

文章编号:1001-5078(2007)08-0705-04

激光损伤防治研究进展

孙 嵘, 罗振坤, 刘海峰

(军事医学科学院放射与辐射医学研究所, 北京 100850)

摘 要: 简要阐述激光损伤的类型和机理, 重点分析国内外激光安全标准、激光防护器材、激光损伤防治药物研究的最新进展。

关键词: 激光损伤; 安全标准; 防护器材; 防治药物

中图分类号: TN249; R779.12 **文献标识码:** A

Progress on Protection and Treatment of Laser-induced Injuries

SUN Rong, LUO Zhen-kun, LIU Hai-feng

(Institute of Radiation Medicine, Academy of Military Medical Sciences, Beijing 100850, China)

Abstract: In the article, the categories and mechanisms of laser-induced lesions were briefly reviewed. Then, it is designed to provide the laser progress and developing trend of laser safety standards, protective devices, and treatment drugs.

Key words: laser-induced injuries; safety standards; protective devices; treatment drugs

1 前 言

激光作为一种新型光源, 以其能量高、发散角小、单色性强和相干性好等独特的优点, 在军事、医学、工业和科研等许多领域得到了广泛的应用。也正是激光的这些特点对人体构成了极大的威胁, 随着激光技术的不断发展, 激光损伤防治愈来愈引起人们的重视。

2 激光损伤类型和机理^[1-3]

2.1 激光对眼的伤害

由于人眼屈光介质的吸收率较低, 透射率高, 强度高的可见或近红外光可以透过人眼屈光介质, 聚积于视网膜上, 致视网膜的感光细胞层温度迅速升高, 以至使感光细胞凝固变性坏死而失去感光作用, 从而造成不可逆的损伤。

激光的波长不同, 其后果也不同。远红外损害以角膜为主, 紫外主要损伤角膜和晶状体。

激光对视网膜的损伤与入射角度有密切关系。射入的激光束与视轴线平行进入眼内时, 于眼底黄斑区中央凹处聚焦成很小的光斑, 其辐照量比角膜处高得多。

眼底色素含量越多, 对激光的吸收程度越强, 遭受损伤的程度越大。

2.2 激光对皮肤的损害

激光损害皮肤的阈值很高, 损伤程度与激光照射量、激光波长、肤色深浅、组织水分以及皮肤的角质层厚薄诸因素有关, 以前三个因素为主。

红外激光对皮肤主要作用是热烧伤, 激光辐照度增大, 热损伤程度也随着增大。紫外激光对皮肤主要是光作用, 可以引起皮肤红斑、老化, 过量时可致癌变。

皮肤颜色越深, 所含的黑色素颗粒就越多, 这种颗粒在吸收激光能量后, 局部形成一个热源, 并很快向四周扩散热能, 从而引起细胞及组织破坏和死亡。

2.3 激光对其他系统的损害

激光作业环境中还潜在着多种对人体有害的因素, 如伴随辐射、空气污染、噪声等。

作者简介: 孙 嵘 (1977 -), 男, 工程师, 2001 年毕业于第一军医大学生物医学工程系, 现为在读硕士生, 主要从事激光防护与计量方面的研究。E-mail: sunrong197756@sina.com.cn

收稿日期: 2006-12-09; **修订日期:** 2007-01-17

长时间在高功率、高脉冲频率激光作业环境下工作的人员,大多出现了明显症状,有头昏耳鸣、失眠多梦、食欲下降、记忆力减退等。还有大量研究显示,激光工作人员患冠心病的危险性增高,心功能降低。

3 激光安全标准及防护措施^[4-7]

3.1 激光防护安全标准

国际上制定和管理激光安全标准的组织是国际电工委员会(IEC)。IEC负责起草和公布所有电工、电子和相关技术领域的国际标准。

1960年诞生激光器以后,1963年就有人根据测得的视网膜和皮肤的损伤阈值,提出了激光器最大允许照射量,但是不同地区不同民族的人,眼睛、皮肤的颜色深浅差别很大,受同等激光照射造成的损伤也不同,所以各国都设立了自己的激光安全标准协会。在各国制定的激光安全标准中,以美国国家标准协会(ANSI)制定的Z136标准应用最广。

3.1.1 美国国家标准协会(ANSI)激光安全委员会

为了安全使用激光器,也为了减少混乱,美国国家标准协会专门设立了激光安全委员会,组织多方面的力量,经过调研,于1973年公布了美国国家标准协会的“激光安全使用Z136”安全标准。最新的Z136标准是在2000年公布的,内容扩展为六部分,分别是:激光安全使用标准、二极管激光安全标准、卫生保健领域激光使用安全标准、激光辐射测量方法的标准、激光安全标准的普及机构以及室外环境下的激光安全标准。

3.1.2 中国激光安全标准

我国在激光安全方面已经制定的标准共有60多项,主要包括四类:①激光产品的辐射安全;②激光防护设备的安全标准;③激光安全标志的标准;④激光作业场的安全标准。当然,还有激光参数、激光术语等与激光相关的若干标准。

此外,还有其他激光安全标准45项。

3.2 激光的安全与防护

3.2.1 产品安全等级及相应措施

激光产品大致可分为四类,即1类、2类、3类(3A类和3B类)以及4类。这个分类是按照国际电气技术委员会标准IEC60825-1:1993和英国标准BS7192:1989而制定的。

(1) 1类激光器发射的激光不引起任何生物学危险,可免于采取控制措施。

(2) 2类激光器是指可见光激光器出口光功率小于1mW,安全但不能长时间直视激光光束。

(3) 3A类激光器是指可见光激光器出口光功率在1~5mW,一般认为不安全。3B类激光器是指可见光出口光功率在5~500mW间,不可见光出口光功率大于500mW的激光器,暴露在这种激光器的光束下会对视网膜造成严重伤害,需特别注意。

(4) 4类激光器是指出口光功率大于500mW的激光器或激光器系统,这种激光器的光束和反射光束都会对人的眼睛和皮肤造成严重伤害,须严加管制。

一般而言,在图书馆使用的条码阅读器和讲课使用的激光点示棒均是2类或3A类激光产品。工业用激光器多为3类或4类激光产品。作公开演示用途的激光器是4类激光产品。而在医疗手术中使用的激光器则为3B或4类激光产品。

3.2.2 认真执行安全工作制度

(1) 激光器运转场所应具有高照明度,激光室的墙壁应用浅色而漫射的涂料,在激光束易到达的地方设“激光危险”标志。

(2) 激光工作人员需经过专业培训,平时严格遵守操作规程并定期作体检。

(3) 有关单位必须落实激光安全防护措施,设置安全监视系统。

4 激光防护器材研究进展^[8-12]

4.1 激光防护器材分类及简介

激光防护器材分为线性防护器材和非线性防护器材两类。其中,传统的线性材料主要包括吸收型、反射型、复合型和衍射型几类。这些线性材料各有其优缺点,目前研究最成熟、应用最广泛的是吸收型材料。但是基于线性光学原理的防护材料只对光波波长敏感,对光波强度不敏感,对同一波长的强光和弱光入射不加区分的平等吸收和反射,因而对同一波长的高光学密度和高透明度两个指标不能同时兼顾。

为了解决这一矛盾,人们开始研究非线性防护材料,如非线性吸收、非线性折射、非线性界面和非线性散射等。这些激光防护材料的共同特点是:不仅对波长敏感,对光强也敏感,对同一波长的强光和弱光入射时,作用是不同的。这样在原理上就克服了线性光学防护方法的缺点,同时兼顾了同一波长的高光学密度和高透明度两个指标,成为当今国内外激光防护研究的趋势和热点之一。

4.2 激光防护器材研究进展

4.2.1 传统防护器材研究进展

美国陆军和海军陆战队从 20 世纪 90 年代中期就开始使用弹道/激光防护眼镜(BLPS),该系统采用了轻型坚固的聚碳酸酯材料,并且通过了弹道防护测试。美国陆军研制采用塑料衬底和酞菁染料的激光防护镜,具有很窄的吸收带,非常适合于防护红宝石激光器的激光辐射。

美国休斯飞机公司研制的全息激光防护面罩就是在全息光学元件研究工作的基础上研制出来的一种新型防护器材,它采用全息摄影方法在基片上制作光栅,当满足布拉格条件时,会产生极强的一级衍射,通过控制干涉条纹间距可以防护特定波长的激光。

4.2.2 非线性防护器材研究进展

反饱和和吸收是目前研究较多的防护方法。某些材料在强激光照射下会出现反饱和和吸收效应。材料受弱光照射时,输出光强与输入光强具有线性关系,而材料受强光照射时,输出光强饱和,不随输入变化,呈现出高吸收低透射的特性。实验证明:在倍频 Nd:YAG 激光照射下, C_{60} 溶液具有光限幅特性,出射激光强度与入射激光强度没有明显关系。据报道,美国海军实验室利用 C_{60} 材料的反饱和吸收和自散焦增强效应研制的光开关器件,可将 Nd:YAG 激光器输出的纳秒级脉冲激光能量限制在人眼的损伤阈值以下。

基于相变原理的防护技术也是一种新出现的激光防护技术,某些材料相转变温度接近室温,例如:VO₂ 薄膜在室温时是单斜结构半导体态。当激光照射材料时,材料吸收能量,温度上升,达到 68℃ 时发生晶型转变,转变为正交结构金属态,光学性能突变,达到防护效果。

基于非线性光学原理的防护技术有很多种。但目前由于种种原因均未达到实用化阶段。国内外许多研究机构也正努力将新技术用于实践中。

4.3 未来激光防护器材研究发展方向

- (1) 由单一波长向多波长防护方向发展;
- (2) 向大功率、全波段防护方向发展;
- (3) 向良好的可见光透过率、大的防护角及高的光学密度方向发展;
- (4) 不断采用新技术、新材料;
- (5) 利用多种防护原理改善激光防护性能,向综合防护发展。

5 激光损伤防治药物研究进展^[13-19]

无论是激光眼损伤、皮肤损伤还是其他系统的损伤,现在普遍的治疗措施多是消炎、止痛等对症治疗。目前,国内外尚缺乏针对性治疗药物。因为激光以眼损伤为主,而眼损伤中数量最多、后果最严重的是激光视网膜损伤,所以视网膜损伤治疗研究成为各国关注的焦点。

5.1 目前研究最多的几类药物

5.1.1 激素类

近期研究结果表明,大剂量皮质激素类药物对激光视网膜损伤有一定的治疗和防护作用。目前普遍认为其机制为直接扩张血管、改变肾上腺素受体敏感性、抑制前列腺素对血管作用和阻止内皮脂过氧化作用,即发挥抗炎作用及稳定细胞膜作用。早在 1993 年,芝加哥伊利诺州医科大学眼科系病理学实验室的 Lam T T 等人用对照法研究了甲基强的松龙(MP)对灵长类动物激光视网膜损伤的影响,肯定了其防治作用。2002 年,解放军总医院眼科研究显示 MP 可减轻 Muller 细胞激光损伤后胶质纤维酸性蛋白(GFAP)和增生细胞核抗原(PCNA)的表达,最终影响视网膜激光光凝损伤的瘢痕修复。

5.1.2 神经保护剂

一些研究表明,谷氨酸受体阻滞剂(MK-801)在激光视网膜损伤治疗中具有神经保护和抗增殖作用。光凝后,立即予以大鼠腹腔内注射 MK-801(2mg/kg),结果表明 MK-801 治疗组大鼠眼的光感受器细胞减少与对照组有明显差异。在 2001 年,以色列特拉维夫大学 Sheba 医疗中心 Goldschleger 眼科研究所还完成了对神经保护剂右美沙芬、美金刚、溴莫尼定治疗激光眼损伤的研究,结果表明这些药物疗效并不显著。目前,我国对神经保护剂的研究还处于起步阶段,暂时没有这方面的报道。

5.1.3 细胞因子

许多研究表明某些生长因子、细胞因子在激光视网膜损伤中起作用。近年来研究最多的是碱性成纤维细胞生长因子(bFGF),有证据表明 bFGF 能维持神经元和胶质细胞的功能,bFGF 可以加速视网膜损伤斑的修复愈合以及视功能的恢复。另外,IL-1ra 作为第一个被发现的细胞因子拮抗剂,副作用小,安全性高,有望成为治疗角膜烧伤的新型药物。

5.1.4 其他

除以上三大类药物研究外,我国在中药对激光

眼损伤治疗这一新兴领域还进行了研究。早在1999年,中国人民解放军兰州军区总医院研究表明中药毓明方可以改善激光损伤治疗区相对三维视野视点的平均阈值,提示其有防治作用。2002年,该课题组又对复方樟柳碱进行了研究,结果显示其在视网膜激光损伤治疗中有改善激光区视阈值平均高度(降低视阈值,提高视敏度)的作用。

军事医学科学院在2003年对骨髓间充质干细胞(MSC)在激光损伤大鼠视网膜下的分化情况进行了研究,结果表明MSC在视网膜下移植后可与原视网膜结构相融合,MSC移植对激光损伤斑及ERGb波的恢复有促进作用。

国外在激光眼损伤治疗领域最新研究方向还有:以色列特拉维夫大学 Sheba 医疗中心在2004年研究了在激光损伤早期应用高压氧治疗的疗效,发现可以明显恢复神经功能和改善局部缺血,由此推断高压氧治疗具有神经保护作用。近年来,光感受器和电子视网膜植入技术治疗激光引起的盲点以及基于基因组学和蛋白质组学治疗措施的研究还处在初级阶段,没有相关研究成果临床应用报道。

5.2 未来激光损伤防治药物研究的发展方向

5.2.1 研发基于基因组学和蛋白质组学的防治药物

研发基于基因组学和蛋白质组学的防治药物已经成为国际共识的发展方向。2004年,美国陆军医学研究与器材司令部的产品目录中再一次把新型战场激光眼损伤治疗箱作为未来的研究目标,这个治疗箱中包括快速诊断工具和基于基因组学和蛋白质组学的激光眼损伤防治药物。而目前我国国内这方面药物的研发还是空白。

5.2.2 进一步明确损伤机理,推动药物研发进程

关于视网膜激光损伤的机制及药物防治的研究仍在继续深入进行。另外,在激光损伤防治药物研究的同时要制定综合性激光眼损伤诊断方法,保证激光损伤得到及时诊断,这是得到有效救治的前提条件。

5.2.3 推动研究成果向临床转化

目前,临床上还没有治疗激光眼损伤的针对性药物,所以我们的研究范围不能只局限于实验室,更主要的是推动研究成果向临床转化,达到药物研究的真正目的。

6 结束语

有人曾经预言:20世纪是电的世纪,21世纪将

是光的世纪。随着激光技术的高速发展,激光损伤的防、诊、治也必将向我们提出新的挑战,带来新的机遇!

参考文献:

- [1] 刘海峰. 激光职业危害研究——激光对心血管的影响[J]. 现代预防医学, 2002, 29(6): 751-753.
- [2] 马效工, 熊丽霞. 视网膜激光损伤的研究及治疗进展[J]. 眼科, 2001, 10(2): 121-123.
- [3] 冯苏英, 张永艳, 李波, 等. 激光对人眼的危害和防护[J]. 激光杂志, 2000, 20(2): 8-10.
- [4] 高光煌, 陈迹. 激光辐射损伤医学防护[M]. 北京: 军事医学科学出版社, 1998.
- [5] 李哲, 蒋铭敏. 激光安全标准的研究进展[J]. 军事医学科学院院刊, 2004, 28(5): 495-497.
- [6] Fry T R. Laser safety[J]. Vet Clin North Am Small Anim Pract, 2002, 32(3): 535-547.
- [7] Laser exposure standards to prevent laser eye injury[S]. USAMRMC Products Portfolio, 2004, Part 3: 39.
- [8] 罗振坤. 激光辐射防护与光电对抗技术研究进展[J]. 激光技术, 2003, 27(5): 423-427.
- [9] 孙瑛, 任劲松, 沈岩. 国外激光致盲与防护发展探析[J]. 光电技术应用, 2006, 21(1): 14-17.
- [10] 孟献丰, 陆春华, 张其土, 等. 激光防护材料的研究进展[J]. 激光与红外, 2005, 35(2): 71-73.
- [11] Zhihua Lu, S H Goh, S Y Lee. Synthesis characterization and nonlinear optical properties of copolymers of benzylaminofullerene with Methyl Methacrylate or Methyl Methacrylate[J]. Polymer Communication, 1999, 40: 2863-2867.
- [12] Michael Hanack, Thorsten Schneider, et al. Indium Phthalocyanines and Naphthalocyanines for optical limiting[J]. Coordination Chemistry Reviews, 2001, 219: 235-258.
- [13] 单清, 张杰, 任华, 等. IL-1 α 对激光角膜烧伤的治疗作用[J]. 激光技术, 2002, 26(1): 17-18.
- [14] 岳红云, 张百红, 王润生, 等. 毓明方对治疗性视网膜激光损伤防治作用的临床观察[J]. 成都中医药大学学报, 1999, 22(3): 12-13.
- [15] 岳红云. 复方樟柳碱修复视网膜的临床研究[J]. 成都中医药大学学报, 2002, 25(1): 12-13.
- [16] 张杰, 裴雪涛, 钱焕文, 等. 骨髓间充质干细胞在激光损伤大鼠视网膜下分化的观察[J]. 中华医学杂志, 2003, 83(22): 1993-1998.
- [17] Wolde Mussie E, Schwartz M, et al. Neuroprotective effect of memantine in different retinal injury models in rats[J]. J Glaucoma, 2002, 11(6): 474-480.
- [18] Neuroprotective treatment of laser-induced retinal injuries[R]. ADA398145, 2002.
- [19] Laser and noncoherent light ocular effect: epidemiology, prevention, and treatment[R]. ADA409011, 2003.