冠動脈レーザー内視鏡の設計条件】

冠動脈と末梢動脈を比較すると表1のような相違があ
り、末梢動脈で使用できる技術がそのまま冠動脈では使
用できないことが多い。したがって、冠動脈で使用でき
るレーザー内視鏡を開発するためには、冠動脈での使用
に適正な内視鏡の設計条件を設定する必要がある。特に
冠動脈内への内視鏡のアプローチの手法と冠動脈内にお
ける内視鏡イメージの状態は重要であり、まずこれらを
動物実験により設定する必要があった。

	太さ	形態	アプローチ	危険度
冠動脈	細い	蛇行している	難しい	大
末梢動脈	比較的太い	比較的直線的	容易	小

表1、冠動脈と末梢動脈の相違

【方法】

1、アプローチの手法

冠動脈では、末梢動脈から冠動脈のオリフィスまでに距離があり、かつ冠動脈自体が細く屈曲しているため、冠動脈内への内視鏡のアプローチは、PTCAの手法を参考にして冠動脈カテーテルの中を内視鏡を通過させることとした(図1)。

図1、冠動脈へのアプローチの手法

実験動物としては体重50kg前後のヤギを使用し、大腿動脈より冠動脈に8Fサイズのガイドカテーテルを挿入し、その中に内視鏡を通して、冠動脈内への内視鏡のアプローチに関する検討を行った。実験に使用する内視鏡は、直径0.75~1.5mmのものを数種類試作した(図2)。

2、冠動脈内における内視鏡イメージの状態

上記アプローチ実験と同時に、冠動脈内の内視状況を検討し、イメージファイバーやライトガイドの状態および冠動脈内視鏡に必要な先端屈曲機能の条件を検討した。

【結果と考察】

内視鏡径に関しては、レーザーファイバーが通りかつ冠動脈に挿入可能な内視鏡は、直径1.5mm程度であり、バルーンを付けても約1.8mm位であることが分かった。ただし、ヤギの冠動脈は8Fサイズのガイドカテーテルでウェッジしてしまい、人冠動脈より細いことが分かった。したがって、人での使用にはもう少し太くできる可能性がある。

冠動脈へのアプローチにおいては、ガイドカテーテルの中を内視鏡単体で通した場合には、冠動脈内部へ1cm位入ったところに冠動脈の屈曲部位があり、そこを内視鏡先端がうまく通過しない場合が多く、ガイドカテーテルが弾かれて冠動脈より外れてしまうことが分かった(図3)。これは、直径0.75mmの極細径内視鏡を使用して

図2、使用した試作内視鏡の一部

上: 直径0.75mm、チャンネル無し

中: 直径1.3mm、1チャンネル

下: 直径1.5mm、2チャンネル

も同様であった。ガイドカテーテルを使用し、予めガイドワイヤーを冠動脈内に挿入しておいて、そのガイドワイヤーに内視鏡をかぶせて挿入しても、やはり冠動脈の屈曲部位において内視鏡先端がうまく通過しない場合が多かった。内視鏡を確実に冠動脈内に挿入する方法としては、予め内視鏡にガイドワイヤーを通して、内視鏡先端に3~4cmガイドワイヤーを出した状態で内視鏡を挿入するとうまく入ることが分かった(図4)。以上の実験より、なぜガイドワイヤーは冠動脈にうまく入るのに、内視鏡では入らないのかという問題が生ずるが、内視鏡ではいくら直径を細くしても材質的にガイドワイヤーの先端ほど柔軟にはならず、かつ内視鏡先端にレンズを必要とするため内視鏡先端が硬く、ここが冠動脈の屈曲部位において血管壁にあたり内視鏡が前進しないことが分かった。さらに、無理に挿入を試みると冠動脈の穿孔も生じることが分かったため、冠動脈内視鏡として

内視鏡をガイドカテーテルより挿入する方法

図3、内視鏡を単体で挿入した場合

は極細径というだけでは不十分であり、ガイドワイヤーの柔軟な部分が内視鏡先端に組み合わせられるような構造が必要であることが分かった（図5）。

冠動脈内の内視状況は、ガイドカテーテルより約1 cm位までであれば（図6）内視鏡の視野も十分あり、冠動脈内においてレーザーを照射可能であった（図7）。しかし、レーザーの正確な照準合わせには内視鏡先端の屈曲機能が必要である。内視鏡を冠動脈屈曲部を越えてさらに奥に進めると（図8）、内視鏡先端が冠動脈壁にあたってしまい（図9）、内視鏡イメージではライトガイドの光が冠動脈壁でハレーションを起こして白くなり、心拍動に合わせて一瞬冠動脈壁の一部が見えるだけという状態になる（図10）。したがって、内視鏡先端の屈曲機能は十分な冠動脈内視においても必要な条件となる。先端の屈曲機能に関しては、内視鏡本体の回転を加えれば、一方向で全ての方向をカバーするが、実験的には冠

内視鏡の先端にガイドワイヤーを出して挿入する方法

図4、内視鏡にガイドワイヤーを挿入した状態で内視鏡を挿入した場合

ガイドワイヤー

内視鏡

内視鏡+ガイドワイヤー

図5、内視鏡とガイドワイヤーとの組合せ

図6、内視鏡が冠動脈に約1 cm挿入された状態

図7、冠動脈内における内視鏡イメージとエキシマレーザーの照射、右：照射中、左：照射後

図 8、内視鏡が冠動脈に約 5 cm 挿入された状態

図 10、冠動脈深部における内視鏡イメージの状態

内視鏡の視野

図 9、冠動脈深部における内視鏡先端と冠動脈壁の関係からみた内視鏡イメージの状態

冠動脈レーザー内視鏡の条件

1)、太さ	1.5~1.8mm まで (ヤギ 50Kg)
2)、先端の柔軟性	柔軟な方がよい。
(ガイドワイヤーとの組合せを考慮する。)
3)、本体の柔軟性	少し硬くして、こしを持たせた方がよい。
4)、イメージ	2,000 画素でも内視可能。
(画素数は多い方がよい)
	ライトガイド 良
5)、先端の屈曲機能	4 方向 (最低 1 方向)
6)、バルーン	必要
7)、チャンネル	1 チャンネル
(レーザーファイバーの通る大きさ)

表 2、冠動脈レーザー内視鏡に要求される条件

動脈用のガイドカテーテル先端がかなり鋭角に屈曲しているため内視鏡を微妙に回転させることが困難であり、かつ冠動脈内で内視鏡を使用できる時間に制限があるため、冠動脈内視鏡の条件としては 4 方向の屈曲機能が必要である。

以上より、冠動脈レーザー内視鏡に要求される条件は表 2 のようになる。この内、現在までの研究で内視鏡先端の屈曲機能を除いては、ほぼ技術的に可能となった。内視鏡先端の屈曲機能に関しては、ようやく技術的に解決できる目度が付いたという段階であり、技術研究用として 2 方向の屈曲機能およびレーザーファイバー用のチャンネルを内蔵できる直径 2 mm の内視鏡を試作し実験を進めている。冠動脈に使用するには、さらに直径の細い内視鏡でかつ 4 方向の屈曲機能を必要とするが、内視鏡径を細くすることと機能を組み合わせることは相反する条件であり、両立の難しい問題である。しかし、冠動脈レー

ザー内視鏡を開発するためにはこの問題を解決しなければならず、さらなる研究が必要である。現在、4 方向の屈曲機能を備えた極細径内視鏡技術に関する研究を行っている。

本研究の一部は通産省工技院医療福祉機器技術研究開発委託金の援助により行われた。

〔参考文献〕

- 1、阿部裕輔、他：エキシマレーザーによるレーザー血管形成術に関する基礎的研究、日本レーザー医学会誌 8(3)、157-158 1987
- 2、阿部裕輔、他：エキシマレーザーによる冠動脈レーザー血管内形成術：エキシマレーザーのファイバー導光と内視鏡下照射、日本レーザー医学会誌 9(3)、57-60 1988