

# 激光闪光致眩生物效应实验研究

肖 瑞,康宏向,梁 洁,陈 鹏,刘 明,钱焕文  
(军事医学科学院放射与辐射医学研究所,北京 100850)

**摘 要:**选择恒河猴、青紫蓝灰兔实验动物,研究不同距离(不同光斑)、不同背景光照度条件下的激光对兔眼和猴眼的闪光致眩效应。采用视网膜电流图(ERG)描记方法对闪光致眩现象进行监测,同时,采用眼底照相机观察激光辐照后的视网膜表现。视网膜电流图b波振幅的恢复时间随激光剂量的增加而延长、随背景光亮度的增强而缩短,闪光致眩实验不会造成视网膜的器质性损伤。

**关键词:**脉冲激光器;闪光致眩;视网膜电流图

**中图分类号:**TN248 **文献标识码:**A

## Experimental research on biological effects of laser flash blindness

XIAO Rui, KANG Hong-xiang, LIANG Jie, CHEN Peng, LIU Ming, QIAN Huan-wen  
(Institute of Radiation Medicine, Academy of Military Medicine Science, Beijing 100850, China)

**Abstract:**To study the flash blindness of laser to rabbit eyes and monkey eyes under the condition of different distances(Light Spot) and background light intensity by rhesus monkeys and pigmented rabbits. The visual electrophysiologic recording system was adopted to monitor the flash blindness. Meanwhile, to adopt fundus camera observed the post-exposed retinal. The recovery time of wave b prolonged as expose dose increased and shortened as background light intensity enhanced. Flash blindness will not lead to the retinal lesions.

**Key words:**pulse laser; flash blindness; electroretinogram(ERG)

### 1 引 言

眼睛是人类赖以获取外部信息的最重要器官,同时,眼睛又是激光等高功率密度光源最为敏感的感受器官,特别是可见光波段的激光辐射,在极低剂量时就可以产生闪光致眩效应,干扰眼睛的正常视觉功能,进而引起心理的威慑和恐慌<sup>[1-5]</sup>。激光闪光致眩效应是指眼睛受到一定强度的激光束照射后,引起暂时性视觉障碍,而不产生眼组织的器质性损伤的现象。本文选择恒河猴、青紫蓝灰兔实验动物,详细研究激光闪光致眩效应的量效规律、作用特点。

### 2 实验原理及方法

实验分别研究不同距离、不同背景光照度条件下的激光对兔眼和猴眼的闪光致眩效应。对于兔眼闪光致眩实验,在激光总能量保持不变的情况下,通过调节总光斑大小改变照射能量密度,从而模拟在

不同的作用距离上观察相应的闪光致眩效应,激光所致闪光致眩所需照射剂量低于可见器质性损伤剂量。实验分白天和夜晚两种情况进行,夜晚的光斑直径设定为200 mm,250 mm,300 mm,350 mm,400 mm,450 mm,500 mm,白天的光斑直径设定为150 mm,200 mm。实验分别从最大的光斑直径开始,采用逐步逼近的方式,直至损伤的临界点。因光斑的能量分布均匀性较差,实验时需从每个光斑中分别选取强、中、弱三个光点对兔眼进行激光眩目实验,如图1所示,在夜晚,兔眼损伤临界光斑为190 mm,在白天,兔眼损伤临界光斑为130 mm。对于猴眼,只在兔眼损伤临界点上,做验证性闪光致眩实

作者简介:肖 瑞(1977-),女,助理研究员,主要从事激光器,激光生物效应的研究工作。E-mail:ruixiao203@163.com

收稿日期:2010-08-03;修订日期:2010-09-05

实验,研究该处能量对猴眼的眩目情况。闪光致眩实验时每只兔眼或猴眼的左右眼分别只照射1次。

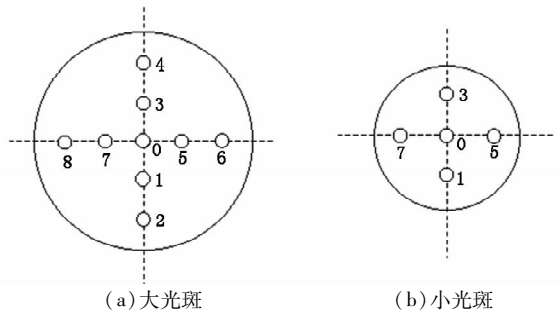


图1 光阑在照射光斑中的位置

Fig.1 the position of diaphragm in the spots

实验动物用复方托吡卡胺散瞳,速眠新麻醉,待肌肉松弛后,放置在特制的固定架上。将相关电极和地电极分别固定于耳廓和前额正中;角膜电极置于眼结膜囊内,并确认电极与角膜表面接触良好。激光照射前、照射过程中及照射后持续用刺激闪光以1次/s的频率照射动物眼,进行视网膜电流图(ERG)的描记<sup>[6-8]</sup>。刺激闪光与激光尽量接近同轴。持续动态记录动物眼 ERG 波形图,并测量激光照射前后 ERG - b 波幅值变化。ERG - b 波有一过性消失或振幅减低,即表明有闪光致眩现象发生,b 波幅值恢复至照前水平所用的时间为闪光致眩效应持续时间。闪光致眩的程度常以 b 波恢复时间、振幅大小来衡量,b 波恢复时间越长,振幅越低,闪光致眩效应越重。

图2是实验所用装置原理图,激光器为被动调Q脉冲Nd:YAG激光器,倍频输出,输出波长为532nm,1064nm混合激光,脉冲频率3Hz,输出光束的发散角可调。激光器输出端的透镜组用于改

变输出光斑大小,在一定发散角条件下,激光器的光斑大小将代表着不同的作用距离,因而在实验室条件下,可以通过调节光斑的大小实现在不同作用距离上观察相应的生物效应。光阑用于控制到达实验动物瞳孔的光斑大小,从而模拟白天和夜晚的情况。在夜晚,照射的光阑直径设为7.3mm,在白天,照射的光阑直径为4.4mm,实验时,每次照射前用激光能量计测量照射到动物瞳孔内的激光能量,动物散瞳后的瞳孔直径为青紫蓝灰兔约8mm,恒河猴约6mm。

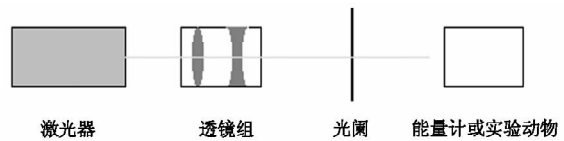


图2 实验原理图

Fig.2 schematic diagram of experiment

### 3 实验结果及分析

#### 3.1 激光器不同光斑大小所对应的平均能量密度

为了显示激光器不同输出光斑所对应的能量密度,实验首先对激光输出的总能量进行了测试,重复测量10次,测试结果如表1所示。根据所测试的激光总能量,理论换算出给定发散角条件下激光器不同光斑大小所对应的作用距离和平均能量密度,如表2所示。

表1 激光输出总能量测试

Tab.1 total energy of laser output

测试序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
激光输出总能量/mJ	33	34	34	37	34	34	34	33	35	34

表2 不同光斑大小对应的激光作用距离及其平均能量密度

Tab.2 different Light Spot of laser corresponding distances and average energy density

光斑直径 D/mm	50	100	150	170	190	200	250	300	350	400	450	500
能量密度/( $\mu\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	1743.3	435.8	193.7	150.9	120.8	108.9	69.7	48.4	35.6	27.2	21.5	17.4
$\theta = 1 \text{ mrad}$ 时作用距离/m	50	100	150	170	190	200	250	300	350	400	450	500

#### 3.2 激光照射动物眼闪光致眩效应

图3(a)~图3(d)是夜晚时光斑直径为500mm,400mm,300mm,200mm时对应的视网膜电流图。图3(e)、图3(f)是白天时光斑直径为150mm,200mm时对应的视网膜电流图。图4为猴眼视网膜电流图。从图上可以看出,照后即刻ERG出现一个比较尖的电反应,随之b波发生一过性消失,b波开始恢复时幅度很小,而后逐渐增高,

直至恢复至照前水平。ERG b 波的消失与恢复时间与照射剂量呈正相关。随着照射剂量的增加,b 波的消失时间增加,回复时间延长,猴眼出现闪光致眩现象所需要的激光剂量要大于兔眼。而且,通过比较夜晚、白天两种情况下的视网膜电流图还可以看出,降低背景光亮度会增强闪光致眩效应,在白天的环境,几乎观察不到闪光致眩现象发生。表3、表4分别列出了夜晚、白天两种情况下,不同光斑大小所

对应的兔眼、猴眼的闪光致眩时间。

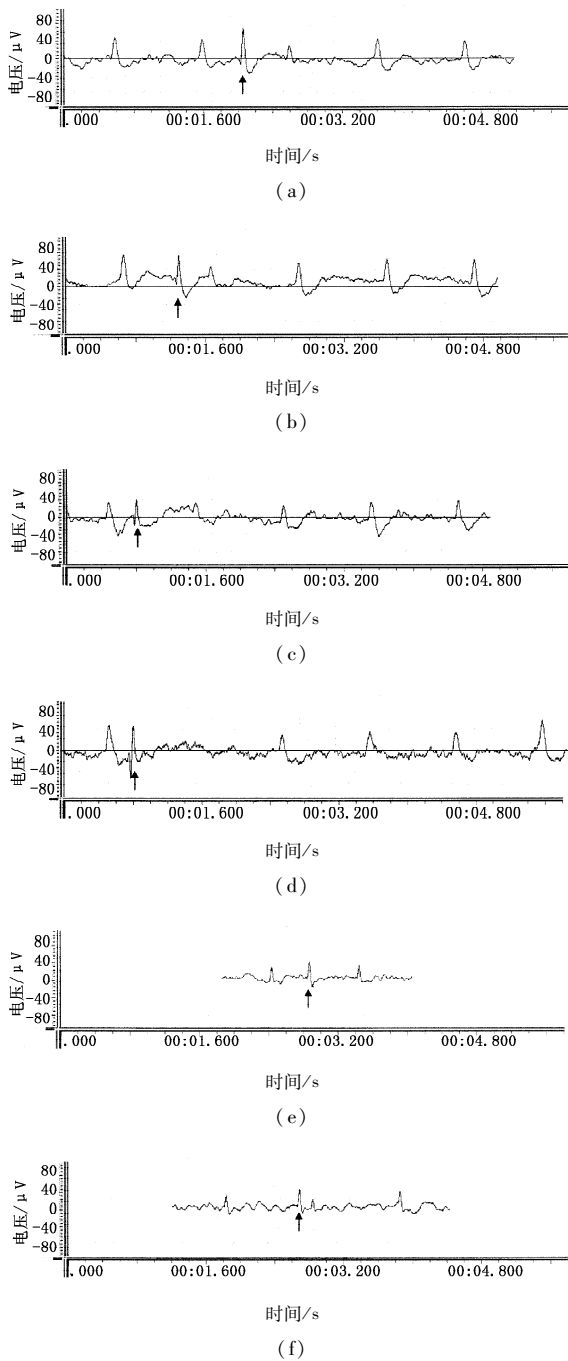


图3 激光照射后兔眼 ERG b波变化(↑指示激光照射)  
Fig.3 the post-exposed ERG b wave of rabbit eyes  
(↑ shows laser irradiation)

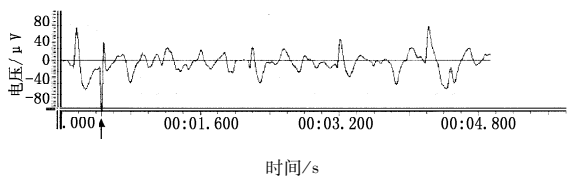


图4 激光照射后猴眼 ERG b波变化(↑指示激光照射)  
Fig.4 the post-exposed ERG b wave of monkey eyes  
(↑ shows laser irradiation)

表3 激光眩目器不同光斑造成兔眼闪光盲时间  
Tab.3 the flash blindness recovery time of rabbit eyes

动物号/n	光斑/mm	背景光亮度/lx	闪光致眩时间/s	
1	500(强光点)	<2(夜晚)	1~2	
2~3	450		1~3	
4~5	400		1~3	
6~7	350		2~4	
8~9	300		2~4	
10~11	250		2~4	
12~13	200		2~4	
14~15	200(强光点)		89(白天)	0
16~17	150(强光点)			0

表4 猴眼闪光盲时间  
Tab.4 the flash blindness recovery time of monkey eyes

动物号/n	光斑/mm	背景状态/lx	闪光致眩时间/s
2	190	<2(夜晚)	3~5

3.3 病理组织学观察结果

激光照射后,用眼底照相机观察视网膜损伤表现,未见激光损伤斑,图5、图6分别为闪光致眩实验后所观察到的兔眼、猴眼视网膜。图7、图8分别为激光损伤后有出血斑的兔眼、猴眼视网膜。由此可见,激光闪光致眩效应不会引起眼组织的器质性损伤。

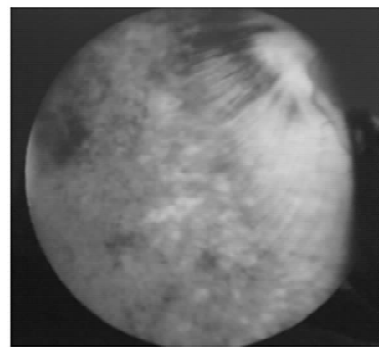


图5 正常兔眼视网膜  
Fig.5 rabbits retina



图6 正常猴眼视网膜  
Fig.6 monkeys retina



图7 兔眼视网膜出血斑  
Fig.7 the post-injury rabbits retina



图8 猴眼视网膜出血斑  
Fig.8 the post-injury monkeys retina

4 结 论

本文选择恒河猴、青紫蓝灰兔实验动物,研究激光闪光致眩效应的量效规律、作用特点。激光闪光致眩效应与激光剂量、背景光亮度有关:提高激光剂量、降低背景光亮度会增强闪光致眩效应(闪光致眩持续时间延长),同等条件下,猴眼出现闪光致眩现象所需要的激光剂量要大于兔眼。激光闪光致眩效应不会引起眼组织的器质性损伤。实验结果将对激光眩目器的进一步设计和改进提供有益的参考。

参考文献:

[1] Previc F H, Blankenstein M F, Garcia P V, et al. Visual evoked potential correlates of laser flashblindness in rhesus

monkeys I. Argon laser flashes [J]. Am J Optom Physiol Opt, 1985, 62(5):309-21.  
[2] Chisum G T. Flashblindness recovery following exposure to constant energy adaptive flashes [J]. Aerospace Med, 1973, 44:407-413.  
[3] Previc F H, Allen R G, Blankenstein M F. Visual evoked potential correlates of laser flashblindness in rhesus monkeys. II. Doubled-neodymium laser flashes [J]. Am J Optom Physiol Opt, 1985, 62(9):626-32.  
[4] Fred H P, Ralph G A. A Comparison of Visual Evoked Potential and Behavioral Measures of Flashblindness in Humans [R]. ADA189757, 1987.  
[5] Lu H, Gao M. Effect of the beam spreading on the laser pointing in far-field [J]. Laser & Infrared, 2010, 40(2):119-123. (in Chinese)  
吕宏,高明. 远场激光瞄准过程中光束扩展的影响分析 [J]. 激光与红外, 2010, 40(2):119-123.  
[6] Wu L Z, Wu D Z. Clinical electrophysiology of vision [M]. Beijing: Science Press, 1999. (in Chinese)  
吴乐正,吴德正. 临床视觉电生理学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.  
[7] Xu J M, Hu F G, Chen Z L, et al. The quantitative analysis of changes of ERG amplitude after Nd:YAG doubled-frequency laser irradiation [J]. Chinese Journal of Ocular Trauma and Occupational Eye Disease, 1987, 2:91-93. (in Chinese)  
徐碣敏,胡富根,陈宗礼,等. 掺钕钇铝石榴石激光照后视网膜电流图变化的定量分析 [J]. 眼外伤与职业眼病杂志, 1987, 2:91-93.  
[8] Ma X G, He S Z, Xiong L X, et al. Experimental studies on ERG changes before and after retinal injuries induced by laser [J]. Rec. Adv. Ophthalmol., 2002, 22(3):176-178. (in Chinese)  
马效工,何守志,熊丽霞,等. 激光视网膜损伤前后视网膜电图改变的实验研究 [J]. 眼科新进展, 2002, 22(3):176-178.

· 简讯 ·

Fiberguide 公司成立于 1977 年,一直致力于特种光缆、光缆系统和部件方面的生产和研究,该公司的主要产品为石英光纤及光纤跳线、V-Groove、Array、Collimator、真空馈通等全系列光学传导零件、组件及设备。同时,该公司也是世界上少数几个可自行设计、量产超高精度高密度平面光纤阵列(已获专利)和 V 槽阵列的厂家之一。因在美国国家点火装置(NIF)项目中的积极参与和重大贡献,美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室授予了该公司奖牌。