

线进行了判断。由  $6P_{\frac{3}{2}}$  ( $11732.35 \text{ cm}^{-1}$ ) 到电离限 ( $31406.71 \text{ cm}^{-1}$ ) 的间距为  $19674.36 \text{ cm}^{-1}$ , 小于  $19802.0 \text{ cm}^{-1}$ , 所以跃迁始能级不可能是  $6P_{\frac{3}{2}}$  或比它更高的能级。而由基态  $6S_{\frac{1}{2}}$  到  $6P_{\frac{3}{2}}$  ( $11178.24 \text{ cm}^{-1}$ ) 和  $7P_{\frac{1}{2}}$  ( $21765.65 \text{ cm}^{-1}$ ) 的间距也排除了基态跃迁的可能性。于是, 我们推断全部谱线来自以  $6P_{\frac{1}{2}}$  为始能级的跃迁, 即来自  $6P_{\frac{1}{2}}-nS_{\frac{1}{2}}$  和  $6P_{\frac{1}{2}}-nD_{\frac{3}{2}}$  两个系列。

对于  $6P_{\frac{1}{2}}-nD_{\frac{3}{2}}$  系列, 当  $n=19, 20, 21$  时, 恰好对应我们测量结果中波长最长的几条线。NBS 能位表只给出  $n \leq 21$  的 D 能级和  $n \leq 12$  的 s 能级的数据。为了对全部谱线进行标定, 我们用外推法, 对考虑了量子亏损后的 Cs 原子高激发态能级进行了计算。对类氢原子有

$$\nu_{nlj} = \frac{R_{\text{Cs}}}{(n - \Delta_{nlj})^2} + \Delta\nu_{nlj} \quad (1)$$

式中  $\Delta_{nlj}$  为量子亏损,  $R_{\text{Cs}} = 1.09736859 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  为 Cs 原子的里德堡常数,  $\Delta\nu_{nlj}$  为电子自旋与轨道作用的附加能量。

对 S 能级  $l=0$ , 故  $\Delta\nu_{nlj}=0$ 。由 NBS 表得知, 当  $n \geq 17$  时, 对 D 能级也有  $\nu_{nlj} = \nu_{nl}$ , 即  $\Delta\nu_{nlj}=0$ , 公式(1)变为

$$\nu_{nlj} = \nu_{nl} = \frac{R_{\text{Cs}}}{(n - \Delta_{nl})^2} \quad (2)$$

将 NBS 能位表中已知的  $nS_{\frac{1}{2}}$  以及  $nD_{\frac{3}{2}}$  ( $n \geq 17$ ) 能级的能位值代入(2)式, 算得相应的量子亏损  $\Delta_{nl}$ , 列在表 1 中。

由计算结果得知, 当  $n$  比较大时, 在我们要求的有效数字范围内,  $\Delta_{nl}$  趋向于和  $n$  无关, 于是我们得到  $\Delta_{n_s} = 4.06$ ,  $\Delta_{n_d} = 2.47$ 。代入(2)式后, 算出  $n \geq 21$  的 D 能级和 s 能级的能位, 列在表 2 中。

我们计算了由  $6P_{\frac{1}{2}}$  到表 2 中各能级之间跃迁的波长  $\lambda$ , 并把  $\lambda$  和实验测得的波长  $\lambda'$  (考虑了空气中的波长修正  $\Delta\lambda = 1.39^{[6]}$ ) 加以对比 (见表 3)。可以看出,  $\lambda$  和  $\lambda'$  在误差范围内基本相符。由此可见, 我们测得的谱线就是 Cs 原子  $6P_{\frac{1}{2}}-nD_{\frac{3}{2}}$  ( $n=19, \dots, 40$ ), 和  $6P_{\frac{1}{2}}-nS_{\frac{1}{2}}$  ( $n=21, \dots, 41$ ) 两个系列的高激发态跃迁谱线。

吴连民同志帮助做了大量实验工作, 王清文师傅吹制放电管, 吴景凯同志帮助使用激光器, 在此表示感谢。

## 参 考 文 献

- [1] R. B. Green *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, 727.
- [2] W. B. Bridges; *J. Opt. Soc. Am.*, 1978, **68**, 325.
- [3] L. Ph. Roesch; *Opt. Comm.*, 1983, **44**, 259.
- [4] NSRDS-NBS 35; "Atomic Energy Levels", 1980.
- [5] 冶金工业部科技情报产品标准研究所编译;《光谱线波长表》, 中国工业出版社, 北京, 1971 年版, p. 809.

(吉林大学物理系)

王薇 杨玉琨 蒋占魁 骆兴业

1985 年 3 月 22 日收稿)

## 氦-氖激光对人心脏功能的影响

**Abstract.** Variation of some medical parameters of the human heart function before and after He-Ne laser irradiation is reported. It shows that LVEF of the patients with coronary heart disease and non-coronary heart disease has been increased obviously ( $P < 0.05$ ) after the points are irradiated. Though LVEF has been increased a little bit but not very clearly ( $P > 0.05$ ) after some parts are irradiated.

氦-氖激光穴位照射对组织器官具有调整刺激作用, 国内、外已有报道<sup>[1-3]</sup>。近年来, 国内有人用 B 型超声波观察胆囊收缩变化情况, 发现氦-氖激光照射胆囊穴对于胆囊收缩功能有明显作用<sup>[4]</sup>。但对人心

脏功能影响的报道至今尚未见到。为此, 我们采用  $\gamma$ -心功能仪观察记录了氦-氖激光照射前、后冠心病人与非冠心病人的左室射血分数(LVEF)、高峰充盈时间(TPFR)、高峰充盈率(PFR)及心率(HR)

变化情况。现报告如下:

### 一、器件

激光器: JG-1 型氩-氦激光综合治疗机, 输出功率 28 mW, 聚焦照射时光斑直径 4 mm, 其功率密度为 220 mW/cm<sup>2</sup>, 散焦照射时光斑直径 26 mm, 其功率密度为 5.3 mW/cm<sup>2</sup>。

$\gamma$ -心功能仪: FT-1908 型核心脏功能仪, 检测数据由进口的 TRS-80 型微型计算机自动进行处理和显示。所用示踪剂为体内标记的<sup>113m</sup>In——输铁蛋白法, 剂量在 5 毫居以上, 体积 2.5 ml。

### 二、方法

依照射部位不同分为甲、乙两组。甲组作聚焦穴位照射, 主穴内关, 辅以神门或心枢。每穴照 5 分钟。乙组作散焦照射, 分别照射心前区和主动脉瓣区, 各 5 分钟。于激光照射前后作  $\gamma$ -心功能检查和心电图检查。为避免病员情绪波动及时间、空间等影响, 激光照射与其前后的  $\gamma$ -心功能检查连续、序贯进行, 确保病员体位与  $\gamma$ -心功能仪探头位置、角度不变。

### 三、结果

激光穴位照射后, 冠心病及非冠心病人的左室射血分数均有明显提高, 经统计学处理, 差异有显著意义 ( $P < 0.05$ ); 局部照射后, 左室射血分数虽有所提高, 但在统计学上无显著意义 ( $P > 0.05$ ); 全部病例激光照射后高峰充盈时间、高峰充盈率及心率变化均不显著(见下表)。

激光照射前、后全部病例心电图 Q-T 间期及 S-T 段均未见明显改变。

### 四、讨论:

我们认为照射内关、神门、心枢穴后, 能使冠心病及非冠心病人的左室射血分数显著提高, 即是光针通过经络对机体产生的调整刺激作用。而局部照射则无此种作用。由此我们认为: 非穴位照射除对其受辐照局部组织细胞的结构产生良好影响外<sup>[5]</sup>,

对机体内脏器官的生理功能尚无促进作用。

对于穴位照射所致左室射血分数显著提高, 我们推测可能是由于激光辐照刺激穴位, 使其产生共振激发效应, 然后通过经络传导作用于心肌, 使心肌收缩力得到增强, 排血时间缩短, 舒张期相应延长。这种有效的心肌收缩, 不仅使之能够得到较长时间的休息, 而且增加了每搏输出量和回心血量, 使收缩功能得到改善。正是由于心脏工作效率得到提高, 心脏得以在不增加氧耗量的前提下增加每搏输出量, 从而使机体组织器官包括心肌本身得到足够的血液供应和氧供量。因而可以认为: 这对充血性心力衰竭或冠状动脉供血不足的患者来说, 可能是一个有益的良性循环。同时结果表明: 激光照射后心率有减慢的倾向。与洋地黄类药物作用机理相似, 这可能是由于心收缩力的增强所引起的迷走神经兴奋效应<sup>[6]</sup>。

激光穴位及局部照射后, 高峰充盈时间有所缩短, 而高峰充盈率则略有降低, 但均无显著性差别 ( $P > 0.05$ )。这说明激光对心脏的舒张功能尚无明显影响。对于高峰充盈率降低的原因, 根据计算公式  $PFR(EDV/s) = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \times \frac{B}{A} \times \frac{HR}{60}$  分析, 考虑可能是心率减慢和左心室容积-时间曲线之舒张期时相对延长、左移的结果(见图 1)。

法国的 C. Salet<sup>[7]</sup>等(1979 年)在动物实验中发现, 激光辐照可使心脏细胞跳得更快, 同时却几乎没有产生加热作用的机理。他们认为: 通过激光照射细胞的方法, 可促使线粒体合成 ATP。文献<sup>[5]</sup>发现用氩-氦激光(78 J/cm<sup>2</sup>\*)照射白鼠心前区后, 可改善心肌营养状态, 使心肌细胞及细胞膜更稳定。认为激光对心肌结构及功能产生良好的影响。王氏<sup>[8]</sup>等则报告了用氩-氦激光(163 J/cm<sup>2</sup>\*)照射白鼠心前区后, 有 60% 心肌显示不同程度病理改变。因此, 对于氩-氦激光能否直接照射心前区似乎尚有争

氩-氦激光照射前后心功能改变情况

分 组	例 数	LVEF (%)		TPFR (ms)		PFR (EDV/s)		HR (次/分)	
		平均值 ± 标准差		平均值 ± 标准差		平均值 ± 标准差		平均值 ± 标准差	
		激光前	激光后	激光前	激光后	激光前	激光后	激光前	激光后
冠心病穴位照射组	7	40 ± 5.7	43.6 ± 4.4*	155 ± 34	143 ± 49	3.4 ± 0.88	3.1 ± 0.28	62 ± 6	61 ± 5.2
非冠心病穴位照射组	6	44 ± 3.2	46.7 ± 2.8**	148 ± 15.8	130 ± 30	4.4 ± 0.6	4.15 ± 0.63	66.8 ± 8.4	63.8 ± 5.6
冠心病局部照射组	6	41.3 ± 2.9	44.2 ± 4	179 ± 31	148 ± 45	3.9 ± 0.4	3.8 ± 0.65	67.5 ± 10.8	66 ± 10.2

\*. \*\*  $P < 0.05$  (与激光照射前比), 其余各项  $P > 0.05$

\* 本文作者计算的该本辐照平均剂量。

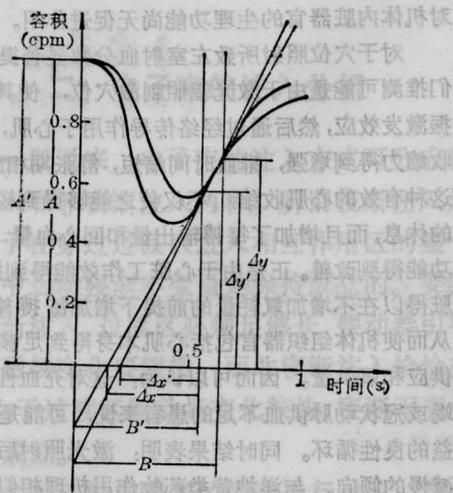


图1 左心室容积-时间曲线(下面的曲线为激光照射后)

论。然而我们知道，微弱的激光刺激可促进人体的生理功能，而强刺激则引起抑制作用<sup>[2]</sup>。所以，辐照剂量的强弱之别，必然会导致其实验结果的悬殊差异。我们考虑：本文局部照射组作心前区散焦照射的能量密度极低，仅  $1.59 \text{ J/cm}^2$  ( $5.3 \text{ mW/cm}^2 \times 300 \text{ s}$ )，而氦氛激光穿透组织深度最多不超过  $1.5 \text{ cm}$ ，且光强随其入射深度呈指数衰减，故而能够透过较厚胸壁到达心肌的激光强度甚微。因此我们认为，作为对照组用低能量氦-氛激光作心前区散焦照射是充

分安全的。本文全部病例激光照射后心电图 Q-T 间期及 S-T 段改变均不明显。究竟氦-氛激光对心电图有否影响，我们认为有待作进一步观察研究。

本文工作过程中得到本院内科王继曾主任的指导，王主任并对全文进行了审阅，谨此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 北京科委激光医学专业委员会；“激光医学讲义”，1983，p. 230.
- [2] 卫焯等；“激光在医学中的应用”，科学出版社，1979，58、66、216.
- [3] Michael Kroetlinger; *Acupuncture and Electro-Therapeutic Res International*, 1980, No. 5, 297-311.
- [4] 党渭楞；《上海针灸杂志》，1984，2.
- [5] 张福金等；“江苏、山东两省第三届激光医学年会论文摘要汇编”，1984年.
- [6] 叶雨文，卡如濂主编；“基础药理学”，浙江科学技术出版社，1979年，130.
- [6] 毛佩芬译；《国外激光》，1982，No. 3, 47.
- [8] 王成轻等；《激光》，1981，8，No. 7, 63.

(泰州市人民医院激光室

朱家沂 马镜华

同位素室 李永培

心电图室 蔡宝芬

1985年8月7日收稿)

### 简 讯

## 我国研制出达到国际先进水平的准分子激光器

准分子激光器是目前输出波长在紫外区最强的器件。日前中国科学院对上海光机所研制的 X 光预电离准分子激光器进行了技术鉴定。经同行专家教授的测试评定，确认该激光器的工作性能达到了国际上同类器件八十年代初的先进水平，其中单位放电体积得到的激光能量达到  $8 \text{ J}$ ，激光器一次充气的存放寿命可达 45 天，分别为国际上同类器件的 1 到 2 倍。据研究者的介绍，他们是采用了新型预

电离电极结构、采用低电感电容器代替传统使用的水传输线以及独特的轴封技术之后取得这些好结果的。目前，这台器件已在太阳能电池制造，光学、光刻、生物光损伤研究等方面取得了应用。用户使用的结果也证明，所制成的器件输出性能相当良好，很受欢迎。

(纪钟)