

基于双眼平衡单眼视的非球面多焦人工晶体的设计

周传清 江旻珊 任秋实

(上海交通大学激光与光子生物医学研究所, 上海 200240)

摘要 目前常见的衍射型或折射型多焦人工晶体能够为患者提供一定范围内不同距离的视力,但也造成了视网膜图像质量的下降。提出了一种新型的非球面人工晶体设计方法,使双眼中的主导眼在瞳孔较大时保持良好的远视力,同时通过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得一定范围的近视力;非主导眼在瞳孔较大时保持良好的近视力,同时通过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得一定范围的远视力。当双眼注视不同距离物体时,都将获得良好的双眼视力,同时由于双眼视网膜像比较接近,双眼视功能不会受到影响。报道了基于由非球面角膜和晶状体组成的模型眼,采用 ZEMAX 软件进行光线追迹,通过球差优化获得基于双眼平衡单眼视的非球面多焦人工晶体的设计结果。

关键词 视觉光学; 人工晶状体; 球差; 双眼视觉

中图分类号 TH74

文献标识码 A

doi: 10.3788/AOS200929s1.0390

Zernike Generation Analysis of Two Deformable Mirrors

Zhou Chuanqing Jiang Minshan Ren Qiushi

(Institute for Laser Medicine and Bio-Photonics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract Multifocal intraocular lenses which mainly include diffractive type and refractive type can provide patients with good vision in various distances. But they also result in image quality reducing. This article suggests a new design method of aspherical intraocular lens. In this method, when pupil is larger, the dominant eye will keep a better vision of far distance, at the same time, get vision of near distance; or make the undominant eye keep a better vision of near distance and get vision of far distance. When two eyes observe objects of different distance, good binocular vision will always be gained and the visual ability of both eyes will not be influenced. We will also report the ZEMAX raytracing results on model eyes which consist of aspherical cornea and nature lens, and the optimized results based on the balance of binocular vision.

Key words visual optics; intraocular lens; spherical aberration; binocular vision

1 引 言

首例植入式人工晶体由 Ridley 于 1949 年提出,数十年来得到了不断改进和发展。目前临床上应用最为广泛的是单焦点人工晶体^[1, 2]。近年来单焦点人工晶体采用了非球面镜设计以提高成像质量,但这种晶体本身单一的屈光度和曲率半径使得其本身没有调节能力,不能同时满足看远景和近景的需求。为克服这样的缺点,多焦人工晶体逐渐被研制发展起来^[3~5]。

多焦人工晶状体根据光学面成像的原理可以分为折射型和衍射型两类^[6, 7]以提供一定范围内不同距离的视力。而由于多焦点人工晶体是对入射光进

行折射或是衍射而在视网膜上形成像,无论是哪种人工晶体,其入射光线经过折射或者衍射之后,像的质量都在一定程度上发生了改变。单眼的多焦人工晶体往往造成视网膜图像质量的下降,临床上表现为术后对比敏感度水平的降低,单眼视的矫正方法又使得双眼视功能下降,适应对象有限。根据同时知觉原理,远处和近处的光线通过多焦人工晶状体后聚焦于视网膜上的屈光力之差大于或等于 3D,大脑皮质会选择更清晰的像^[8, 9]。

本文提出了一种新型的非球面人工晶体设计方法,使双眼中的主导眼在瞳孔较大时保持良好的远视力,同时通过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得

基金项目: 上海市重点实验室专项基金(05dz22318,05dz22325)资助课题。

作者简介: 周传清(1971—),男,讲师,主要从事视光学方面的研究。E-mail: zhoucq@sjtu.edu.cn

一定范围的近视力；非主导眼在瞳孔较大时保持良好的近视力，同时通过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得一定范围的远视力。

2 实验过程

选用 Liou H L 精确模型眼^[10]，该模型眼的角膜和晶状体前后表面都是较为精确的非球面，并且标示出了眼瞳的位置。具体参数如表 1 所示。其中人眼晶状体的折射率呈梯度变化规律，在靠近晶状体表面处为 1.453，在晶状体中心位置处为 1.652。

采用 ZEMAX 根据表 1 中的各项参数建立人眼的模型，再加入成像质量较高的双凸型前房人工晶状

体^[11]。首先确定人眼瞳孔半径的变化范围，一般为 1.25~2.5 mm。需要优化的物距分别取 4000 mm，1000 mm 和 400 mm 这三个数值。其中 4000 mm 的物距反映的是视远的情况，400 mm 是视近的情况，物距变化与瞳孔半径变化相对应。对于主导眼来说，最远的物距所对应的瞳孔半径最小，而对于非主导眼来说，最远的物距对应的瞳孔半径最大。在这样的条件下，优化晶状体的曲率半径使得视网膜像面上成清晰的像，并适当调整晶状体表面的非球面系数(晶状体前后表面的非球面系数保持一致)以抑制球差。

表 1 Liou HL 精确模型眼参数

Table 1 Parameters of Liou HL model eye

	Radius /mm	Q	Top position	Index
Front surface of cornea	7.77	-0.158	0	1.376
Back surface of cornea	6.4	-0.6	0.52	1.336
Pupil	13.0	0	3.68	1.336
Front surface of lens	12.4	-0.94	3.68	1.453
Back surface of lens	-8.1	-0.96	7.70	1.336
Retina	12.0	0	24.01	-

3 实验结果

通过 ZEMAX 优化人工晶状体表面面形后观察视网膜上的成像质量，优化后的表面是一个非球面。

如图 1 所示的是当两眼均为 300 度近视时植入多焦人工晶状体后视网膜成像质量的比较。在优化人工晶体表面时，将右眼作为主导眼，左眼为非主导眼。右眼在瞳孔较大时保持良好的远视力，同时通

过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得一定范围的近视力；左眼在瞳孔较大时保持良好的近视力，同时通过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得一定范围的远视力。这样，右眼侧重于远处物体的成像质量，左眼侧重于近处。图 1 中可以明显看出，优化之后左眼单眼看近处物体较为清楚，远处模糊；右眼单眼看远处物体较为清楚，近处模糊。

根据同时知觉原理，双眼观察物体时，大脑皮质自动选择更为清晰的像，这样保证对于远近物体都能够清晰的成像。

4 结 论

综上所述，本文提出了一种新型的非球面人工晶体设计方法，使双眼中的主导眼在瞳孔较大时保持良好的远视力，同时通过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得一定范围的近视力；非主导眼在瞳孔较大时保持良好的近视力，同时通过球差优化使该眼在瞳孔较小时获得一定范围的远视力。当双眼注视不同距离物体时，都将获得良好的双眼视力，同时由于双眼视网膜像比较接近，双眼视功能不会受到影像。当然，也可以把上述的主导眼和非主导眼的设计反过来，以满足不同的视物需要。

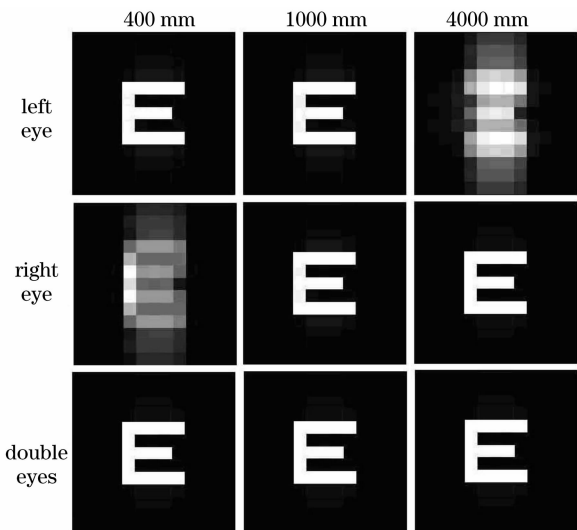


图 1 视网膜成像质量比较(两眼均为 300°近视)

Fig. 1 Image quality compare (both eyes are -3D)

参 考 文 献

- 1 Kamlesh D. S., Kaushik S.. Contrast sensitivity and depth of focus with aspheric multifocal versus conventional monofocal intraocular lens[J]. *Can. J. Ophthalmol.*, 2001, **36**(4): 197~201
- 2 Hayashi K., Hayashi H., Nakao F. *et al.*. Aging changes in apparent accommodation in eyes with a monofocal intraocular lens [J]. *Am. J. Ophthalmology*, 2003, **135**(4): 432~436
- 3 Jacobi P. C., Dietlein T. S., Lüke C. *et al.*. Multifocal intraocular lens implantation in presbyopic patients with unilateral cataract[J]. *Ophthalmology*, 2002, **109**(4): 680~686
- 4 Ravalico G., Parentin F., Baccara F.. Effect of astigmatism on multifocal intraocular lenses [J]. *J. Cataract & Refractive Surgery*, 1999, **25**(6): 804~807
- 5 Leyland M., Zinicola E.. Multifocal versus monofocal intraocular lenses in cataract surgery a systematic review [J]. *Ophthalmology*, 2003, **110**(9): 1789~1798
- 6 Javitt J. C., Steinert R. F.. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation a multinational clinical trial evaluating clinical, functional, and quality-of-life outcomes [J]. *Ophthalmology*, 2000, **107**(11): 2040~2048
- 7 Lindstrom R. L.. Food and drug administration study update. One-year results from 671 patients with the 3M multifocal intraocular lens [J]. *Ophthalmology*, 1993, **100**(1): 91~97
- 8 Keates R. H., Pearce J. L., Schneider R. T.. Clinical results of the multifocal lens [J]. *J. Cataract Refract Surg.*, 1987, **13**(5): 557~560
- 9 Wang Yousheng, Liao Ruirui, Liu Quan. Modern Optometry [M]. Guangzhou: Guangdong Technology Press, 2004: 387~420
王幼生, 廖瑞端, 刘 泉. 现代眼视光学 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2004. 387~420
- 10 Liou H. L., Brennan N. A.. Anatomically accurate, finite model eye for optical modeling [J]. *J. Opt. Soc. Am. A*, 1997, **14**(8): 1684~1695
- 11 Jin Chengpeng, Liu Xiaoling *et al.*. The use of the modulation transfer function to study intraocular lenses [J]. *Chinese J. Optometry & Ophthalmology*, 2003, **5**(3): 150~151
金成鹏, 刘晓玲 等. 6 种人工晶状体调制传递函数的研究 [J]. 眼视光学杂志, 2003, **5**(3): 150~151