

# 100W CO<sub>2</sub> 激光心肌血管再造术的 动物实验研究\*

宗仁鹤 杨 勇 罗 乐 程国义 胡宗福 阚成侠

(合肥工业大学激光技术应用研究所, 230009)

疏元善 吴恩光 严中亚 宣博泉 朱鸿良

(安徽省心血管病研究所)

**提要:** 本文介绍用 100 W 准连续波 CO<sub>2</sub> 激光心肌血管再造术的打孔技术及急性期的动物实验研究结果。实验结果表明, 激光心肌打孔能够改善心肌微循环。

**关键词:** 激光, 激光心肌血管再造术

## Animal experiments of myocardial revascularization by 100W CO<sub>2</sub> laser

Zong Renhe, Yang Yong, Luo Le, Cheng Guoyi, Hu Zongfu, Kan Chengxia  
(Institute of Laser Technology Application, Hefei University of Technology, Anhui, China)

Shu Yuanshan, Wu Enguang, Yan Zhongya, Xuan Boquan, Zhu Hongliang  
(Institute of Cardivascular Diseases of Anhui, Hefei, China)

**Abstract:** In this paper, we introduce an advanced method of myocardium punching by laser beam. The experimental results were given on live animals in acute phase under the room temperature conditions by 100 watt quasi-CW CO<sub>2</sub> laser. The experimental results demonstrate that laser punching in myocardium can rebuild myocardial microcirculation.

**Key words:** laser, myocardial revascularization by laser, microcirculation, epicardium electrocardiograms

### 一、引 言

激光心肌血管再造术是利用激光辐照心包表面, 从心外膜打穿心肌直达心内膜的手术<sup>[1]</sup>。从 1987 年起我们开展了激光心肌血管再造术的动物实验研究, 利用 60W CO<sub>2</sub> 激光在离体动物(如猪、狗、羊)的心脏上打出了微孔<sup>[2]</sup>。1988 年, 又自行设计、安装了一台 100W CO<sub>2</sub> 激光心肌打孔实验装置, 首先在跳动着的的心肌上的激光打孔技术有了新的突破<sup>[3]</sup>。并在激光心

收稿日期: 1991 年 2 月 4 日。

\*本项目得到国家自然科学基金资助。

肌血管再造术的活体动物实验研究工作中取得了可喜的进展<sup>[4,5]</sup>。本文将介绍 100W 准连续波 CO<sub>2</sub> 激光心肌血管再造术的打孔技术及在急性期的动物实验研究结果。

## 二、激光心肌打孔技术

激光心肌打孔技术能否获得成功,是激光心肌血管再造术的重要关键。于 1988 年我们自行设计并安装成一台 100W 的 CO<sub>2</sub> 激光心肌打孔实验装置(图 1), 1989~1990 年进行了激光心肌打孔活体动物实验研究。具体介绍如下:

1. 光束调制。100W CO<sub>2</sub> 激光器经过调制后得到准连续波激光。激光脉宽可以调制成 0.1s, 0.2s, ..., 1s, 即激光打孔时间可以通过调制器实现自动控制。

2. 光路设计。为了能在心肌上打出细孔道, 整个光路系统的参数必须合理选择。本课题 CO<sub>2</sub>

激光束采用光关节臂传输, 使光束反射和会聚。我们采用输出低阶模的 CO<sub>2</sub> 激光器, 利用长焦距透镜, 加上限束光阑, 就使高斯光束得到很好的聚焦效果。

3. 同步技术。我们是在常温条件下对活体动物(如狗)的心脏进行激光心肌打孔, 为了打出直的孔道, 必须使用所谓同步技术, 即在心脏扩张到最大与开始收缩的间隙进行激光打孔, 使穿孔时和心跳基本同步。此方法是成功的, 为激光打孔的心肌病理切片所证实。

4. 加滤波器。激光心肌打孔时在心外膜上附加一层特殊的滤波器, 其作用为: (1) 激光孔形状得到改善; (2) 心肌热损伤大大减轻。该滤波器是生物组织薄片。高功率密度激光能够打穿滤波器和心脏的厚壁, 且穿孔周围的心肌组织基本上无损伤, 用肉眼已看不到烧蚀现象。

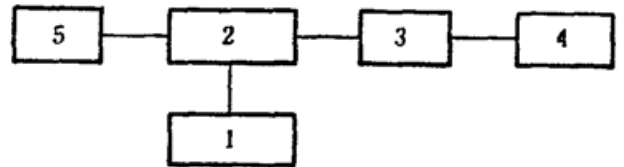


Fig. 1 The diagram of the experimental device for laser punching in myocardium  
1-discharge power supply; 2-CO<sub>2</sub> laser tube; 3-laser-beam modulating device; 4-optical arm (including laser transmitter system and laser focusing system and limiting diaphragm); 5-cooling (tap water)

## 三、实验方法

采用 100W 准连续波 CO<sub>2</sub> 激光, 经光关节臂传输使激光到达手术野。激光焦斑尺寸为 0.3mm, 辐照时间为 0.3~1s 任意可调, 孔间距离为 5mm。取 12 条健康杂交犬, 雄 8 雌 4, 体重 10~15kg 分为二组。1 组 6 只犬先行结扎 LAD, 然后在 B 区立即打孔。2 组 6 只犬在 B 区激光打孔完毕后, 立即结扎 LAD。

对狗的左前外侧开胸, 切开心包以充分显露心脏, 缝扎左前降支(LAD)冠脉, 造成实验性急性心肌缺血损伤动物模型, 将结扎部位以下的供血区分成 A、B 二区, A 区不打激光, 作为自身空白对照, B 区在心脏跳动情况下进行激光打孔。

对每条犬共选 12 个标测点和 1 个对照点。对照点位于远离 LAD 结扎处二个分支以上部位, 12 个标测点 A、B 二区各 6 个, 要保持标测点位置相对固定不变。标测电极采用 4F 导管中的电极, 连接 RM-6100 型四导生理仪同步描记对照点、标测点的心外膜心电图。标记时间为: 激光打孔后 0、10、20、30、60、90、120、150、180 min。

### 四、实验结果

(1) CO<sub>2</sub>激光在正常左心室心肌上打出4个孔,将心外膜电极直接放在激光孔上和激光孔周3mm范围内,获得孔上和孔周的心外膜电图。孔周在打孔后20min ST段偏移<2mV,说明激光打孔几乎不损伤孔周围正常的心肌;孔上在打孔后6h ST段偏移>2mV;

(2) 对2组的实验,发现ΣST值A(对照)、B二区均在结扎LAD后10min达到高峰,随后二者都有下降趋势,B区较明显,30min A、B二区出现显著性差异,随时间延长,ΣST差值进一步增大180min P<0.005,如图2所示。NST值A、B二区在结扎LAD后20min达到高峰,分别为35,30;A区无下降趋势,B区迅速下降,30min A、B二区NST比较具有明显差异,随时间延长,二者差异更加显著,180min P<0.005。

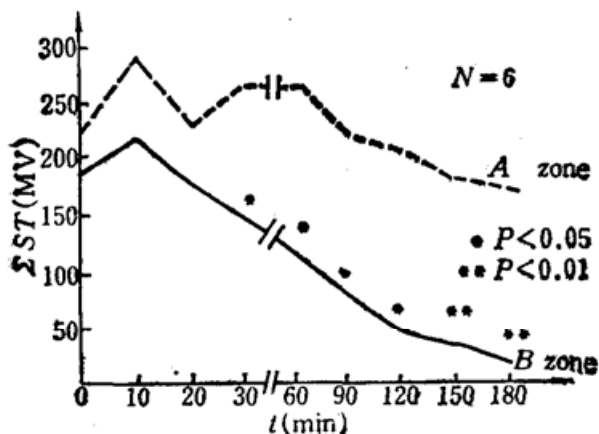


Fig. 2 The epicardial electrograms ΣST taken from a dog in group A and B at various stages of study. The epicardial electrogram returned to normal after penetration of the myocardium by the laser and ligation of the left anterior descending coronary artery

到高峰,分别为35,30;A区无下降趋势,B区迅速下降,30min A、B二区NST比较具有明显差异,随时间延长,二者差异更加显著,180min P<0.005。

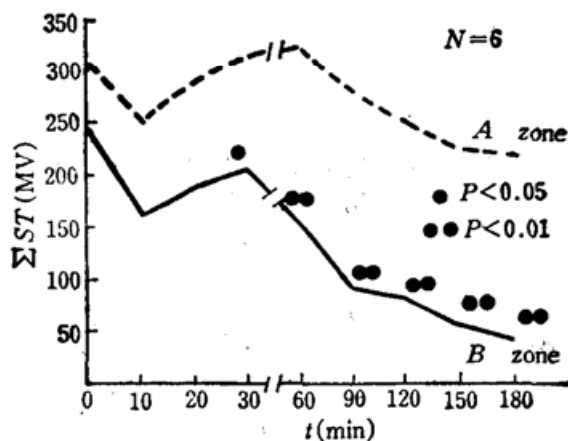


Fig. 3

(3) 对1组的实验,发现ΣST值A区在30~60min达到高峰,打孔后30min A、B二区差值具有显著意义,随时间的延长差值将进一步增大,180min P<0.002,如图3所示。NST值A区打孔后120min达到高峰,NST偏移率分别为36%,100%;B区打孔后0min达到高峰,NST偏移率为34%,94.44%,打孔后20min A、B二区NST比较具有明显差异,随时间延长二者差异更加显著,180min P<0.005,见图4所示。

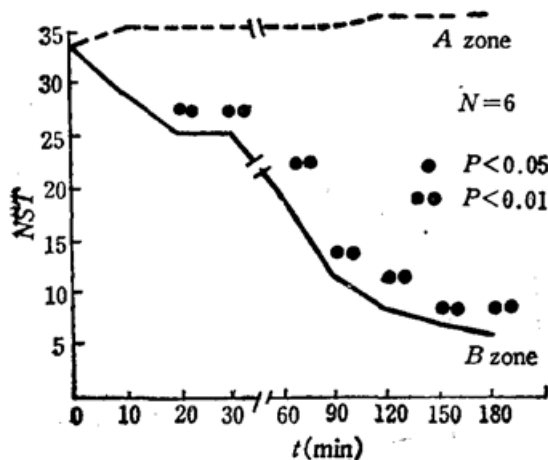


Fig. 4

(4) 有4例(1、2组各2例)在结扎LAD4~6h后被处死,取出心脏,将左心室切成2~3mm厚的肌片浸入0.1% N·BT(硝基四氮唑蓝)溶液中,置37°C恒温水中孵化20min,染色后肉眼可见梗塞区不被染色,而非缺血区则呈蓝紫色。结果A区4例见大块梗塞灶;B区3例均未见梗塞灶,有1例心内膜下有小灶性梗塞发生。

结果A区4例见大块梗塞灶;B区3例均未见梗塞灶,有1例心内膜下有小灶性梗塞发生。

(5) 用明胶墨汁灌注左心室腔、冰冻切片或直接石蜡切片 H·F 染色。从左心室内向外可见激光孔(孔径 0.25~0.5 mm)、碳化层(7  $\mu\text{m}$ )、变性坏死层(270  $\mu\text{m}$ )、正常心肌,激光孔及周围微血管内可见血液的各种有形成份和墨汁。用 HBF 染色(硷性复红染色)见孔周缺氧肌层有 210  $\mu\text{m}$ , 其外为正常心肌。

## 五、结 论

1. 本实验研究表明采用高功率密度和短激光脉宽以及滤波器之后,大大减轻了热损伤。由心外膜心电图变化及形态学改变等实验证明,100W 准连续波  $\text{CO}_2$  激光心肌打孔,在孔周约 270  $\mu\text{m}$  以外心肌基本不受损伤。

2. 本实验 2 组结果说明, B 区心肌在激光打孔后已有二套有效的血液供应系统,一套为原来的冠脉系统,另一套由激光打出的孔重建的微管道,这一新的血液供应系统可以明显改善心肌缺血程度,保护该处心肌免于形成梗死。心肌缺血情况下,原来的一套冠脉系统已被梗塞,及时进行激光心肌打孔,能够再造一套有效的血液供应系统,明显改善心肌缺血程度,缩小缺血范围。

## 参 考 文 献

- 1 Mirhoseini M *et al.*, Revascularization of the heart by laser. *J Microsurg*, 2, 253 (1981)
- 2 Zong Renhe *et al.*, Animal Experiments on Improvement of Myocardial Microcirculation By Laser Myocardium Punching (1)\*. The 2nd Congress of Asian-pacific Association For Laser Medicine And Surgery, Abstracts, A1-8, Shanghai, China, Sept. 20~23, 1988
- 3 Zong Renhe *et al.*, Animal Experiments on Improvement of Myocardial Microcirculation by Laser Myocardium Punching (2)\*. ICLLS'90. Proceedings of the International Conference on Lasers in Life Sciences, P273~275, Guangzhou China, June 20~23, 1990
- 4 Yan Zhongya *et al.*, Animal Experimental Study of Myocardial Revascularization by Laser\*. ICLLS'90. Proceedings of the International Conference on Lasers in Life Sciences. P95~97, Guangzhou China, June 20~23, 1990
- 5 Zong Renhe *et al.*, *Chinese Journal of Lasers*, (待发表)