

# 准分子激光照射人正常主动脉的组织效应

包世宏 董蓉 郑道声 张世华 盖保康

(上海第二医科大学附属仁济医院心内科, 200001)

霍芸生 魏运荣 董景星 楼祺洪

(中国科学院上海光机所, 201800)

**摘要:** 本文应用 XeCl 准分子激光, 在不同单脉冲能量和不同重复频率下, 照射人尸正常主动脉, 在不同的表面介质条件下观察它们的组织学变化。

**关键词:** 准分子激光, 主动脉

## Effection on aorta irradiated by excimer laser

*Bao Shihong, Dong Rong, Zhen Daosheng, Zhang Shihua, Gai Paokong*

(Ren Ji Hospital, Shanghai Second Medical University, Shanghai)

*Huo Yuasheng, Wei Yunrong, Dong Jingxing, Lou Qihong*

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

**Abstract:** The change of normal aorta wall irradiated by XeCl excimer laser were observed at various laser pulse energies and pulse repetition rates with different medium at the aortasurface.

**Key words:** excimer laser, aorta

## 引 言

应用激光治疗冠心病是 80 年代新兴的一项新技术。目前临床使用较多的激光器是 Nd:YAG 和氩离子激光。由于二者对组织的作用机理均为热效应<sup>[1,2]</sup>, 故对组织的损伤较重, 易引起穿孔和再阻塞等并发症<sup>[3,4]</sup>。准分子激光的波长短, 脉宽窄, 峰值功率高, 其作用机理为光化学效应<sup>[5,6]</sup>, 组织照射后的消蚀坑表面光滑, 邻近组织几乎不能发现损伤<sup>[7]</sup>, 故适合应用于心血管疾病的治疗。本文应用准分子激光照射人尸正常的主动脉, 旨在研究不同的单脉冲能量, 脉冲重复率及总能量对组织作用的情况, 以及其在不同介质中的传导性。

结果显示: 消蚀坑深随单脉冲能量及总能量的增加而加深; 消蚀坑的形状在单脉冲能量为变量组中, 坑边整齐多呈“V”字型; 当脉冲重复率和总能量为变量时, 坑型不规则。在增大脉冲频率至 35 Hz 时消蚀坑最深, 随着总能量及脉冲重复率的增加, 坑周损伤区也随之扩大和变重, 尤以后者明显。

在相同辐照参数下,经空气介质照射的标本坑型呈“V”字形者 60%,呈圆柱形者 40%,坑内几无碳化物质。经生理盐水照射的标本,仅见内皮隆起,其下方为空泡变性,也有部分为内皮断裂;经血液照射的标本,靶区不产生凹坑。

## 材料与方 法

**1. 标本准备** 将死亡 24 h 内新鲜人尸的正常主动脉取出,剪除其外膜的脂肪组织后,作纵行切开,用 0.9% 氯化钠溶液将沉积的血液成份冲洗干净,剪成约为  $2 \times 2 \text{ cm}^2$  的血管壁片段,浸于 0.9% 氯化钠溶液中,放置于液氮冰箱中保存。标本共 70 片,包括空气介质组 40 片,生理盐水介质组 20 片,血液介质组 10 片。

**2. 激光器:** 本实验选用 SY-200 型 XeCl 准分子激光器,波长为 308 nm,单脉冲能量可达 400 mJ,脉冲重复率 1~100 Hz,连续可调,脉宽 50 ns,发射的激光束通过聚焦后使垂直照射于组织标本上,光斑直径为 1.5~2.0 mm,焦距长度为 20 cm,整个系统能量损失 10%。

### 3. 实验方法

(1) 将标本放在调整架上的石英玻璃皿中,使激光束焦点垂直落于血管内膜上。脉冲重复率为 10 Hz,固定照射总能量,以衰减片遮挡法获得 10、13、20、25、50、80、100、124 mJ 的单脉冲能量照射标本,先固定单脉冲能量为 40 mJ,脉冲重复率为 10 Hz,增加照射时间以改变总能量,观察照射后标本的组织效应。随后,固定总能量为 3 J 和单脉冲能量为 40 mJ,每次以 5 Hz 递增脉冲重复率由 10 Hz~60 Hz 观察组织效应。

(2) 分别将三种介质组的标本相应置于空气, 1.5~2.0 cm 深的生理盐水及新鲜抗凝的血液等三种介质中,以 40 mJ/P、脉冲重复率 10 Hz、照射时间 10 s 照射组织,观察组织效应。

(3) 将照射后的标本置于 10% 福尔马林溶液中固定,常规石蜡包埋切片,HE 染色后进行观察。

## 结果与讨论

### 1. 消蚀坑的深度及形状与脉冲能量及频率的关系:

(1) 消蚀坑深度随单脉冲能量(图 1(a))及总能量(图 1(b))的增大而加深。(2) 消蚀坑的形状在单脉冲能量为变量组中较为整齐,多呈“V”字形,当脉冲频率及总能量为变量时,坑型则变得不规则,尤以前者明显。在增大脉冲频率至 35 Hz 时,消蚀坑最深(图 1(b)),增至 50 Hz 以上时,消蚀坑则呈偏心状(图 2)。

### 2. 坑周损伤与总能量及脉冲频率的相关性。

随总能量及脉冲频率的增加,坑周的损伤区亦随之扩大和变重,尤以脉冲重复率增加时更为明显。在 HE 染色时,损伤区呈点状或片状深红色物并伴有微量空泡(图 3)。

### 3. 以相同照射条件经不同介质组的组织效应。

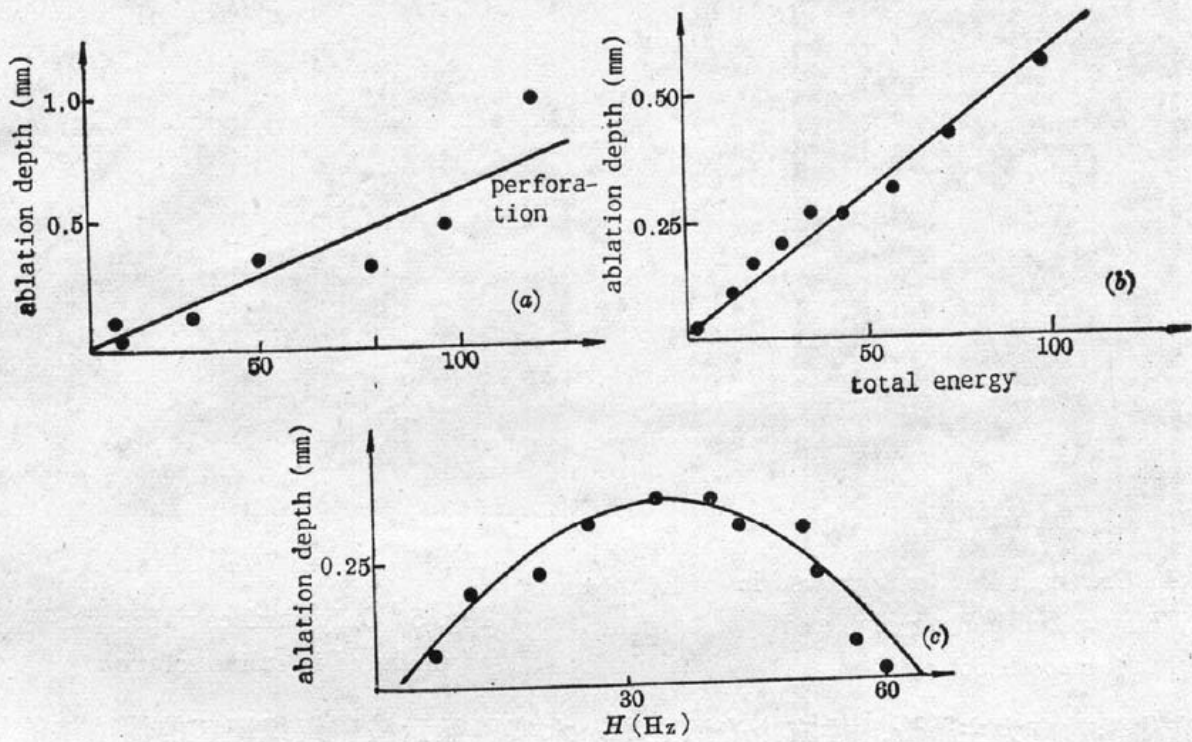


Fig. 1 (a) relations hip of pulse energy and ablation depth; (b) relation ship of total energy and ablation dedth; (c) relations ship of pulse repetition rate and ablation depth



Fig. 2 At the pulse repetition rate of 50 Hz, the crater appeared eccehtric ally

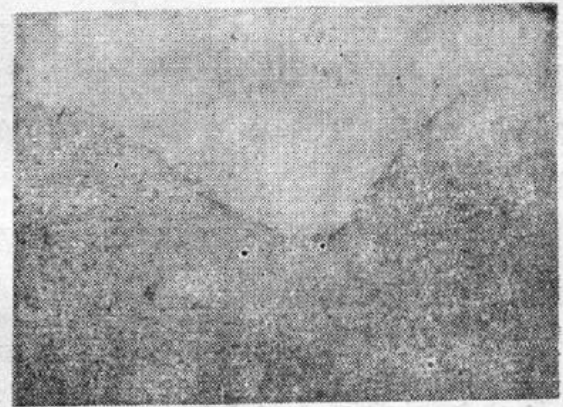


Fig. 3 At the pulse repetition rate of 55Hz, the surrounding of crater was deeply stained accompanying with microbubbles(hematoxylin and eosin stain)

(1) 空气介质组中的 40 个标本照射后均产生消蚀坑，其坑边缘整齐，坑底平整，坑型为“V”字形(60%) (图 4)或圆柱形(40%)，坑内几无碳化组织及其它残留物。(2)生理盐水介质组中的 20 个标本中部分见内皮隆起，下方呈空泡变性；部分仅有内皮断裂(图 5)。(3)血液介质组中的 10 个标本，在靶区不产生凹坑，当增加总能量并缩小光斑直径至 1mm 及减少全血厚度至 0.5mm 时，血液出现沸腾，但仍无凹坑形成。

1982 年, Srinivasan 等<sup>[7]</sup>首先证实紫外激光可切割人体组织, 因而引起医学界的关注。准分子激光是一种紫外激光, 其对生物组织的作用原理, 虽亦有人认为系热效应<sup>[8]</sup>, 但大多数认

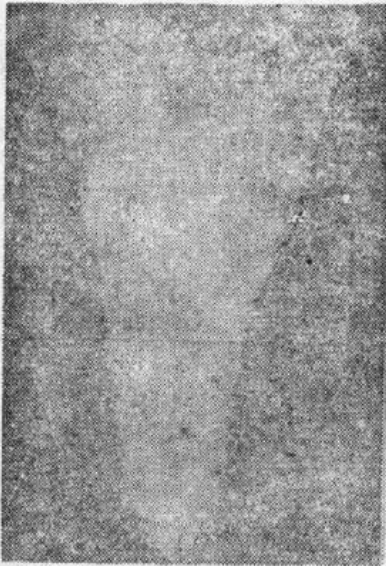


Fig. 4 Crater in the air appeared in "V" shape with clear edge and smooth bottom

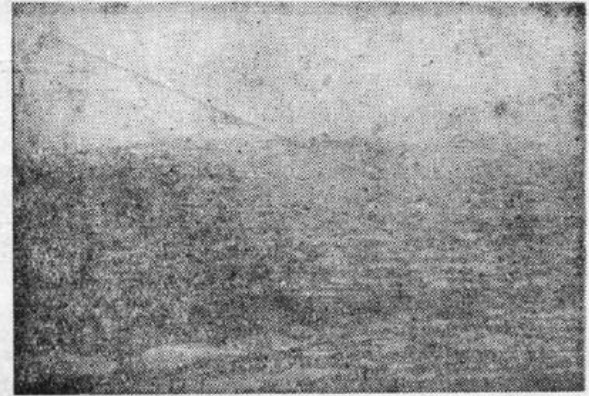


Fig. 5 Only surface vapor was produced in saline solution

为系以光化学效应为主<sup>[9,10]</sup>, 故有冷光源之称。本实验显示被照组织靶区的消蚀坑的坑缘整齐光滑, 支持了这种“冷光源”激光的作用机理主要系光化学效应, 即打断了被照组织的化学键而达到切割组织的作用; 此外坑周组织的轻微损伤, 提示其亦有一定热效应。后者在脉冲能量和总能量较大时, 特别在脉冲重复率增加时, 更为明显。这可能与增加脉冲重复率后使两脉冲间隔缩短, 致组织热量不能及时散发有关<sup>[8]</sup>。但这种现象远较文献报告及我们观察过的应用氩离子及 YAG 激光所引起的组织热效应者为轻。

其次本实验增加单脉冲能量, 总能量或脉冲重复率时, 均能增加切割组织的深度, 这与文献报告者相仿<sup>[8,11]</sup>, 这种表现特别在增加单脉冲能量时更为明显。随着能量的增加最后终可引起穿孔, 但消蚀坑始终保持“V”形式截头圆锥状, 且坑壁凝固坏死仍很轻微, 故安全范围较大, 亦即有定量切割组织的作用, 有不少学者因而认为, 准分子激光是心肌血管重建术及激光心肌成形术的良好光源。

此外, 本实验亦显示准分子激光在空气中传导性最佳, 而在盐水中则明显减弱, 在血液中则几乎不传导<sup>[8]</sup>, 后者可能与 308 nm 的紫外激光的波长明显较红细胞直径 (8 μm) 者为短, 因而不能穿透红细胞, 提示临床上应用准分子激光进行 PTLOA 时, 光导纤维的头端必须与斑块组织接触, 才能在一定脉冲能量下获得消蚀作用。

### 参 考 文 献

- 1 Lee G, et al., *Am. Heart J.*, **102**, 1071 (1981)
- 2 W. S. Andrus, *Lasers Applications*, **2**, 97~100 (1985)
- 3 Lee G. et al., *Am. Heart. J. Cardiol.*, **56**, 181 (1985)
- 4 Lee G et al., *Am. Heart J.*, **106**, 1577 (1984)
- 5 G. Wollenek et al., *Herz*, **10**, 351 (1985)
- 6 E. M. Farrell et al., *J. Vasc. Surg.*, **3**, 284 (1986)
- 7 R. Srinivasan et al., *Appl. Phys., Lett.*, **41**, 576 (1982)
- 8 M. G. Douglas et al., *Am. Heart J.*, **112**, 739 (1986)
- 9 R. R. Anderson et al., *Science*, **220**, 524 (1983)
- 10 M. Jeffrey et al., *J Acc.*, **6**, 1102 (1985)
- 11 S. Warren et al., *J Acc.*, **5**, 929~933 (1985)