

脉冲 1.44 μm 与 1.06 μm Nd:YAG 激光对犬胃壁作用组织效应的比较研究*

李文志 孙 智 刘筑闻^① 黄剑锋 郝林鹤 张志宏 林 煌 王建明^② 张盛伏^②

(首都医科大学附属北京安贞医院整形美容和激光医学科,北京 100029)

【摘要】 目的 比较脉冲 1.44 μm 与 1.06 μm 波长 Nd:YAG 激光对犬胃壁作用的异同,评价 1.44 μm 激光的组织效应特点。**方法** 比格犬 5 条,采用自体对照,分别应用 1.44 μm(实验组)与 1.06 μm(对照组)脉冲 Nd:YAG 激光,由单脉冲能量 200,500,800 mJ,每次照射脉冲数为 1,5,10,20,40,80,组成 19 种剂量(包括 1 个零剂量指标),对胃后壁黏膜进行活体照射。实验重复 5 遍。损伤灶切取标本,制作切片,光学观察,计算机成像与测量。**结果** 实验组与对照组,汽化宽度最大值分别为(1863.8 ± 225.0) μm 和(576.8 ± 30.8) μm($t = 12.672, P = 0.000$);凝固宽度最大值分别为(885.1 ± 82.9) μm 和(1275.8 ± 140.1) μm($t = -5.366, P = 0.001$);汽化深度最大值分别为(1787.4 ± 93.7) μm 和(105.0 ± 16.3) μm($t = 39.539, P = 0.000$),凝固深度最大值分别为(1327.8 ± 86.3) μm 和(994.8 ± 130.0) μm($t = 4.773, P = 0.002$)。**结论** 1.44 μm 激光对犬胃黏膜有汽化与凝固止血作用,其汽化能力远大于 1.06 μm 激光,其凝固作用稍弱于 1.06 μm 激光,但足以保障实验创面的清洁与止血效果。

【关键词】 脉冲激光; 1.44 μm Nd:YAG; 组织效应; 胃
中图分类号:R-332 **文献标识:**A **文章编号:**1009-6604(2009)09-0817-05

Histological Effects of 1.44-μm and 1.06-μm Pulse Nd:YAG Laser on Stomach Wall in Dogs: Comparative Study Li Wenzhi*, Sun Zhi*, Liu Zhuwen, et al. * Department of Plastic Surgery and Laser Medicine, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China

【Abstract】 Objective To compare the histological effects of 1.44-μm and 1.06-μm pulse Nd:YAG laser radiation on stomach wall tissues in dogs. **Methods** Five beagle dogs were enrolled in this study to received 1.44-μm (experiment group) and 1.06-μm (self-control group) pulse Nd:YAG laser radiation at the posterior wall of the stomach. Totally 19 dosage of radiation was used including a 0-mJ radiation. The dosage of every single pulse was 200, 500, or 800 mJ, and the amount of the pulses was 1, 5, 10, 20, 40 or 80. The experiment was repeated for 5 times. Afterwards, the injured tissues was obtained and observed under a light microscope and the photomicrograph was taken at the meantime. **Results** In experimental groups, the widest and photoevaporated zone and coagulation zone were (1863.8 ± 225.0) μm and (885.1 ± 82.9) μm, and the deepest photoevaporated zone and coagulation zone were (1787.4 ± 93.7) μm and (1327.8 ± 86.3) μm, respectively; which were significantly higher than those in the control [widest and photoevaporated zone and coagulation zone: (576.8 ± 30.8) μm and (1275.8 ± 140.1) μm, $t = 12.672, P = 0.000$ and $t = -5.366, P = 0.001$; deepest photoevaporated zone and coagulation zone: (105.0 ± 16.3) μm and (994.8 ± 130.0) μm, $t = 39.539, P = 0.000$ and $t = 4.773, P = 0.002$; respectively]. **Conclusions** 1.44-μm Nd:YAG laser is suitable for vaporization and coagulation in stomach surgery. It shows higher ability in vaporization but lower ability of coagulation than 1.06-μm pulse Nd:YAG laser radiation, which, however does not affect the outcomes of wound cleansing and hemostasis.

【Key Words】 Pulse Laser; 1.44-μm Nd:YAG; Histological Effects; Stomach

1.06 μm Nd:YAG 激光曾在胃部肿物与出血的介入治疗中发挥过重要作用,具有透入组织深,凝固、止血好的特点,尽管它还有汽化速度慢、创面不易愈合、易穿孔等缺点,但因国内产品成熟,价格便宜,性能稳定,获得了广泛应用。1.44 μm 激光近年方进入临床,其水吸收系数比 1.06 μm 波长激光高

* 基金项目:北京市自然科学基金(编号 4062016)
^① (首都医科大学生物医学工程学院,北京 100069)
^② (北京光电技术研究所,北京 100010)

百倍,具有更高的理论切割效率。我们设计动物实验,希望通过脉冲 1.44 μm 与 1.06 μm Nd:YAG 激光对胃黏膜作用的比较研究,分析脉冲 1.44 μm Nd:YAG 激光的组织效应特点,为临床应用研究提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料

比格犬 5 条,雄性,平均体重 12.7 kg (10.9 ~ 16.2 kg)。设备由北京光电技术研究所提供, YYS30 型 1.44 μm 与 1.06 μm 双波长脉冲 Nd:YAG 激光治疗机,最大脉宽 640 μs ,频率 1 ~ 20 Hz,最大单脉冲能量 1000 mJ,光纤直径 600 μm 。显微镜为 ZEISS Axioskop40[蔡司光学仪器(上海)国际贸易有限公司],能量计为 AC15/6 直流复射式检流计(上海电表厂)。标本切片染色后,采用“MIAS 医学图像分析管理系统——真彩色病理图像分析系统 4.0”成像与计算机测量。

1.2 方法

1.2.1 实验分组与激光参数设定 应用 1.44 μm 脉冲激光组为实验组,应用 1.06 μm 脉冲激光组为对照组,参数均选择脉宽 640 μs ,频率 5 Hz,脉冲间隔 199.36 ms,光斑直径 1.13 mm,单脉冲能量(E)为 200,500,800 mJ,每次照射脉冲数为 1,5,10,20,40,80。上述参数在每组均组成 19 种剂量(1 个零剂量指标,和由 3 个单脉冲能量参数与 6 个脉冲数参数配对组成的 18 种剂量指标)(表 1)。5 条犬,实验重复 5 遍,各犬实验过程相同。

表 1 实验剂量的参数结构

单脉冲能量(mJ)	每次脉冲数	实验剂量编号
0	0	L ₀
	1	L ₁
	5	L ₂
	10	L ₃
	20	L ₄
200	40	L ₅
	80	L ₆
	1	L ₇
	5	L ₈
	10	L ₉
500	20	L ₁₀
	40	L ₁₁
	80	L ₁₂
	1	L ₁₃
	5	L ₁₄
800	10	L ₁₅
	20	L ₁₆
	40	L ₁₇
	80	L ₁₈

1.2.2 动物实验与标本切片制备 实验犬采用 3% 戊巴比妥钠腹腔注射麻醉,成功后仰卧固定在专用手术台上,沿中线打开腹腔,暴露胃。在胃体部前壁无血管区,沿大弯平行方向切开,显露后壁。用操作手柄把持光纤并固定到操作支架后,使其轴线垂直且直接接触靶点组织面,不施加外力。实验与对照组由低向高按编号应用 19 种剂量自距贲门 5 cm 开始向幽门方向依次进行照射。各损伤灶间距 > 1 cm。辐照前后均即时检测激光输出能量。30 min 后,各激光照射点均以损伤灶为中心,快速切取 1 cm × 1 cm 全层活体标本,半分钟内浸入 10% 甲醛溶液固定,24 h 内制作 8 μm 厚连续石蜡切片,苏木精和曙红染色,用于光学显微镜观察。

1.2.3 组织学观察与计算机测量 将各组激光汽化最深的切片作为观测切片,数字扫描显微镜观测,扫描为数字影像储存在计算机中。以组织表面为横轴,以经汽化穴坑最深点的横轴垂线为纵轴建立坐标系(图 1)。应用“MIAS 医学图像分析管理系统——真彩色病理图像分析系统 4.0”软件,在横轴上,测量中央区组织汽化缺损和(或)炭化最外侧点间距离 X₁ 与两侧组织细胞形变、细胞核固缩区最外缘间距离 X₂,X₁ 为汽化宽度,(X₂ - X₁)/2 为凝固宽度;在纵轴上,测量从零点到组织汽化缺损和(或)炭化最深点之间的距离 Y₁ 与该最深点到细胞形变与细胞核固缩区最深点之间的距离 Y₂,Y₁ 为汽化深度,Y₂ 为凝固深度。采用 SPSS13.0 统计学软件进行数据处理,组间比较用 t 检验,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果

2.1 肉眼观察

实验组激光照射时,发出“啪、啪”声,能量增大可产生组织飞溅。L₁、L₂、L₃ 等较低剂量条件时,靶点黏膜几无反应或仅出现“白点”,1 分钟后消失,随剂量增大,黏膜隆起,进而中央区炭化、凹陷,出现圆形损伤灶。损伤灶周边质韧,呈灰白色,中央为“凹坑”。实验过程中,各损伤灶无活动性出血。

对照组激光照射时,可听到“噗、噗”声,不如实验组清脆。L₁、L₂、L₃ 等较低剂量条件时,作用点无反应或反应轻微,随剂量增大,黏膜表面方出现表浅的白色圆形灶,中央凹陷不明显。只在 L₁₈ 组才出现了周围隆起,中央“凹坑”的损伤灶。

2.2 组织学观察

低倍镜下,两种波长激光的损伤灶均呈类圆锥形,局部染色嗜酸。根据着色深浅及细胞形态改变可由内向外依次分为汽化(炭化)区、凝固坏死带、水肿带。实验组的损伤灶在大多数剂量条件的切片

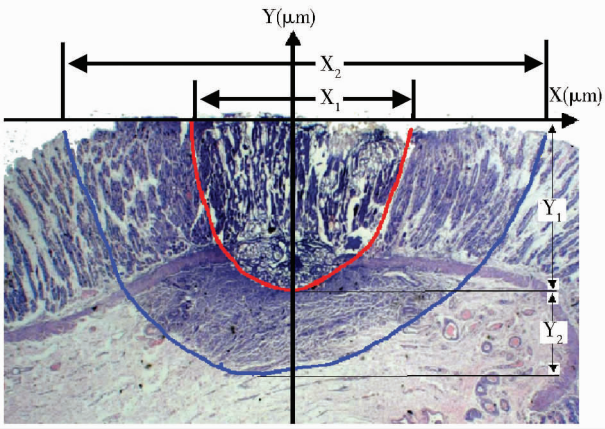


图 1 光镜下胃壁的损伤灶 (HE 染色 $\times 40$)
X 轴平行胃黏膜表面, Y 轴经汽化穴坑最深点并与 X 轴垂直。
 X_1 为汽化宽度, $(X_2 - X_1)/2$ 为凝固宽度; Y_1 为汽化深度, Y_2 为凝固深度。

中均可观察到上述分区图像;而对照组的标本切片,仅在最大剂量组才出现上述表现,多数切片未见损伤灶。

实验组汽化区表现为“凹坑”处胃黏膜与部分黏膜下组织消失,或呈条索样网状分布的无结构蓝色深染带,若有炭化则呈黄褐色的干结组织,与凝固区分离。凝固坏死区较周围组织蓝染,颜色均匀,低倍镜下可见组织结构,高倍镜下则黏膜细胞变形,核固缩或消失,血管闭塞、消失;黏膜下纤维组织断裂、增粗。水肿带较薄,为围绕凝固坏死带周边的浅染带(图 2a)。

对照组激光无明显汽化区,仅在一组切片观察到少许汽化与炭化;凝固性坏死带较厚,脉冲能量高时,可出现一定的凝固区;凝固带外有水肿带,较实验组的水肿带厚(图 2b)。

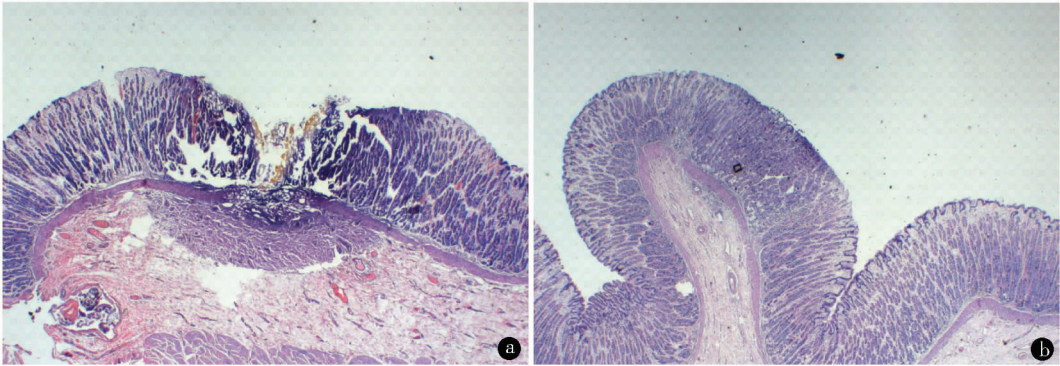


图 2 1.44 μm 激光 (a) 和 1.06 μm 激光 (b) 作用于胃壁后损伤灶的组织学表现
(参数均为 800 mJ、每次脉冲数 80, HE 染色 $\times 40$)

2.3 组织测量结果

实验组与对照组,在相同剂量条件下测量结果存在明显差异。实验组在 L_0 、 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_7 与 L_{13} 剂量,病理未见组织损伤;在 L_8 和 L_{14} 剂量,镜下刚能观测到凝固(坏死)数据;其余 11 个剂量条件能完整观测汽化、凝固数据。汽化宽度最大值为 $(1863.8 \pm 225.0) \mu\text{m}$,凝固宽度最大值为 $(885.1 \pm 82.9) \mu\text{m}$,汽化深度最大值为 $(1787.4 \pm 93.7) \mu\text{m}$,均出现在剂量为 L_{18} 时;凝固深度最大值为 $(1327.8 \pm 86.3) \mu\text{m}$,出现在剂量为 L_{12} 时。对照组大部分切片未见组织损伤,只有 L_6 、 L_{11} 、 L_{12} 、 L_{17} 和 L_{18} 剂量条件下能测量到凝固(坏死)数据,汽化宽度最大值为 $(576.8 \pm 30.8) \mu\text{m}$,凝固宽度最大值为 $(1275.8 \pm 140.1) \mu\text{m}$,汽化深度最大值为 $(105.0 \pm 16.3) \mu\text{m}$,均出现在剂量为 L_{18} 时;凝固深度最大值为 $(994.8 \pm 130.0) \mu\text{m}$,出现在剂量为 L_{12} 时。统计

学分析显示,实验与对照组在有可测切片情况下,除 L_{17} 剂量条件时凝固宽度无统计学意义外, L_6 、 L_{11} 、 L_{12} 、 L_{17} 和 L_{18} 剂量条件汽化宽度、凝固宽度、汽化深度、凝固深度均 $P < 0.01$,有非常显著意义(表 2、3)。

3 讨论

1.44 μm 波长激光最早发现于 1978 年^[1],因粒子受激辐射截面小,在模竞争中不易产生振荡等原因,国际上一直未引起重视^[2,3]。1.44 μm Nd:YAG 激光与 1.06 μm 波长激光同由 Nd:YAG 晶体辐射产生^[3,4],通过转换可实现单独输出,具有 Nd:YAG 激光的设备优势。1.44 μm 波长激光作为较新型医用激光器,有关组织效应方面的研究很少,近年方见零星探索性研究与应用报告^[5~9]。

表 2 实验与对照组汽化测量数据与比较($\bar{x} \pm s$)μm

剂量 编号	汽化宽度				汽化深度			
	实验组	对照组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	实验组	对照组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
L ₀	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₂	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₃	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₄	402. 4 ± 12. 4 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	104. 8 ± 6. 4 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₅	633. 8 ± 32. 0 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	175. 6 ± 7. 7 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₆	763. 0 ± 65. 8 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	25. 916	0. 000	278. 4 ± 28. 9 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	21. 565	0. 000
L ₇	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₈	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₉	147. 8 ± 53. 7 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	153. 7 ± 25. 5 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₀	483. 4 ± 24. 5 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	157. 4 ± 14. 2 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₁	455. 8 ± 37. 5 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	27. 165	0. 000	255. 7 ± 21. 3 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	26. 854	0. 000
L ₁₂	600. 8 ± 24. 7 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	54. 497	0. 000	377. 0 ± 39. 8 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	21. 161	0. 000
L ₁₃	0. 0 (<i>n</i> = 1)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	0. 0 (<i>n</i> = 1)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₄	0. 0 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₅	186. 2 ± 73. 0 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	165. 2 ± 26. 4 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₆	1113. 2 ± 96. 9 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	373. 2 ± 21. 8 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₇	1600. 0 ± 102. 0 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	35. 060	0. 000	760. 4 ± 38. 4 (<i>n</i> = 5)	0. 0 ± 0. 0 (<i>n</i> = 5)	44. 283	0. 000
L ₁₈	1863. 8 ± 225. 0 (<i>n</i> = 5)	576. 8 ± 30. 8 (<i>n</i> = 5)	12. 672	0. 000	1787. 4 ± 93. 7 (<i>n</i> = 5)	105. 0 ± 16. 3 (<i>n</i> = 5)	39. 539	0. 000

n 为产生汽化、炭化、凝固、水肿等组织反应的可测切片数

表 3 实验与对照组凝固测量数据与比较($\bar{x} \pm s$)μm

剂量 编号	凝固宽度				凝固深度			
	实验组	对照组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	实验组	对照组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
L ₀	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₂	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₃	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₄	410. 7 ± 13. 9 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	360. 4 ± 8. 7 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₅	107. 0 ± 18. 5 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	442. 8 ± 22. 4 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₆	231. 5 ± 24. 8 (<i>n</i> = 5)	348. 3 ± 24. 9 (<i>n</i> = 5)	-7. 434	0. 000	569. 6 ± 22. 9 (<i>n</i> = 5)	658. 2 ± 37. 9 (<i>n</i> = 5)	-4. 469	0. 000
L ₇	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	—(<i>n</i> = 0)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₈	152. 7 ± 49. 7 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	127. 2 ± 27. 4 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₉	327. 6 ± 55. 3 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	641. 3 ± 82. 2 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₀	549. 4 ± 17. 2 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	833. 2 ± 30. 5 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₁	643. 5 ± 38. 0 (<i>n</i> = 5)	398. 7 ± 59. 6 (<i>n</i> = 5)	7. 749	0. 000	1224. 4 ± 44. 4 (<i>n</i> = 5)	501. 8. 0 ± 48. 7 (<i>n</i> = 5)	24. 501	0. 000
L ₁₂	788. 2 ± 70. 5 (<i>n</i> = 5)	541. 5 ± 91. 9 (<i>n</i> = 5)	4. 762	0. 002	1327. 8 ± 86. 3 (<i>n</i> = 5)	994. 8 ± 130. 0 (<i>n</i> = 5)	4. 773	0. 002
L ₁₃	201. 0 (<i>n</i> = 1)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	101. 0 (<i>n</i> = 1)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₄	319. 4 ± 26. 8 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	552. 1 ± 34. 3 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₅	487. 1 ± 62. 8 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	1316. 4 ± 132. 9 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₆	693. 1 ± 96. 7 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—	930. 7 ± 64. 5 (<i>n</i> = 5)	—(<i>n</i> = 0)	—	—
L ₁₇	839. 0 ± 51. 2 (<i>n</i> = 5)	781. 2 ± 67. 5 (<i>n</i> = 5)	1. 152	0. 168	867. 8 ± 34. 1 (<i>n</i> = 5)	734. 6 ± 58. 0 (<i>n</i> = 5)	4. 425	0. 004
L ₁₈	885. 1 ± 82. 9 (<i>n</i> = 5)	1275. 8 ± 140. 1 (<i>n</i> = 5)	-5. 366	0. 001	521. 8 ± 29. 7 (<i>n</i> = 5)	864. 2 ± 75. 5 (<i>n</i> = 5)	-9. 430	0. 000

n 为产生汽化、炭化、凝固、水肿等组织反应的可测切片数

1. 44 μm 激光的水吸收率为 29. 7/cm, 1. 06 μm 激光的水吸收率为 0. 174/cm, 两者相差百倍, 这种水吸收率的差异在胃组织效应实验中得到充分体现。具体表现是: ①实验中靶点的声光现象与局部组织反应, 1. 44 μm 激光明显强于 1. 06 μm 激光。②镜下观察应用较低剂量 1. 44 μm 激光的切片, 就能观测到组织变化; 而镜下观察应用 1. 06 μm 激光

的切片, 需在应用较高剂量条件时才能观测到组织病理改变, 到应用最大剂量条件(L₁₈)时, 实验才得到全部 4 组测量数据。
由表 2 可知, 实验与对照组的最大汽化宽度与汽化深度值均出现在应用 L₁₈ 剂量时, 说明: ①两种激光的汽化能力均与剂量有关, 单脉冲能量越大, 每 (下转第 840 页)

(上接第 820 页)

次照射脉冲数越多,汽化测量值就越大;②若汽化损伤灶为类圆锥形,体积公式为 $\pi r^2 h/3$,则在 L_{18} 组相同剂量条件下,1.44 μm 激光比 1.06 μm 激光,汽化宽度(X_1)约大 3 倍,汽化深度(Y_1)约大 17 倍,汽化体积约大 177 倍。因此,1.44 μm 激光的汽化能力远大于 1.06 μm 激光。

由表 3 可知,实验组最大凝固宽度约为对照组的 70%,说明实验组的凝固止血作用弱于对照组。但实验过程中,靶点创面清洁,未出现活动性出血,证明实验组的凝固带能够产生确实的止血效果。

由统计学数据分析可知,实验组与对照组的绝大部分比较结果均有非常显著意义($P < 0.01$)。但凝固宽度 L_{17} 的 $P = 0.168$,无统计学意义。分析凝固宽度的所有数据可见,由于两种波长激光的巨大水吸收差异,使实验组在实验剂量较低时,组织效应就比较明显了,而对照组仍然处在逐渐增强过程中,到 L_{17} 剂量时,两组的凝固宽度值比较接近, L_{18} 剂量时,对照组的测量值已明显反超。

综上所述,实验表明,1.44 μm 激光对犬胃黏膜有汽化与凝固止血作用,其汽化能力远大于 1.06 μm 激光,其凝固作用稍弱于 1.06 μm 激光,但足以保障试验创面的清洁与止血效果。

参考文献

- 1 Marling J. 1.05 - 1.44 μm tenability and performance of the CW Nd^{3+} :YAG laser. IEEE J Quantum Electron,1978,1(14):56-62.
- 2 梁志远,张盛伏,王建国.多腔镜 1.44 μm 波长 Nd:YAG 激光器的实现.激光技术,2006,30(3):286-288.
- 3 Hodgson N, Golding DJ, Eisel D. Efficient high power operation at 1.44 μm of Nd-doped crystals. SPIE,1994,2206:426-436.
- 4 Hodgson N, Nighan WL, Golding DJ, et al. Efficient 100W Nd:YAG laser operating at a wavelength of 1.44 μm . Opt Lett,1994,19(17):1328-1330.
- 5 Shakhov AV, Terentjeva AB, Kamensky VA, et al. Optical coherence tomography monitoring for laser surgery of laryngeal carcinoma. Surg Oncol,2001,77(4):253-258.
- 6 Wang Z, Rebeiz EE, Shapshay SM. Laser soft palate "stiffening": an alternative to uvulopalatopharyngoplasty. Lasers Surg Med,2002,30:40-43.
- 7 Robert AW, Gold M, Bene N, et al. Prospective clinical evaluation of 1440nm laser delivered by microarray for treatment of photoaging and scars. Drugs in Derm,2006,5(8):740-747.
- 8 李文志,孙智,刘筑闻,等.1.44 μm 波长脉冲 Nd:YAG 激光对犬胃壁组织作用的量效关系研究.中国激光医学杂志,2009,18(1):10-15.
- 9 李文志,孙智,刘筑闻,等.新型波长(1.44 μm)与原波长(1.06 μm)脉冲 Nd:YAG 激光手术刀对犬小肠切割的比较研究.中国医疗设备,2009,24(2):19-21. (收稿日期:2008-10-06)

(修回日期:2009-04-01)

(责任编辑:王惠群)