

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.34.023 [http://www.crter.org]

刘丽, 李爱军, 王硕, 王迎. 人工晶体光学性能与Nd-YAG激光损伤的影响[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(34):6215-6220.

人工晶体光学性能与Nd-YAG激光损伤的影响***◆

刘丽¹, 李爱军², 王硕¹, 王迎¹ (¹中国食品药品检定研究院医疗器械检验中心, 北京市 100050; ²北京大学第三医院眼科, 北京大学眼科中心, 视觉损伤与修复教育部重点实验室, 北京市 100191)

文章亮点:

1 此问题的已知信息: 白内障超声乳化联合人工晶体植入是治疗白内障的主要方法, 植入后最常见的并发症就是后发性白内障, 目前主要通过Nd-YAG激光后囊膜切开治疗。

2 文章增加的新信息: 经Nd-YAG激光击射后, 人工晶体中心区域出现许多凹陷, 在扫描电子显微镜下观察, 凹陷为近圆形, 直径在50 μm左右, 周边有一圈突起。人工晶体中心区域平均光焦度变化不大, 但光焦度分布发生了明显的变化, 与激光损伤前相比, 中心区域光焦度分布均匀性降低, 在人工晶体光学表面留下近圆形凹陷区域的光焦度明显降低, 光焦度以凹陷为中心, 向周围呈放射状的环状分布。

3 临床应用的意义: 在临床上进行Nd-YAG激光晶状体后囊切开术时, 尤其当混浊区晶状体后囊膜较厚时, 应尽可能地将激光射点控制在直径3 mm中心区域外, 以保证用于成像的人工晶体光学区域在激光击射过程中不受到损伤, 同时, 也要控制所用激光的能量, 以避免在激光击射过程中损伤位于晶状体后囊膜前方的人工晶体。

关键词:

生物材料; 生物材料学术探讨; 人工晶体; 晶体混浊; 后发性白内障; Nd-YAG激光; 光焦度; 成像质量; 晶体后囊切开; 晶体损伤; 光焦度分布; 国家自然科学基金

摘要

背景: 临床上解决后发性白内障的主要方法是Nd-YAG激光后囊膜切开治疗, 但治疗中损伤人工晶体的事件时有发生。

目的: 以实验室测试为基础, 研究Nd-YAG激光损伤对人工晶体光学性能的影响。

方法: 以10枚疏水性丙烯酸酯人工晶体为试验样品, Nd-YAG激光单脉冲能量5.0 mJ, 在每个试验样品后表面直径3 mm中心区域内进行50个单脉冲激光射击, 激光射击后的试验样品在扫描电镜下观察其损伤形状, 光学分析仪测试其平均光焦度和光焦度分布变化。

结果与结论: 扫描电镜在放大40倍和1000倍条件下进行观察, 人工晶体后表面出现近圆形凹陷, 直径在50 μm左右, 凹陷周边有一圈突起。人工晶体光学分析仪测试结果显示, 激光损伤后人工晶体平均光焦度变化不大, 但光焦度分布发生了明显变化, 直径3 mm中心区域内光焦度分布出现以近圆形损伤凹陷为中心, 向周围放射状的环状分布。Nd-YAG激光损伤对人工晶体平均光焦度影响很小, 但对人工晶体光焦度分布有较大影响。

Nd-YAG laser damage affects the optical properties of intraocular lens

Liu Li¹, Li Ai-jun², Wang Shuo¹, Wang Ying¹ (¹Medical Device Testing Center, National Institute for Food and Drug Control, Beijing 100050, China; ²Key Laboratory of Vision Loss and Restoration of Ministry of Education, Eye Center of Peking University, Department of Ophthalmology of Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China)

Abstract

BACKGROUND: Posterior capsulotomy with Nd-YAG laser is the main method in clinic for the treatment of after-cataract, but it often damages the intraocular lens during the treatment.

OBJECTIVE: To research the effect of Nd-YAG laser damage on the intraocular lens optical properties based on the laboratory testing.

METHODS: Ten hydrophobic acrylic intraocular lenses were collected as the test samples, and then Nd-YAG laser with the pulse energy of 5.0 mJ was used for 50 single-pulse laser shooting on the center of a circle with the diameter of 3 mm on the back surface of each sample. The shapes of the damaged area on the samples were observed under scanning electron microscope after laser shooting. Optical analyzer was used to test the average optical power and optical power distribution.

RESULTS AND CONCLUSION: The intraocular lenses were observed under scanning electron microscope under 40 times and 1000 times enlargement and showed that there was circle-like depression with the diameter about 50 μm on the back surface of the intraocular lenses, and there was protruding around the depression. Intraocular lens optical analyzer test results showed that there was no significant change in the average optical power of intraocular lenses after laser damage, but the optical power distribution was changed significantly. In the

刘丽★, 女, 1978年生, 辽宁省抚顺市人, 汉族, 2004年首都医科大学毕业, 硕士, 助理研究员, 主要从事眼科医疗器械研究。
liuli_7823@163.com

通讯作者: 李爱军, 博士, 主治医师, 助理研究员, 北京大学第三医院眼科, 北京大学眼科中心, 视觉损伤与修复教育部重点实验室, 北京市 100191
laj100@sina.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 2095-4344
(2013)34-06215-06

收稿日期: 2013-02-22
修回日期: 2013-07-17
(201302114/LYL-C)

Liu Li★, Master, Assistant researcher, Medical Device Testing Center, National Institute for Food and Drug Control, Beijing 100050, China
liuli_7823@163.com

Corresponding author: Li Ai-jun, M.D., Attending physician, Assistant researcher, Key Laboratory of Vision Loss and Restoration of Ministry of Education, Eye Center of Peking University, Department of Ophthalmology of Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China
laj100@sina.com

Supported by: General Project of National Natural Science Foundation of China, No. 81170877*; National Key Basic Research and Development Planning Project, No. 2011CB510200*; Youth Development Project of National Institute for Food and Drug Control, No. 2012B9*

Received: 2013-02-22
Accepted: 2013-07-17

center of the circle with the diameter of 3 mm, the optical power showed annular distribution radiating to the surrounding tissue with the center of circle-like depression area. The Nd-YAG laser damage has less effect on the optical power, but has great effect on the optical power distribution of intraocular lenses.

Key Words: biomaterials; biomaterial academic discussion; intraocular lens; lens opacities; after-cataract; Nd-YAG laser; optical power; imaging quality; lens posterior capsulotomy; crystal damage; optical power distribution; National Natural Science Foundation of China

Liu L, Li AJ, Wang S, Wang Y. Nd-YAG laser damage affects the optical properties of intraocular lens. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2013;17(34):6215-6220.

0 引言

白内障在中国的致盲眼病中列首位,同时也是威胁老年人健康的最常见的眼病^[1]。目前中国至少有400万因白内障致盲的患者,而且人数每年都在递增^[2],给患者的生活带来不便,对家庭和社会造成极大的负担。白内障超声乳化联合人工晶体植入是目前公认的最安全、最有效、最快捷的复明手术^[3-4]。具有切口小,愈合快;散光小,植入后视力恢复快;操作损伤小,时间短,植入后炎症轻,感染发病率低等特点。

但是人工晶体植入后,残留的皮质和脱落在晶状体后囊的上皮细胞增生,在瞳孔区形成半透明的膜,即后发性白内障,是白内障超声乳化联合人工晶体植入后最常见的并发症,也是影响人工晶体植入后视力恢复的主要因素。针对后发性白内障,1980年,法国Aron-Rosa等^[5]首次应用Nd-YAG激光行后囊切开治疗后发性白内障,并取得成功,在临床推广较快。1985年,中国首次引进瑞士LASAG公司制造的Nd-YAG激光机,目前Nd-YAG激光已经成为后发性白内障的主要治疗方法。

Nd-YAG激光是一种波长为1 064 nm的红外光,其光裂效应又称等离子体效应,是治疗后发性白内障的基础^[6]。Nd-YAG激光是掺有一定量钕离子的钕铝石榴石晶体为工作物质的激光,即掺钕钇铝石榴石激光。Nd-YAG激光是当前应用最广泛的固体器件之一,在激光医疗等领域应用广泛。Nd-YAG激光为四能级系统,室温下有多条荧光谱线,正常室温工作条件下1 064 nm波长激光振荡最强。经过倍频晶体后可产生波长为532 nm的激光。输出光有连续、准连续等形式。Nd-YAG激光中掺入Nd³⁺浓度应合理,掺杂浓度高,则吸收率高、反转粒子数高、激光的效率高,但是掺杂浓度太高时,转换效率不仅不会增高,反而会下降,甚至出现浓度淬灭现象。应用中可根据需要选择合适的掺杂浓度,从而提高激光器的性能,对于Q开关3运转,选择高浓度的掺剂,以产生高储能;对于连续运转,通常选择低浓度的掺剂,以获得优良的光束质量。增益介质的尺寸通常根据激光器的增益选择,高增益的激光器选择大尺寸的激光棒,长度可达150 mm,低增益的激光器通常选择短的激光棒,有

几毫米或十几毫米,太长的激光棒不仅不能提高增益,反而会因为吸收损耗等因素而降低效率。

Nd-YAG激光应用于眼病治疗主要利用3个激光效应,即热效应、光裂效应和光化效应。1 064 nm的Nd-YAG激光切除人工晶体前膜时患者没有不适感,不需要全身麻醉,减小了手术风险。激光手术温度高,有很好的杀菌作用,治疗后很少感染;而且激光治疗时间短,止血效果好,伤口愈合快;激光束能量高,能达到普通手术无法进入的部位,并且位置精确。

目前,国内外的相关研究主要有两方面,一方面是激光对人工晶体损伤形状的研究。例如人工晶体在不同能量激光下损伤的概率,凿痕的形状和大小等^[7-8]。另一方面是对临床上适应证患者数据的统计分析,病例报道等^[9-12]。但是,激光损伤对人工晶体光学性能影响,还没有相关报道。文章从实验室测量出发,研究Nd-YAG激光损伤对人工晶体光学性能的影响。

1 材料和方法

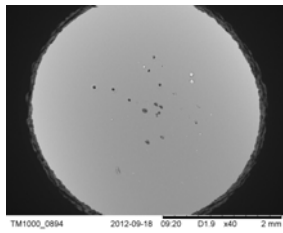
1.1 试验材料 文章研究中试验人工晶体为疏水性丙烯酸酯人工晶体,数量为10个。试验用流体为生理盐水。

1.2 试验仪器 Nd-YAG眼科激光治疗仪为德国蔡司公司VisuLas YAG II plus,场发射扫描电子显微镜为日本日立公司S-4800;人工晶体光学分析仪为OLAMFD。

1.3 试验方法 Nd-YAG激光的输出单脉冲能量5.0 mJ,将人工晶体置于生理盐水中,Nd-YAG激光聚焦于人工晶体纯光学区后表面并击射,每枚人工晶体由中心向周边直径3 mm范围内击射50个脉冲。将经过Nd-YAG激光击射后的人工晶体在扫描电镜下观察损伤形态。通过人工晶体光学分析仪分析损伤人工晶体光学成像情况。

2 结果

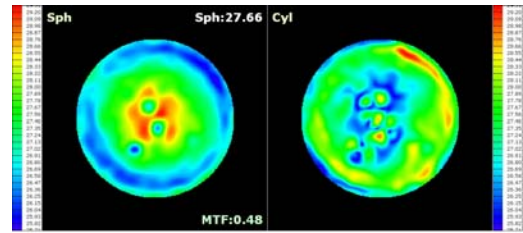
2.1 人工晶体损伤形态 人工晶体经Nd-YAG激光损伤后扫描电镜下不同放大倍数的照片,见图1和2。



注: 人工晶体经 Nd-YAG 激光损伤后, 人工晶体中心区域出现许多凹陷。

图 1 人工晶体经 Nd-YAG 激光损伤后扫描电镜下放大照片 (×40)

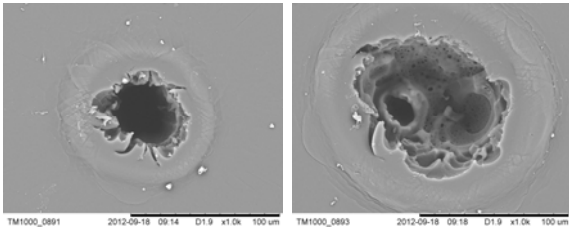
Figure 1 Enlarged image of intraocular lens under scanning electron microscope after Nd-YAG laser damage (×40)



注: 经 Nd-YAG 激光照射后, 人工晶体光学区域中心 3 mm 直径范围内平均光焦度为 27.66 m^{-1} , 与 Nd-YAG 激光损伤前相比, 平均光焦度变化不大, 但光焦度分布发生了明显的变化。光焦度分布不再均匀, 而是以近圆形损伤凹陷为中心, 向周围放射状的环状分布。

图 4 Nd-YAG 激光损伤后人工晶体光焦度分布图

Figure 4 Optical power distribution of intraocular lens after Nd-YAG laser damage

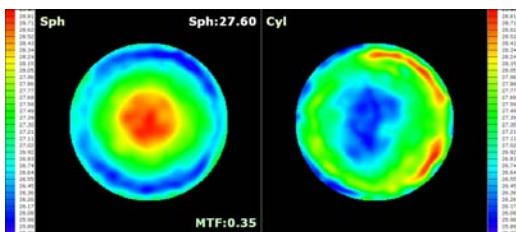


注: 人工晶体经 Nd-YAG 激光损伤后, 人工晶体出现近圆形凹陷, 直径在 $50 \mu\text{m}$ 左右, 周边有一圈突起。

图 2 人工晶体经 Nd-YAG 激光损伤后扫描电镜下放大照片 (×1 000)

Figure 2 Enlarged images of intraocular lens under scanning electron microscope after Nd-YAG laser damage (×1 000)

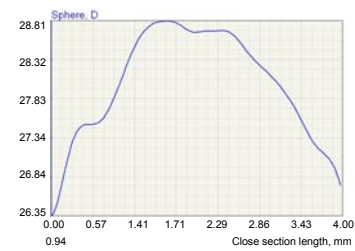
2.2 Nd-YAG激光损伤人工晶体成像质量 Nd-YAG激光损伤前后人工晶体光焦度分布图, 见图3和图4。Nd-YAG激光损伤后人工晶体光焦度分析图, 见图5。



注: Nd-YAG 激光照射前, 人工晶体光学区域中心 3 mm 直径范围内平均光焦度为 27.60 m^{-1} , 光焦度分布均匀。

图 3 Nd-YAG 激光损伤前人工晶体光焦度分布图

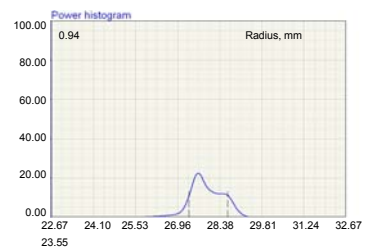
Figure 3 Optical power distribution of intraocular lens before Nd-YAG laser damage



A: 光焦度环状分布曲线



B: 光焦度直线分布曲线



C: 光焦度分布比例图

注: 通过进一步的图像分析, Nd-YAG 激光损伤后, 人工晶体中心直径 3 mm 区域内光焦度分布范围 $26.35\text{--}28.81 \text{ m}^{-1}$, 在损伤凹陷处, 光焦度明显降低。

图 5 Nd-YAG 激光损伤后人工晶体光焦度分析图

Figure 5 Optical power of intraocular lens after Nd-YAG laser damage

3 讨论

3.1 人工晶体材料分类及光学性质 目前,临床使用的人工晶体材料主要有聚甲基丙烯酸甲酯类、硅凝胶类、水凝胶类以及丙烯酸酯类等。①聚甲基丙烯酸甲酯类人工晶体,聚甲基丙烯酸甲酯是最早研究的一种疏水性丙烯酸酯人工晶体,只能生产硬性人工晶体,是最早而且惟一可以用于治疗糖尿病患者的的人工晶体。聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体的材料稳定、质轻、透明度好^[13],屈光指数大,不会被机体的生物氧化反应所降解,对机体的生物反应较轻,对老化以及环境中其它变化的抵抗力也很强,折射率约为1.491,能透过较宽范围的波长,包括紫外光谱。聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体后的眼与无晶状体眼可以同样的感受颜色更亮、更饱和,聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体是硬性材料的首选。②硅凝胶类人工晶体。硅胶制成的人工晶体属于软性人工晶体,有充足的柔韧性,折叠式硅胶人工晶体可以通过小切口植入眼内,是目前临床上使用最广泛的软性人工晶体,其次是聚甲基丙烯酸羟乙酯。硅胶人工晶体的前表面为非球面,有一系列重复的连续的晶状体屈折力,晶体视部中央4.7 mm直径范围内有5个非球面形的环形区域,环形区之间的过渡较平缓,这种设计可提供由远到近的焦点范围,也减少引起眩光和光晕量的可能。硅胶型设计可以减少人工晶体偏位、倾斜和术后散光的影响。③水凝胶类人工晶体。水凝胶人工晶体根据聚合体中的含水率和性质可以分为高含水率水凝胶和聚甲基丙烯酸羟乙酯。水凝胶材料人工晶体属于折射型,不会发生高阶衍射而丢失部分入射光线的能量,所有入射光线全部应用于视觉系统。水凝胶人工晶体是应用折射和/或衍射的光学原理,使经过多焦人工晶体的光线产生2个或多个焦点,使远处和近处物体发出的光线均能聚焦于视网膜上。④丙烯酸酯类人工晶体。丙烯酸酯是由苯乙基丙烯酸酯和苯乙基甲基丙烯酸组成的共聚体,属于聚甲基丙烯酸甲酯系列,具有与聚甲基丙烯酸甲酯相似的光学和生物学特性,属于软性可折叠式人工晶体,稳定性良好^[14]。丙烯酸酯材料人工晶体以Alcon公司生产的SA60A-L型Acrysof人工晶体为代表,单片设计并与光学部为一个整体。丙烯酸酯人工晶体可吸收紫外线,屈光指数为1.55,光学部直径为55 mm,人工晶体全长为125 mm,适于植入晶状体囊袋内。大多数人工晶体可以阻挡太阳光中的紫外光线,但不能够滤过光谱中的蓝光部分,近来有学者提出,这一部分的光线对于视网膜特别是黄斑区有损伤作用。为了解决这一问题,Alcon公司最新推出Acrysof natural蓝光滤过型人工晶体,是在丙烯酸

酯材料中增加了黄色载色基团,可以滤过有害的蓝光,是目前最接近人眼生理状态的人工晶体。

丙烯酸酯人工晶体分为疏水性丙烯酸酯和亲水性丙烯酸酯。疏水性丙烯酸酯的特点是甲基丙烯酸羟乙酯分子的羟乙基换成苯乙基,减少材料的极性和含水量,具有与聚甲基丙烯酸甲酯相当的光学和生物学特性,又具有软性材料的特性,可以延长或牵拉到2倍大小,释放后在10 s内可以恢复到原来形状和大小,屈光指数达1.51,人工晶体较薄,折叠后展开比较容易^[15],而且后囊混浊的发生率比与聚甲基丙烯酸甲酯和硅凝胶人工晶体要低^[16]。

3.2 不同因素条件下Nd-YAG激光对人工晶体的损伤

3.2.1 Nd-YAG激光对不同材料及类型的折叠式人工晶体的损伤 孙炜^[17]选择蓝光滤过性折叠式人工晶体、紫外线吸收一片折叠式人工晶体、疏水性丙烯酸酯折叠式人工晶体和硅凝胶折叠式人工晶体,观察Nd-YAG激光对4种材料人工晶体的损伤作用。将4种材料人工晶体分为4组,每组各4枚,将人工晶体光学部后表面平均分为8个扇形区,Nd-YAG激光输出能量由0.5 mJ开始,分别为0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0的能量水平。将人工晶体置于空气中,Nd-YAG激光聚焦于人工晶体光学部后表面并击射。同一能量水平激光在人工晶体光学部后表面同一区内中心向周边部呈放射状依次击射50点,在裂隙灯下呈灰白色点状凿痕即判断为人工晶体损伤。观察发现硅凝胶折叠式人工晶体自0.5 mJ开始出现凿痕,其余材料人工晶体在2.0 mJ能量的Nd-YAG激光击射下出现凿痕。倒置相差显微镜和实体显微镜以及扫描电镜观察,硅凝胶折叠式人工晶体在Nd-YAG激光击射下有炸裂出现,蓝光滤过性折叠式人工晶体、紫外线吸收一片折叠式人工晶体和疏水性丙烯酸酯折叠式人工晶体的凿痕均表现为小凹陷,但形态上有区别。高丽芬等^[7]采用Nd-YAG激光切开后囊89例(96眼)各级后发性白内障患者不同材料的人工晶体,观察其损伤程度及形态,研究发现人工晶体损伤率为38.5%,聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体的损伤率为28.9%,丙烯酸酯人工晶体的损伤率为75.0%,水凝胶人工晶体的损伤率为60.0%,硅凝胶人工晶体的损伤率为85.7%,可见,抗Nd-YAG激光损伤能力最强的是聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体,其次为水凝胶人工晶体、丙烯酸酯人工晶体、硅凝胶人工晶体,4种材料的人工晶体随激光能量的升高,损伤范围和程度也升高。

3.2.2 不同焦点Nd-YAG激光对人工晶体的损伤 曾思明等^[18]研究不同焦点Nd-YAG激光治疗对人工晶体损伤,选取232例(276眼)均因白内障接受囊外摘除并行人工晶体植入的患者,而且植入后均并发后发性白内障,视力0.08-0.60。后发性白内障程度在1-3

级。276枚人工晶体植入中,有丙烯酸酯人工晶体25枚,聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体251枚。植入后并发后发性白内障时间在4 d-36个月。用不同激光焦点后移量分别进行治疗。治疗前不散瞳,0.5%地卡因麻醉,固定眼球,激光光线聚焦于混浊的后囊膜上。激光焦点后延量分别为0,50,100 μm ,应用单脉冲激光发射方式,从瞳孔区混浊后囊的薄弱点开始,以圆形或十字将后囊截开,直径在3 mm左右。术后给予抗炎药。Nd-YAG激光治疗后,1级后发性白内障患者所用单脉冲能量在1.0-1.6 mJ,平均(1.25 \pm 0.21) mJ,总能量在6-38 mJ,平均20.4 mJ;2级后发性白内障患者所用单脉冲能量在1.4-3.6 mJ,平均(2.30 \pm 0.56) mJ,总能量在26-128 mJ,平均69.7 mJ;3级后发性白内障患者所用单脉冲能量在2.0-4.5 mJ,平均(3.20 \pm 0.48) mJ,总能量在112-340 mJ,平均226.8 mJ。人工晶体损伤63枚,占全部数量的22.8%,其中1级12枚(11.2%),2级40枚(27.6%),3级11枚(45.8%)。聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体损伤40枚(15.9%),损伤为多个不规则、深浅不等的圆形小凹,以及周边伴浅在或深在放射状裂痕的不规则凹陷,后发性白内障为3级者,除出现以上改变外,还有周边伴放射状短小指样裂痕的凹陷形损伤。丙烯酸酯损伤13枚(52.0%),表现为深浅不一的小凹形缺陷和周边伴浅在放射状裂痕的不规则凹陷。激光焦点无后延组31例(33.7%),后延50 μm 组19例(20.6%),后延100 μm 组13例(14.1%)。激光焦点后延可以减少人工晶体的损伤,但同时发现激光焦点后延至100 μm 时,激光爆破力下降,反而需要增大激光的能量。因此,选择激光焦点后延至50 μm ,既能对后发性白内障有效的进行切开,又能减少人工晶体损伤,可以认为是一种较好的激光治疗后发性白内障的方法。

4 讨论

后发性白内障是目前白内障超声乳化联合人工晶体植入后的主要并发症,目前采用的治疗手段就是Nd-YAG激光后囊膜切开。Nd-YAG激光是一种波长为1 064 nm的红外光,其光裂效应又称等离子体效应,是治疗后发性白内障的基础^[19]。由于等离子体的形成,发生等离子体的微小爆炸,同时形成冲击波,并以声波形式扩散,导致靶组织的破裂,击穿机化膜或囊膜等组织,从而达到治疗后发性白内障的目的^[20]。此种作用同时影响到靶组织的前后组织,即构成对人工晶体的损伤。Owsley等^[21]和Auffa等^[22]报道对比视力和对比敏感度大大影响着视觉质量,尤其是对驾驶员及在大瞳孔条件下工作的人群,提高对比视力和对比敏感度显得日益重要。患者视觉恢复不仅

取决于人工晶体光焦度的准确,同时与人工晶体光焦度分布有更密切的关系。

因此,人工晶体光学性能的优劣不仅取决于平均光焦度的准确性,光焦度分布有着同样重要的作用。人工晶体光学性能实验室测试项目,选取了人工晶体中心区域平均光焦度和光焦度分布。通过这两个试验项目,来评价Nd-YAG激光损伤对人工晶体光学性能的影响。

实验结果表明,经Nd-YAG激光击射后,人工晶体中心区域出现许多凹陷,在扫描电子显微镜下观察,凹陷为近圆形,直径在50 μm 左右,周边有一圈突起。人工晶体中心区域平均光焦度变化不大,但光焦度分布发生了明显的变化,与激光损伤前相比,中心区域光焦度分布均匀性降低,在人工晶体光学表面留下近圆形凹陷区域的光焦度明显降低,光焦度以凹陷为中心,向周围呈放射状的环状分布。

在临床上进行Nd-YAG激光晶状体后囊切开术时,尤其当混浊区晶状体后囊膜较厚时,应尽可能的将激光击射点控制在直径3 mm中心区域外,以保证用于成像的人工晶体光学区域在激光击射过程中不受到损伤,同时,也要控制所用激光的能量,以避免在激光击射过程中损伤位于晶状体后囊膜前方的人工晶体。

基金资助:国家自然科学基金面上项目(81170877);国家重点基础研究发展计划资助(2011CB510200);中检院中青年发展研究基金资助(2012B9)。

作者贡献:实验设计为第一作者,实施为第一和第二作者,实验评估为第一作者,资料收集为第三和第四作者,成文为第一作者,审校为第二作者,第一作者对文章负责。

利益冲突:课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求:实验获得所在单位的伦理委员会批准,符合伦理学标准。

学术术语:疏水性丙烯酸酯材料人工晶体-由聚甲基丙烯酸甲酯衍生而来,相对于亲水性丙烯酸羟乙酯分子的羟乙基改换为苯乙基,从而减少材料的极性和含水量,成为疏水性材料。

作者声明:文章为原创作品,数据准确,内容不涉及泄密,无一稿两投,无抄袭,无内容剽窃,无作者署名争议,无与他人课题以及专利技术的争执,内容真实,文责自负。

5 参考文献

- [1] Livingston PM, Carson CA, Taylor HR. The epidemiology of cataract: a review of the literature. *Ophthalmic Epidemiol.* 1995; 2(3):151-164.

- [2] 林振德,李绍珍.小切口白内障手术[M].北京:北京人民卫生出版社,2002:98-100.
- [3] Kohnen T.Multifocal IOL technology: a successful step on the journey toward presbyopia treatment.J Cataract Refract Surg. 2008;34(12):2005.
- [4] Keates RH, Sall KN, Kreter JK.Effect of the Nd-YAG laser on polymethylmethacrylate, HEMA copolymer, and silicone intraocular materials.J Cataract Refract Surg.1987;13(4): 401-409.
- [5] Capone A Jr, Rehkopf PG, Warnicki JW, et al.Temporal changes in posterior capsulotomy dimensions following neodymium:YAG laser discission.J Cataract Refract Surg. 1990;16(4):451-456.
- [6] Lundqvist B, Mönestam E.Ten-year longitudinal visual function and Nd: YAG laser capsulotomy rates in patients less than 65 years at cataract surgery.Am J Ophthalmol.2010; 149(2):238-244.
- [7] 高丽芬,陈薇,李建平,等.Nd:YAG激光致各种人工晶体损伤临床观察[J].山东医药,2000,40(15):14-15.
- [8] 王又冬,张劲松,张洋.NdxivYAG激光对不同材料人工晶体损伤作用的实验研究[J].中华眼科杂志,1998,34(2):103-105.
- [9] 沈念慈,王诚忠.YAG激光致人工晶体损伤[J].中国实用眼科杂志, 1995,13(8):502-503.
- [10] 刘增业.Nd:YAG激光损伤人工晶体一例[J].眼科,1995,4(2):127.
- [11] 张建东.Nd:YAG激光致人工晶体混浊2例[J].中国实用眼科杂志, 2004,22(8):595.
- [12] 穆瑾平,曹文兵.小瞳孔下Nd:YAG激光治疗人工晶体植入后囊膜混浊的观察[J].宁夏医学杂志,2006,28(2):149-150.
- [13] 吴艺,古爱平,夏朝霞.着色聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体在白内障及角膜移植三联术中的应用[J].中国组织工程研究与临床康复, 2010,14(3):537-540.
- [14] 张晓鸣,汪素萍.四襻式亲水性丙烯酸折叠式人工晶体植入术后临床观察[J].海南医学,2008,19(10):34-35.
- [15] 张红言,施玉英.人工晶体材料的不同与后囊混浊关系的探讨[J].国外医学眼科学分册,2002,24(1):51-54.
- [16] Ursell PG, Spalton DJ, Pande MV, et al.Relationship between intraocular lens biomaterials and posterior capsule opacification.J Cataract Refract Surg.1998;24(3):352-360.
- [17] 孙炜.Nd.YAG激光对蓝光滤过性折叠式人工晶体损伤作用的实验研究[D].辽宁:中国医科大学,2006:4.
- [18] 曾思明.不同焦点掺钕-钇铝石榴石(Nd:YAG)激光治疗对人工晶体损伤的观察[J].广西医学,2004,26(4):555-556.
- [19] Trinavarat A, Atchaneeyasakul L, Udompunturak S.Neodymium:YAG laser damage threshold of foldable intraocular lenses.J Cataract Refract Surg.2001;27(5): 775-780.
- [20] 谢立信.IOL植入学[M].第2版.北京:人民卫生出版社,1997: 243-244.
- [21] Owsley C, Stalvey BT, Wells J, et al.Visual risk factors for crash involvement in older drivers with cataract.Arch Ophthalmol. 2001;119(6):881-887.
- [22] Auffarth GU, Hunold W, Hürtgen P, et al.Night driving capacity of pseudophakic patients.Ophthalmologe.1994;91(4): 454-459.