

文章编号: 0258-7025(2003)03-0285-03

激光心肌血管重建术改善心肌血液微循环的研究

罗乐¹, 宗仁鹤¹, 严中亚², 陈兴¹

(¹ 合肥工业大学理学院, 安徽 合肥 230009; ² 安徽省心血管病研究所, 安徽 合肥 230001)

摘要 报告了用放射性生物微球测量局部心肌血流量的动物实验。研究表明, 采取特制的滤波器技术所打出的 CO₂ 激光孔道能有效地改善心肌血液微循环和心肌的缺血状况。根据激光和心肌组织的作用机理对激光心肌血管重建术研究过程中出现的一些相互矛盾的实验现象进行了分析和解释。

关键词 心血管生理学; 血液微循环; 激光心肌血管重建术; 心肌; 热损伤

中图分类号 R 318.51 文献标识码 A

Study on Laser Myocardial Revascularization Improving Myocardial Blood Microcirculation

LUO Le¹, ZONG Ren-he¹, YAN Zhong-ya², CHEN Xing¹

(¹ Science College, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China)
(² Anhui Institute of Cardiovascular Diseases, Hefei, Anhui 230001, China)

Abstract The paper reports the animal experiment that local myocardial blood flow is measured with the help of radioactive biomicrosphere. The result of research demonstrates that CO₂ laser myocardial revascularization with the help of the tailor-made filter is effectual for improvement of myocardial blood microcirculation and myocardial ischemia. The paper analyses and explains some inconsistent phenomena in the research of laser myocardial revascularization according to the principle of laser-myocardium interactions.

Key words cardiophysiology; blood microcirculation; laser myocardial revascularization; myocardium; thermal injury

1 引言

激光心肌血管重建术是用高强度的激光束在缺血的心肌区域内打一些微小的激光孔道, 通过这些微孔把心腔中的血液引向缺血的心肌区域, 以改善心肌血液微循环、降低心肌的缺血程度, 达到治疗的目的。1981年, 美国的 Mirhoseini 等^[1]首先用 CO₂ 激光在犬的动物模型上进行了激光心肌血管重建术以后, 人们又对 CO₂ 激光, Ho: YAG 激光, Nd: YAG 激光, Er: YAG 激光和紫外激光等进行了大量的动物实验和临床应用的研究, 并利用光纤技术开展了经皮心腔内激光心肌打孔的研究。目前,

CO₂ 激光和 Ho: YAG 激光已被应用于临床, 并取得了较好的效果。但是, 在研究与应用的过程中也发现了许多问题有待人们进一步地研究解决^[1~3]。为此, 我们用 100 W 的 CO₂ 激光在犬的急性心肌缺血损伤的动物模型上进行了激光心肌血管重建术, 并用放射性生物微球测量法对局部心肌血流量的变化情况进行了研究。

2 实验装置

实验采用 100 W 连续输出的 CO₂ 激光, 电子定时器控制打孔时间, 七节光关节臂把激光束引向打

收稿日期: 2001-10-16; 收到修改稿日期: 2002-04-08

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 39170725)资助项目。

作者简介: 罗乐(1963—), 男, 安徽淮南人, 合肥工业大学理学院副教授, 硕士, 主要从事激光技术及其在生物医学中的应用研究和计算机多媒体技术的应用研究。E-mail: luolehut@sohu.com

孔区域,焦距为 $f = 96.4 \text{ mm}$ 的锗透镜聚焦,焦点上的光斑直径为 0.3 mm 。

3 实验方法

选用体重为 $10 \sim 15 \text{ kg}$ 的杂交犬,戊巴比妥钠静脉麻醉,常规开胸,冠状动脉左前降支(LAD)结扎部位选在第一分支的上方。结扎前,先将该动脉拟结扎部位以下的供血区随机地分为 A, B 两个区域, A 区不打孔作为自身对照, B 区为打孔区。在心脏跳动的情况下用 0.3 s 的时间, 100 W 的输出功率(功率密度为 $1.4 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$) 进行心肌打孔,打孔采用特制的滤波器技术以减小激光束对心肌组织造成的热损伤。打孔后结扎 LAD, 连续观察 4 h , 使犬的生命体征保持在正常范围, 在左心耳插管, 30 s 内注入放射性生物微球($4000 \text{ 万}/2 \text{ ml}$ 生理盐水), 在注入放射性生物微球的同时, 由股动脉插管匀速放血作为参考血标本, 测量体积。 15 min 后处死实验犬, 取出心脏、分别割下 A 区, B 区和 C 区(正常区, 为远离结扎部位两个分支以上的左室前壁)。 B 区取材料时注意取两孔之间的心肌组织。把每一个区域的心肌组织均匀地分为三等分。即: 心内膜下层心肌组织(内 $1/3$)、中层心肌组织(中 $1/3$)、心外膜下层心肌组织(外 $1/3$)。把参考血标本及等重心肌组织块分别放入 JHS-4 型自动定标器中测量放射性计数, 并计算心肌血流量。

4 实验结果

把 A, B, C 三区的 9 块心肌组织的局部心肌血流量均数分为三组进行比较, 结果见表 1。从表 1

中可以看出: 在结扎 LAD 后 4 h , 心肌血流量 A 区明显低于 B 区和 C 区, B 区虽然略高于 C 区, 但无明显差异。实验结果表明: 用 100 W 的输出功率, 0.3 s 的打孔时间, 采取特制的滤波器技术(可以将热损伤的范围控制在 $270 \mu\text{m}$ 以内)所进行的 CO_2 激光心肌血管重建术在急性期内能有效地改善心肌血液微循环和心肌的缺血状况。

5 分析研究

1965 年 Sen 等^[4]受爬行动物的启发用静脉穿刺针在犬的结扎左前降支冠状动脉后的缺血心肌区域扎出许多贯穿整个心室壁的孔道, 结果表明针刺心肌血管重建术在急性期能有效地改善心肌血液微循环和心肌的缺血状况。但是这些针扎的孔道不能长期保持通畅, 不久以后都发生纤维化或形成疤痕而闭塞。1981~1986 年, Mirhoseini 等^[1,2]用 CO_2 激光代替静脉穿刺针在犬的左心室壁上打孔, 并获得与 Sen 同样的急性期结果。以后的研究又表明 CO_2 激光孔道术后 5 年仍然通畅, 并且孔道表面内皮化。与此同时, 人们还对多种激光进行了大量的实验研究。在获得较好效果的同时也出现了一些相互矛盾的实验现象。有研究报道: 对 Ho: YAG 激光心肌血管重建术进行放射性同位素标记微粒测量缺血心肌的血流量时, 并不能为急性缺血的心肌提供有益的帮助。也有研究报道: 用 Ho: YAG 激光和 Nd: YAG 激光在动物缺血模型上所进行的激光心肌血管重建术对缺血的心肌没有任何急性期或慢性期的保护作用。并且 Ho: YAG 激光和 Nd: YAG 激光的孔道在术后都将发生纤维化而不能长期通畅^[3]。

表 1 不同区域不同位置的心肌血流量

Table 1 Myocardial blood flow of different areas and different locations

Locations	Areas	A /ml/min	B /ml/min	C /ml/min
Myocardial endoderm (1/3)		1.09	6.13	5.56
Myocardial mesoderm (1/3)		1.01	5.78	5.03
Myocardial exoderm (1/3)		1.23	6.54	4.49

由于在激光心肌血管重建术的研究过程中出现了一些相互矛盾的实验现象, 从而产生了一些争议。其实上述的实验现象并不矛盾, 这是因为不管是针刺孔道还是激光孔道, 它们的作用机理是相同的,

即: 在心肌组织上所打的贯穿整个心室壁的孔道可以和心肌中原有的微血管吻合, 构成新的血液供应系统, 在原有的冠状动脉系统闭塞后, 新的系统可以代替原有的系统向该处心肌组织供血。但是针刺孔

道和激光孔道在结构上存在很多差异。其中最大的差异就是在激光孔道的周围存在一个热损伤层。从激光和心肌组织的作用机理来看:大多数激光在心肌组织上打孔时都会导致激光孔道周围一定范围内的组织和血管脱水、收缩和凝固,形成热损伤层。这层热损伤对孔道周围的微血管具有一定的封闭作用^[5],因此它必将影响血液通过激光孔道进入心肌组织中原有微血管的能力。一般情况下热损伤层越大、激光孔道改善心肌组织缺血状况的能力越弱。由于针刺孔道周围不存在热损伤层,所以心室中的血液能够有效地通过针刺孔道进入心肌组织中的微血管,从而改善心肌组织的缺血情况。由此可见:激光孔道周围的热损伤层是影响激光心肌血管重建术的一个重要因素。

激光对心肌组织造成的热损伤的大小和激光的波长、功率密度、作用时间以及心肌组织的光学特性和热学特性等参数有关。一般情况下,激光对组织的穿透深度越小、作用时间越短(热传导作用越小)所造成的热损伤也就越小。当这些参数发生变化时,就会产生不同程度的热损伤,从而影响激光心肌血管重建术的效果。单从波长角度考虑:CO₂ 激光的波长为 10600 nm, Ho:YAG 激光的波长为 2100 nm, Nd:YAG 激光的波长为 1064 nm, 都是红外光,照射心肌组织主要被心肌组织中的水分子吸收产生热效应,导致心肌组织的热损伤。由于 CO₂ 激光对心肌组织的穿透深度(约 0.01 mm)远远小于 Ho:

YAG 激光(约 0.28 mm)和 Nd:YAG 激光(约 16 mm),所以通常情况下 CO₂ 激光对心肌组织造成的热损伤范围要比 Ho:YAG 激光和 Nd:YAG 激光小,这样 CO₂ 激光孔道改善心肌缺血状况的能力也就比 Ho:YAG 激光和 Nd:YAG 激光强。也就是说:用激光进行心肌血管重建术时,如果激光参数选择不当,就会造成较大范围的热损伤层,从而封闭微血管,影响激光心肌血管重建术改善心肌血液微循环和心肌的缺血状况的效果。正是基于这种考虑,我们采用了特制的滤波器技术来提高 CO₂ 激光的打孔质量,从而使缺血心肌的血流量得到明显改善。

参 考 文 献

- 1 M. Mirhoseini, M. M. Cayton. Revascularization of the heart by laser [J]. *Micro. Surg.*, 1981, **2**(4):253~260
- 2 M. Mirhoseini, M. M. Cayton, S. Shelgikar *et al.*. Laser myocardial revascularization [J]. *Laser Surg. Med.*, 1986, **6**(5):459~461
- 3 Weng Guoxing. Laser Therapy of Cardiovascular Disease [M]. Peking: Chinese Science and Technology Press, 1994. 201~211 (in Chinese)
- 4 P. K. Sen, T. E. Udwardia, S. G. Kinare *et al.*. Transmyocardial acupuncture: a new approach to myocardial revascularization [J]. *Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 1965, **50**:181~189
- 5 Luo Le, Li Fenggang, Zhou Zhangwu *et al.*. The analysis and research of laser's stanching bleeding [J]. *Applied Laser (应用激光)*, 2001, **21**(6):428~430 (in Chinese)