

光学质量分析系统对不同材质和屈光指数的 IOL 植入眼视觉质量的评估

魏荫娟 宋慧 汤欣

300020 天津市眼科医院 天津市眼科学与视觉科学重点实验室 天津市眼科研究所 天津医科大学眼科临床学院

通信作者:汤欣, Email: tangprofessor@aliyun.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.03.012

【摘要】 **背景** 白内障超声乳化摘出术联合 IOL 植入术可降低由晶状体混浊引起的光线散射,但很多 IOL 植入后的患者主诉眩光或视物模糊。IOL 的材质会影响 IOL 的屈光指数 (RI) 及光学区设计,从而影响 IOL 植入眼的散射光值。 **目的** 使用光学质量分析系统 (OQAS) 对不同材质和 RI 的 IOL 植入眼视觉质量进行评估。 **方法** 对 2014 年 3—10 月在天津市眼科医院因年龄相关白内障行白内障超声乳化摘出联合 IOL 植入术的 65 例 95 眼病历资料进行回顾性分析,术中植入疏水性丙烯酸酯 IOL (AR40e 组) 者 32 眼,植入疏水性丙烯酸酯 IOL (SA60AT 组) 者 30 眼,植入亲水性丙烯酸酯 IOL (620H 组) 者 33 眼。分析的视觉质量指标包括 IOL 植入眼的裸眼远视力 (UCDVA, LogMAR)、客观散射指数 (OSI)、调制传递函数截止频率 (MTF cut off)、斯特尔比率 (SR)、Profile width 分别在 50% 和 10% 的点扩散函数 (PSF) 和对比度为 100%、20% 和 9% 的视力,对 3 种不同类型 IOL 植入眼的视觉质量检测结果进行比较。 **结果** AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组术眼术后 1 个月裸眼远视力 (UCDVA) 均 ≥ 0.3 ,且 3 个组间最佳矫正远视力 (BCDVA, LogMAR) 总体比较差异无统计学意义 ($F=1.362, P=0.246$)。AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组术眼 OSI 分别为 1.72 ± 1.11 、 1.89 ± 1.07 和 2.13 ± 1.13 ,组间总体比较差异有统计学意义 ($F=3.638, P=0.045$), AR40e 组术眼 OSI 值均明显低于 SA60AT 组和 620H 组,差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$)。各组间术眼 MTF cut off 的总体比较差异无统计学意义 ($F=2.401, P=0.192$)。AR40e 组 SR 值明显高于 SA60AT 组和 620H 组,而 50% PSF 和 10% PSF 均明显低于 SA60AT 组和 620H 组,差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$), 3 个组间术眼 9% VA 的总体比较差异有统计学意义 ($F=3.866, P=0.038$), 其中 AR40e 组术眼 9% VA 明显好于 SA60AT 组和 620H 组,差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$)。AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组术眼 OSI 与 BCDVA 间均呈明显负相关 ($r=-0.275, P=0.041$; $r=-0.287, P=0.042$; $r=-0.233, P=0.037$)。 **结论** OQAS 可客观评估白内障患者术后的视觉质量, IOL 材质和 RI 的不同对于 IOL 植入眼视觉质量有较大影响,在低对比度的环境下影响更明显。疏水性且 RI 较低的 IOL 植入眼视觉质量更好。

【关键词】 人工晶状体眼; 眼内晶状体植入; 丙烯酸树脂; 疏水性和亲水性; 散射光; 对比敏感度; 视力; 眼屈光度

基金项目: 天津市应用基础与前沿技术研究计划项目 (15JCYBJC27600)

Optical quality evaluation of pseudophakic eyes implanted different materials of IOL by optical quality analysis system Wei Yinjuan, Song Hui, Tang Xin

Tianjin Eye Hospital, Tianjin Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Tianjin Eye Research Institutes, Clinical College of Ophthalmology of Tianjin Medical University, Tianjin 300020, China

Corresponding author: Tang Xin, Email: tangprofessor@aliyun.com

【Abstract】 **Background** Phacoemulsification with IOL implantation can reduce the light scattering caused by cataract, but many patients with IOLs implantation complained of glare or blurred vision. IOLs from different materials will affect IOL refractive index (RI) and optical design, which affect the value of scattered light of IOLs implantation. **Objective** This study was to analyze the effect of IOL materials on optical quality in pseudophakic eyes with optical quality analysis system (OQAS). **Methods** The clinical data of 95 eyes from 65 patients with

age-related cataract who received phacoemulsification with IOL implantation in Tianjin Eye Hospital from March to October were retrospectively analyzed. Three types of IOL, including AR40e, Acrysof SA60AT and Rayner 620H, were implanted in 32 eyes, 30 eyes and 33 eyes, respectively. The visual quality indexes were detected and evaluated using OQAS, including uncorrected distance visual acuity (UCDVA, LogMAR), objective scatter index (OSI), modulation transfer function cut off (MTF cut off), strehl ratio (SR), Profile width at 50% point scatter function (PSF), Profile width at 10% PSF and contrast visual acuity under the 100%, 20%, 9% contrasts. **Results** The UCDVA was ≥ 0.3 in the eyes of AR40e group, SA60AT group and 620H group 1 month after surgery. No significant difference was found in the best corrected distance visual acuity (BCDVA, LogMAR) among three groups ($F = 1.362, P = 0.246$). The OSI was $1.72 \pm 1.11, 1.89 \pm 1.07$ and 2.13 ± 1.13 in the AR40e group, SA60AT group and 620H group, with a significant difference among the groups ($F = 3.638, P = 0.045$), and the OSI was significantly lower in the AR40e group than that in the SA60AT group or 620H group (both at $P < 0.05$). No considerable difference in MTF cut off among the groups ($F = 2.401, P = 0.192$). The SR value was significantly elevated and the PSF at both 50% and 10% was declined in the AR40e group compared with the SA60AT group and 620H group (all at $P < 0.05$). A significant difference was found in 9% contrast visual acuity among the three groups ($F = 3.866, P = 0.038$), and 9% contrast visual acuity was better in the AR40e group than that in the SA60AT group or the 620H group (both at $P < 0.05$). Negative correlations were found between OSI and BCDVA in the AR40e group, SA60AT group and 620H group ($r = -0.275, P = 0.041; r = -0.287, P = 0.042; r = -0.233, P = 0.037$). **Conclusions** OQAS can evaluate optical quality of cataract patients after operation objectively. Material and RI of IOL have a great effect on visual quality after phacoemulsification with IOL implantation, especially under the low contrast environment. The operated eyes implanted hydrophobic acrylic IOLs with a lower RI can get better optical quality in comparison with the eyes implanted hydrophilic IOLs.

[Key words] Pseudophakia; Lens implantation, intraocular; Acrylic resins; Hydrophobic and hydrophilic interactions; Scattering, radiation; Contrast sensitivity; Visual acuity; Refraction, ocular

Fund program: Tianjin Research Program of Application Foundation and Advanced Technology (15JCYBJC27600)

年龄相关性白内障患者因为晶状体混浊而导致眼部光线散射增强,故视网膜成像的敏感度降低。白内障超声乳化摘出联合 IOL 植入术可消除白内障混浊引起的光散射程度,但很多患者 IOL 植入后主诉眩光或视物模糊。IOL 的材质不同会影响 IOL 的屈光指数 (refractive index, RI) 及光学区设计,从而影响 IOL 植入眼的散射光值^[1-2]。IOL 的材质和设计对评估 IOL 植入眼的视觉质量非常重要。目前大多数 IOL 的材质为丙烯酸酯材料,可分为亲水性和疏水性,其 RI 并不完全相同。本研究中使用光学质量分析系统 (optical quality analysis system, OQAS) 对植入相同 RI 的丙烯酸酯材料 IOL 后及植入相同疏水性材质但 RI 不同的 IOL 植入眼的视觉质量进行评估,评价不同材质或不同 RI 对 IOL 植入眼视觉质量的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

对 2014 年 3—10 月在天津市眼科医院行白内障超声乳化摘出联合不同 IOL 植入术的 65 例 95 眼病历资料进行回顾性分析。纳入的患者资料包括术前

IOL-Master 测量眼轴长度为 22 ~ 24 mm 者、角膜散光 ≤ 1.5 D 者。排除瞳孔 < 4 mm 者,有葡萄膜炎、青光眼、视网膜脱离、角膜白斑患者以及有糖尿病、高血压、凝血系统疾病的患者。按照患者术眼植入 IOL 类型的不同将术眼分为 AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组。术后的随访记录包括裂隙灯显微镜检查情况、手术前后 LogMAR 视力和屈光状态变化等,对不同材质 IOL 植入眼的视觉质量行 OQAS 分析,不同类型 IOL 植入眼的基线特征资料见表 1。

表 1 不同类型 IOL 组患者人口基线特征比较

组别	眼数	眼别 ^a (右/左,眼数)	性别 ^a (男/女,例数)	年龄 ^b ($\bar{x} \pm s$, 岁)	眼轴长度 ^b ($\bar{x} \pm s$, mm)
AR40e 组	32	19/13	10/14	63.79 \pm 7.38	23.12 \pm 2.45
SA60AT 组	30	18/12	7/13	67.21 \pm 9.34	22.98 \pm 2.69
620H 组	33	15/18	9/12	66.76 \pm 9.32	23.43 \pm 2.37
χ^2/F		3.216	2.322	1.289	0.967
P		1.045	1.861	2.342	3.819

注: IOL: 人工晶状体 (a: χ^2 检验; b: 单因素方差分析)

1.2 方法

1.2.1 手术步骤 所有手术均由同一位医师完成。

术眼术前 30 min 用复方托吡卡胺滴眼液(日本参天株式会社)充分扩瞳,盐酸丙美卡因滴眼液(美国 Alcon 公司)点眼行表面麻醉。于患者右眼颞上方或左眼鼻上方以专用手术刀行 3.2 mm 透明角膜隧道切口,连续环形居中撕囊,充分水分离,超声乳化摘出晶状体,抛光后囊膜,囊袋内推注 IOL 至正位,水密封闭切口。所有术眼手术过程顺利,无并发症发生。本组患眼植入的 IOL 包括 RI 为 1.46 的疏水性丙烯酸酯 IOL AR40e(SENAR,美国 AMO 公司)、亲水性丙烯酸酯 IOL 620H(英国 Rayner 公司)和 RI 为 1.55 的疏水性丙烯酸酯 IOL SA60AT(Acrysof,美国 Alcon 公司)。各组患者植入 IOL 的屈光度相近。

1.2.2 IOL 的 OQAS 测量 使用根据双通道系统原理设计的 OQAS(西班牙 VISIOMETRICS 公司)对所有 IOL 植入眼的视觉质量进行测量,包括客观散射指数(objective scatter index, OSI)、调制传递函数截止频率(modulation transfer function cut off, MTF cut off)、斯特尔比率(Strehl ratio, SR)、Profile width 分别在 50% 和 10% 的点扩散函数(point scatter function, PSF)。OQAS 通过这些光学质量指标对视觉质量进行量化,从而进行更加客观的分析^[3]。

对 IOL 植入眼进行 OQAS 对比度视力(visual acuity, VA)检查,同时获得 OQAS 系统光线对比度在 100%、20% 和 9% 时的 VA。测量过程在暗室内自然瞳孔状态下完成,人工瞳孔直径设定为 4.0 mm,在自动测量的过程中对不同屈光状态下的视网膜图像进行扫描,并自动选择仪器认为最佳图像时的屈光状态作为最佳焦点。自动聚焦后 OQAS 会捕捉 6 次 PSF 图像并得出 OSI、MTF cut off 和 SR 的平均值。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 15.0 统计学软件进行统计分析。本研究中定性资料的数据资料以频数表示,测量指标的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用均衡分组多水平研究设计,AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组间不同眼别的眼数分布和不同性别间患者分布的总体差异比较均采用 χ^2 检验,各组术眼的眼轴长度、最佳矫正远视力(best corrected distant visual acuity, BCDVA)、球镜度、柱镜度、OSI、PSF、MTF cut off 和 VA 的总体比较均采用单因素方差分析,组间多重比较采用 LSD-t 检验;各组内 IOL 植入眼 OSI 与 BCDVA 的关系采用 Pearson 线性相关分析法进行评估。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同类型 IOL 组术后术眼视力、屈光度和 OSI 的

比较

术后 1 个月所有术眼裸眼远视力(uncorrected distant visual acuity, UCDVA)均 ≥ 0.3 ,不同材质 IOL 组术眼 BCDVA 比较差异无统计学意义($F = 1.362, P = 0.246$);术后 1 个月各组术眼球镜度数和柱镜度数的总体比较差异均无统计学意义($F = 0.982, P = 3.587; F = 0.799, P = 4.146$)。AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组患者 OSI 的总体比较差异有统计学意义($F = 3.638, P = 0.045$),其中 SA60AT 组和 620H 组 OSI 值明显高于 AR40e 组,差异均有统计学意义($P = 0.042, 0.044$)(表 2)。

表 2 不同类型 IOL 组 BCDVA、球镜度数、柱镜度数和 OSI 的比较($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	BCDVA	球镜度数(D)	柱镜度数(D)	OSI
AR40e 组	32	0.18±0.22	0.57±0.18	0.37±0.22	1.72±1.11
SA60AT 组	30	0.20±0.24	0.52±0.20	0.46±0.26	1.89±1.07 ^a
620H 组	33	0.17±0.19	0.67±0.28	0.40±0.23	2.13±1.13 ^a
F		1.362	0.982	0.799	3.638
P		0.246	3.587	4.146	0.045

注:与各自的 AR40e 组比较,^a $P < 0.05$ (单因素方差分析,LSD-t 检验)
IOL:人工晶状体;OSI:客观散射指数;BCDVA:最佳矫正远视力

2.2 不同类型 IOL 组术后 PSF 的比较

不同类型 IOL 组术眼最佳矫正视力的 PSF 图像和所对应的 OSI 检测显示,620H 组术眼的 PSF 图像较为弥散,AR40e 组和 SA60AT 组术眼的 PSF 图像峰值更加清晰和集中,对应的 OSI 较小(图 1)。AR40e 组、SA60AT 组与 620H 组患者 OSI 与 BCDVA 间均呈负相关($r = -0.275, P = 0.041; r = -0.287, P = 0.042; r = -0.233, P = 0.037$)(图 2)。

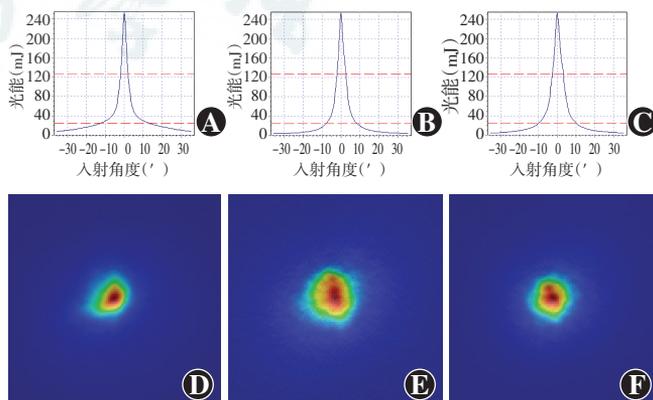


图 1 不同类型 IOL 组术眼 BCDVA 的 PSF 图像和所对应的 OSI
A: AR40e 组术眼 PSF 峰值图 B: SA60AT 组术眼 PSF 峰值图 C: 620H 组术眼 PSF 峰值图 D: AR40e 组术眼对应 PSF 的 OSI 为 1.6 E: SA60AT 组术眼对应 PSF 的 OSI 为 1.9 F: 620H 组术眼 PSF 的 OSI 为 2.1

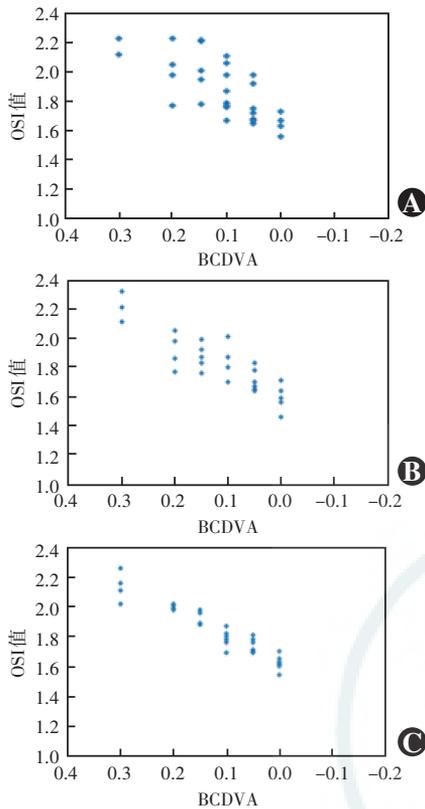


图 2 不同类型 IOL 组术后 OSI 与 BCDVA 的关系散点图 A: AR40e 组术后 OSI 与 BCDVA 呈负相关 ($r = -0.275, P = 0.041$) (Pearson 直线相关分析, $n = 32$) B: SA60AT 组术后 OSI 与 BCDVA 呈负相关 ($r = -0.287, P = 0.042$) (Pearson 直线相关分析, $n = 30$) C: 620H 组术后 OSI 与 BCDVA 呈负相关 ($r = -0.233, P = 0.037$) (Pearson 直线相关分析, $n = 33$) OSI: 客观散射指数; BCDVA: 最佳矫正远视力

2.3 不同类型 IOL 组术后 MTF cut off、SR、50% PSF 和 10% PSF 的比较

AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组组间术后 MTF cut off 值的总体比较差异无统计学意义 ($F = 2.401, P = 0.192$); 不同类型 IOL 组术后 SR、50% PSF 和 10% PSF 的总体比较差异均有统计学意义 ($F = 4.323, P = 0.035; F = 4.187, P = 0.036; F = 5.198, P = 0.032$), 其中 AR40e 组 SR 值明显高于 SA60AT 组和 620H 组, 而 PSF 均明显低于 SA60AT 组和 620H 组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。各组患者 VA 随图像对比度的减小均有依次递减的趋势, 但最大下降幅度均未超过 50%。在 100% 和 20% 对比度下, AR40e 组、SA60AT 组和 620H 组组间术眼的 VA 总体比较差异均无统计学意义 ($P = 0.723, 0.694$), 3 个组间术眼 9% VA 差异有统计学意义 ($F = 3.866, P = 0.038$), 其中 AR40e 组术眼 9% VA 明显高于 SA60AT 组和 620H 组, (均 $P < 0.05$)。就上述各指标而言相同 RI 的疏水性丙烯酸酯 IOL 优于亲水性; 相同疏水性材质但 RI 不同的 2 个组 IOL 植入眼比较, RI 略小的 IOL 较优 (表 3)。

表 3 不同类型 IOL 组术后 OQAS 光学质量相关参数和 VA 比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	SR	MTF cut off	PSF			VA	
				50%	10%	100%	20%	9%
AR40e 组	32	0.176 ± 0.042	42.15 ± 12.10	5.34 ± 2.26	20.17 ± 11.13	1.03 ± 0.78	0.84 ± 0.12	0.76 ± 0.23
SA60AT 组	30	0.142 ± 0.069 ^a	43.76 ± 12.93	6.22 ± 2.49 ^a	25.37 ± 8.75 ^a	0.79 ± 0.19	0.83 ± 0.24	0.51 ± 0.19 ^a
620H 组	33	0.123 ± 0.058 ^a	41.86 ± 10.23	9.01 ± 4.24 ^a	31.06 ± 15.43 ^a	0.78 ± 0.34	0.69 ± 0.32	0.39 ± 0.21 ^a
F		4.323	2.401	4.187	5.198	1.127	1.874	3.866
P		0.035	0.192	0.036	0.032	0.723	0.694	0.038

注: 与各自的 AR40e 组比较, ^a $P < 0.05$ (单因素方差分析, LSD-*t* 检验) IOL: 人工晶状体; OQAS: 光学质量分析系统; SR: 斯特尔比率; MTF cut off: 调制传递函数截止频率; PSF: 点扩散函数; VA: 对比度视力

3 讨论

光源为 780 nm 的二极管红外线光通过眼屈光间质到达视网膜的模式为单通道系统, 光线从视网膜再反射并被系统收集则形成双通道系统^[4]。已有文献报道, 本研究中所使用的 OQAS 测量法具有较高的准确性和可重复性^[5-6]。视网膜平面光学质量的评价指标主要包括: (1) PSF: 即一个物点发出一定强度的光经过光学系统后在视网膜成像面上的光强分布函数。由于任何物体都可以被认为是无数点光源组合而成, 因此通过 PSF 图像可以比较直观地了解成像特点。50% PSF 和 10% PSF 分别指在剖面图最高值 (纵坐标) 的 50% 和 10% 时横坐标所对应的值, 据此可以获得剖面图大小, 其值越小提示成像越集中, 视觉质量越

好。(2) SR: 即存在像差的情况下观察平面上最大光强处的光强度与无像差存在时的光强度比值, 通常用 MTF 曲线下方的面积表示; 焦点上实际光强度与理想最大强度的比值, 是与波前像差的均方根 (root of mean square, RMS) 直接相关的光学性能指标。(3) OSI: 通过统计在双通道图像外围 12' ~ 20' 视角的光线量和中央光线量的比值得出, 客观评估眼内散射量, OSI 值越高, 散射情况越严重^[7-8]。(4) 光学传递函数 (optical transfer function, OTF): 物体是由一系列不同空间频率、相位和方向的正弦波条纹叠加而成, 可用 OTF 表示, 其由 MTF 和相位传递函数 (phase transfer function, PTF) 组成, 因为 PTF 的变化对清晰度影响不大, 有 MTF 应用较多。MTF 阈值为 0 ~ 1, 反映了光学系统对不同空间频率的传递能力, 随空间频率的增大而逐渐

降低。MTF cut off 即人眼 MTF 曲线在空间频率达到该频率值时,到达分辨率的极限,即 MTF 值趋向于零;其值越大,光学质量越好。既往使用的像差仪,由于其测量原理是模拟视网膜成像间接推导 PSF 值,对于评定成像质量关键的 PSF 峰值捕捉能力有限;OQAS 直接对点光源在视网膜上的成像形状及大小进行分析,使用的双通道技术对于 PSF 峰值中央 10' 的范围可以精确测量^[9]。其直接采集 PSF 图像,转化为 SR、OSI,模拟 VA 与 MTF 曲线,分析总和了像差、衍射和散射的共同影响,全面客观地对视网膜的成像质量进行评估^[6]。

影响 IOL 眼散射的因素包括:(1)瞳孔直径 瞳孔扩大以后,IOL 光学区边缘,尤其是直角边缘的暴露会增加光线的散射程度,同时扩瞳以后暴露更多的钙化囊膜,会干扰视网膜的光线分布,导致散射光值的增加以及视力和对比敏感度的下降^[10]。(2)IOL 材质 不同的材质会影响 IOL 的 RI,从而影响 IOL 眼的散射值。(3)IOL 设计 Erie 等^[11]研究提示,光学区前表面曲率高会使得通过光学区的内反射光线汇聚形成的焦点更加靠近 IOL,从而降低视网膜表面的眩光强度,因此平坦的光学区前表面可能是散射光值增高的原因之一。(4)手术因素 白内障超声乳化术后亚临床角膜水肿和内皮损失,尤其是手术切口附近的水肿,也会导致 IOL 植入眼的散射光值升高。

目前临床应用的 IOL 可以分为亲水性和疏水性两大类,不同的 IOL 材质和 RI 对于 IOL 眼视觉质量有较大影响^[2],但目前相关的在体研究较少,因此本研究使用新型 OQAS 系统对于不同材质和 RI 的 IOL 植入眼视觉质量进行评估比较。不同的材质对 IOL 的 RI、光学区的软硬度及厚度均有一定影响,从而影响 IOL 光学区的设计,导致 IOL 植入眼的散射光值变化。材料的 RI 越高,入射光发生折射的能力越强,因此这种材料的 IOL 越薄,即在中心厚度及度数相同的情况下,RI 高的材料比 RI 低的材料边缘更薄。将相同 RI (RI 为 1.46) 的疏水性和亲水性丙烯酸酯 IOL 植入眼的视觉质量进行比较,疏水性 IOL AR40e 植入眼优于亲水性 IOL 620H 植入眼;将疏水性材质相同但 RI 不同的 AR40e 和 SA60AT (RI 为 1.55) 植入眼的视觉质量进行比较,RI 略小的 AR40e 植入眼较优。亲水性 IOL 植入眼的 PSF 图像较为弥散,相比之下 AR40e 和 SA60AT 植入眼的 PSF 图像峰值更加清晰和集中。体外 IOL 植入眼模型的研究结果证实,不同空间频率下光线在 IOL 植入眼的传输效率与 IOL 的材质和设计有关^[11]。Jose 等^[10]对于植入丙烯酸酯和硅胶材质 IOL

1 年的术眼视觉质量进行评估,发现丙烯酸酯材质的 IOL 植入眼散射光值较高,认为其与材质的 RI 较高,相同 IOL 度数下光学区双凸形态引起的像差改变有关。亲水性 IOL 的加工工艺通常是在亲水性材质的水合作用前进行机床切削,而材质水合作用可能影响到 IOL 光学区边缘的锐利,容易使 IOL 植入眼产生乳白色光效应,导致光线传输效率降低而引起视觉质量下降^[12]。本研究中 3 种类型的 IOL 组术眼 OSI 与 BCDVA 均呈明显负相关,说明眼内散射光的存在对于患者术后的视觉质量会产生影响^[7]。研究表明,疏水性 IOL 可能会导致更多的炎性细胞黏附及加快囊袋的混浊^[13-14]。IOL 材料的亲水性越高,细胞的黏附和增生就越少^[15]。目前尚未发现关于光线散射与炎性细胞黏附之间关系的研究结论,但是炎性细胞黏附可能是导致亲水性与疏水性 IOL 之间散射光值差异的原因之一。

IOL 闪辉是光学区水分聚集形成的折光性微泡样结构,IOL 光学区内的闪辉密度增加也是增强光线散射的重要原因之一。IOL 闪辉与散射光值增加有关^[16-17]。任何一种 IOL 都可能发生闪辉,但疏水性 IOL 更明显。由于光学区材料和闪辉微泡样结构内的 RI 之间有显著差异,在两者界面之间就会发生显著的光线折射和散射^[18],因此闪辉可能是导致疏水性 IOL 散射光值增高的另一个重要原因。

光学区的 RI 也是引起疏水性 IOL 散射光值增高的原因之一。我们以往的研究显示,SA60AT IOL (RI 为 1.55) 的散射光值明显高于 RI 为 1.46 的疏水性 IOL。根据 Fresnel 反射方程,光学区前表面与房水的 RI 差异增加后,光学区前表面的反射性也随之增加。Nanavaty 等^[9]认为虽然光学区 RI 的增加对于光线反射的增强具有较小的附加作用,但是也会导致光线散射的增强。以往研究疏水性 IOL 主要将 Acrysof IOL 与亲水性 IOL 进行比较,但 2 种 IOL 材质和 RI 均不同;本研究中在 RI 相同的情况下将疏水性丙烯酸酯 IOL 植入眼与亲水性丙烯酸酯 IOL 植入眼视觉质量的差异进行比较,排除了其他因素的影响。

VA 不等同于大脑皮质反应的能力,而是对屈光介质光学检测的客观评估,可以模拟不同光线环境下的对应视力。VA 除了用于 IOL 植入眼在不同对比度下光学质量的评估外,还可用于白内障术前手术适应证的选择。如果白内障患者 VA 大于主观视力时,说明视力下降不只是由于白内障的影响,术后视力有可能低于预期^[19]。本研究表明,3 个组术眼的 VA 随图像对比度的减小均有依次递减的趋势,这是由于光线

通过不同焦点会降低图像的清晰度,尤其在低对比度下 IOL 植入眼容易出现眩光和光晕所致^[20],但所有 IOL 植入眼最大下降幅度均未超过 50%。各组间术眼在 9% 对比度下 VA 的差异有统计学意义,说明在低对比度环境下(如夜晚或暗光下),IOL 材质和 RI 对于 IOL 植入眼视觉质量的影响更加明显。此外 PSF 的差异直接引发各组 OSI 和 SR 的不同,因为二者数值均由 PSF 峰值计算得出。

OQAS 可测量患者自然瞳孔的直径,并可设定人工瞳孔直径(2~7 mm)。瞳孔直径会影响测量结果,故应保证自然瞳孔直径大于所设定的人工瞳孔直径,因此本研究中瞳孔直径小于 4 mm 的患者予以排除^[8]。OQAS 测量受低阶和高阶像差的影响^[3]。本研究中纳入的研究对象排除了后发性白内障及中高度近视和散光度绝对值超过 1.5 D 的患者,并且 OQAS 系统本身有矫正±3.00 D 范围的功能,可以避免低阶像差的问题。本研究中选择的 IOL 均为球面 IOL,理论上眼内高阶像差不存在过大差异,但今后仍应结合全眼高阶像差综合分析。眼底的色素沉积程度对入眼光线的传输存在影响,对于波长较大的红外线测量光影响更明显^[21],因此对于眼底的情况也需要更为详细的评估。本研究选择的 IOL 在设计上也略有不同,但是由于测量在自然瞳孔下进行,IOL 襻和光学区边缘不能完全暴露,故其对于光线散射的影响降低。不同 IOL 设计对于 IOL 植入眼视觉质量的影响将是今后的研究方向。

综上所述,不同类型 IOL 的材质和 RI 对于 IOL 植入眼的视觉质量有较大影响,尤其是在低对比度的环境下。通过 OQAS 系统分析发现,疏水性且 RI 较低的 IOL 植入眼视觉质量更好。对于本研究的结论,我们尚需进一步的离体和在体实验进行验证,并且应同时考虑 IOL 设计等其他因素的影响,以得到更加具体的结果。

参考文献

- [1] Erie JC, Bandhauer MH, McLaren JW. Analysis of postoperative glare and intraocular lens design[J]. J Cataract Refract Surg, 2001, 27(4): 614-621. DOI:10.1103/Phys RevD.56.27.
- [2] Tanaka Y, Kato S, Miyata K, et al. Limitation of Scheimpflug videophotography system in quantifying posterior capsule opacification after intraocular lens implantation[J]. Am J Ophthalmol, 2004, 137(4): 732-735. DOI:10.1016/j.radmeas.2009.04.011.
- [3] Joan A, Meritxell V, Juan C, et al. Optical quality and intraocular scattering in a healthy young population [J]. Clin Exp Opt, 2010, 94(2): 223-229. DOI:10.1111/j.1444-0938.2010.00535.x.
- [4] van den Berg TJ, van Rijn LJ, Michael R, et al. Straylight effects with aging and lens extraction[J]. Am J Ophthalmol, 2007, 144(3): 358-363.
- [5] Saad A, Saab M, Gatinel D. Repeatability of measurements with a double-pass system[J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36(1): 28-33. DOI:10.1016/j.jcrs.2009.07.033.
- [6] Tomás J, Piñero DP, Alió JL. Intra-observer repeatability of optical quality measures provided by a double-pass system [J]. Clin Exp Optom, 2012, 95(1): 60-65. DOI:10.1111/j.1444-0938.2011.00660.x.
- [7] Bal T, Coeckelbergh T, van Looveren J, et al. Influence of cataract morphology on straylight and contrast sensitivity and its relevance to fitness to drive [J]. Ophthalmologica, 2011, 225(2): 105-111. DOI:10.1159/000317076.
- [8] Cerviño A, Montes-Mico R, Hosking SL. Performance of the compensation comparison method for retinal straylight measurement: effect of patient's age on repeatability [J]. Br J Ophthalmol, 2008, 92(6): 788-791. DOI:10.1136/bjo.2007.131078.
- [9] Nanavaty MA, Spalton DJ, Boyce JF. Influence of different acrylic intraocular lens materials on optical quality of vision in pseudophakic eyes [J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(7): 1230-1238. DOI:10.1016/j.jcrs.2011.01.023.
- [10] Jose RM, Bender LE, Boyce JF, et al. Correlation between the measurement of posterior capsule opacification severity and visual function testing [J]. J Cataract Refract Surg, 2005, 31(3): 534-542. DOI:10.1067/mte.2002.123133.
- [11] Tognetto D, Sanguinetti, Sirotti P, et al. Analysis of the optical quality of intraocular lenses [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2004, 45(8): 2682-2690. DOI:10.1037/0022-006X.73.4.634.
- [12] Nanavaty MA, Spalton DJ, Boyce J, et al. Edge profile of commercially available square-edged intraocular lenses [J]. J Cataract Refract Surg, 2008, 34(4): 677-686. DOI:10.1016/j.jcrs.2007.12.024.
- [13] Richter-Mueksch S, Kahraman G, Amon M, et al. Uveal and capsular biocompatibility after implantation of sharp-edged hydrophilic acrylic, hydrophobic acrylic, and silicone intraocular lenses in eyes with pseudoexfoliation syndrome [J]. J Cataract Refract Surg, 2007, 33(8): 1414-1418. DOI:10.1016/j.jcrs.2007.10.022.
- [14] Scaramuzza A, Fernando GT, Crayford BB. Posterior capsule opacification and lens epithelial cell layer formation: Hydroview hydrogel versus AcrySof acrylic intraocular lenses [J]. J Cataract Refract Surg, 2001, 27(7): 1054-1057.
- [15] Heatley CJ, Spalton DJ, Kumar A, et al. Comparison of posterior capsule opacification rates between hydrophilic and hydrophobic single-piece acrylic intraocular lenses [J]. J Cataract Refract Surg, 2005, 31(4): 718-724.
- [16] Werner L. Glistenings and surface light scattering in intraocular lenses [J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36(8): 1398-1420. DOI:10.1016/j.jcrs.2010.06.003.
- [17] Behndig A, Mönestam E. Quantification of glistenings in intraocular lenses using Scheimpflug photography [J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35(1): 14-17.
- [18] Kato K, Nishida M, Yamane H, et al. Glistening formation in an AcrySof lens initiated by spinodal decomposition of the polymer network by temperature change [J]. J Cataract Refract Surg, 2001, 27(9): 1493-1498. DOI:10.1029/98GL01160.
- [19] Meritxell V, Adenay P, Jaume P, et al. Optical quality one month after verisyse and veriflex phakic IOL implantation and zeiss mel 80 Lasik for myopia from 5.00 to 16.50 diopters [J]. J Refract Surg, 2009, 25(8): 689-698.
- [20] Keates R, Pearce J, Schneider R. Clinical results of the multifocal lens [J]. J Cataract Refract Surg, 1987, 13(5): 557-560.
- [21] van de Kraats J, Berendschot TT, van Norren D. The pathways of light measured in fundus reflectometry [J]. Vision Res, 1996, 36(15): 2229-2247.

(收稿日期:2016-01-27)

(本文编辑:尹卫靖 杜娟)