レーザー内視鏡の基礎的検討

Fundamental Study of Endoscopic Laser

○今岡 渉 山本 実 加藤隆弘
 武知桂史 奥田順一 井田和徳

Wataru Imaoka, Minoru Yamamoto, Takahiro Kato,
 Keishi Takechi, Junichi Okuda, Kazunori Ida.

岐阜歯科大学 第2内科

Department of 2nd Internal Medicine,
 Gifu College of Dentistry.

The degree of stomach tissue injury after laser irradiation under the various laser coagulator operation. We observed the tissue damage of canine stomach after the high output power irradiation with Nd-YAG laser coagulator. We obtained the following findings. The tissue damage is minimal and it is safe from perforation under the condition of repeating pulse irradiation with high output power and short duration. The laser irradiation to the ulcerative tissue have higher incidence of perforation than the irradiation to normal mucosa. When we radiate the YAG laser on the submucosal ulcerative tissue, we should not exceed 40 pulsation of the irradiation under the condition of 90 watts output power, 0.1 second irradiation time and the 1 cm distance between the gastric ulcer and tip of quartz fiber. If the laser radiates after the India ink injection into the gastric submucosal tissue, the second effects of India ink appear.

〈はじめに〉

レーザーは内視鏡的治療の面において、消化管出血に用いられ、欧米ではすでに多数の臨床例が報告されているが、わが国ではいまだ少なく、現在ようやく緒についた段階である。

内視鏡レーザーは止血のみならず、腫瘍性病変の除去にも効果が期待され、さらに、診断面への応用も研究されつつある。

内視鏡的治療に応用しうるレーザーはArgonレーザーとYAGレーザーであり、すでに両者

の比較検討が行なわれ、Argonレーザーに比べYAGレーザーの効果はより深部の組織にまで及ぶことが適適されている。そのため、YAGレーザーを使用する場合には、より消化管穿孔の危険性が高いことが推定される。

実際に内視鏡レーザーを使用する場合、胃粘膜の性状や、照射条件は一定とはなり得ないために、安全かつ有効に内視鏡レーザーを使用するには種々の条件下の照射による生体の組織変化を熟知する必要がある。

今回、われわれは、高出力のMolelectron Laser Coagulator Model 8000 を使用し、主として高出力照射後の犬胃組織変化を観察し、正常胃粘膜照射時と潰瘍底照射時の比較、および粘膜下組織への墨汁注入効果とその影響について検討した。

〈実験方法〉

雑種成犬胃を用いて以下の実験を行った。

(1) 高出力連続照射後の犬胃粘膜組織損傷

静脈麻酔下に開腹、胃前壁切開後、直ちにNd-YAGレーザーを正常胃粘膜に照射した。照射距離1cm、出力50W、70W、90W、で各々1、2、3、4、5秒の連続照射を異なる部位で行ない、胃壁の組織損傷について検討した。

(2) 高出力繰返し照射後の犬胃粘膜組織損傷

(1) と同様に正常胃粘膜に照射した。照射距離1cm、出力50W、70W、90W で各々1秒間づつ、2、3、4、5回繰返し照射した。

(3) 正常胃粘膜面照射と胃潰瘍底照射の比較

静脈麻酔下にファイバースコープを挿入し、生検鉗子にて同一胃粘膜部を3回繰返し生検、粘膜剝離し、同部粘膜下に氷酢酸0.3mlを注入し実験潰瘍を作成した。2日後、同犬を静脈麻酔下に開腹し、胃前壁切開後、潰瘍部に距離1cm、90W 0.1秒、90W 0.2秒、50W 0.2秒、非潰瘍部に90W 0.1秒、50W 0.2秒で繰返し照射を行った。

(4) レーザー照射時の粘膜下墨汁の影響

静脈麻酔下に開腹、胃前壁切開し、正常胃粘膜下に墨汁0.2mlを注入し、距離1cm、50W、70W、90W 各々1、2、3秒間の連続照射を行った。墨汁注入は粘膜下の比較的浅い部位と

深い部位に行った。

〈実験結果〉

(1) 高出力連続照射後の犬胃粘膜組織損傷

(Fig 1) 50W 1秒は粘膜内の変化にとどまり、50W 2秒、70W 1秒で粘膜筋板に変化がみられ、90W 1秒では粘膜下にも変化が及んだ。50W 3秒、70W 2秒では粘膜下の比較的浅い部分にとどまるが、50W 4秒、70W 3秒、90W 2秒では粘膜下の深い部まで組織損傷がみられたが、固有筋層の傷害は認めなかった。70W 4秒、90W 3秒では固有筋層に傷害が生じ、50W 5秒では漿膜に変化がみられた。

(2) 高出力繰返し照射後の犬胃粘膜組織損傷

(Fig 2) 50W 1秒2回では変化は粘膜内にとどまり、70W、90W 1秒2回は、いづれも粘膜筋板の変性を伴うが、粘膜下組織への影響はほとんどみられなかった。50W 1秒3回では粘膜下層の浅い部位、70W、90W、1秒3回で深い部位まで組織損傷を認めた。50W、70W、90W いづれも4回照射では固有筋層に接する部位まで損傷され、50W、70W 1秒5回では固有筋層の中程まで傷害され、90W 1秒5回では固有筋層全層が傷害され、漿膜にも変化が及んだが、いづれも穿孔はみられなかった。

(3) 正常胃粘膜面照射と胃潰瘍底照射の比較

(Fig 3) 実験潰瘍は肉眼的には粘膜の欠損としてみられ薄い白苔を有していた。顕微鏡的には、ほとんどが粘膜筋板の深さの潰瘍で一部粘膜筋板を越えた潰瘍もあった。

(U_ℓ I ~ II)。

U_ℓ I に90W 0.1秒20回照射すると組織欠損は粘膜筋板をわずかに越え、粘膜下層の変化も少なかった。U_ℓ I に90W 0.1秒40回照射すると組織欠損は粘膜筋板を越えて組織変性は粘膜下層にかなり強く認められた。U_ℓ II に90W 0.1秒75回照射すると固有筋層のほぼ全層を傷害したが、穿孔は生じなかった。U_ℓ II に90W 0.1秒150回繰返し照射すると穿孔した。U_ℓ I に90W 0.2秒15回照射すると粘膜下深部まで組織欠損がみられ、U_ℓ I に90W 0.2秒30回照射すると漿膜まで穿孔した。一方対照として50W 0.2秒U_ℓ II に照射すると

深部に墨汁を注入した場合、粘膜内にとどまる程度の照射では増強効果は全くみられないが、粘膜筋板を越えるような強さの照射では増強効果が著明であった。

さらに顕微鏡的に墨汁の存在する部分を観察すると、結合組織が粉々に断裂、爆発したような像がみられた。この変化は、ただ単にレーザー光の効果増強というだけでなく、混合された組織の中では、墨汁の方が熱の吸収ははるかに強く、熱せられた墨汁の熱で周囲近傍組織が変性断裂されたと考えられる。すなわち、墨汁の二次的な効果と考えられる。しかし、この変化は墨汁の存在する粘膜下の結合組織に限られ、血管、粘膜筋板、固有筋層は損傷されなかった。このような組織損傷の治癒経過については、今後の検討を要するが、墨汁の組織内注入によって、その注入部位を中心に組織損傷の深化とと

もに横方向への損傷も拡大するが、その近傍より深層への影響はより少なくなることが示唆された。隆起性病変の照射除去に、墨汁の注入は有効な手段と考えられる。

〈結論〉

1) 高出力照射の場合の犬胃粘膜の組織変化をみた。照射総エネルギーが等しい場合、高出力、短時間の繰返し照射が、生体組織傷害が少なく安全である。

2) 潰瘍底照射は正常粘膜照射より穿孔の危険性が高いが、UⅡの潰瘍では距離1cm、90W 0.1秒40回程度が安全性の限度と考える。

3) 墨汁を粘膜下に注入して、レーザー照射すると二次的效果が得られ、注入部近傍の水平方向への拡大がみられるが、近傍より深部への影響はより少なくなる。

連続照射時の犬胃組織損傷 (距離/cm)

Duration Power	1 sec	2 sec	3 sec	4 sec	5 sec
50w					
70w					
90w					

Fig 1

繰返し照射時の犬胃組織損傷 (距離/cm)

Times Power	1	2	3	4	5
50w 1 sec					
70w 1 sec					
90w 1 sec					

Fig 2

潰瘍底照射と正常粘膜照射の比較

潰瘍底			正常粘膜	
90w	90w	50w	90w	50w
0.1 sec	0.2 sec	0.2 sec	0.1 sec	0.2 sec
150回	30回	64回	75回	51回
75回	15回	20回	40回	20回
40回			20回	
20回				

(距離1cm)

Fig 3

レーザー照射時の粘膜下墨汁の効果 (距離/cm)

Duration Power	浅部注入時			深部注入時		
	1 sec	2 sec	3 sec	1 sec	2 sec	3 sec
50w						
70w						
90w						

Fig 4

20回で組織欠損は粘膜下深部に及び、64回で穿孔した。

これに対し、正常粘膜の場合、90W 0.1秒20回照射では組織欠損は粘膜筋板、変化は粘膜下層に、90W 0.1秒40回照射は粘膜下層中程まで傷害されたが、90W 0.1秒75回照射でも組織欠損は粘膜下深部にとどまり、固有筋層の欠損はみられなかった。又、50W 0.2秒20回では組織欠損は粘膜筋板を越えた部分までであり、50W 0.2秒50回でも組織欠損は粘膜下層深部にとどまった。

(4) レーザー照射時の粘膜下墨汁の影響

(Fig 4)

a) 粘膜下組織の浅部に注入した場合

50W 1秒、2秒および70W 1秒では粘膜下組織の中程まで組織欠損を生じ、50W 3秒、70W 2秒、70W 3秒、90W 1秒では粘膜下の最深部まで傷害された。90W 2秒、3秒では固有筋層まで傷害された。

b) 粘膜下組織の深部に注入した場合

50W 1秒では粘膜筋板、50W 2秒では粘膜筋板を越えたところまで、50W 3秒、70W 1秒、90W 1秒では組織欠損は粘膜下の浅い部分にとどまるが、固有筋層までの深部粘膜下組織は著明な変性を認めた。70W 2秒、90W 2秒は深部粘膜下組織まで欠損し、70W 3秒、90W 3秒では固有筋層の一部が傷害された。

墨汁注入後照射の組織像をみると、レーザーの直接的な組織欠損、欠損部周囲の変性の他に、周辺の墨汁の混じる部の粘膜下結合組織に著明な変化がみられた。すなわち、粘膜下結合線維は粉々に断裂され、爆発したような像を呈した。粘膜下浅部に注入した場合には、墨汁の存在する浅部に限られるが、粘膜筋板下に沿って組織破壊が広がり、深部に墨汁が存在する場合には、深部の粉々となった組織破壊が認められた。いずれの場合も粘膜筋板および固有筋層の傷害は認められなかった。又、このような変化は粘膜下組織の結合組織のみ認められ、粘膜下の血管はほとんど残存していた。

〈考案〉

レーザー照射による犬胃粘膜の組織損傷度に関し、連続照射と繰返し照射の場合を比較する

と、連続照射では50W 5秒、70W 4秒、90W 3秒以上では穿孔の危険性があり、各々1秒間の繰返し照射では、50W 5回、70W 5回、90W 4回では、傷害は固有筋層にとどまり、90W 5回で穿孔の危険性があった。したがって、高出力の場合も繰返し照射の方が組織損傷は少ないといえる。

胃出血の原因は、出血性ビラン、胃潰瘍、腫瘍その他があり、その中では潰瘍出血の頻度が最も高い。実際に潰瘍底にレーザー照射を行う場合、繰返し照射によっても、正常粘膜より当然穿孔の危険性が高いと考えられる。今回作成した実験潰瘍はUⅠ～Ⅲであったが、高出力、短時間照射を繰返し照射した。

UⅢの潰瘍底照射90W 0.1秒75回で、固有筋層を貫き穿孔の危険性を伴ったが、正常粘膜照射では固有筋層に達しなかった。又、浅い潰瘍の場合、90W 0.1秒40回、90W 0.2秒15回、50W 0.2秒20回で粘膜下組織を貫通するので、止血を目的とした場合、これらの条件が照射限度であろうと考えられる。今回はUⅣの潰瘍は作成できなかったので、深い潰瘍に関しては検討できなかったが、穿孔の危険性は当然より高いと考えられる。

組織損傷の程度は各々の条件によって異なるが、以上の結果からも、距離を一定にした場合には、連続照射よりも繰返し照射の方が組織損傷は少ない。出力×時間によって照射エネルギーが規定されるならば、同じエネルギーを照射する場合、生体にとっては照射時間の短い方が、すなわち高出力の方が組織損傷は少なく、高出力短時間照射を繰返しの方が有利であることが確認された。

粘膜下に墨汁を注入してから、レーザーを照射すると、粘膜下の浅い部分に墨汁が存在する場合、本来ならば粘膜内にとどまる程度の50W 1秒の照射でも、粘膜下層の中程まで損傷された。この部位まで到達する強さは、50W 3秒もしくは90W 2秒までであり、明らかに増強作用が認められた。しかし、墨汁注入層より深部への影響は、照射エネルギーを強くしても、やや抑制される傾向が見られており、墨汁注入部近傍において増強効果が発揮されると思われる。