

长脉冲红宝石激光对视网膜损伤阈值的研究

徐碣毓 胡富根 周淑英 曹维群 钱焕文 张桂素 王登龙

(军事医学科学院放射医学研究所)

提要: 实验用长脉冲红宝石激光照射青紫蓝灰兔眼 76 只, 求得视网膜凝固性损伤阈值, 其 ED_{50} 为 14.9 mJ/cm^2 , 95% 可信限 $13.6 \sim 16.5 \text{ mJ/cm}^2$ 。

Retinal injury threshold of long pulse ruby laser light

Xu Jiemin, Hu Fugen, Zhou Shuying, Cao Weiqun,

Qian Huanwen, Zhang Guisu, Wang Denglong

(Institute of Radiation Medicine, Academy of Military Medical Sciences)

Abstract: Threshold of observable retinal injury was determined for chinchilla rabbits exposed to long pulse ruby laser light irradiation. The threshold, ED_{50} was 14.9 mJ/cm^2 and its 95% confidence limit was $13.6 \sim 16.5 \text{ mJ/cm}^2$ for intraocular energy density.

红宝石激光波长 6943 \AA , 对眼的损伤主要为视网膜。本文研究长脉冲红宝石激光对兔视网膜的损伤阈值, 供制订激光安全标准时参考。

一、实验装置与方法

本实验所用照射装置包括红宝石激光器、激光定位照射装置、硫酸铜衰减溶液石英比色杯、输出能量监测系统、光束发散角压缩镜和光阑等(图 1、2)。

激光器输出能量 $0.1 \sim 1.8 \text{ J/脉冲}$, 脉冲宽度 0.6 ms , 输出能量稳定度 $\geq \pm 6.6\%$, 实验光束发散角 4.5 mrad , 光束直径 5 mm 。

用激光定点照射装置观察动物眼底, 并选择所需的部位进行定位照射。该装置由观察、倒像和照明等系统组成。放大 1.44 倍, 64° 视场角, 0.5 mm 分辨率。

测量仪器用量热式 NJ-J_1 型激光能量计, 其光接受面直径为 10 mm , 波长响应范围从紫外到远红外, 重复性优于 0.5% 。在

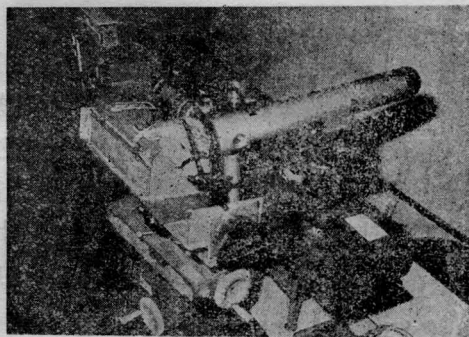


图 1 红宝石激光照射装置

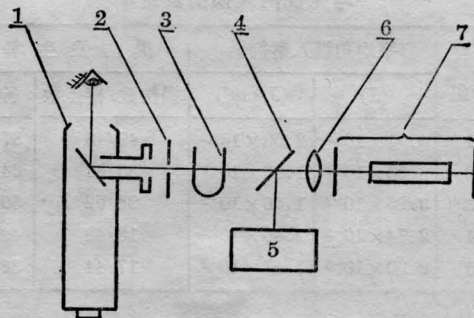


图 2 红宝石激光照射光路示意图

1—激光定位照射装置; 2—光阑; 3—衰减杯; 4—分束镜;
5—监测系统; 6—压缩透镜; 7—红宝石激光器

测量剂量范围内, 响应均呈线性。用积分球能量计监测。共测出 5 个实验组 240 个照射点的照射剂量。根据 23 组 115 个点的测量统计, 分束监视比误差小于 3%, 说明测量方法可靠。

实验动物用青紫蓝灰兔, 体重 2~2.9 kg, 检查眼底正常, 屈光不正, 远视不超过 2.25 D, 近视不超过 1.0 D, 未予矫正。照后 1、24 小时进行检眼镜观察, 由两人以上核对。部分眼球摘出进行病理组织学观察。共计照射 77 只兔眼, 240 个样点。

二、实验结果

实验照射剂量范围为角膜平均入射 11.7~25.0 mJ/cm², 共分五个剂量组。

1. 视网膜损伤表现: 检眼镜下可见淡灰色或灰白色圆形损伤斑, 边缘有细小散在的黑色素颗粒, 有的周围有水肿环, 少数损伤斑中央可见针尖大小黑色灼伤点。损伤斑于照后 24 小时稍扩大, 以后水肿消退, 大多于 3~5 天残留黑色素沉着, 或形成一小圆形白色瘢痕区。

2. 照射剂量与视网膜损伤发生率关系: 照射剂量与照后 1 小时视网膜凝固性损伤发生率见表 1。由表可见, 视网膜损伤发生率随角膜平均入射能量密度增加而提高。照后 1 小时检眼镜观察损伤发生总计占 138/240(57.5%), 24 小时检查发生率约占 80.6%。

表 1 红宝石激光照射剂量
与兔视网膜损伤发生率

实验 分组	平均角膜入射剂量		损伤发生率	
	(J)	(J/cm ²)	损伤数/样点数	(%)
1	4.91×10 ⁻³	2.50×10 ⁻²	42/48	87.5
2	3.65×10 ⁻³	1.86×10 ⁻²	35/54	64.8
3	3.25×10 ⁻³	1.66×10 ⁻²	26/52	50.0
4	2.74×10 ⁻³	1.40×10 ⁻²	18/42	42.9
5	2.30×10 ⁻³	1.17×10 ⁻²	17/44	38.6

3. 长脉冲红宝石激光视网膜损伤阈值计算: 激光眼损伤阈值, 通常指视网膜受照后 1 小时, 以检眼镜观察, 有 50% 几率出现最

小可见损伤所需照射剂量(又称 ED₅₀)。根据本实验结果, 以 Bliss 几率单位加权迭代回归法进行计算, 求得长脉冲红宝石激光照射剂量对数(X)与兔视网膜凝固性损伤几率单位(\hat{Y})的回归方程及 ED₅₀:

$$\hat{Y} = 4.332X - 0.0937$$

$$ED_{50} \approx 14.9 \text{ mJ/cm}^2$$

(95% 可信限 13.6~16.5 mJ/cm²)

4. 损伤的病理变化: 阈值附近照射剂量损伤的病理变化主要在视网膜外层。视网膜下水肿渗出, 使整个病灶微微隆起, 内、外节断裂, 色素上皮细胞肿胀或破裂而使黑色素颗粒游离, 在外颗粒层与网膜下渗出液间有的病灶出现小的“气化区”, 形成网眼状间隙。部分外颗粒层细胞核固缩, 有的脱落于气化区内。个别神经节细胞核肿胀或坏死, 胞浆空胞形成。但外界膜多完整, 病灶区脉络膜及巩膜未见明显异常。典型病灶见图 3。

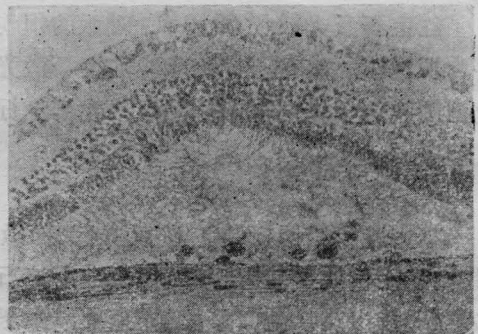


图 3 红宝石激光兔视网膜病灶 (×126)

网膜下渗出, 色素细胞肿胀游离,
(角膜平均入射 16.6 mJ/cm²)

实验用改装的 JLX 型红宝石激光裂隙灯显微镜照射青紫蓝灰兔眼 76 只, 240 个照射点。以 Bliss 几率单位加权迭代回归法, 求得长脉冲红宝石激光视网膜凝固性损伤阈值, 其 ED₅₀ 为 14.9 mJ/cm², 95% 可信限 13.6~16.5 mJ/cm²。文中对其损伤表现及病理变化进行描述。

本文数据的计算机统计处理由汤仲明同志协助, 特此致谢。