

YAG-CO₂ 组合激光的生物实验研究

陈公白 徐启武 江澄川

(上海第一医学院神经病学研究所)

蔡永德

何海林

(上海医用激光仪器厂) (上海医疗器械研究所)

提要: 本文报道 YAG-CO₂ 组合激光对狗不同组织的作用。结果表明, 先用 YAG 激光凝固、封闭血管, 再用 CO₂ 激光切割或气化病变组织为宜。

Study on biological experiment with YAG and CO₂ laser sources

Chen Gongbai, Xu Qiwu, Jiang Chengchuan

(Institute of Neurology, Shanghai First Medical College)

Cai Yongbiao

(Shanghai Medical Laser Instrument Factory)

He Hailin

(Shanghai Medical Instruments Institute)

Abstract: Effect of combined YAG and CO₂ laser beams on different tissue of dogs is reported. When the YAG laser beam is used alone or altogether with the CO₂ laser beam, their haemostasis capacity was studied. experimentally We consider it is suitable at first to coagulate and seal blood vessels by YAG laser, and then to cut or vaporize the lesion by CO₂ laser.

波长为 10.6 μm 的 CO₂ 激光, 对周围组织损伤小, 气化深浅易控制, 切瘤较为彻底等优点, 在外科领域应用较为普遍^[1~9]。但由于导光关节臂操纵不灵便, 定位不十分精确, 加上止血能力有限等^[2, 8, 10], 使应用受到限制。YAG 激光波长 1.06 μm, 在组织中穿透力为 4 mm, 故其组织凝固、止血能力强^[1, 2], 加上它能为石英导光纤传输, 操作方便^[3, 10],

为充分发挥激光手术的优点, 已有学者进行了 YAG 激光的止血条件及其单独或与其它激光联合应用的临床实验研究^[3, 10~12]。本文旨在应用一种新的 YAG-CO₂ 组合激光器, 以对 YAG 激光的止血能力及其和 CO₂ 激光联合应用问题, 作进一步研究。

收稿日期: 1984 年 7 月 28 日。

实验材料

一、YAG-CO₂ 组合激光装置

本装置通过特殊的耦合方法,将两个分别独立的激光束,组合成芯部为CO₂激光,四周对称、同轴地套上一个YAG激光环,并一齐进入导光关节臂,最后经聚焦镜聚焦输出。两种激光可单独或联合使用(联合使用时,下文称组合激光),功率可调。刀头实际输出功率YAG激光为0~50W,CO₂激光为0~30W。聚焦镜对YAG激光的焦距为126mm,其在焦点处光斑直径为2mm;对CO₂激光的焦距为140mm,其在焦点处光斑直径小于0.5mm。

二、实验动物

体重10kg左右的成年杂种狗5只,在异戊巴比妥钠麻醉下,应用激光器对狗肝、胃肠以及不同粗细的血管进行实验研究。

结果与分析

一、YAG及组合激光的止血能力

1. YAG 激光

应用29W,功率密度为781W/cm²(目标物远离YAG激光焦点14mm)的YAG激光,照射直径为2mm的股静脉及1.5mm的股动脉4秒或更长时间能止血。不过,当光束照射血管时,需在小范围内缓慢移动,方能表现为血管壁凝固、收缩,渐至炭化、离断,断端不出血。若光束固定照射一点,则可击穿血管壁,而致小孔出血,或血管断端凝固不

牢,而致延迟性出血。当以同样条件的激光照射同样粗细的网膜血管时,由于网膜的反射作用,照射部位往往只表现为发白、凝固,血管变细,但不能充分止血。当有活动性出血时,YAG激光不能穿透血液达止血作用。分别应用40W和50W YAG激光(使目标物远离YAG激光焦点14mm,功率密度分别为1100W/cm²和1400W/cm²),照射直径为2mm的股静脉3秒,均不能止血。似乎表明,当YAG激光达一定功率水平后,再增加功率,并不能增强止血能力。

2. 组合激光

YAG和CO₂激光功率均为29W,使目标物远离YAG激光焦点14mm处,即位于CO₂激光焦点处,功率密度分别为781W/cm²(YAG)和15000W/cm²(CO₂)。联合照射血管时,对管径小于1mm的静脉和小于0.5mm的动脉可止血。若照射超过上述管径的动脉或静脉时,则可引起出血。

二、不同激光对不同组织的作用

以不同照射时间及不同聚焦状态的CO₂激光和组合激光(CO₂与YAG激光的功率均为29W),照射实验狗不同脏器,结果如下:

1. 激光对狗肝的作用

- (1) 激光照射时间的影响(表1)。
- (2) 光束聚焦状态的影响(表2)。

2. 激光对狗胃的作用

- (1) 激光照射时间的影响

组合激光与CO₂激光的作用相仿,照射0.5~1秒时,累及肌层;照射2秒时,肌层几乎完全被击穿;照射3秒时肌层完全击穿。具

表1 不同时间激光照射狗肝时损伤灶的大小

照射时间(秒)	0.5		1		2		3	
	直径	深径	直径	深径	直径	深径	直径	深径
组合激光	2.0×2.5	1.5	2.5×4.5	2.5	4.0×6.0	3.0	4.5×7.0	4.0
CO ₂ 激光	3.0×3.5	2.5	3.0×3.5	3.0	4.0×6.0	3.0	4.5×7.0	3.0

* 目标物远离CO₂激光焦点52mm,功率密度CO₂激光为1400W/cm²,YAG激光为120W/cm²

表2 不同聚焦状态激光照射狗肝0.5秒时损伤灶的大小

目标物位置(mm)	DP _{CO₂40}		FP _{CO₂}		CP _{CO₂40}	
	直径	深径	直径	深径	直径	深径
组合激光	2.5×3.0	3.5	1.0×2.0	16.0* ¹	2.0×2.5	4.0
CO ₂ 激光	2.5×3.0	2.5	1.0×2.0	21.0* ¹	2.0×2.5	2.5

*¹ 由于组织块被击穿,故并不能代表真正的深径

*² 目标物位 DP_{CO₂40},即远离 CO₂ 激光焦点 40 mm 时,功率密度为 2300 W/cm²(CO₂)与 180 W/cm²(YAG);目标物位 FP_{CO₂},即 CO₂ 激光焦点时,功率密度为 15000 W/cm²(CO₂)与 781 W/cm²(YAG);目标物位 CP_{CO₂40},即在 CO₂ 激光焦点前方 40 mm 时,功率密度为 2300 W/cm²(CO₂)与 340 W/cm²(YAG)。

表3 不同时间激光照射狗胃时损伤灶的大小

照射时间(秒)	0.5		1		2		3	
	直径	深径	直径	深径	直径	深径	直径	深径
组合激光	2.0×4.0	表浅	2.5×5.5	1.5	5.0×5.0	1.5	6.0×6.0	3.0
CO ₂ 激光	3.0×5.0	1.5	3.5×5.0	1.5	5.0×5.0	2.0	5.0×5.0	3.0

* 目标物远离 CO₂ 激光焦点 72 mm,功率密度 CO₂ 激光为 475 W/cm²,YAG 激光为 71 W/cm²。

表4 不同聚焦状态激光照射狗胃0.5秒时损伤灶的大小

目标物位置(mm)	DP _{CO₂40}		FP _{CO₂}		CP _{CO₂40}	
	直径	深径	直径	深径	直径	深径
组合激光	4.0×2.0	1.5	2.0×1.0	8.0*	4.0×3.5	0.5
CO ₂ 激光	4.5×1.5	1.5	2.0×1.0	7.0*	4.5×3.0	1.0

* 由于胃壁被全层击穿,故并不能代表真正的深径。

表5 不同时间激光照射狗肠时损伤灶的大小

照射时间(秒)	0.5		1		2		3	
	直径	深径	直径	深径	直径	深径	直径	深径
组合激光	4.0×4.5	1.0	4.5×6.0	2.0	6.0×6.0	2.5	6.0×7.0	3.5
CO ₂ 激光	3.5×5.0	1.5	5.0×5.5	1.0	5.5×6.0	2.0	6.5×6.5	4.0

* 目标物远离 CO₂ 激光焦点 72 mm,功率密度 CO₂ 激光为 475 W/cm²,YAG 激光为 71 W/cm²。

表6 不同聚焦状态激光照射狗肠0.5秒时损伤灶的大小

目标物位置(mm)	DP _{CO₂40}		FP _{CO₂}		CP _{CO₂40}	
	直径	深径	直径	深径	直径	深径
组合激光	3.0×5.0	0.5	1.0×2.0	3.5*	2.5×4.5	0.5
CO ₂ 激光	2.5×4.5	1.5	1.0×1.5	4.0*	3.0×4.5	1.5

* 由于肠壁全层击穿,并不能代表真正的深径。

体结果见表3。

(2) 光束聚焦状态的影响

组合激光与CO₂激光的作用相仿,当目标物位于CO₂激光焦点时,引起胃壁全层击穿,而当目标物在CO₂激光焦点前或后40mm时,损伤仅达肌层,并不引起穿孔。具体结果见表4。

3. 激光对狗肠的作用

(1) 激光照射时间的影响

组合激光与CO₂激光的作用相仿,照射0.5~1秒时击穿肌层,粘膜下及粘膜层水肿;照射2秒时引起粘膜外翻,疑有穿孔;照射3秒时,引起粘膜外翻并穿孔。具体结果见表5。

(2) 光束聚焦状态的影响

组合激光与CO₂激光的作用相仿,当目标物位于CO₂激光焦点时损伤直达粘膜,引起穿孔;而当目标物在CO₂激光焦点前或后40mm时,并不引起穿孔,仅表现为粘膜下及粘膜层充血水肿。具体结果见表6。

讨 论

1. YAG 激光的止血能力

一般认为YAG激光可凝固直径小于3mm的血管^[1,2,10,11]。从我们的实验结果看,它虽能凝固直径为2mm的静脉和1.5mm的动脉,但需较长时间,对周围组织的影响也较大,而且常可击穿血管壁,导致小孔出血。故对于较粗大的血管,仍以传统的外科止血方法为宜。不应为达止血目的而过多延长照射时间,以免伤及周围正常组织。

2. YAG 和 CO₂ 激光联合应用之探讨

本实验结果表明,YAG激光和CO₂激光同时应用时,并不能明显增强止血能力,这是由于当两种激光同时作用于较粗大的血管时,血管来不及为YAG激光所凝固止血,就被CO₂激光击穿,导致出血。因此,我们认为,宜先用YAG激光凝固血管后,再用CO₂激光切割或气化病变组织。只有这样,才有可能减少术中出血,增加肿瘤光刀切除成功之机会。

3. 组合激光对不同组织的作用

从表1~6看,组合激光对狗不同组织的作用,与CO₂激光大致相仿。均是:(1)随着照射时间的增加,损伤灶面积增大,深度也加深;(2)聚焦照射与离焦照射比起来,聚焦照射所致的损伤灶面积最小,但深度最大。故当激光作用于空腔脏器时,需用离焦照射,且单次照射时间应短于1秒,以免脏器穿孔。

参 考 文 献

- [1] 杨培业;《国外医学,神经病学神经外科学分册》,1983,10,298。
- [2] Takeucki J. et al.; *Surg. Neurol.*, 1982, 13, 140.
- [3] Kaplan I. et al.; *Am. J. Surg.*, 1974, 128, 543.
- [4] Rosomoff H. L.; *Arch. Neurol.*, 1966, 14, 143.
- [5] Ascher P. W. et al.; *Wien. Med. Wochensch.*, 1977, 127, 260.
- [6] 陈公白等;《中华神经精神科杂志》,1979,12,91。
- [7] Saunders M. L. et al.; *Surg. Neurol.*, 1980, 14, 1.
- [8] 徐启武等;《中国神经精神疾病杂志》,1983,9,291,321。
- [9] 张丁(译文);《激光科学与技术》,1982, No. 2, 89。
- [10] Fasano V. A. et al.; *Laser Electro-Optik*, 1980, 12, 26.
- [11] Bown S. G. et al.; *Gut.*, 1980, 21, 818.
- [12] Rutgeerts P. et al.; *Gut.*, 1981, 22, 38.

