

几种常用激光对兔眼的损伤作用

上海第二医学院生物物理教研组

近年来,激光的应用越来越广泛,参加激光研究工作试制和应用工作的工农兵、科技工作者和医务工作者日益增多。特别在批林批孔运动推动下,一个大搞激光技术的群众性热潮正蓬勃兴起。在这样的大好形势下,认真贯彻毛主席关于“预防为主”的伟大方针,努力抓好激光防护工作,使人体免受激光的伤害,以利我国激光事业的发展,意义是很大的。

眼睛是人与外界环境联系的主要器官之一,如不注意防护,人眼受激光直接或间接(经过反射)照射的机会就增加。激光是平行性很好的光束,通过眼球的晶体聚焦,很容易引起眼底损伤。但是激光的方向性很好,可用各种方法进行安全防护。我们认为,激光对眼睛的损伤又是容易防护的。因此,只要认真对待,就能够有效地防止激光对眼睛的损伤。

为做好眼睛的激光防护工作;我们采用几种激光进行动物实验,探讨激光对眼睛的损伤与能量间的关系。实验动物选用灰兔,因为灰兔来源较多,实验时不挣扎,便于激光照射和对眼底进行定期观察,而且灰兔眼底(少色素眼底)色素比黄种人的眼底色素稍深,但比较接近。一般认为造成人视网膜相同程度损伤的能量稍高于灰兔,但仍是同一个数量级,所以本文的实验结果可供参考。

一、材料和方法

实验动物为47只家兔,其中灰兔(黑眼睛)30只,白兔(红眼睛)17只,体重二公斤以上。根据灰兔眼底色素多寡分二种类型:多色素眼底和少色素眼底。实验时,家兔眼睛用0.5%阿托品扩瞳,使视盘下方广大区域接受激光照射,眼底用检眼镜观察。以窗玻璃、金属把手、衣服纽扣、钢笔套模拟实验室内常见的反射面,激光经过这些反射面间接照射家兔眼睛。

实验用激光器有固体和气体激光器。

固体激光器有红宝石激光器和钕玻璃激光器。红宝石直径8毫米,长60毫米,输出脉冲宽度0.37~0.98毫秒,最大输出能量0.5焦耳,激光波长6943 Å。钕玻璃激光器的玻璃棒直径8毫米,长60毫米,输出脉冲宽度0.84~0.96毫秒,最大输出能量1.5焦耳,激光波长1.06 μ。

气体激光器有三种。氦-氖激光器的管长1.5米,连续输出,输出功率5毫瓦,激光波长6328 Å。氩离子激光器的输出功率0.6瓦,激光波长4580 Å和5145 Å。二氧化碳激光器的输出功率0.5瓦,激光波长10.6 μ。气体激光均系连续激光,用光阑控制激光对兔眼的照射时间。

二、实验结果

由于灰兔与白兔的眼底色素差别很大,激光损伤也有明显差别,根据实验结果,按眼底损

伤的程度分为 I、II、III 三度, 现将各种损伤类型叙述如下:

灰兔眼底损伤分类(图 1):

I 度损伤——激光照射后, 在眼底网膜上立即出现一圆形水肿, 淡黄色, 中心有一个折光较强的气泡, 在水肿周围有一色素环, 灰黑色, 环直径 0.1~0.5 毫米, 中央小气泡一般在几分钟内消失, 较大的气泡可存留 3 小时之久, 水肿在数小时内稍有扩大, 一天后水肿逐渐消退并开始有色素沉着, 二天后水肿消失, 照射后第五天, 损伤部位灰白色背景上留下色素颗粒堆。

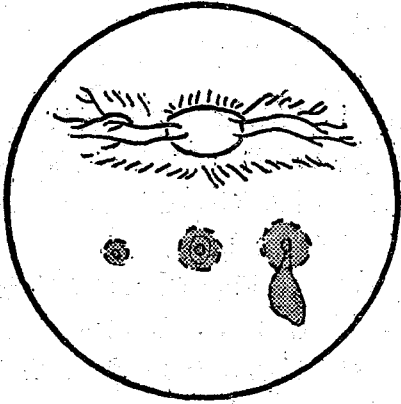


图 1

II 度损伤——激光照射后, 眼底可见网膜内脉络膜微血管出血, 出血呈点状、云状或菊花状, 周围水肿, 色素环与 I 度损伤相似, 色素环直径 0.25~0.75 毫米, 中央气泡较大, 照射后五天内出血被吸收, 演变情况与 I 度损伤相同, 最后留下色素颗粒堆。

III 度损伤——激光照射后, 眼底视网膜产生裂孔, 脉络膜微血管出血流入玻璃体, 激光能量愈大, 出血愈多, 有时可达整个玻璃体的大部分区域, 以至无法观察眼底, 周围水肿、色素环与 I 度损伤相似, 色素环直径 0.3~0.75 毫米, 中央气泡有时可进入玻璃体, 浮于上方, 并在 15 分钟内消失。照射后演变情况与 II 度损伤相似, 流入玻璃体的血在五天左右被吸收, 并在玻璃体内留下毛玻璃状混浊, 在眼底部分同样留下色素颗粒堆。

白兔眼底损伤分类(图 2):

I 度损伤——激光照射后, 眼底视网膜上出现一圆形水肿, 红宝石激光照射时中央不出现小气泡, 在钹玻璃激光照射时, 则有中央气泡出现, 水肿直径 0.06~0.25 毫米, 照射后数小时至二天内水肿稍有扩大, 照射五天后留下青灰色疤痕。

II 度损伤——激光照射后, 网膜内出现点状或菊花状出血, 其他情况与 I 度损伤相似, 水肿直径 0.2~0.4 毫米, 照射后两天内水肿不断扩大, 周围有充血现象, 8 天后水肿消失, 出血吸收, 留下青灰色疤痕。

III 度损伤——激光照射后, 视网膜出现裂孔, 血流入玻璃体, 其他情况与 II 度损伤相同。

采用红宝石激光和钹玻璃激光照射兔眼后, 角膜、晶体均未发现变化, 用检眼镜观察眼底, 则有可见之损伤。激光能量与眼底损伤有一定关系(表 1、2)。

1. 激光直接照射引起灰兔眼底的损伤

当红宝石激光输出能量小于 0.001 焦耳、钹玻璃激光输出能量小于 0.008 焦耳时, 眼底未发现可见损伤。

当红宝石激光能量为 0.001~0.03 焦耳、钹玻璃激光能量为 0.008~0.16 焦耳时, 眼底出现 I 度损伤, 能量愈大, 损伤面积也愈大。

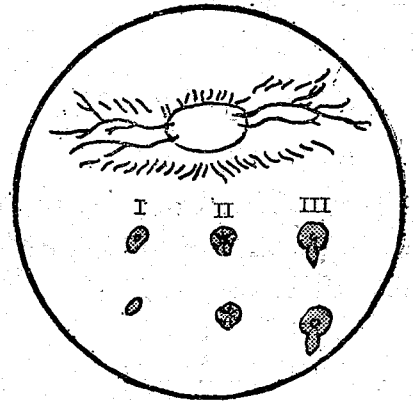


图 2

上行为钹玻璃激光所致损伤
下行为红宝石激光所致损伤

表 1

激 光 能 量 (焦耳)		眼 底 损 伤	
红 宝 石 激 光	钹 玻 璃 激 光	多 色 素 眼 底	少 色 素 眼 底
0.001	0.008	I 度 损 伤	I 度 损 伤
0.030	0.16	I 度 损 伤	I 度 损 伤
0.035	0.21	I、II、III 度 损 伤	I 度 损 伤
0.049	0.26	I、II、III 度 损 伤	I、II、III 度 损 伤
0.070	0.44	I、II、III 度 损 伤	I、II、III 度 损 伤
0.076	0.50	II、III 度 损 伤	II、III 度 损 伤

表 2

激 光 能 量 (焦耳)		眼 底 损 伤
红 宝 石 激 光	钹 玻 璃 激 光	
0.03	0.05	I 度 损 伤
0.20	0.42	I 度 损 伤
0.33	0.62	I、II 度 损 伤
0.50	1.50	I、II 度 损 伤

当红宝石激光能量为 0.035 焦耳、钹玻璃激光能量为 0.21 焦耳时, 在少色素眼底仍出现 I 度损伤, 而在多色素眼底则 I 度损伤、II 度损伤、III 度损伤都可出现。

当红宝石激光能量大于 0.049 焦耳、钹玻璃激光能量大于 0.26 焦耳时, 出现 I、II、III 度损伤, 能量愈大, III 度损伤比例便愈大。

当红宝石激光能量大于 0.076 焦耳、钹玻璃激光能量大于 0.50 焦耳时, 眼底出现 II、III 度损伤, 能量愈大, 出血愈严重。

2. 激光直接照射引起白兔眼底的损伤

当红宝石激光输出能量小于 0.03 焦耳、钹玻璃激光能量小于 0.05 焦耳时, 眼底未发现可见损伤。

当红宝石激光能量为 0.03~0.20 焦耳、钹玻璃激光能量为 0.05~0.42 焦耳时, 眼底出现 I 度损伤, 能量越大, 损伤面积越大。

当红宝石激光能量大于 0.33 焦耳、钹玻璃激光能量大于 0.62 焦耳时, 眼底出现 I、II 度损伤。

本试验用红宝石激光最大输出能量 0.5 焦耳, 钹玻璃激光器最大输出能量 1.5 焦耳, 只引起眼底 I、II 度损伤, 未出现 III 度损伤, 有时在重迭二次照射时偶然出现 III 度损伤。

3. 激光间接照射与眼底损伤(表 3)

表 3

激 光 能 量	反 射 面	眼 底 损 伤
0.4 焦耳	窗 玻 璃	I 度损伤, 色素环直径 0.125 毫米
0.5 焦耳	门把手(金属)	I 度损伤, 色素环呈长棱形, 长 2.5 毫米
0.5 焦耳	白 钮 扣	I 度损伤, 色素环直径 0.2 毫米
0.5 焦耳	笔 套	I 度损伤, 色素环直径 0.1 毫米
0.5 焦耳	白 墙 壁	未 见 损 伤

0.5 焦耳红宝石激光经过玻璃、门把手、白扭扣、笔套的反射, 进入灰兔眼睛均能引起损伤, 其中门把手所引起的反射损伤, 面积很大, 呈长棱形。

0.5 焦耳红宝石激光经过白墙壁反射, 在眼底未见损伤。

三种气体激光波长不同, 对兔眼的作用有明显差别。实验动物均采用灰兔。

1. 氦-氖激光对兔眼的作用(表 4): 波长 6328 Å、功率 5 毫瓦的氦-氖激光, 照射扩瞳的灰兔眼睛, 连续照射 5 分钟, 兔眼的角膜、晶体、玻璃体、眼底均未发现损伤变化。

表 4

激光功率*	照射时间	照射总能量	眼睛损伤
5 毫瓦	1 秒	0.005 焦耳	未见损伤
5 毫瓦	2 秒	0.01 焦耳	未见损伤
5 毫瓦	10 秒	0.05 焦耳	未见损伤
5 毫瓦	20 秒	0.10 焦耳	未见损伤
5 毫瓦	1 分	0.30 焦耳	未见损伤
5 毫瓦	5 分	1.50 焦耳	未见损伤

* 因为兔眼固定不佳, 在较长时间照射时, 眼球稍有移动。

2. 氩离子激光对兔眼的作用(表 5): 用波长 4880 Å、5145 Å 的氩离子激光, 照射扩瞳的灰兔眼睛, 当能量小于 10 毫瓦, 连续照射 10 秒钟, 眼底未发现损伤变化, 当小于 200 毫瓦连续照射 5 秒钟, 眼底可见带状 I 度损伤。当大于 200 毫瓦, 连续照射 2 秒钟以上, 眼底出现 I、II、III 度损伤, 激光功率愈大, 损伤愈严重。

表 5

激光功率	照射时间	照射总能量	眼睛损伤
10 毫瓦	10 秒	0.10 焦耳	未见反应
40 毫瓦	5 秒	0.20 焦耳	带状 I 度损伤
100 毫瓦	5 秒	0.50 焦耳	带状 I 度损伤
130 毫瓦	5 秒	0.65 焦耳	带状 I 度损伤
200 毫瓦	5 秒	1.00 焦耳	带状 I 度损伤
300 毫瓦	5 秒	1.50 焦耳	带状 I、II、III 度损伤
600 毫瓦	2 秒	1.20 焦耳	III 度损伤

3. 二氧化碳激光对兔眼的作用(表 6): 波长 10.6 μ、功率 0.5 瓦的二氧化碳激光, 照射灰兔眼睛, 连续照射 1 分钟, 整个角膜表面呈毛玻璃状溃疡, 不透明。

表 6

激光功率	照射时间	照射总能量	眼睛损伤
0.5 瓦	1 秒	0.5 焦耳	未见损伤
0.5 瓦	2 秒	1.0 焦耳	未见损伤
0.5 瓦	10 秒	5.0 焦耳	未见损伤
0.5 瓦	1 分	30.0 焦耳	角膜呈毛玻璃状溃疡

三、讨 论

以上实验结果表明,其中红宝石激光、钕玻璃激光和氩离子激光均能引起家兔眼底明显损伤。眼底损伤的程度与激光能量有线性关系。激光引起眼底损伤的原因,可能是由于激光的热作用,很高的热能引起眼底灼伤。

高度平行的激光束射入眼内,通过眼的晶体聚焦于眼底,焦点处激光能量高度集中,造成局部组织气化,产生气泡,由于黑色物体吸收光线能力最强,故激光能量主要被视网膜色素上皮层所吸收。色素上皮层受热,并向周围传导热量,向外传导至脉络膜,向内传导到视网膜,色素上皮首先因热破坏,同时视网膜细胞水肿,脉络膜微血管充血,产生渗出液,甚至出血。以后色素上皮细胞和视细胞坏死,色素细胞的色素游离,形成色素颗粒堆,当激光能量较小时,仅引起视细胞水肿,脉络膜微血管充血(I度损伤),当能量稍大时,可引起脉络膜微血管出血(II度损伤),激光能量更大时,将导致视网膜内层破坏,产生裂孔,使脉络膜微血管出血流入玻璃体(III度损伤)。

实验结果表明,影响激光对眼睛损伤的因素主要是激光波长、激光功率和眼底色素。

不同波长的激光对眼睛损伤作用有明显差别,一般说来,波长愈短,对眼睛损伤愈大。如波长 6943 \AA 的红宝石激光对眼睛的损伤作用比波长 1.06μ 的钕玻璃激光大(表1)。波长大于 6μ 的红外光,不能透过角膜,因此波长 10.6μ 的二氧化碳激光不能进入眼底,仅能引起角膜损伤(表6)。

激光功率愈大,对眼睛损伤愈大,固体激光是脉冲式的,脉冲时间为毫秒级,因此功率很大,本实验用的红宝石激光脉冲时间小于1毫秒,能量0.05焦耳时,输出功率即达50瓦以上。因此,很小能量的固体激光就能引起眼底损伤,而功率5毫瓦(0.005瓦)的氩-氦激光,尽管照射时间长达5分钟,总能量达1.5焦耳,也不能引起眼底损伤(表4)。虽然氩离子激光波长比红宝石激光短,但激光功率较小,10毫瓦照射10秒钟,总能量0.1焦耳,眼底未发现损伤(表5)。由此可见,大功率激光(如经过调Q)将引起更大的损伤作用。

眼底色素是吸收激光能量最多的部分。色素愈多,产生损伤愈大。灰兔与白兔相比,引起相同程度的损伤,所需激光能量相差一个数量级。如0.001焦耳的红宝石激光可引起灰兔(黑眼睛)眼底I度损伤(表1)。而引起白兔(红眼睛)眼底I度损伤则需要0.03焦耳(表2)。即使同样是灰兔,多色素眼底的损伤就比少色素眼底严重(表1)。

四、对眼睛防护的几点看法

实验结果表明,激光引起眼睛的损伤是严重的,必须引起充分注意,为此,对眼睛的激光防护提出几点看法:

1. 必须避免眼睛受固体激光的照射

固体激光功率大,很小能量即造成眼底损伤,而眼底视网膜是产生视觉的主要部分,受损部位造成永久性的盲点,影响视力。严重的III度损伤,造成玻璃体混浊,同样影响视力。当激光能量过大时,可使整个眼底毁坏,引起失明。因此,必须避免眼睛受固体激光照射。