

多焦点人工晶状体 Nd:YAG 激光损伤后光学成像质量变化

孙岩秀 郝燕生 解江冰 王翌 郭淑艳 周建 田芸

100191 北京大学第三医院眼科眼部神经损伤重建保护与康复北京市重点实验室(孙岩秀、郝燕生);102200 爱博诺德(北京)医疗科技有限公司(解江冰、王翌、郭淑艳、周建、田芸)

通信作者:孙岩秀,Email:yxs0283@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.03.004

【摘要】 目的 研究 Nd:YAG 激光损伤多焦点人工晶状体(IOL)后 IOL 的光学性能表现。方法 选用 3 个制作多焦点 IOL 的疏水性丙烯酸酯材料片圆片并依序排列,采用 Nd:YAG 激光从低能量(0 mJ)逐渐递增的方法依序击射各材料的后表面、中间平面(后表面与前表面之间)和前表面,确定 3 个材料片不同平面的损伤阈值。选取 8 个相同材料制作的多焦点 IOL,分别在 1、2、3、4 号 IOL 的自中心直径为 3.0 mm 的圆周上 12 个钟点位和 5、6、7、8 号 IOL 自中心直径 1.0 mm 的圆周上的 2:00、4:00、6:00、8:00、10:00、12:00 位造成激光点痕损伤以建立 IOL 激光损伤的物理模型,在标准模型眼上分别观察激光损伤前后 IOL 在 2.0、3.0 和 4.5 mm 通光孔径下的平均调制传递函数(MTF)、线扩散函数(LSF)曲线和美军标(美国空军分辨率测试标靶)的变化,以评估激光损伤对 IOL 视觉质量的影响。结果 每个疏水性丙烯酸酯材料片圆片间各平面损伤阈值的总体比较差异无统计学意义($F=1.100, P=0.337$),引起材料前表面、中间平面和后表面损伤的激光能量阈值总体比较差异有统计学意义($F=195.279, P=0.000$),其中前表面损伤阈值明显高于中间平面和后表面,中间平面损伤阈值明显低于后表面,差异均有统计学意义(均 $P<0.01$)。2.0、3.0 和 4.5 mm 通光孔径下,1~4 号 IOLs 和 5~8 号 IOLs 损伤后远、近焦点的 MTF 曲线和 LSF 曲线与未损伤 IOLs 具有很好的一致性;各通光孔径下 1~4 号 IOLs 和 5~8 号 IOLs 与未损伤 IOL 美军标成像质量无明显差别,通光直径为 4.5 mm 条件下 IOL 损伤前后近焦点美军标均出现眩光。结论 激光对焦于 IOL 材料中间平面最易对 IOL 造成损伤,激光对焦于 IOL 前表面时损伤阈值最高。在标准模型眼模拟不同瞳孔直径下,激光损伤对 IOL 的 MTF、LSF 和美军标成像质量无明显影响。

【关键词】 Nd:YAG 激光;人工晶状体;成像质量;调制传递函数;线扩散函数;美国空军分辨率测试板;标准模型眼

基金项目:北京市科学技术委员会资助项目(Z151100002115048)

Optical imaging quality change of multifocal intraocular lens following Nd:YAG laser damage Sun Yanxiu, Hao Yansheng, Xie Jiangbing, Wang Zhao, Guo Shuyan, Zhou Jian, Tian Yun

Department of Ophthalmology, Beijing Key Laboratory of Restoration of Damaged Ocular Nerve, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China (Sun YX, Hao YS); Eyebright Medical Technology Co., Ltd., Beijing 102200, China (Xie JB, Wang Z, Guo SY, Zhou J, Tian Y)

Corresponding author: Sun Yanxiu, Email: yxs0283@163.com

【Abstract】 Objective To study the optical imaging quality of multifocal intraocular lens (IOL) following Nd:YAG laser damage. **Methods** Three hydrophobic acrylate discs used to make multifocal IOL were placed in line, and the Nd:YAG laser was used to emit the posterior surface, mid-plane and anterior surface of the discs by gradually increasing the emitting energy to determine the damaged threshold energy of various planes. Eight multifocal IOLs were divided into 2 groups. IOL damage models were established by emitting 12 points along 12 clocks on circle of 3.0 mm in diameter in the group 1 (IOLs NO. 1, 2, 3, 4) and 6 points with 1-clock interval on circle of 1.0 mm in diameter in the group 2 (IOLs NO. 5, 6, 7, 8) with Nd:YAG laser. The modulation transfer function (MTF), line spread function (LSF) and United States air force (USAF) test target images of the IOLs were tested under the optical aperture at 2.0, 3.0 and 4.5 mm. **Results** The damage thresholds of laser power were not significantly different among three hydrophobic acrylate discs ($F_{\text{group}}=1.100, P=0.337$), and the thresholds were significantly different among different planes in the discs ($F_{\text{position}}=195.279, P=0.000$), with the highest damage threshold in the

anterior surface and the lowest damage threshold in the mid-plane of the discs (all at $P < 0.01$). The shifts of far focus and near focus MTF curves, LSF curves and USAF target images of the IOLs under the 2.0, 3.0 and 4.5 mm optical aperture after laser damage were in coincidence with those before laser damage both in group 1 and group 2. The glare phenomenon of the USAF target image was observed at near focus under the 4.5 mm optical aperture both before and after laser damage. **Conclusions** Multifocal IOL is vulnerable to injury when the laser beam focuses on the mid-plane, and the anterior surface of IOL can tolerate certain degree of damage. In standard model eye, the MTF curves, LSF curves and USAF target images of multifocal IOL was not impacted by laser induced spots injuries under different pupil diameters.

[Key words] Nd:YAG laser; Intraocular lens; Imaging quality; Modulation transfer function; Line spread function; United States air force test target; Standard model eye

Fund program: Beijing Municipal Science and Technology Commission (Z151100002115048)

后发性白内障 (posterior capsule opacification, PCO) 是保留晶状体囊袋的白内障手术后的主要并发症, 是导致术后视力再次下降的重要原因之一^[1-2]。Nd:YAG 激光后囊膜切开术是 PCO 的一种常规治疗方法, 但易造成人工晶状体 (intraocular lenses, IOLs) 表面损伤, 这与激光聚焦不够精确、后囊膜与 IOL 后表面相贴或激光治疗能量过大有关^[3-10]。Nd:YAG 激光后囊膜切开术中准确聚焦及适当降低激光能量是减少 IOL 损伤的关键。那么 Nd:YAG 激光一旦损伤 IOL, 特别是多焦点 IOL, 会对 IOL 的光学成像性能产生怎样的影响, 衍射型多焦点 IOL 的衍射环是否会导致激光损伤的加重等问题目前仍不十分清楚。本研究拟建立 Nd:YAG 激光治疗 PCO 的物理模型, 人为将 Nd:YAG 激光聚焦于多焦点 IOL 上, 比较多焦点 IOL 损伤前后的光学性能变化。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料 同批次直径为 8 mm、厚度为 1.8 mm 的疏水性丙烯酸酯材料圆片; 由同批次疏水性丙烯酸酯材料制成的 Proming 普诺明® 全视™ 非球面衍射型一件式多焦 IOL [型号 AM3UH, 爱博诺德 (北京) 医疗科技有限公司], 衍射环结构分布于 IOL 后表面, 光焦度为 20.0 D, 附加光焦度为 +2.8 D, 光学部直径 6.0 mm。

1.1.2 主要仪器 Visual YAG III 激光治疗机 (德国 ZEISS 公司); 带有行业标准 YY0290.2-2009 中规定的标准模型眼 OptiSpheric AF 250 RC 全自动用途光学测量仪 (北京全欧光学检测仪器有限公司); SZX16 体式显微镜照相机 (日本 OLYMPUS 公司)。

1.2 方法

1.2.1 IOL 激光损伤模型的制作 取透明玻璃比色皿注入生理盐水以模拟人眼房水环境, IOL 经由固定装置的通光孔与比色皿的通光表面平行放置。取 1~3 号疏水性丙烯酸酯材料圆片放置于前述的固定装置

中, 先后于材料片后表面、中间平面 (即前表面与后表面之间) 及前表面自中心直径 3 mm 的圆周上在 12 个钟点对应的位置均行 Nd:YAG 激光, 选择单脉冲发射方式, 波长为 1064 nm, 脉冲宽度为 4 ns, 能量调节范围 0~10.0 mJ。上述每一平面行 Nd:YAG 激光时能量均从 0 mJ 逐渐递增, 直至对材料片造成点痕损伤。取引起材料片各平面损伤最小激光能量的平均值作为 IOL 相应平面的损伤阈值。以材料损伤阈值为起点逐渐增加 Nd:YAG 激光能量, 1~4 号 IOL 激光对焦位置定位于自中心直径 3 mm 圆周上 12 个钟点位, 5~8 号 IOL 激光对焦位置定位于自中心直径 1 mm 圆周上 2:00、4:00、6:00、8:00、10:00、12:00 方位, 分别对 IOL 后表面、中间平面和前表面处行 Nd:YAG 激光, 同一片 IOL 同一表面不同钟点位置行 Nd:YAG 激光的能量相同, 不同 IOL 编号各表面行 Nd:YAG 激光损伤的能量值不同, 造成 IOL 表面不同程度的点痕损伤 (图 1)。

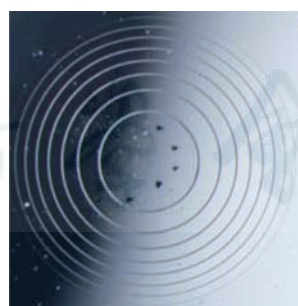


图 1 Nd:YAG 激光对多焦点 IOL 造成的点痕损伤 黑色斑点为激光损伤痕迹

1.2.2 IOL 光学性能变化的检测指标 将多焦点 IOL 放在标准模型眼中, 采用 OptiSpheric AF 250 RC 全自动用途光学测量仪测量 IOL 的光学性能, 包括 2.0、3.0 和 4.5 mm 孔径下的调制传递函数 (modulation transfer function, MTF) 曲线、线扩散函数 (line spread function, LSF) 曲线和美军标 (美国空军分辨率测试标靶), 对激光损伤前后的检测结果进行比较。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 18.0 统计学软件进行统计分析。本研

究中测量指标的数据资料经 W 检验呈正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示。不同材料片各平面能量损伤阈值总体差异比较采用两因素方差分析,组间多重比较采用 LSD-t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同材料片各平面能量损伤阈值比较

不同材料片之间能量损伤阈值的总体比较差异无统计学意义 ($F_{\text{分组}} = 1.100, P = 0.337$);不同平面之间能量损伤阈值的总体比较差异有统计学意义 ($F_{\text{位置}} = 195.279, P = 0.000$)。各材料片前表面损伤阈值明显高于中间平面和后表面,中间平面损伤阈值明显低于后表面,差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$) (表 1)。

表 1 不同材料片各平面的激光能量损伤阈值比较 ($\bar{x} \pm s, \text{mJ}$)

| 材料序号 | 不同平面损伤的激光能量阈值 | | |
|------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| | 前表面 (n=12) | 中间平面 (n=12) | 后表面 (n=12) |
| 1 | 0.750±0.117 | 0.317±0.039 ^a | 0.392±0.067 ^{ab} |
| 2 | 0.833±0.197 | 0.325±0.045 ^a | 0.400±0.104 ^{ab} |
| 3 | 0.783±0.134 | 0.350±0.067 ^a | 0.417±0.084 ^{ab} |

注: $F_{\text{分组}} = 1.100, P = 0.337; F_{\text{位置}} = 195.279, P = 0.000$ 。与各自材料的前表面比较, ^a $P < 0.01$;与各自材料中间平面比较, ^b $P < 0.01$ (两因素方差分析, LSD-t 检验)

2.2 IOL 损伤模型的能量

不同序号 IOL 各平面所使用的激光能量见表 2 和表 3,各 IOL 引起前表面损伤的激光能量高于后表面和中间平面,引起后表面损伤的激光能量与中间平面接近。本研究中激光对多焦点 IOL 造成的损伤均为点

痕损伤,未发生 IOL 的裂纹和破碎。

表 2 引起 1-4 IOL 各平面自中心直径 3 mm 圆周上损伤时的激光能量 (mJ)

| IOL 序号 | 不同 IOL 平面损伤时激光能量 | | |
|--------|------------------|-------|-------|
| | 前表面 | 中间平面 | 后表面 |
| 1 | 1.000 | 0.500 | 0.575 |
| 2 | 1.500 | 0.800 | 1.000 |
| 3 | 1.800 | 1.200 | 1.500 |
| 4 | 2.300 | 1.600 | 2.000 |

注: IOL: 人工晶状体

表 3 引起 5-8 IOL 各平面自中心直径 1 mm 圆周上损伤时的激光能量 (mJ)

| IOL 序号 | 不同 IOL 平面损伤时激光能量 | | |
|--------|------------------|-------|-------|
| | 前表面 | 中间位置 | 后表面 |
| 5 | 1.300 | 1.000 | 1.000 |
| 6 | 1.500 | 1.200 | 1.200 |
| 7 | 1.700 | 1.400 | 1.400 |
| 8 | 1.900 | 1.500 | 1.500 |

注: IOL: 人工晶状体

2.3 IOL 损伤前后 MTF 曲线和 LSF 曲线变化

通光孔径为 2.0、3.0 和 4.5 mm 自中心直径 1.0 mm 和 3.0 mm 圆周位 IOL 激光损伤后远、近焦点的 MTF 曲线和 LSF 曲线变化趋势与激光损伤前一致。IOL 激光损伤前后, MTF 值随着空间频率的增加整体上均呈下降趋势,其中通光孔径为 3.0 mm 和 4.5 mm 时 MTF 曲线中存在微小的差异性波动,但总体差异在测量的允许误差范围内;相同通光孔径下 IOL 损伤前后远、近焦点 LSF 曲线峰值强度和宽度均非常接近,随着通光孔径的增加, IOL 损伤前后远、近焦点 LSF 曲线变化的重合度更好(图 2)。

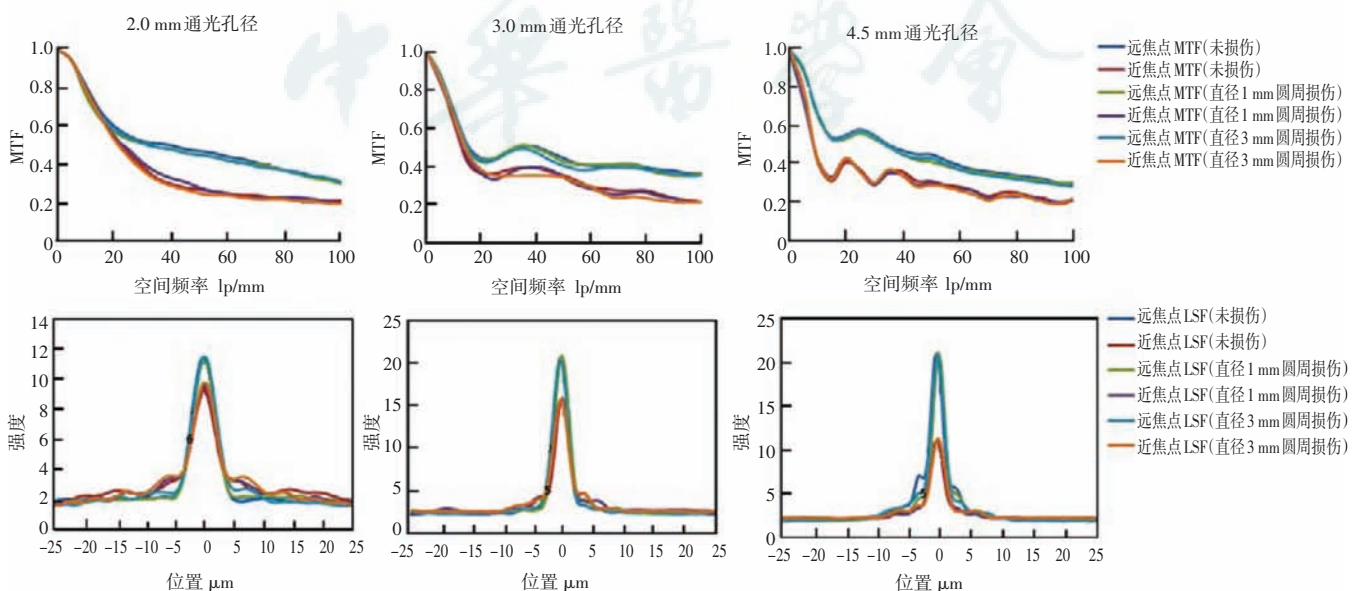


图 2 不同通光孔径下多焦点 IOL 损伤前后 MTF、LSF 曲线变化 MTF: 调制传递函数; LSF: 线扩散函数

2.4 多焦点 IOL 损伤前后美军标成像比较

IOL 的远焦点美军标成像亮度随通光孔径的增大而逐渐增强,但激光损伤前后 IOL 美军标成像质量无明显变化。通光直径为 2.0 mm 时 IOL 近焦点美军标

成像较模糊;通光直径为 3.0 mm 及 4.5 mm 时 IOL 近焦点美军标成像图像均清晰,但通光直径为 4.5 mm 时出现眩光现象;各通光孔径下不同损伤直径 IOL 与未损伤的 IOL 美军标成像质量无明显差别(图 3)。

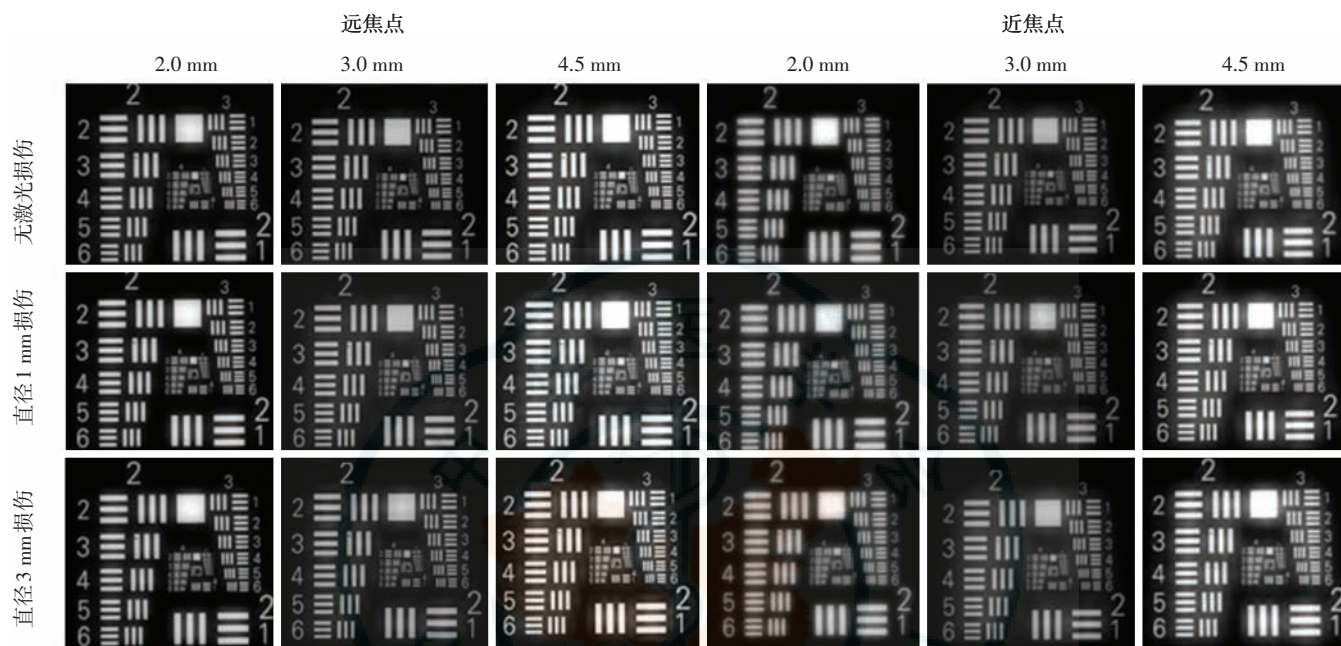


图 3 不同通光孔径下多焦点 IOL 损伤前后美军标对比图 不同损伤直径 IOL 与未损伤 IOL 远焦点美军标成像亮度无明显变化,通光直径为 4.5 mm 时 IOL 近焦点可以看到眩光现象

3 讨论

3.1 Nd:YAG 激光造成 IOL 损伤的形态

PCO 是导致白内障术后视力下降的主要原因,其形成与 IOL 材料是否有关目前尚未定论^[1-2]。Nd:YAG 激光后囊切开是治疗 PCO 简单而有效的方法,然而,如果激光击射焦点位于 IOL 光学部时会导致 IOL 损伤,严重者会造成 IOL 裂痕。刘丽等^[11]研究显示,实验性 IOL 激光损伤后损伤区出现小凹陷,激光扫描电子显微镜下可见凹陷近圆形,周围有一小圈突起。损伤后 IOL 平均光焦度无明显改变,但是光焦度分布不均匀,以损伤点为中心向四周呈放射状分布,损伤严重时需更换 IOL。张建东^[12]对患眼中取出的 Nd:YAG 激光损伤后的 IOL 进行研究,发现损伤部位有表层局限性点状凹陷及裂缝,局部呈毛玻璃样改变。本研究中发现,Nd:YAG 激光引起的 IOL 表面损伤为点痕样,IOL 材料内部的损伤为球形,较为明显,球形损伤的直径随 Nd:YAG 激光能量的增加而增大。

3.2 引起 IOL 激光损伤的原因及预防

临床上导致 IOL 激光损伤的原因主要包括患者配合欠佳及固视不好、操作时激光机对焦不准、激光对焦过于靠前并贴近 IOL、晶状体后囊与 IOL 贴合过于紧

密、激光单一脉冲能量过大等。曾思明^[13]研究发现,PCO 临床分级越高,术中所用的激光能量越高,IOL 激光损伤的发生率就越高,此外不同材料制作的 IOL 激光损伤的发生率也不尽相同,如丙烯酸酯材料的 IOL 激光损伤的发生率约为 52%,明显高于 PMMA 材料 IOL 的 15.9%。激光焦点后延 50 μm 可有效降低 IOL 激光损伤的发生率,而激光焦点后延 100 μm 则需要增加激光能量。因此为尽可能降低 IOL 激光损伤的发生率,操作前应给患者调整舒适的体位和头位,眼睛固视不良的患者可用接触性前置镜辅助固定眼球,激光治疗机应定期调校,术中激光焦点可后延,并可先尝试选择使用小的激光能量,然后逐渐增加。

3.3 相同能量下 IOL 后表面比前表面更易受损的原因

Nd:YAG 激光治疗 PCO 的作用机制主要是光裂效应,又称等离子体效应,即利用激光的高功率密度在焦点处形成电离效应,发生等离子体的微小爆炸而产生切割效果,从而击穿机化膜或囊膜等组织,达到治疗目的^[14-15]。本研究结果显示,材料片中间平面和后表面的激光激射损伤阈值小于前表面,是因为激光与 IOL 材料相互作用产生的光爆破方向与激光的传输方向相反,使材料片前表面受到的冲击力小于后表面和中间平面,导致损伤阈值增加。反之,当 Nd:YAG 激

光聚焦于 IOL 后表面附近时,激光爆破的方向朝向 IOL 内部,这也是临床中采用 Nd:YAG 激光治疗 PCO 时容易损伤 IOL 后表面的原因。聚焦于材料片后表面的激光能量一部分被材料片吸收,另一部分被其后的平衡盐吸收,而聚焦于中间平面的激光能量则完全被材料片吸收,这一区别导致激光时材料片中间区域的损伤阈值最低。由此可以理解,IOL 前表面抛光时不易导致激光损伤,当使用 Nd:YAG 激光治疗 PCO 时,激光焦点对准晶状体后囊,而晶状体后囊与 IOL 后表面接近,容易因焦点向角膜表面方向移动,导致 IOL 后表面损伤。当焦点位于 IOL 材料内部时,很低的激光能量就可以导致 IOL 损伤。

3.4 激光损伤对 IOL 成像的光学质量是否产生影响

IOL,尤其是衍射型多焦点 IOL 的激光损伤是否对视觉质量产生明显影响是眼前节医生关注的问题,也直接决定了是否需要更换激光损伤的 IOL 进行更换。通常认为屈光间质混浊的部位离视轴越近,对视觉质量的影响越大,所以本研究中选定以中心向周边 1 mm 和 3 mm 直径区域作为激光损伤范围进行比较。正常光环境下人眼的瞳孔直径在 2.0 ~ 3.0 mm 之间,暗光下瞳孔直径可扩大至 4.0 mm 以上。采用不同通光孔径模拟人眼在不同瞳孔直径下视物条件可更全面地反映 IOL 损伤对成像质量的影响。目前公认的评价视觉质量的指标为 MTF、PSF 和美军标。MTF 值是人眼对不同精细程度光学系统的反映,MTF 值越大表明 IOL 光学性能越好。本研究中发现,远焦点 MTF 好于近焦点,但是无论在多大通光孔径下,激光损伤前后 IOL 的 MTF 均无明显改变。线扩散函数 LSF 是对一个狭缝成像(平行光)的响应,是点扩散函数在某一方向上的积分。在相同的入射光强度和通光孔径条件下,LSF 曲线的宽度越宽,峰值强度越低,表示光斑越大,能量的集中度越差,成像质量越模糊。本研究观察到,IOL 远焦点 LSF 曲线比近焦点曲线更加锐利,峰值更高,成像质量更好,而通光孔径越小,近焦点 IOL 的 LSF 曲线波峰越宽;但损伤前后 IOL 的 LSF 曲线无明显改变。美军标包括几组由 3 条短线所构成的组合,美军标成像中可分辨的短线越小,则图像对比度越大,表示光学系统的成像质量越好。本研究观察到,远焦点成像明显比近焦点清晰;瞳孔直径大可提高图像亮度,但是损伤前后 IOL 远近焦点的成像质量均无明显改变。

综上所述,激光聚焦于 IOL 中间平面时最易导致 IOL 损伤,聚焦于 IOL 前表面时损伤阈值最高。于人眼模型中模拟不同瞳孔直径下激光点痕损伤对多焦点 IOL 的远近焦点 MTF 曲线、LSF 曲线和美军标均不产

生明显影响。本研究为体外实验,得出的 IOL 激光损伤阈值和视觉质量指标都是基于模型眼测定的,因此激光对 IOL 的损伤及其对光学质量是否有影响有待相关的临床研究加以证实。

参考文献

- [1] Schriefl SM, Menapace R, Stifter E, et al. Posterior capsule opacification and neodymium: YAG laser capsulotomy rates with 2 microincision intraocular lenses; Four-year results [J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(5): 956-963. DOI:10.1016/j.jcrs.2014.09.037.
- [2] Gauthier L, Lafuma A, Laurendeau C, et al. Neodymium: YAG laser rates after bilateral implantation of hydrophobic or hydrophilic multifocal intraocular lenses; twenty-four month retrospective comparative study [J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36(7): 1195-1200. DOI:10.1016/j.jcrs.2010.01.027.
- [3] 张励, 杨海静, 刘彦江, 等. Nd:YAG 激光治疗后发性白内障的临床分析 [J]. 中国激光医学杂志, 2015, 10(3): 166-168.
- [4] 康景才. Nd:YAG 激光后囊膜切开术的不良反应和并发症 [J]. 国际眼科纵览, 1995(2): 74-77.
- [5] 陈佩卿, 姚克, 杜新华. Nd:YAG 激光治疗后发性白内障的临床观察 [J]. 浙江大学学报: 医学版, 1999, 28(2): 88-89.
- [6] 崔龙江, 董应丽, 董道权. Nd:YAG 激光切开术治疗人工晶状体眼增殖性后囊膜混浊的临床研究 [J]. 眼科新进展, 2013, 33(12): 1184-1185.
- [7] Cui LJ, Dong YL, Dong DQ. Nd:YAG laser capsulotomy for proliferative posterior capsular opacification on IOL eyes [J]. Rec Adv Ophthalmol, 2013, 33(12): 1184-1185.
- [8] Bhargava R, Kumar P, Phogat H, et al. Neodymium-yttrium aluminium garnet laser capsulotomy energy levels for posterior capsule opacification [J]. J Ophthalmic Vis Res, 2015, 10(1): 37-42. DOI: 10.4103/2008-322X.156101.
- [9] 殷莉. Nd:YAG 激光治疗人工晶状体术后后发障的分析 [J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2003, 25(10): 712-713.
- [10] 秦燕, 刘建军. Nd:YAG 激光后囊膜切开术治疗术后发性白内障 48 例临床观察 [J]. 实用临床医药杂志, 2012, 16(22): 52-53.
- [11] 李娟娟, 黎铎, 吴敏, 等. Nd:YAG 激光治疗后发性白内障术后眼底并发症的临床观察 [J]. 眼科研究, 2010, 28(4): 365-367. DOI:10.3969/j.issn.1003-0808.2010.04.020.
- [12] Li JJ, Li H, Wu M, et al. Complications of the posterior ocular segment following the Nd:YAG capsulotomy [J]. Chin Ophthalmol Res, 2010, 28(4): 365-367. DOI:10.3969/j.issn.1003-0808.2010.04.020.
- [13] 刘丽, 李爱军, 王硕, 等. 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, (34): 6215-6220. DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.34.023.
- [14] Liu L, Li AJ, Wang S, et al. Nd:YAG laser damage affects the optical properties of intraocular lens [J]. J Clin Rehabil Tis Eng Res, 2013, (34): 6215-6220. DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.34.023.
- [15] 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. DOI:10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2004.08.033.
- [16] 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. DOI:10.3969/j.issn.0253-4304.2004.04.061.
- [17] 刘欣, 高宗银, 张柳. Nd:YAG 激光治疗后发性白内障的临床观察 [J]. 中国现代医学杂志, 2011, 21(16): 1895-1897.
- [18] 李忠民, 叶朝兴, 王丽萍, 等. 光明亮睛散治疗年龄相关性黄斑变性疗效观察 [J]. 实用防盲技术, 2012, 7(3): 109-111. DOI:10.3969/j.issn.1673-3835.2012.03.008.
- [19] Li ZM, Ye CX, Wang LP, et al. Clinical study on therapy in age-related macular degeneration by Guangminliangjingsan [J]. J Pract Prev Blind, 2012, 7(3): 109-111. DOI:10.3969/j.issn.1673-3835.2012.03.008.

(收稿日期:2017-08-19 修回日期:2018-01-04)

(本文编辑:张宇 尹卫靖)