双極レーザーピンセットの開発とその臨床応用

吉川 哲夫, 大井 知教, 朝岡 博, 清滝 修二, 岡田 清己

日本大学泌尿器科学教室

ABSTRACT

Development of device "Bipolar Laser Forceps" using double laser beams and clinical application.

Tetsuo Yoshikawa, Tomonori Ohi, Hiroshi Asaoka, Shuji Kiyotaki and Kiyoki Okada

Department of Urology, Nihon University, School of Medicine Tokyo, Japan.

Some fundamental studies of the Bipolar Laser Forceps (BLF) presented on the 11th annual meeting of Japan society for laser medicine were performed using the animal model of Wistar rat. The renal vessels were irradiated with BLF to evaluate the thermal effects in cutting and coagulation at the aimed tissue. Under interruption of the blood flow with the forceps, the laser was yielded to cut the vessels ($M \pm SD: 1.5 \pm 0.1$ mm in diameter) completely in low power energy ($M \pm SD: 14.9 \pm 1.4$ J) comparatively without thermal damage to the surrounding tissue. The findings at the lased area in 2nd, 7th and 60th days after the operation were evaluated morphologically. The carbonized tissue at the limited area of lased tissue and the congestion in the proximal vessels were observed for 7 days, and after 60 days any thermal damage could not be found at the tissue. Furthermore BLF was applied in 7 cases of urological operations held in our institution. BLF showed the benefits on the hemostasis at the oozing points. The coagulation could be performed successfully with low power energy. From these results we could conclude that (1) Effective coagulation and cutting of tissues could be yielded by BLF. (2) BLF could be used for clinical application in safety.

I 緒言

今日、臨床領域においてレーザーは先進医療技術としてその需要をますます拡大している。需要にこたえるべく新しい機器および照射法を開発する必要がある。われわれは限局した目的部分に効率よくレーザーを照射する方法として、Bipolar Laser Forceps (双極レーザーピンセット) (以下BLF) を考案し、これを用

いた小血管処理に関する基礎的実験を行い、第11回日本レーザー医学会にて報告した。今回、さらに基礎実験を追加しその結果を報告するとともに、実際の泌尿器科手術に応用し、その効果を検討した。

II 実験内容

A、基礎実験

1. 目的

ラット腎血管に対するBLFによる凝固切開能に関する基礎実験を行う。

2. 対象および方法

レーザー発振装置として、Lasersonic社 Nd:YAG Laser Model 6000 (波長1.06 μm) を使用した。発振装置より発生したレーザー光を250 μm コア径の石英ファイバーで導光し、これをレーザー分配装置 (融着遠心型カプラー) にて同径2本のファイバーに分光した。この各々の導光ファイバーを、試作したピンセットの両脚に装着して、従来のピンセット操作に準ずる方法で目的部分を把持し照射を行った (図1)。

対象としてはWistar系雄性ラット (平均体重280 g) を用いた。ネンブタール麻酔を施した後、開腹し腎門部を露出した。腎門部の腎動静脈および他の小血管に対してBLFによりレーザー照射を行って、片側腎摘出を施行し、血流遮断効果を検討した。照射直後の照射野を肉眼的観察の後、閉腹して2日後、7日後および60日後に再開腹し、さらに肉眼的観察、ホルマリン固定後、光顕的観察による検討を行った。

3. 結果

(表1) はラット腎血管径と血流遮断に要したエネルギーとの関係を示したものである。両側先端出力合計3.5 W、0.5秒反復照射にて、平均径1.5 mmの血管が、平均14.9 Jのエネルギーにて凝固切断され、腎摘出を施行し得た。さらに、ラットを閉腹して2日、7日および60日と経過をみたが、腎血管切断部より再出血を来たして出血死をしたものはなかった。

(表2) はBLF照射後の腎血管の変化に対して経時的に光顕的検討を加えた結果である。直後像には切断部血管の鬱血、断端部の熱性凝固炭化が認められ、これらの所見は7日後、60日後と経時的に軽減した。周囲組織に及ぼす変化は若干の細胞浸潤、熱変化および炭化がみられる程度で、BLFの効果はきわめて限局していると考えられた (図2)。

B. 臨床応用

1. 目的

基礎実験の成果をふまえて、BLFの臨床的有

用性に関して検討した。

2. 対象および方法

日大板橋病院における泌尿器科手術の中で、陰嚢内手術、陰茎手術、腸管を用いた尿路変向術、外尿道口腫瘍切除術および内視鏡下の後腹膜腔手術における局所出血に対する止血、組織凝固を前提としてBLF応用を試みた。小血管の処理、小腫瘍の切除などを主たる目的とした。基礎実験と同様にピンセット操作に準じて目的部分を把持し、BLF接触照射法により、先端出力左右合同3 W、0.2秒反復照射を行った。術者および助手をはじめ室内入室者はレーザー防御用の眼鏡を着用した。照射に際してはピンセット先端を正確に目的部分にあて、組織を把持した後、照射を開始した (図3)。同時にBLF使用時の操作性 (使いごち) についても検討した。当教室では直腸手術用内視鏡を使用して後腹膜腔手術さらには内視鏡的副腎摘出術を行っているが、分光された導光ファイバーを考案した内視鏡用クリップの先端に装着し、これを内視鏡チャンネルに挿入して内視鏡手術に応用してみた (図4)。

3. 結果

陰嚢内手術では小血管の止血には有効であったが、2.0 mm以上の比較的大い静脈の止血は困難であった。陰茎手術では小血管の処理が効率よく行い得た。泌尿器科領域における尿路変向手術において切開腸管壁からの小血管の出血にしばしば難渋するが、腸管離断部分の小出血は2 Jで止血でき、腸間膜静脈の離断も可能であった。内視鏡的双極レーザーピンセットについてはまだ問題点は多いものの、小血管の止血が可能であり、BLFの内視鏡手術への応用の可能性が示唆された。外尿道口付近の小腫瘍切除にも応用したが、腫瘍の形態により先端角度に工夫を要した。(表3) は以上の結果のまとめである。低出力で目的部分の外科的処理が容易に効率よく行い得ることが確認できた。特に陰茎、腸間膜および腸管など、従来の方法では止血にとまどうような小血管に富む部分の処理に有効であった。2.0 mm以下の静脈になると止血も効率よく有効であった。しかし、レー

レーザーエネルギーよりみると陰嚢内 2.0 mm以上の静脈の止血に対しては平均30.5 J と比較的高エネルギーを要した。

Ⅲ 考察

前回の報告では径 1.0 mm以下のラット腸間膜を対象として B L F による基礎実験を行ったが、今後の臨床応用に際しての問題点として、以下の 4 点をあげた。

①先端径と血管径との関係による限界の問題。

②ピンセット先端部が過熱化する場合

③熱性凝固塊がピンセット先端部を離す際に剥がれてしまい再出血を来す可能性があるという問題。

④ファイバー先端の消耗が激しいという問題。

①に関しては今回の基礎実験ではより血流の豊富な径も大きいラット腎血管を用いた。平均血管径 1.5 mm に対して平均 14.9 J の照射エネルギーで血流遮断を行ひ得た。前回報告の腸間膜血管では、平均径 0.7 mm に対して 2.5 J にて 80% の遮断率を、5.0 J にて 100% の遮断率を得ている。血管血流遮断に要する単位面積あたり (mm^2) のエネルギーは前回報告では 6.5 J/ mm^2 、今回は 8.4 J/ mm^2 であった。太い血管になると単位面積あたりの照射エネルギー量は増加し、効率は悪くなることが予想される。

②に関しては目的組織に高エネルギーを長時間照射することによりピンセット先端部分の過熱化が起これると考えられる。また周囲組織の障害が想定以上に広範囲に及ぶことを防ぐためにも凝固切開に適切なレーザー照射量を知ることが必要である。

③に関しては B L F 使用時の手技的問題にも及ぶが、照射する際にピンセット操作で確実に血流を遮断しておくこと、さらに組織把持を解除する寸前まで照射を行うことにより癒着をある程度防ぐことができる。

④に関しては 250 μm の細いファイバーを用いていること、および人工サファイヤ結晶によるコンタクトプローブなどは用いずにベアファイバーに直接目的部分を接触させて照射する方法であ

るためファイバー先端の消耗が激しくなる。

以上のような問題点に対し検討の余地があるものの、実際の手術に際して B L F は前述のごとく良好な結果が得られた。小血管の止血においては、出血部分を確認すると同時に同部分を把持照射することにより従来の結紮による止血に比べて短時間で済ませ、しかも電気メス使用時に問題となる周囲組織に及ぼす影響も少ない。臨床的には手術時間の短縮、創傷治癒の促進および術後疼痛の軽減に寄与すると考えられる。また照射手技上生じる問題点に関しても、術者の習熟によりある程度克服できると考える。さらに新しい手術法である内視鏡的後腹腔腔手術にも応用できる事が期待され、内視鏡手術をより効率よく行うための有力な方法となりうる。特に内視鏡手術で要求される微細な手技に有効であると考えられる。目的組織を確実に把持でき、同時に同部分にレーザー照射を行なえる双極レーザーピンセットは局所における Minimally invasive surgery という観点からも期待される方法である。

Ⅳ 結語

1. B L F を用いた基礎実験として、ラット腎血管を対象にその凝固切開能を検討した。平均 14.5 J のエネルギーにて片側腎摘出が施行可能であり、しかも組織学的検討よりその効果はきわめて限局していることが確認された。

2. 臨床的に B L F を実際の泌尿器科手術に応用し、その効果を検討した。比較的低出力で目的部分の外科的处理が容易に効率よく行い得ることが確認された。さらに内視鏡的使用も可能であることが示唆された。

ラット腎血管径と血流遮断に要した
エネルギーとの関係

	M ± SD
血管径 (mm)	1.5 ± 0.1
エネルギー (J)	14.9 ± 1.4

先端出力 3.5W、0.5 秒反復照射 (n = 10)

表 1

BLF 照射後の腎血管の変化に対する光顕的検討

		直後	2 日	1 週間	2 か月
血管局所 の変化	熱性凝固	(++)	(+)	(+)	(-)
	内腔の鬱血	(+)	(++)	(±)	(-)
	炭化	(+)	(+)	(+)	(-)
周囲組織 の変化	細胞浸潤	(-)	(+)	(±)	(-)
	熱変性	(±)	(±)	(-)	(-)
	炭化	(±)	(±)	(±)	(-)

(++) 高度、(+) 中等度、(±) 軽度、(-) なし

表 2

泌尿器科手術への応用

対象臓器	例数	目的	効果	備 考
陰嚢内	2	止血	良	太い静脈には不十分。
陰茎	1	止血	優	小血管の処理に有効。
腸間膜	1	止血切離	優	血管離断も施行可能。
腸管壁	1	止血	優	離断部小出血は 2J で止血。
後腹膜腔 結合組織	1	止血	良	内視鏡的使用を試みる。
外尿道口	1	腫瘍切除	良	先端角度に工夫を要する。

先端出力 3W、0.2 秒反復照射にて施行。(n = 7)

表 3

図 1

図 2

図 3

図 4