

# 氩激光照射视网膜损伤阈值的研究

王康孙 王玲 张明珩 施香荷 陈刚强

(上海第二医科大学附属瑞金医院眼科)

胡庆沈 卓瑞鹏 江兰英 吴家女

(上海第二医科大学激光研究室)

**提要:** 本文介绍氩激光照射兔眼、猴眼及人眼视网膜损伤阈值研究的材料、方法与结果。

## Injury threshold of retina irradiated by argon laser light

Wang Kangsun, Wang Ling, Zhang Mingheng, Shi Xianghe, Chen Gangqiang

(Department of Ophthalmology, Ruijin Hospital, Shanghai No. 2 Medical University)

Hu Qingsheng, Zhuo Ruipeng, Jiang Lanqing, Wu Jianu

(Laser Research Lab. Shanghai No. 2 Medical University)

**Abstract:** The material, method, results and discussion of the research on the injury threshold of rabbit, monkey, and human being retina irradiated by argon laser light are introduced in this paper. When exposure time is 0.1s, the retinal injury threshold ( $ED_{60}$ ) is  $0.506 \text{ W/cm}^2$  for rabbit,  $0.834 \text{ W/cm}^2$  for monkey, and  $1.757 \text{ W/cm}^2$  for human being. When exposure time is 1s, the retinal injury threshold is  $0.428 \text{ W/cm}^2$  for rabbit.

氩激光是医学上常用的激光器, 由于其波长  $4880 \text{ \AA}$  及  $5145 \text{ \AA}$  在视网膜脉络膜色素组织及血红蛋白吸收效率都比较高, 又由于其具有独特的聚焦能力, 因此对眼组织的致伤作用比较大。为了尽量减少和避免对眼的损伤, 测定氩激光辐射的安全标准是十分必要的, 本文报道了对青紫蓝灰兔(恒河猴及人眼视网膜进行损伤阈值的研究。

### 一、实验装置

实验用氩离子激光  $4880 \text{ \AA}$  波长作为辐照光源。氩离子激光器实验装置由激光器、光学系统和工作台三部分组成。(见图1)。激光器输出功率为  $1.2 \text{ W}$ , 模式接近单

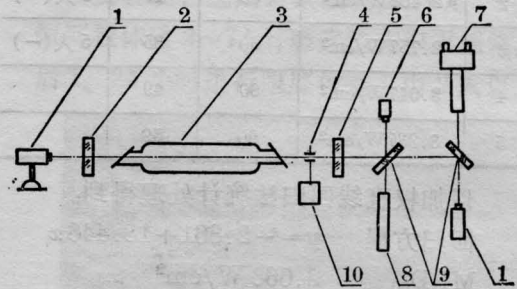


图1 实验光学系统简图

1—激光能量计; 2—谐振腔全反镜; 3—氩离子激光管; 4—电动快门; 5—谐振腔半反镜; 6—时间监测器探头; 7—眼底照相机; 8—He-Ne激光器; 9—分束器; 10—时间控制器

模,发散角 1.4mrad, 功率稳定性 2%, 能量稳定性 <3%, 激光辐照时间为 0.1 秒和 1 秒, 时间误差 0.004 秒, 角膜前光斑直径为 2.76 mm。光学系统根据实验要求由时间监测、能量监测, 瞄准和观察几部分组成。

**时间监测:** 在光路中放置二块镀膜 45° 分束片, 使激光分束转向, 以便实验和各项监测。在激光谐振腔内装上一个精密时间控制器的电动快门, 以控制激光辐照时间, 控制精度达 0.01 秒, 可准确控制激光辐照时间。

**能量监测:** 采用 NJ-1 型激光能量计进行监测和实测。我们于动物实验前后做了大量测试, 标算出的能量与实际值误差小, 稳定性小于 3%。

**瞄准与观察:** 激光辐照受快门控制。以 He-Ne 激光作为瞄准光, 经分束器转向, 使它所发出的红光与 4880 Å 的蓝光同光路, 因此能有效地定位瞄准。激光经分束器转向辐照动物眼底。在分束器的另一侧安置 Nikon 眼底摄影机, 对激光照射的眼底进行实时观察, 必要时可随时进行摄影记录。

## 二、实验结果

以照射后一小时内视网膜出现的色素斑点或细小淡灰白色凝固斑作为损伤反应。

### 1. 眼底照相机表现

对于阈值附近的损伤斑, 表现为细小色素游离, 或呈淡灰白色细小凝固斑, 有时仅呈针尖样大小, 无出血, 无气泡, 这些反应斑往往于激光照射后数分钟才出现。随着激光能量递增, 光凝斑逐渐变大, 色泽变浓, 边界清楚。即使在 ED<sub>100</sub> 附近的能量照射后, 亦未见视网膜出血。

### 2. 光学显微镜表现

(1) 以 5.6~6.0 mJ 能量照射青紫蓝灰兔视网膜, 辐照时间为 0.1 秒, 照射后 30 分钟取材。光学显微镜显示视网膜神经纤维层肿胀变性, 神经节细胞数较少, 内核层内有囊样变性。脉络膜血管充血明显, 无出血。

(2) 以 4.1~4.5 mJ 能量照射视网膜,

辐照时间为 0.1 秒, 辐照 24 小时取材。光学显微镜下可见一处视网膜表面隆起, 局部有炎性细胞与球形嗜伊红染色均匀渗出。该处神经纤维层无明显损伤, 脉络膜血管充血。

(3) 以 4.4~4.9 mJ 能量照射视网膜, 辐照时间 0.1 秒, 辐照后 48 小时取材。光学显微镜检查, 除了脉络膜血管尚有些充血外, 未见到其他异常表现。

### 3. 电子显微镜表现

以 5.6~6.0 mJ 能量照射青紫蓝灰兔视网膜, 辐照 0.1 秒, 照后 30 分钟取材。电子显微镜下见到部分色素上皮出现泡样结构, 内充满中等电子密度的物质, 呈液泡样(图 2)。细胞器出现髓鞘样结构, 线粒体破坏。视细

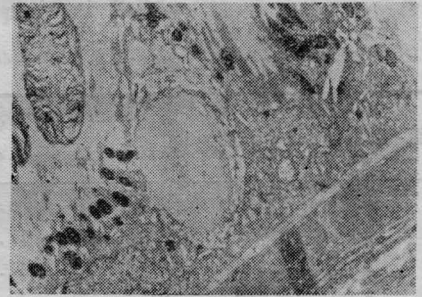


图 2

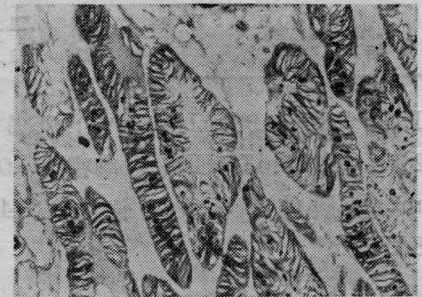


图 3

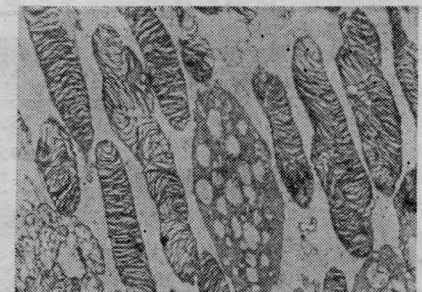


图 4

胞外节段盘状结构局部空化,膜结构溶解消失,在膜结构之间出现高电子密度物质(图3)。内节段大片线粒体肿胀,呈空泡样变化(图4)。外颗粒层线粒体肿胀,嵴断裂,部分空化,细胞浆未见溶解,核膜皱缩(图5)。

4. 实验结果统计(见表1、2、3、4)



图 5

表1 0.1秒氩激光照射兔眼视网膜损伤阈值实验结果

分组	平均照射能量(mJ)	平均功率密度(W/cm <sup>2</sup> )	照射点数	阳性反应点数	阳性率(%)
1	1.40	0.234	20	0	0
2	1.80	0.301	86	15	17.44
3	2.39	0.399	68	28	41.18
4	3.06	0.512	21	9	42.86
5	4.00	0.669	36	22	61.11
6	4.50	0.752	42	30	71.43
7	5.53	0.925	23	21	91.30

ED<sub>50</sub> 能量: 3.03 mJ(角膜前); 95% 可信限: 2.74~3.34 mJ; ED<sub>50</sub> 功率密度: 0.506 W/cm<sup>2</sup>(角膜前); 95% 可信限: 0.458~0.558 W/cm<sup>2</sup>。

表2 0.1秒氩激光照射猴眼视网膜损伤阈值实验结果

分组	平均照射能量(mJ)	平均功率密度(W/cm <sup>2</sup> )	照射点数	阳性反应点数	阳性率(%)
1	3.55	0.593	20	3	15.00
2	3.85	0.643	40	8	20.00
3	4.25	0.710	20	5	25.00
4	4.55	0.760	39	13	33.33
5	5.05	0.844	24	11	45.83
6	5.55	0.928	10	8	80.00
7	6.90	1.153	10	9	90.00

ED<sub>50</sub> 能量: 4.985 m(角膜前)J; 95% 可信限 4.533~5.482 mJ; ED<sub>50</sub> 功率密度: 0.834 W/cm<sup>2</sup>(角膜前); 95% 可信限: 0.757~0.916 W/cm<sup>2</sup>。

表3 0.1秒氩激光照射人眼视网膜损伤阈值结果

分组	平均照射能量(mJ)	平均功率密度(W/cm <sup>2</sup> )	照射点数	阳性反应点数	阳性率(%)
1	6.4	1.07	6	0	0
2	8.27	1.382	16	3	18.75
3	10.13	1.694	13	5	38.46
4	12.15	2.031	15	10	66.67
5	13.73	2.295	12	10	83.33

ED<sub>50</sub> 能量: 10.51 mJ(角膜前); 95% 可信限: 9.43~11.71 mJ; ED<sub>50</sub> 功率密度: 1.757 W/cm<sup>2</sup>(角膜前); 95% 可信限: 1.576~1.958 W/cm<sup>2</sup>。

表4 1秒氩激光照射兔眼视网膜损伤阈值结果

分组	平均照射能量(mJ)	平均功率密度(W/cm <sup>2</sup> )	照射点数	阳性反应点数	阳性率(%)
1	18.72	0.313	16	2	12.50
2	21.36	0.357	28	5	17.86
3	23.28	0.389	42	18	42.85
4	26.40	0.441	17	9	52.94
5	28.56	0.477	53	31	58.49
6	30.72	0.513	20	14	70.00
7	32.88	0.549	20	18	90.00

ED<sub>0</sub> 能量: 25.64 mJ; 95% 可信限: 24.14~27.23 mJ;

ED<sub>50</sub> 功率密度: 0.428 W/cm<sup>2</sup>; 95% 可信限: 0.403~0.455 W/cm<sup>2</sup>。

从本实验氩激光辐照0.1秒的结果来看,兔眼视网膜损伤阈值的ED<sub>50</sub>为0.506 W/cm<sup>2</sup>,猴眼为0.834 W/cm<sup>2</sup>,人眼为1.757 W/cm<sup>2</sup>兔猴人=1:1.65:3.47。Bringruber报道用红宝石激光照射视网膜,辐照时间1毫秒的损伤阈值,猴眼比兔眼高50%<sup>[1]</sup>。

参 考 文 献

[1] R. Birngryber; Health Physics, 1983, 44, 519.