セラミックチップによるレーザー血管内形成術 ：末梢動脈を対象とした内視鏡下照射に関する検討

Laser angioplasty with contact ceramic tip

:Endoscopic guidance in peripheral arteries

阿部裕輔, 米沢卓実, 今西 薫, 鎮西恒雄*, 井街 宏, 満洲邦彦,
浅野雅弘, 藤正 巖*, 田子友太郎*, 河野明正, 小野俊哉, 渥美和彦

Y. Abe, T. Yonezawa, K. Imanishi, T. Chinzei, K. Imachi, K. Mabuchi

M. Asano, I. Fujimasa, Y. Tago, A. Kouno, T. Ono, K. Atsumi

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

Laser angioplasty is the method to recanalize obstructed artery with laser energy. Contact ceramic tip catheter has the advantages to destruct atheroma both in saline and blood flow. However the endoscopic guidance in laser angioplasty is thought to be useful for more complete operation. In order to realize the visual laser angioplasty with contact ceramic tip catheter, the endoscope was designed for the application of peripheral arteries and developed experimentally. The endoscope was designed to be like catheter which involved the image fiber and light guide inside the wall, and to have big single channel for multiple use and balloon at the tip for the occlusion of the vessel. The diameter of the endoscope and its channel was 3.2 mm and 1.8 mm, respectively. The laser probe with contact ceramic chip could path through inside the channel easily, and the saline could be flashed around the laser prove through the same channel. In the experimental study using rabbit's atherosclerotic aorta, the atheroma was observed like small lump with the saline flash and was ablated with the laser irradiation through the laser prove under visual field. Also the good aiming ability was demonstrated in this study. The bending ability of the endoscope is required for more easy and reliable aiming with the laser probe for more complete operation. The smaller diameter of the endoscope is required for the percutaneous application of the endoscope with contact ceramic tip probe.

【はじめに】

レーザー血管内形成術 (Laser angioplasty) は、光ファイバーにて血管内に導いたレーザー光のエネルギーにて血管の狭窄や閉塞をきたしている物質を蒸散除去し血流の改善をはかる手法である。レーザー血管形成術を施行する場合、流血中でレーザーを照射するにしても、バルーンカテーテルなどにより血流を遮断して血管内腔を生理食塩水にて置換して行うにしても接触チップを使用したレーザープローブによる接触照射ではともに良好にアテローマを焼灼可能であるが^{1), 2)}、内視鏡を使用すれば、レーザープローブの誘導や、レーザー照射前後の焼灼部位の観察が可能となるため、より有効にレーザー血管内形成術が行えるものと考えられる。しかし、現在開発されている血管内視鏡は、フラッシュ用の1チャンネルを持つものか、レーザーファイバー用とフラッシュ用の2チャンネルをもつものが主であり、外形を細くするために、チャンネルに接触チップ付きのレーザープローブを通すことは不可能である。また、接触チップは比較的大きいため、それを通すことを考えると従来の一般的内視鏡ではかなり太くなってしまい血管に入らない。しかし、血管径が比較的大い末梢動脈を対象とすれば、接触チップ専用の細径の内視鏡の開発により、接触チップによる直視下手術を実現できる可能性がある。本研究は、末梢動脈を対象として、接触チップにセラミックチップを使用したレーザープローブ用の血管内視鏡の開発および内視鏡的直視下手術に関する検討を行うことを目的とした。

【方法】

(1) レーザーおよびレーザープローブ

レーザーにはNd:YAGレーザーを使用することとし、レーザープローブ (Fig. 1) の仕様は以下のようにした。

- 先端にはフロスト加工を施したセラミックチップを使用した。
- 先端部最大直径1.7mm、先端部長11mm
- レーザーファイバーにはコア径400 μ mの石英ファイバーを使用した。

Fig. 1 セラミックチップを使用したレーザー血管内形成術用レーザープローブ

(2) 内視鏡の設計試作

内視鏡に要求される主な条件としては以下のよう目標設定した。

- 内視鏡の直径はできる限り細くする。したがってルーメンは汎用ルーメン一つとし、生理食塩水のフラッシュはレーザープローブの隙間よりおこなうこととする。
- 先端にバルーンを付ける。
- 先端を屈曲可能とする。

以上を基にして内視鏡を試作した。

(3) 動物実験

照射対象として1.5%高コレステロール食にて作成した動脈硬化家兎を用い、ネブタール麻酔下に左開胸および開腹をし腹部大動脈より内視鏡を挿入した。大動脈弓のところまで内視鏡が到達したことを確認し、上行および下行大動脈を結紮し血流を遮断した。汎用ルーメンより生理食塩水を注入し、内部を観察の後レーザープローブを挿入しレーザーを照射し、内視鏡による直視下手術に関する検討を行った。(Fig. 2)

Fig. 2 動物実験

Fig. 3 設計試作された内視鏡

【結果】

試作した内視鏡はとりあえず上記(2)の(a),(b)の条件を満たすものとなり、ちょうど血管カテーテルの側面を一部厚くし、同部にイメージファイバー、ライトガイドおよびバルーン用ルーメンを埋め込んだ形態となった (Fig. 3)。内視鏡全体の太さは 3.2mm であった。汎用ルーメンは、内径 1.8mm あり、セラミックチップは容易に通過可能であった。生理食塩水の注入は同ルーメンよりレーザープローブを入れたまま良好に行えた。

動物実験においては、レーザープローブの隙間からの生理食塩水のフラッシュにて大動脈内部は良好に観察できアテロームは白っぽい隆起や起伏に見えた。この内視鏡にレーザープローブを挿入した場合、内視鏡のイメージ下にレーザープローブはよく観察された (Fig. 4)。内視鏡によりセラミックチップの誘導もある程度行えた。セラミックチップによるアテロームの焼灼も内視鏡下に良好に行えた。また、レーザー照射後の照射面の確認も良好に行えた (Fig. 5)。

【考察】

内視鏡の設計方針としてはセラミックチップを通せる最小径のものにすることとした。この条件にて試作された内視鏡は外形が3.2mm となり頸動脈や大腿動脈などの中動脈には使用可能と思われたが、経皮的に使用するには少し太いと思われた。

内視鏡による観察においては、今回は腹部大動脈より逆行性に内視鏡を挿入したため、下行大動脈のみの結紮では左心室からの拍動性の血流がフラッシュした生理食塩水に混入し、良好な視野を得るには大量の生理食塩水のフラッシュを常時必要とするため、大動脈内部の観察は上行大動脈も結紮して行ったが、実際に末梢血管に使用する場合は順行性に挿入すればバルーンのみで良好な視野が得られると思われた。大動脈内部において、レーザープローブは良好に観察され、焼灼したい部位へのセラミックチップの誘導はある程度行えたが、内視鏡先端の屈曲機能が実現すればより容易となることが予想された。レーザー照射中の焼灼状態の観察に関しては、実際の焼灼面がセラミ

Fig. 4 内視鏡による動脈硬化家兎
大動脈内の観察

Fig. 5 レーザー照射後のアテローム
の内視鏡像

ックチップと大動脈内壁の接触面であるため不可能であるが、レーザー照射前後の焼灼部位の状態が確認できるだけでも有用であることが示された。

今後の問題点は、1)内視鏡を経皮的に使用可能な細さにすること、2)内視鏡先端に屈曲機能をもたせることである。1)に関しては、内視鏡のチャンネルをレーザープローブのファイバー部分のみを通す細さとし、レーザープローブのセラミックチップ部分は内視鏡先端にあらかじめ設置した状態で、レーザープローブを包含した内視鏡の形態を採る方法と、セラミックチップをより小型にする方法があり、今後の検討を要する。2)に関しては現在検討中である。

【まとめ】

1. セラミックチップを用いたレーザープローブの使用を前提とした血管内視鏡を設計試作した。
2. 動脈硬化家兎の大動脈のアテロームを、内視鏡下に観察し、セラミックチップにて焼灼できた。

3. 内視鏡の使用は、レーザー照射効果の確認とセラミックチップの誘導に有用であることが示された。

(謝辞)

本研究にあたりセラミックチップを使用したレーザープローブの開発協力とNd:YAGレーザーの使用の機会を与えていただきました長田電気株式会社および内視鏡の開発に協力をいただきました住友電気工業株式会社に深謝いたします。

〔参考文献〕

- 1) 阿部裕輔、他：血管内手術用レーザープローブに関する基礎的研究、医科機会学 6(supple.), 38-39 (1986)
- 2) 阿部裕輔、他：レーザー血管内形成術に関する基礎的研究—血栓およびアテローム変性動脈への血管内レーザー接触照射効果の解析、日本レーザー医学会誌 7(3), 115-116 (1987)