消化器内視鏡下治療におけるNd-YAGレーザー の接触照射法について

Contact Irradiation of Nd-YAG Laser in the Endoscopic Treatment of Digestive organs

○加 減 秀 樹 , 辻 村 大 次 郎 , 松 井 洋 勝

羽 白 清 , 山 本 俊 夫

Hideki Kagen, Daijirou Tsujimura, Hirokatsu Matsui

Kiyoshi Hajiro, Toshio Yamamoto

近畿大学医学部第2内科

The Second Department of Internal Medicine, University of Kinki

Abstract: Contact irradiation of Nd-YAG laser was applied to bovine liver, mouse transplantable colon 38, and human gastric adenoma by a newly developed artificial sapphire probe, which is superior to quartz fiber in its heat resistance, hardness, and mechanical strength. The laser being applied to bovine liver at variable energy and irradiation time, the relationship between energy and effectiveness was consequently found out to be determined more accurately in contact method. The differences in tissue coagulation between CO₂ and distilled water used to protect the probe were also studied and concluded that adhesion of coagulated tissue could be prevented by allowing an outflow of distilled water and the abdominal distention relieved in the clinical treatment.

I 緒 言

近年Nd-YAGレーザーによる消化器内視鏡下治療が活発に行われる様になったが、未だ解決すべき問題点が種々指摘されている。従来の非接触照射の場合、照射距離を常に一定に保つことは不可能である。このため照射エネルギーと効果の関係が不明瞭となる。又非接触照射では、図1のごとく発散角度 θ 、距離 d における照射面の power densityは照射距離の2乗に反比例して減弱する。

われわれはこれらの問題を解決するために接触型凝固端子を開発し基礎実験及び臨床応用を行い若干の知見を得たので報告する。

II 装置と対象・方法

1. 装置

図2は新しく開発した接触型凝固端子のシェーマである。材質は酸化アルミニウム(Al₂O₃)の溶融体(人工サファイア)である。レーザー導光ファイ

図1 距離 d , 発散角度 θ における照射面の power density (I_s). I_0 : 照射エネルギー

バーは従来通り石英を用いている。表1は人工サファイアと石英の特性の比較を示す。人工サファイアは石英に比し耐熱温度・強度・硬度の点で優れている。これらの事は直接組織に接触して照射しても石英よりも破損しにくいことを示している。レーザー発生装置はMBB製Medilas(Nd-YAG Laser)を使用した。

2. 対象と方法

照射エネルギーと効果の関係を観察するために牛肝臓に対して接触照射した。照射条件は10W, 15W, 20Wでそれぞれに1.0秒から3.0秒まで変えて照射し凝固径と深さを計測した。この際凝固端子の保護のために使用するCO₂(400ml/min)と蒸溜水(0.5ml/min)での組織凝固の差について比較した。次に同装置を用いて生後4~6週, 体重20gのC57 BLACK 雌性マウスの腹壁下に colon38 を移植4週間後にエーテル麻酔下で15W・2.0秒・20回 total 600 J 照射した。

Ⅲ 結 果

表2に示すように、照射エネルギーと凝固径・深さの関係は、出力・照射時間にはほぼ比例する。

凝固端子の保護のためにCO₂(400ml/min)と蒸溜水(0.5ml/min)を使用した。CO₂を使用した場合には15W・3.0秒, 2.0W・2.0秒以上で組織の蒸散が起った。蒸溜水を使用した場合には15W・1.5秒以上, 20W・1.0秒以上で組織の蒸散が起

図2 接触型凝固端子の構造

表1 接触型凝固端子(人工サファイア)の特性

	サファイア	石 英
化 学 式	Al ₂ O ₃	SiO ₂
融 点	2030~2050℃	1600℃
比 熱	0.18(25℃)	0.17(25℃)
熱 伝 導 率 (Cal/cm·secdeg)	0.0016~0.0034 (40℃)	0.0158~0.0299 (40℃)
比 重	4.0	2.2
硬 度 (MOHS)	9	7
圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	28000	20000
引張り強度	2000	900~1200
屈 折 率	1.76	1.54
結 晶 形	六方晶系	六方晶系
Nd-YAGレーザーの 透過率	>90%	>90%

った。又15W・3.0秒, 20W・2.0秒以上の照射では凝固はかなり大きく不整形となるため計測は省略した。CO₂と蒸溜水を使用した結果を比較すると、凝固径は蒸溜水を使用した方が、又凝固の深さはCO₂を使用した方が大きくなる傾向を示した。(凝固径はすべての条件で、深さは15W, 20Wの条件でP<0.01において有意差が認められた。)凝固組織の凝固端子への付着はCO₂では見られたが、蒸溜水の場合にはなかった。又臨床に应用した際には、患者の腹満感を軽減できた。表3にCO₂と蒸溜水を使用した際の比較を示す。

Colon38に対して接触照射した結果、1週間後に腫瘍は消失し照射部は瘢痕となり5ヶ月後の現在再発はない。

表2 牛肝臓に対するNd-YAGレーザー接触照射による凝固径と深さの計測(単位はmm)

蒸溜水(0.5 ml/min)

sec. \ W	10	15	20
1.0	0.97	3.05	3.43 (1.08)
	0.46	0.57	0.95 (0.41)
1.5	2.57	4.11 (1.05)	7.76 (1.41)
	0.59	0.97 (0.57)	1.03 (0.41)
2.0	3.03	6.97 (1.27)	
	0.73	1.35 (0.65)	
3.0	3.81		
	1.41		

上段は直径, 下段は深さを表わす

(): 蒸散による組織欠損

CO₂(400 ml/min)

sec. \ W	10	15	20
1.0	0.32	0.84	1.86
	0.46	0.90	1.38
1.5	0.78	1.38	2.70
	0.80	1.58	2.00
2.0	1.20	2.14	3.48 (1.90)
	1.14	1.94	2.24 (0.84)
3.0	2.10	3.38 (1.90)	3.84 (2.22)
	1.40	2.52 (1.08)	2.62 (1.34)

表3 CO₂(400 ml/min)と蒸溜水(0.5 ml/min)の比較

	凝固径	凝固の深さ	凝固組織の付着	腹痛感
蒸溜水 (0.5 ml/min)	大	浅	—	—
CO ₂ (400 ml/min)	小	深	+	+

IV 症 例

患者: 73歳, 男性。

主訴: 胃部不快感。

既往歴: 昭和55年左腎盂腫瘍のため左腎摘出。

昭和56年膀胱腫瘍のためTUR施行。

現病歴: 昭和59年5月頃より胃部不快感出現。

嘔気・嘔吐や体重減少はなかった。同年6月12日に胃X線検査を受け幽門前庭部後壁に隆起性病変を指摘され, 内視鏡検査を受けた。その結果 gastric adenoma と診断されたためレーザー照射目的にて当科入院した。

現症: 体格は中等度で皮膚・眼球結膜に黄染なく, 表在性リンパ節触知せず, 心肺に異常なし。腹部は平坦で圧痛なし。肝・脾触知せず。浮腫はなし。

入院時検査成績: 表4に示すように軽度の貧血を認めた。CEAは正常範囲であった。

胃X線検査: 背臥位二重造影(図3)にて前庭部後壁にバリウム斑にとり囲まれた表面凹凸な隆起性病変が認められ, IIaが疑われた。

胃内視鏡検査: 図4-aに示すように前庭部に表面軽度凹凸で乳白色調を呈する偏平な隆起性病変が認められた。同部の生検結果は group III であった。そのため完全生検目的に snare polypectomy

表4 入院時検査所見

Urine	LAP	124 G.U
glucose (—)	γ-GTP	32 mU/ml
protein (—)	Ch. E.	0.87 ΔpH
	T. chol	201 mg/dl
Stool	T. Bil	0.6 mg/dl
occult blood (—)	D. Bil	0.2 mg/dl
	T. Protein	7.4 g/dl
Peripheral blood	albumin	4.1 g/dl
RBC 353 × 10 ⁴ /mm ³	Na	140 mEq/l
Hb 12.9 g/dl	K	4.2 mEq/l
Ht 36.8 %	Cl	107 mEq/l
WBC 4900 /mm ³	BUN	21 mg/dl
Plts 14.9 × 10 ⁴ /mm ³	Creatinine	1.0 mg/dl
Blood chemistry	ESR	23 mm/hr
GOT 14 U/L		
GPT 13 U/L	CEA	1.6 ng/dl
ALP 98 U/L		
LDH 132 U/L		

施行(図4-b)した。摘出標本の病理診断は gastric adenoma であった。図4-b に示すように周囲に残存病変あるためNd-YAGレーザーを計975 J接触照射した。図4-cは照射直後で病変部は浮腫状になっている。図4-dは照射5日後で残存病変は完全に消失し同部はA₂の潰瘍を形成した。

図3 胃X線写真：背臥位二重造影

図4

a	b
c	d

a : レーザー照射前
c : レーザー照射直後

b : snare polypectomy 後
d : レーザー照射5日後

V 考 按

牛肝臓実験において、蒸溜水(0.5ml/min)を使用した場合にはCO₂(400ml/min)を使用した場合に比して凝固径が大きくなる傾向を示すが、これはレーザー本来の熱エネルギーによる直接的な組織凝固と石英ファイバーと人工サファイア接合部において蒸溜水の沸騰が起り、その沸騰した蒸溜水が組織を凝固させる間接的な効果が加わったためと考えられる。又この際蒸溜水を沸騰させるに要するエネルギーが失われるため凝固の深さは浅くなる。このことは臨床に応用した場合穿孔という合併症を防ぐことができ、又粘膜の薄い大腸の病変にも使用し得るという利点を持つ。その反面、YAGレーザーの特徴である組織浸透性が失われた感じを持たれるかも知れないが使用する蒸溜水の量を加減することによって凝固の深さを調節できないかどうかを現在検討中である。

次に内視鏡下に照射する場合、接触照射では凝固端子を目的病変に圧迫して照射するため、誤照射が起りにくい。非接触照射において照射エネルギーと効果の関係を不明瞭にしている原因として、①目的病変に垂直に照射できない場合が多い。すなわち多くは斜めからの照射となり深部への効果は弱くなる。②照射距離が常に一定でないため照射面のpower densityが不明である。以上の2点が考えられる。①については接触照射の場合にもあてはまるが、接触照射では照射距離は常に一定であるため照射面のpower densityも一定となり非接触照射に比し照射エネルギーと効果の関係は明瞭となる。又接触照射では照射距離がゼロとなるため照射距離によるエネルギーの損失がなくなり低出力で効果が得られる様になる。

今回開発した凝固端子は辺縁に丸みをつけてあるので病変に斜めから接触照射する場合、病変の上を凝固端子がすべり易いことが判った。この点を今後の課題の一つとして、さらに基礎実験を重ね臨床へ応用して行きたい。

VI 結 論

1. 接触照射では照射エネルギーと効果の関係がより正確になる。
2. 凝固端子の保護のために蒸溜水を使用することで凝固組織の付着を防止できる。
3. 低出力で十分な効果があるため将来安価な装置が開発される可能性がある。

最後に凝固端子の開発に協力を頂いた S L T Japan の大工園氏に謝意を表します。