

区域折射型多焦点人工晶状体植入术后视觉质量误差分析

杨 静, 陈海波, 曾明兵, 杨 军

引用: 杨静, 陈海波, 曾明兵, 等. 区域折射型多焦点人工晶状体植入术后视觉质量误差分析. 国际眼科杂志 2022; 22 (3): 447-451

基金项目: 海南省自然科学基金 (No.820QN414); 海南省卫生健康行业科研项目 (No.20A200322)

作者单位: (570311) 中国海南省海口市, 中山大学中山眼科中心海南眼科医院 海南省眼科医院 海南省眼科学重点实验室

作者简介: 杨静, 毕业于中南大学湘雅医学院, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 白内障及青光眼。

通讯作者: 杨静. yj19840116yj@163.com

收稿日期: 2021-07-30 修回日期: 2022-02-09

摘要

目的: 分析区域折射型多焦点人工晶状体植入术后客观视觉质量检查误差。

方法: 选取 2019-01/2020-06 在中山大学中山眼科中心海南眼科医院行白内障超声乳化摘除术的白内障患者 116 例 180 眼进行回顾性分析。根据植入人工晶状体类型, 将患者分为两组, 单焦组 (61 例 96 眼) 植入 Aspira-aA, 多焦组 (55 例 84 眼) 植入 LS-313 MF30。术后 3mo 检查患者裸眼远视力 (UCDVA)、最佳矫正远视力 (BCDVA)、裸眼中视力 (UCIVA) 和裸眼近视力 (UCNVA), 采用 Itrace 视觉质量分析仪进行客观视觉质量检查, 分析指标包括: 全眼高阶像差 (HOAt)、眼内高阶像差 (HOAi)、角膜高阶像差 (HOAc)、球差、彗差、三叶草差、斯特列尔比 (SR)、调制传递函数平均高度 (MTF AvgHeight) 和晶状体失调指数 (DLI)。

结果: 术后 3mo, 两组 UCDVA 及 BCDVA 比较无差异 ($t = -0.789, -0.815$, 均 $P > 0.05$); 多焦组的 UCIVA 和 UCNVA 明显优于单焦组, 比较均有差异 ($t = 1.971, 3.215$, 均 $P < 0.05$)。术后 3mo, 两组 HOAc 和球差的比较均无差异 ($t = 1.126, -0.995$, 均 $P > 0.05$)。多焦组的 HOAt、HOAi、彗差和三叶草差明显高于单焦组, 比较均有差异 ($t = -2.518, -2.926, -2.859, -3.128$, 均 $P < 0.05$)。多焦组的 SR、MTF AvgHeight 和 DLI 明显低于单焦组, 比较均有差异 ($t = 2.8537, 2.014, 3.292$, 均 $P < 0.05$)。视网膜 E 字视标图、MTF 和点扩散函数 (PSF) 曲线均显示, 多焦组术后眼内和全眼像差显著增加, 视网膜点阵 (RSD) 图显示, 附加 +3D 球镜后, 彗差和三叶草差明显增加。

结论: 区域折射型多焦点人工晶状体可以为患者提供优越的远中近视力, Itrace 视觉质量分析仪对区域折射型多焦点人工晶状体植入术后像差测量分析可能存在误差, 人工晶状体的设计本身可能会导致术后像差的增加和客观视觉质量的降低。

关键词: 多焦点人工晶状体; 区域折射; 视觉质量; Itrace

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.3.20

Error analysis of visual quality in segmented refractive multifocal intraocular lenses implanted eyes

Jing Yang, Hai - Bo Chen, Ming - Bing Zeng, Jun Yang

Foundation items: Natural Science Foundation of Hainan Province (No. 820QN414); Health - care Scientific Research Project of Hainan Province (No.20A200322)

Hainan Eye Hospital Branch of Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat - sen University; Hainan Eye Hospital; Key Laboratory of Ophthalmology in Hainan, Haikou 570311, Hainan Province, China

Correspondence to: Jing Yang. Hainan Eye Hospital Branch of Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University; Hainan Eye Hospital; Key Laboratory of Ophthalmology in Hainan, Haikou 570311, Hainan Province, China. yj19840116yj@163.com

Received: 2021-07-30 Accepted: 2022-02-09

Abstract

• **AIM:** To analyze the errors of objective visual quality after the implantation of segmented refractive multifocal intraocular lenses in patients with age-related cataract.

• **METHODS:** In this retrospective study including 180 eyes of 116 patients with senile cataract, implantation of either Aspira-aA IOL or LS-313 MF30 IOL was performed in Hainan Eye Hospital, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University. According to the implanted IOL, the patients were divided into the SIOL (Aspira - aA) group (61 patients, 96 eyes) and the MIOL (LS - 313 MF30) group (55 patients, 84 eyes). Three months postoperatively, uncorrected distance visual acuity (UCDVA), best corrected distance visual acuity (BCDVA), uncorrected intermediate visual acuity (UCIVA) and uncorrected near visual acuity (UCNVA) were assessed. Total higher - order aberrations (HOAt), internal higher - order aberrations (HOAi), corneal higher - order aberrations (HOAc), spherical aberration (SA), coma aberration (CA), trefoil aberration (TA), Strehl ratio (SR), average height of modulation transfer function (MTF AvgHeight) and dysfunctional lens index (DLI) were measured by iTrace visual quality analyzer (scanning diameter 3mm) three months postoperatively.

• **RESULTS:** Three months postoperatively, there was no statistically significant difference between the two groups

in UCDVA and BCDVA ($t = -0.789, -0.815$; all $P > 0.05$). UCIVA and UCNVA in the MIOL group were better than those in the SIOL group, with statistically significant difference ($t = 1.971, 3.215$; all $P < 0.05$). No statistically significant differences were observed in HOAc and spherical aberration between the two groups ($t = 1.126, -0.995$; all $P > 0.05$). HOAt, HOAi, coma aberration and trefoil aberration were larger in the MIOL group than those in the SIOL group ($t = -2.518, -2.926, -2.859, -3.128$; all $P < 0.05$). Strehl ratio, MTF AvgHeight and DLI in the MIOL group were lower than those in the SIOL group, with statistically significant difference ($t = 2.8537, 2.014, 3.292$; all $P < 0.05$). The results of retinal letter, MTF AvgHeight and SR showed that HOAt and HOAi increased significantly in the MIOL group. The retinal spot diagram showed that coma aberration and trefoil aberration increased significantly with the addition of +3D spherical diopter.

• **CONCLUSION:** Segmented refractive multifocal intraocular lens can provide excellent uncorrected distance, intermediate and near visual acuity. There may be errors in aberration measurement by iTrace visual quality analyzer after segmented refractive multifocal intraocular lenses implantation. The design of intraocular lens may lead to the postoperative increase in aberration and a decrease in objective visual quality.

• **KEYWORDS:** multifocal intraocular lens; segmented refractive; visual quality; Itrace

Citation: Yang J, Chen HB, Zeng MB, et al. Error analysis of visual quality in segmented refractive multifocal intraocular lenses implanted eyes. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22 (3): 447-451

0 引言

科技的发展和社会的进步,极大地促进了眼科相关的仪器设备和材料的更新换代,白内障手术逐渐由复明手术向屈光手术发展,尤其是多焦点人工晶状体的出现,更是让患者术后的生活质量得到了质的提升^[1],极大地提高了患者满意度^[2-3]。不同类型的多焦点人工晶状体可以为患者提供不同视程的视力,同时也有着不同程度的视觉干扰现象^[4],而非对称性区域折射型多焦点人工晶状体因其特殊的设计,在为患者提供优越的远、中、近视力的同时,大大降低了术后的视觉干扰,更容易被患者接受和适应^[5-6]。患者术后真实全面的视觉质量检查一直是临床医生关注的重要课题,Itrace 是临床上常用的视觉质量分析仪,本文通过分析区域折射型多焦点人工晶状体植入术后客观视觉质量检查结果,讨论光路追迹设计原理的视觉质量分析仪在区域折射型多焦点人工晶状体植入术后客观视觉质量检查分析中存在的误差。

1 对象和方法

1.1 对象 非随机同期对照临床研究。选取 2019-01/2020-06 在中山大学中山眼科中心海南眼科医院行白内障超声乳化摘除术的白内障患者 116 例 180 眼进行回顾

性分析。根据术中植入的人工晶状体类型,将患者分为两组,单焦组(61 例 96 眼)植入 Aspira-aA,多焦组(55 例 84 眼)植入 LS-313 MF30。纳入标准:(1)确诊为年龄相关性白内障患者;(2)按照 Emery 分级,晶状体核硬度分级为 II~IV 级;(3)眼轴长度:22~26mm;(4)预计术后角膜散光 $\leq 1.0D$;(5)Alpha 角 $\leq 0.5mm$,Kappa 角 $\leq 0.5mm$;(6)角膜高阶像差 $\leq 0.5\mu m$;(7)瞳孔直径:2.5~6mm。排除标准:(1)合并进行性加重的视网膜疾病;(2)小眼球、超高度近视、瞳孔明显异常、角膜严重病变、严重不规则散光、慢性葡萄膜炎、青光眼、晶状体囊膜及悬韧带明显异常、大度数交替性斜视等眼部器质性疾病及弱视患者等;(3)患有严重精神性、心理性疾病^[7]。本研究经海南省眼科医院伦理委员会批准(No.2020-008),所有患者及家属均知情同意本研究,并签订知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 术前准备:所有患者均行常规全身及眼部专科检查,排除全身手术禁忌证,除白内障外,排除其他可能影响术后视力的其他眼部疾病。所有患者的眼部生物测量数据均通过 IOL Master 700 测量获取,常规使用 SRK-T 公式进行计算,使用 Barrett 通用公式进行复核,术后预留屈光度 0~-0.25D。手术步骤:手术均由同一位技术娴熟医生完成。常规洗眼消毒后,表面麻醉 3 次,5%聚维酮碘消毒结膜囊,生理盐水冲洗,2:30 位角膜缘作侧切口,前房内注入黏弹剂,11:00 位做 3.0mm 透明角膜主切口,居中连续环形撕囊,撕囊口直径 5~5.5mm,水分离,水分离,超声乳化晶状体核及软鞘,1/A 抽吸残余晶状体皮质,囊袋内注入黏弹剂,囊袋内植入相应的 IOL,抽吸黏弹剂,必要时液流喷射法抛光后囊膜,调整 IOL 居中,水密封口。术后常规给予局部抗炎及预防感染等对症支持治疗。

1.2.2 观察指标 术后 3mo 检查患者裸眼远视力(UCDVA)、最佳矫正远视力(BCDVA)、裸眼中视力(UCIVA)和裸眼近视力(UCNVA),Itrace 进行视觉质量检查(扫描直径 3mm),分析指标包括:全眼高阶像差(HOAt),眼内高阶像差(HOAI),角膜高阶像差(HOAc),球差,彗差,三叶草差,斯特列尔比(SR),调制传递函数平均高度(MTF AvgHeight)和晶状体失调指数(DLI)。

统计学分析:采用统计学软件 SPSS23.0 对数据进行统计分析,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者术前一般资料比较 两组患者手术均顺利完成,术中均植入相应类型人工晶状体,术后裂隙灯检查和眼压检查均未见明显异常,两组患者的年龄、眼轴长度、植入的人工晶状体度数、术前 HOAc、明室和暗室瞳孔直径和术前角膜散光等资料的比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 两组患者术后视力比较 术后 3mo,两组 UCDVA 及 BCDVA 比较,差异均无统计学意义($t = -0.789, -0.815$, 均 $P > 0.05$);多焦组 UCIVA 和 UCNVA 明显优于单焦组,差异均有统计学意义($t = 1.971, 3.215$, 均 $P < 0.05$),见表 2。

表 1 两组患者术前一般资料比较

组别	眼数	年龄(岁)	眼轴长度(mm)	人工晶状体度数(D)	预留屈光度(D)
单焦组	96	62.11±4.38	23.97±0.89	20.06±2.08	-0.23±0.07
多焦组	84	63.57±5.90	24.17±1.07	21.18±2.73	-0.19±0.08
<i>t</i>		-1.759	-0.795	-0.334	4.542
<i>P</i>		0.282	0.432	0.747	0.124

组别	眼数	术前角膜散光(D)	HOAc(μm)	明室瞳孔直径(mm)	暗室瞳孔直径(mm)
单焦组	96	0.75±0.10	0.064±0.063	2.55±0.04	4.13±0.08
多焦组	84	0.59±0.07	0.079±0.019	2.60±0.07	4.39±0.06
<i>t</i>		3.765	-1.44	2.671	1.689
<i>P</i>		0.068	0.158	0.119	0.149

注:单焦组:植入人工晶状体 Aspira-aA;多焦组:植入人工晶状体 LS-313 MF30。

表 2 两组患者术后视力比较 ($\bar{x}\pm s, \text{LogMAR}$)

组别	UCDVA	BCDVA	UCIVA	UCNVA
单焦组	0.11±0.04	0.08±0.03	0.33±0.04	0.43±0.06
多焦组	0.15±0.06	0.09±0.04	0.13±0.05	0.11±0.03
<i>t</i>	-0.789	-0.815	1.971	3.215
<i>P</i>	0.28	0.203	0.038	0.001

注:单焦组:植入人工晶状体 Aspira-aA;多焦组:植入人工晶状体 LS-313 MF30。



图 1 单焦组患者视网膜 E 字视标图。

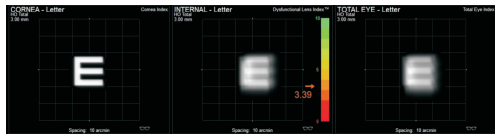


图 2 多焦组患者视网膜 E 字视标图。

2.3 两组患者术后 3mo 视觉质量比较 术后 3mo, 两组 HOAc 和球差的比较差异均无统计学意义 ($t = 1.126$ 、 -0.995 , 均 $P > 0.05$)。多焦组的 HOAt、HOAi、彗差和三叶草差明显高于单焦组, 差异均有统计学意义 ($t = -2.518$ 、 -2.926 、 -2.859 、 -3.128 , 均 $P < 0.05$), 见表 3。多焦组的 SR、MTF AvgHeight 和 DLI 明显低于单焦组, 差异均有统计学意义 ($t = 2.8537$ 、 2.014 、 3.292 , 均 $P < 0.05$), 见表 4。

术后 3mo, 两组角膜源性视网膜 E 字视标清晰度无明显差别, 而由眼内因素和综合因素(角膜和眼内因素)模拟的视网膜 E 字视标, 单焦组比多焦组清晰, 见图 1、2。多焦组患者的视网膜点阵(RSD)图显示, 当附加+3D 球镜后, 边缘彗差和三叶草差明显增加, 见图 3。单焦组眼内、角膜及全眼 MTF 曲线走势平缓, 曲线下面积大, 见图 4; 多焦组眼内 MTF 曲线低平, 下降快, 曲线下面积小, 和全眼 MTF 曲线走势基本一致, 而角膜 MTF 曲线走势平缓, 曲线下面积大, 见图 5。点扩散函数(PSF)曲线显示, 单焦组眼内和全眼视网膜点阵图清晰集中(图 6); 多焦组患者眼内和全眼视网膜点阵图弥散模糊(图 7), 两组角膜视网膜点阵图均较清晰。

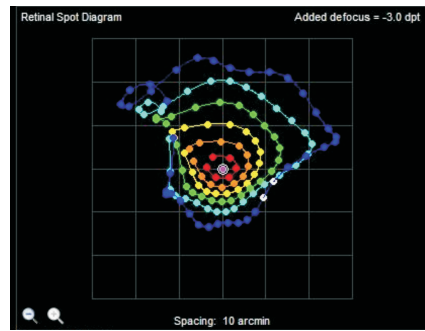


图 3 多焦组患者 RSD 图。

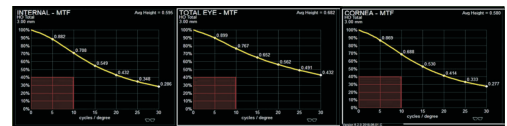


图 4 单焦组 MTF 曲线。

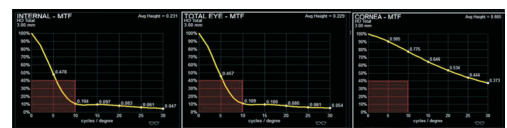


图 5 多焦组 MTF 曲线。

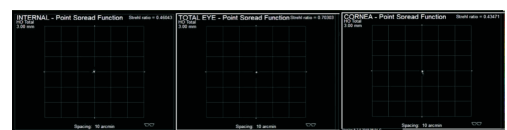


图 6 单焦组 PSF 曲线。

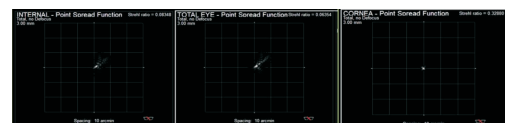


图 7 多焦组 PSF 曲线。

3 讨论

白内障超声乳化摘除联合多焦点人工晶状体植入为白内障患者提供了高质量的远中近视力, 极大提高了患者的生活质量^[8]。目前, 主流的多焦点人工晶状体包括折射型、衍射型、折衍结合型以及景深延长型人工晶状体, 均有各自的优缺点^[9-10]。其中, LS-313 MF30 为非球面零球差设计的区域折射型多焦点人工晶状体, 视近区附加+3.0D

表3 两组术后高阶像差比较

组别	HOAt	HOAi	HOAc	球差	彗差	三叶草差
单焦组	0.12±0.05	0.10±0.04	0.09±0.03	0.016±0.005	0.06±0.04	0.022±0.002
多焦组	0.28±0.08	0.25±0.05	0.08±0.05	0.021±0.004	0.19±0.05	0.175±0.003
<i>t</i>	-2.518	-2.926	1.126	-0.995	-2.859	-3.128
<i>P</i>	0.019	0.005	0.109	0.128	0.006	0.003

注:单焦组:植入人工晶状体 Aspira-aA;多焦组:植入人工晶状体 LS-313 MF30。

表4 两组术后客观视觉质量指标比较

组别	SR	MTF AvgHeight	DLI
单焦组	0.741±0.09	0.662±0.08	9.35±0.10
多焦组	0.06±0.006	0.035±0.005	3.39±0.12
<i>t</i>	2.8537	2.014	3.292
<i>P</i>	0.009	0.012	0.002

注:单焦组:植入人工晶状体 Aspira-aA;多焦组:植入人工晶状体 LS-313 MF30。

球镜,使用简单的折射原理,最小化的光能损失,实现复杂的多焦成像。术后良好的对比敏感度,极低的光学干扰,以及舒适的远、中、近距离连续视程,让患者日常生活实现完全脱镜,在临床中被广泛应用^[11-12],此类型人工晶状体植入术后患者的视觉质量也越来越受到临床医生的关注,其中MTF、PSF以及SR均是评价客观视觉质量的重要指标^[13-14]。

大量研究证明^[15],由于LS-313 MF30附加+3.0D球镜,所以可以为患者提供优越的近视力,同时,由于远近焦点中间区域形成的焦斑也可以被患者清楚识别,所以还可以为患者提供一定的中间视力。本研究发现,多焦组患者术后3mo,中、近视力比单焦组好,而远视力和单焦组比较,无明显差别,所有患者均主诉视力比术前明显提高,除2例患者主诉夜晚有光晕现象外,其余患者均未主诉有明显的视觉干扰现象。因此,区域折射型多焦点人工晶状体可以在不影响远视力的同时,为患者提供卓越的中近视力,这和其他研究结果一致。

既往研究报道^[12],植入LS-313 MF30后,患者眼内像差,尤其是彗差和三叶草差较单焦点人工晶状体植入术后明显增高,对比敏感度下降,所以,虽然LS-313 MF30可以提供远中近全程视力,但是术后患者视觉质量比单焦组差,本研究也发现,多焦组术后像差(彗差和三叶草差)高于单焦点组,SR值和MTF AvHeight低于单焦组,这和其他文献报道是一致的。但是,从多焦组患者术后的视网膜E字视标图发现,全眼和眼内模拟E字视标模糊程度一致,而角膜源性模拟E字视标清晰;MTF曲线中眼内曲线低平,下降快,和全眼曲线走势基本一致,而角膜源性曲线走势平缓,曲线下面积高;PSF曲线显示,多焦组眼内和全眼视网膜点阵图弥散模糊。甚至发现,在晶状体混浊程度相对较轻的白内障患者中,以上指标术后结果差于术前,但在术后随访中,患者主诉术后视物比术前明显改善,主观感觉与客观检查结果明显不符。

尽管本研究和既往研究都显示^[14],多焦组客观视觉质量检查的各项指标都要差于单焦组,但是,作者认为多

焦组术后客观视觉质量的检查结果可能不能体现患者真实的视觉质量,检查结果可能存在误差,因为所有指标均表明,全眼的视觉质量和眼内结果一致,即患者术后客观视觉质量不理想主要是由人工晶状体的设计造成的。Itrace视觉质量分析仪具有分离像差的功能,可以将全眼像差分离为角膜源性像差和眼内像差,本研究发现,术后3mo,两组间角膜源性像差比较无明显差异,而多焦组眼内像差明显高于单焦点组,在像差组成中,两组间球差无明显区别,而彗差和三叶草差多焦组明显高于单焦组。从RSD图中发现,当附加+3.0D球镜时,视网膜点阵图出现了明显的彗差和三叶草差,这也解释了人工晶状体的设计本身会导致像差的增加。LS-313 MF30属于非对称性区域设计的多焦人工晶状体,分为上下两个平面分别用于视远和视近,其中视近平面在视远度数的基础上附加了+3.0D球镜,中间有一定区域的过渡区,不参与光线的会聚。而Itrace视觉质量分析仪的工作原理是发射激光光线到视网膜,通过分析实际成像和理想成像的位移得出像差,因此,在使用这种工作原理的像差仪测量区域折射型多焦点人工晶状体时可能出现比较大的误差,分析原因可能有:(1)激光光线在通过瞳孔区时,同时经过了人工晶状体的视远区和视近区,光线经过不同程度的折射后必然会形成两个不同的焦点,即像的位移增加,仪器认定为像差增加;(2)激光光线经过上下两个屈光面形成两个不同的焦点,仪器认定为人工晶状体出现了倾斜,导致像差增加;(3)由于人工晶状体过渡区没有屈光度,通过该区域的光线无法会聚成焦点,也可能导致像差的增加^[15]。

本研究也存在一定的局限性:(1)由于目前临床上缺乏针对此类问题的调查问卷表,所以,此次研究没有对患者术后主观视觉质量进行问卷调查分析统计,如果能够对患者主观视觉质量和客观视觉质量进行对照分析,更能证明客观视觉质量检查结果的误差所在;(2)本研究中只分析3mm瞳孔直径范围内的像差值,因为作者认为,日常生活中有效瞳孔范围内的像差对患者影响更大,但如果能够对5mm瞳孔直径内的像差也进行统计分析,结果会更加全面,对患者夜间视觉质量分析会有更多参考价值;(3)本研究样本量有限,结果可能存在偏差。

综上所述,研究认为区域折射型多焦点人工晶状体可以为患者提供优越的远中近视力,光路追迹这一类设计原理的视觉质量分析仪在对非对称区域折射型多焦点人工晶状体视觉质量进行检查分析时可能存在误差,人工晶状体设计本身可能导致了术后像差的增加和客观视觉质量的降低。随着多焦点人工晶状体的普及,临床上急需能够真正测量该类型人工晶状体视觉质量的视觉质量分析仪。

参考文献

- 1 Venter JA, Pelouskova M, Collins BM, *et al.* Visual outcomes and patient satisfaction in 9366 eyes using a refractive segmented multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(10):1477-1484
- 2 Cochener B, Group CS. Clinical outcomes of a new extended range of vision intraocular lens; international Multicenter Concerto Study. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(9):1268-1275
- 3 Pedrotti E, Carones F, Aiello F, *et al.* Comparative analysis of visual outcomes with 4 intraocular lenses: monofocal, multifocal, and extended range of vision. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(2):156-167
- 4 Escandón-García S, Ribeiro FJ, McAlinden C, *et al.* Through-focus vision performance and light disturbances of 3 new intraocular lenses for presbyopia correction. *J Ophthalmol* 2018;2018:6165493
- 5 Kohnen T, Hemkepler E, Herzog M, *et al.* Visual outcomes after implantation of a segmental refractive multifocal intraocular lens following cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2018;191:156-165
- 6 Kretz FT, Khoramnia R, Attia MS, *et al.* Clinical evaluation of functional vision of +1.5 diopters near addition, aspheric, rotational asymmetric multifocal intraocular lens. *Korean J Ophthalmol* 2016;30(5):382-389
- 7 中华医学会眼科学分会白内障及人工晶状体学组. 中国多焦点人工晶状体临床应用专家共识(2019年). *中华眼科杂志* 2019;55(7):491-494
- 8 Mencucci R, Favuzza E, Caporossi O, *et al.* Comparative analysis of visual outcomes, reading skills, contrast sensitivity, and patient satisfaction with two models of trifocal diffractive intraocular lenses and an extended range of vision intraocular lens. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256(10):1913-1922
- 9 刘梦, 代诚, 李宾中. 多焦点人工晶状体植入术后客观视觉质量评估的 Meta 分析. *国际眼科杂志* 2020;20(12):2100-2105
- 10 Serdiuk V, Ustyenko S, Fokina S, *et al.* Comparison of three different presbyopia - correcting intraocular lenses. *Rom J Ophthalmol* 2020;64(4):364-379
- 11 McNeely RN, Pazo E, Spence A, *et al.* Visual quality and performance comparison between 2 refractive rotationally asymmetric multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(8):1020-1026
- 12 崔崑, 杨松霖, 晏晓明. 区域折射型多焦点人工晶状体与非球面单焦点人工晶状体植入术后患者客观视觉质量的短期对比研究. *中华眼科医学杂志(电子版)* 2018;3:7-13
- 13 Radhakrishnan A, Dorronsoro C, Marcos S. Differences in visual quality with orientation of a rotationally asymmetric bifocal intraocular lens design. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(9):1276-1287
- 14 毛一, 祁颖, 邵敬芝, 等. 区域折射型与衍射型多焦点人工晶状体植入术后视觉质量对比研究. *眼科新进展* 2019;39(5):456-460
- 15 Akondi V, Pérez-Merino P, Martínez-Enriquez E, *et al.* Evaluation of the true wavefront aberrations in eyes implanted with a rotationally asymmetric multifocal intraocular lens. *J Refract Surg* 2017;33(4):257-265