

双通道客观视觉质量分析系统评估多焦点人工晶状体植入术后视觉质量

刘 慧^{1,2}, 樊映川^{1,3}, 巫 雷¹

引用: 刘慧, 樊映川, 巫雷. 双通道客观视觉质量分析系统评估多焦点人工晶状体植入术后视觉质量. 国际眼科杂志 2019; 19(4): 609-613

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (No.81400430)

作者单位: ¹(610041) 中国四川省成都市, 成都爱尔眼科医院; ²(400038) 中国重庆市, 陆军军医大学西南医院眼科; ³(610041) 中国四川省成都市, 四川省医学科学院·四川省人民医院眼科

作者简介: 刘慧, 毕业于陆军军医大学, 博士, 主治医师, 研究方向: 白内障及弱视防治。

通讯作者: 樊映川, 毕业于华西医科大学, 主任医师, 教授, 白内障/防盲学科带头人, 研究方向: 晶状体疾病的诊治及防盲. fanycw@126.com; 巫雷, 副主任医师, 白内障科主任, 研究方向: 晶状体疾病的诊治. 31885146@qq.com

收稿日期: 2018-12-03 修回日期: 2019-03-08

摘要

目的: 应用双通道客观视觉质量分析系统(OQAS)测量区域折射型(SBL-3)和衍射折射型(SN6AD1)多焦点人工晶状体(MIOL)植入术后患者的视觉质量。

方法: 选取2017-03/2018-04在我院行白内障超声乳化吸除联合人工晶状体植入术的年龄相关性白内障患者47例47眼。根据植入MIOL的不同分为SBL-3组(22例22眼)和SN6AD1组(25例25眼)。术后随访3mo, 比较两组患者的裸眼及矫正远、中、近视力, 并采用OQAS检查客观视觉质量。

结果: 术后3mo, SBL-3组患者裸眼中视力优于SN6AD1组[0.14(0.04, 0.26) vs 0.26(0.12, 0.40), $P < 0.05$], 客观散射指数[2.52(2.35, 3.86) vs 1.89(1.39, 2.28)]和人工晶状体眼伪调节力(2.47±0.88D vs 1.25±0.70D)均显著高于SN6AD1组, MTF-cut/off, SR及模拟对比度视力均显著低于SN6AD1组($P < 0.01$)。

结论: SBL-3和SN6AD1 MIOL植入术后患者均能够获得较好的主观视觉质量, 但OQAS系统能够反映二者产生的客观视觉质量差异。

关键词: 视觉质量分析系统; 多焦点人工晶状体; 超声乳化白内障吸除术

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2019.4.18

Evaluation of visual quality in eyes implanted with different types of multifocal intraocular lenses by optical quality analysis system

Hui Liu^{1,2}, Ying-Chuan Fan^{1,3}, Lei Wu¹

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No.81400430)

¹Department of Cataract, Chengdu Aier Eye Hospital, Chengdu 610041, Sichuan Province, China; ²Department of Ophthalmology, Southwest Hospital Affiliated to Army Medical University, Chongqing 400038, China; ³Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

Correspondence to: Ying-Chuan Fan. Department of Cataract, Chengdu Aier Eye Hospital, Chengdu 610041, Sichuan Province, China; Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610041, Sichuan Province, China. fanycw@126.com; Lei Wu. Department of Cataract, Chengdu Aier Eye Hospital, Chengdu 610041, Sichuan Province, China. 31885146@qq.com

Received: 2018-12-03 Accepted: 2019-03-08

Abstract

• AIM: To measure the optical quality after implantation of SBL-3 and SN6AD1 multifocal intraocular lens (MIOL) in patients by a double-pass optical quality analysis system (OQAS).

• METHODS: Totally 47 cases of age-related cataract who received phacoemulsification and the implantation of MIOL were enrolled from March 2017 to April 2018 in Chengdu Aier Eye Hospital. According to the difference of implanted MIOLs, patients were divided into SBL-3 group (22 patients, 22 eyes) and SN6AD1 group (25 patients, 25 eyes). Three months postoperatively, uncorrected distant visual acuity (UDVA), uncorrected intermediate visual acuity (UIVA), uncorrected near visual acuity (UNVA), corrected distant visual acuity (CDVA), corrected intermediate visual acuity (CIVA), corrected near visual acuity (CNVA), and objective optical quality measured by OQAS were all compared between two groups.

• RESULTS: Three months postoperatively, significant difference was found in UIVA [0.14(0.04, 0.26) vs 0.26(0.12, 0.40), $P < 0.05$] which was better in SBL-3 group. Moreover, significantly higher values of OSI [2.52(2.35, 3.86) vs 1.89(1.39, 2.28)] and pseudophakic accommodation (2.47±0.88D vs 1.25±0.70D) were found in SBL-3 group. Significantly lower values of MTF-cut/off, SR, OV 100%, OV 20% and OV 9% were found in SBL-3 group ($P < 0.01$).

• CONCLUSION: Both SBL-3 and SN6AD1 MIOL could provide patients with good subjective visual quality, but OQAS could find the differences in visual quality after implantation of different MIOLs objectively.

• KEYWORDS: optical quality analysis system; multifocal intraocular lens; phacoemulsification

Citation: Liu H, Fan YC, Wu L. Evaluation of visual quality in eyes implanted with different types of multifocal intraocular lenses by optical quality analysis system. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2019;19(4):609-613

0 引言

随着白内障超声乳化手术技术的提高及多焦点人工晶状体(multifocal intraocular lens, MIOL)功能的多样化,白内障手术不仅为患者带来了复明机会,更提供了良好的全程视力及更趋近于自然状态的视觉质量^[1]。然而,MIOL植入术后仍不可避免地出现一些不良视觉症状^[2]。目前,临床常用的术后视觉质量评价指标如视力、对比敏感度、对比度视力、问卷调查等,其结果可随受试者意愿与配合的不同而变化。因此,临床工作中需要客观、准确、综合的视觉质量评价方法评估MIOL植入术后的视觉质量。近年来,基于双通道技术的客观视觉质量评价方法(optical quality analysis system, OQAS)越来越受到眼科医生的关注。该方法能够测量眼内散射和光学像差对人眼光学成像的综合影响,直接获得评价客观视觉质量的相关参数,具有客观、快速、重复性好等特点,已广泛应用于各种角膜手术及人工晶状体植入术后的视觉质量评价^[3-6]。目前临床上使用的MIOL种类繁多,但根据设计技术的不同分为衍射型、折射型、衍射折射型三种^[7]。各类MIOL均有其优势,那么分别植入不同种类MIOL后,患者的视觉质量有何差异?本研究选取区域折射多焦点人工晶状体SBL-3和衍射折射型多焦点人工晶状体SN6AD1,通过OQAS检测患者术后的视觉质量,同时结合主观检查方法观察术后的视功能状态和满意度,进一步了解不同类型MIOL之间的差异和术后效果。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性分析2017-03/2018-04在成都爱尔眼科医院行白内障超声乳化吸除联合人工晶状体植入术的患者47例47眼的病历资料,根据植入的人工晶状体类型不同进行分组。植入区域折射多焦点人工晶状体SBL-3的患者纳入SBL-3组(22例22眼),其中男12例,女10例,年龄62~79岁。植入衍射折射型多焦点人工晶状体SN6AD1的患者纳入SN6AD1组(25例25眼),其中男13例,女12例,年龄62~78岁。纳入标准:(1)确诊为中度年龄相关性白内障(根据晶状体混浊分级系统Ⅲ,NO2,C2,P1或更严重的白内障,如视力明显下降等);(2)年龄 ≥ 62 岁(根据Holfstetter公式:平均调节幅度 $= 18.5 - 0.3 \times$ 年龄,故62岁以后平均调节幅度为零^[8]);(3)眼轴长度为22~26mm,术前角膜散光 $\leq 1.0D$,瞳孔大小正常,眼压正常;(4)术后散瞳检查MIOL均位于囊袋内,且位正。排除标准:(1)合并干眼、角膜病变、葡萄膜炎、晶状体脱位、眼部感染、青光眼、眼底病变等影响术后视功能疾病者;(2)既往有眼部外伤史、手术史者;(3)全身免疫系统疾病患者。两组患者性别构成比、年龄、眼轴长度、术前未矫正远视力(uncorrected distant visual acuity, UDVA)和矫正远视力(corrected distant visual acuity, CDVA)、角膜散光、植入的人工晶状体度数等基本资料差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表1。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,符合医学伦理学原则,经本院伦理委员会审批通过。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 术前所有患者均进行视力、裂隙灯、眼压、眼底、角膜内皮细胞计数、角膜地形图等检查,采用IOL Master光学生物测量仪测量眼轴长度、角膜曲率、前房深度,并运用SRK/T、Haigis或Holladay 2公式计算人工晶状体度数。

1.2.2 手术方法 术前所有患者及家属均对手术知情同意并签署知情同意书。所有手术均由同一位经验丰富的主刀医师完成。术前采用复方托吡卡胺滴眼液充分散瞳,使用盐酸丙美卡因滴眼液行表面麻醉后,做3.0mm透明角膜切口及辅助切口。连续环形居中撕囊,撕囊口直径为5.5mm。超声乳化吸除晶状体核及皮质,植入SBL-3或SN6AD1 MIOL于囊袋内,调整至位正。SBL-3的视近区放置于下方,居中性良好。水密角膜切口,形成前房。术后采用妥布霉素地塞米松滴眼液和5g/L左氧氟沙星滴眼液点眼,均4次/d,持续2wk;双氯芬酸钠滴眼液点眼,4次/d,持续3wk。

1.2.3 术后评估

1.2.3.1 视力 术后3mo,测量裸眼视力,包括5m UDVA、80cm中视力(uncorrected intermediate visual acuity, UIVA)、40cm近视力(uncorrected near visual acuity, UNVA)。主觉验光后,采用与裸眼视力相同的检查方法分别测量CDVA、矫正中视力(corrected intermediate visual acuity, CIVA)、矫正近视力(corrected near visual acuity, CNVA)。视力检测结果均以LogMAR视力形式记录,并进行统计学分析。视力的检查均由同一位技术人员进行。

1.2.3.2 客观视觉质量 术后3mo,运用OQAS II系统检测客观视觉质量,0.5D以上的散光患者需通过外插柱镜的方式矫正。因人工设置瞳孔直径为4mm,故检查时需确保患者瞳孔直径大于4mm。分析并获得客观散射指数(objective scatter index, OSI)、调制传递函数截止频率(modulation transfer function cut off frequency, MTF-cut/off)、斯特列尔比(strehl ratio, SR)、三种对比度下(100%、20%、9%)的模拟对比度视力(OQAS values, OV)和植入人工晶状体眼的伪调节力。

1.2.3.3 视功能状态 术后3mo,采用视功能指数量表(visual function index, VF-14)中文修订版评定视功能状态,问卷主要针对白内障患者看小字体、读书看报、看大字体、认出熟人、看清楼梯和路缘石、看清各种标识牌、做精细活、填表、娱乐活动、体育活动、做饭、看电视等方面进行评分。先确定所有患者对每一个条目的活动是否适用(除外因非视力原因而未进行的活动),如果适用再评价该活动受到影响的程度,根据无困难(4分)、轻度困难(3分)、中度困难(2分)、严重困难(1分)、完全无法完成(0分)进行评分。各个条目得分相加取平均值后乘以25即得到该患者VF-14的总分,得分越高代表视功能越好^[9-10]。

1.2.3.4 脱镜率和视功能干扰症状 术后3mo,观察各组患者近距离阅读是否需要配戴眼镜,并计算脱镜率,脱镜率=脱镜患者例数/总例数 $\times 100\%$;同时观察患者是否出现夜间视觉干扰、眩光、光晕等视觉干扰症状,根据程度不同分为严重、中等、轻微、无,轻微及以上即为有视觉干扰症状。

表1 两组患者基本资料的比较

组别	眼数	男/女(例)	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	角膜散光($\bar{x}\pm s$,D)	MIOL度数($\bar{x}\pm s$,D)
SBL-3组	22	12/10	69.82±4.49	-0.48±0.34	19.63±2.05
SN6AD1组	25	13/12	68.44±3.54	-0.59±0.28	20.70±1.71
t/χ^2		0.030	1.176	1.329	1.957
P		0.861	0.246	0.190	0.057

组别	眼数	眼轴长度[$M(P25,P75)$,mm]	UDVA[$M(P25,P75)$]	CDVA[$M(P25,P75)$]
SBL-3组	22	23.23(22.93,23.98)	0.51(0.30,0.60)	0.30(0.20,0.50)
SN6AD1组	25	22.75(22.36,23.92)	0.56(0.35,0.80)	0.40(0.20,0.75)
Z		1.919	0.603	0.313
P		0.055	0.547	0.754

表2 两组患者术后视力的比较

组别	眼数	UDVA	UIVA	UNVA
SBL-3组	22	0.05(-0.02,0.14)	0.14(0.04,0.26)	0.22(0.10,0.30)
SN6AD1组	25	0.09(0.02,0.17)	0.26(0.12,0.40)	0.21(0.11,0.34)
Z		1.269	2.245	0.403
P		0.204	0.025	0.687

组别	眼数	CDVA	CIVA	CNVA
SBL-3组	22	0.03(-0.03,0.08)	0.13(0.04,0.23)	0.17(0.06,0.25)
SN6AD1组	25	0.05(-0.01,0.11)	0.20(0.09,0.31)	0.15(0.06,0.24)
Z		1.216	1.646	0.188
P		0.224	0.100	0.851

表3 两组患者术后客观视觉质量的比较

组别	眼数	OSI[$M(P25,P75)$]	MTF-cut/off($\bar{x}\pm s$,c/d)	SR($\bar{x}\pm s$)	伪调节力($\bar{x}\pm s$,D)
SBL-3组	22	2.52(2.35,3.86)	15.39±5.74	0.10±0.02	2.47±0.88
SN6AD1组	25	1.89(1.39,2.28)	25.00±7.80	0.13±0.03	1.25±0.70
Z/t		3.338	4.751	3.294	5.309
P		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

组别	眼数	OV 100%($\bar{x}\pm s$)	OV 20%($\bar{x}\pm s$)	OV 9%[$M(P25,P75)$]
SBL-3组	22	0.51±0.18	0.35±0.11	0.22(0.16,0.24)
SN6AD1组	25	0.88±0.31	0.59±0.24	0.31(0.23,0.41)
Z/t		5.075	4.495	3.156
P		<0.01	<0.01	<0.01

统计学分析:采用 SPSS19.0 软件进行统计分析。计量资料先行 Kolmogorov-Smirnov 检验判断数据是否呈正态分布,正态分布的资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)的形式表示,采用独立样本 t 检验进行组间比较;偏态分布的资料,以中位数(四分位间距)的形式表示,采用 Mann-Whitney U 独立样本非参数检验进行组间比较。计数资料采用率表示,组间比较使用 χ^2 检验和 Fisher 精确概率法。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者术后视力 术后 3mo,两组患者 UDVA、UNVA、CDVA、CIVA、CNVA 差异均无统计学意义($P>0.05$),但 SBL-3 组患者 UIVA 明显好于 SN6AD1 组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

2.2 两组患者术后客观视觉质量 术后 3mo,SBL-3 组患者 OSI 和人工晶体眼伪调节力均显著高于 SN6AD1 组,MTF-cut/off、SR、OV 100%、OV 20%、OV 9%均显著低于

SN6AD1 组,差异均有统计学意义($P<0.01$),见表 3。

2.3 两组患者术后视功能状态 术后 3mo,SBL-3 组患者 VF-14 问卷总分为 99.14(97.49,100)分,SN6AD1 组为 98.70(94.10,100)分,两组之间差异无统计学意义($Z=0.942,P=0.346$)。

2.4 术后脱镜率和视觉干扰症状 术后 3mo,SBL-3 组患者仅有 1 例视近时偶尔戴镜,术后脱镜率为 95%(21/22);SN6AD1 组患者有 2 例需要戴镜,脱镜率为 92%(23/25),两组脱镜率差异无统计学意义($P=1.000$)。SBL-3 组和 SN6AD1 组患者各出现视觉干扰症状者 2 例,两组患者视觉干扰症状发生率(9% vs 8%)差异无统计学意义($P=1.000$)。

3 讨论

MIOL 植入术后视觉质量检查评价往往采用视力、问卷调查等主观指标,尚缺乏客观方法。本研究采用 OQAS 系统观察不同类型 MIOL 植入术后客观视觉质量,其主要

指标包括 OSI、MTF-cut/off、SR、模拟对比度视力和伪调节力等。同时,本研究结合主观方法分析两类 MIOL 植入术后的视觉质量。

OSI 是指视网膜像的周边光强度与中央峰值光强度的比值,反映了全眼屈光介质的透明度和各界面的光滑度。眼内散射包括正向散射(前散射)和反向散射(后散射)两种类型。OSI 的测量包含正向散射,OSI 值越高,散射程度越明显。此外,当空间频率增高达到一定值时,光学系统的传递能力会达到最低,成像最模糊,即达到分辨率极限,此时的空间频率即为 MTF-cut/off,其值越高,表明光学系统的传递能力越强^[11]。本研究对植入 SBL-3 和 SN6AD1 的两组患者进行主观视觉质量分析,在术前各项相关指标无明显差异的情况下,术后 3mo 两组患者均能获得较好的远、近视力和脱镜率,且无显著差异。然而,采用 OQAS 检查发现 SBL-3 组患者的 OSI 大于 SN6AD1 组,MTF-cut/off、SR 及不同对比度下的 OV 值均小于 SN6AD1 组,且两组间有显著差异。既往研究采用 OQAS 系统分别测量 SN6AD1 及其基于相同设计原理的 SN6AD3 植入术后的客观视觉质量,其中 OSI、MTF-cut/off、SR 和不同空间频率下的 OV 值与本研究测量 SN6AD1 植入术后的相关指标基本一致^[12-13]。SBL-3 是基于非旋转对称性的理论设计,非球面的视远区和近附加为+3.00D 的后表面扇形视近区均在人工晶状体的光轴上,二者被一个微小楔形过渡区分开。上部分为视远区,用作远距离视物;下部分为扇形视近区,用作中近距离视物^[14]。而 SN6AD1 的光学部由中央的阶梯渐进衍射区和围绕在其外围的周边非球面折射区组成。在中央 3.6mm 区域内,9 个同轴的衍射环从中央到周边的阶梯高度逐渐递减。阶梯的高处使更多光线会聚于近焦点,低处使更多光线会聚于远焦点^[15]。本研究采用的 OQAS 系统检查时人工设置瞳孔直径为 4mm,SN6AD1 组患者术后 OSI 值较小可能与检测范围基本位于中央衍射区内有关,而 SBL-3 的两个折射区均位于瞳孔区,折射区光滑度的变化可能是导致眼内散射增大的原因。

Alió 等^[16]采用 OQAS 系统研究区域折射型(312 MF30)和衍射折射型(SN6AD3)MIOL 术后客观视觉质量,结果表明前者术后 MTF-cut/off 和 SR 均小于后者,但无明显差异,而前者的高阶像差(球差、彗差等)明显大于后者。此外,Alió 等^[17]分析区域折射型(312 MF30)和衍射折射型(Lisa 366D)MIOL 术后客观视觉质量,结果发现 312 MF30 组患者的 MTF-cut/off 和 SR 显著小于 Lisa 366D 组,其高阶像差仍然大于 Lisa 366D 组。同为区域折射型 MIOL,因不同厂家的光学设计和人工晶状体制造材料的不同,其光学质量可能会存在一定程度的差异。在本研究中,OQAS 检测结果显示 SBL-3 组患者术后 MTF-cut/off 和 SR 均显著小于 SN6AD1 组,这一结果与上述研究结果基本一致。此外,本研究两组之间术后不同对比度下的 OV 与 MTF-cut/off 和 SR 的结果变化趋势一致,说明在 100%、20%、9% 空间频率下,SBL-3 对 OV 的影响大于 SN6AD1。上述光学参数在 SBL-3 组明显降低,分析与区域折射型和衍射折射型 MIOL 远近焦点的能量分布和眼内散射的影响有关^[13]。虽然 SBL-3 组和 SN6AD1 组的主观视觉干扰症状并无明显差异,但 OQAS

系统仍然能够发现主观视觉质量检查不能辨识的植入不同类型 MIOL 后的视觉质量差异。但因 OQAS 系统检查范围为 4mm 瞳孔区域内,仅模拟了白天的瞳孔大小,故有一定的使用局限性。

此外,与既往采用 OQAS 系统检测 MIOL 植入术后客观视觉质量的研究^[12-13,16-17]不同,本研究观察了植入不同类型 MIOL 后,人工晶状体眼伪调节力的变化。OQAS 系统内置负镜片,在瞳孔设定为固定值的情况下,通过内置镜片可以直接测出调节幅度的值,并以 MTF 减少 50% 时的屈光度数作为调节幅度的客观依据。该屈光度数值越高,患者的调节幅度越大。而人工晶状体植入术后患者在远视力矫正的情况下也具有一定的视近功能,这种类似调节的作用称为伪调节力^[11]。目前关于植入 MIOL 后,伪调节力如何变化及其在中、近距离视力中发挥的作用尚不清楚。既往研究认为,植入人工晶状体后的伪调节力受人工晶状体位置、瞳孔直径、年龄、散光等因素影响,各因素相互作用^[8,18]。为了确保研究结果的准确性,本研究在限定影响因素的同时,还限定了研究对象的年龄以最大限度地反映 MIOL 在伪调节中发挥的作用。虽然两种 MIOL 近附加度数均为 +3.0D,且两组患者年龄无统计学差异,但 OQAS 系统检查发现 SBL-3 组患者术后伪调节力大于 SN6AD1 组,两组间有显著差异。SBL-3 为四触角闭合襟,长度为 11mm;而 SN6AD1 采用“C”襟设计,长度为 13mm,相对于平均囊袋直径 10.4mm 偏大。Findl 等^[19]研究不同类型人工晶状体植入术后经毛果芸香碱滴眼液诱导前后的前房深度变化值,其中环形襟晶状体移动幅度大于“C”襟人工晶状体。因此,本研究发现 SBL-3 组患者术后伪调节幅度大,可能与其襟的设计及人工晶状体直径偏小有关。主观检查发现 SBL-3 组患者术后 UIVA 优于 SN6AD1 组,可能与伪调节力的参与有关。既往研究也发现,区域折射型 MIOL 植入术后的 UIVA 优于高附加度数的衍射折射型 MIOL,认为其原因还与高阶像差(彗差、三叶草)增加引起的焦深变化有关^[20]。此外,本研究结果显示 SBL-3 组患者脱镜率大于 SN6AD1 组,但因本研究随访时间尚短、样本量较小,两组之间差异无统计学意义,尚需进一步扩大样本量进行随机对照研究。

综上,OQAS 系统检测的相关指标能够应用于不同类型 MIOL 植入术后视觉质量的客观评估,主观视觉质量检查与客观视觉质量评估相结合有利于综合评价 MIOL 植入术后的疗效,为临床上 MIOL 的优选提供更全面的理论依据。

参考文献

- 1 Baykara M, Akova YA, Arslan OS, et al. Visual Outcomes at 12 Months in Patients Following Implantation of a Diffractive Multifocal Intraocular Lens. *Ophthalmol Ther* 2015;4(1):21-32
- 2 李朝辉,叶子,黄扬.多焦点人工晶状体存在“多焦点”问题. *中华眼科杂志* 2017;53(4):244-248
- 3 Hwang JS, Lee YP, Bae SH, et al. Utility of the optical quality analysis system for decision-making in cataract surgery. *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):231
- 4 Tomás J, Piñero DP, Alió JL. Intra-observer repeatability of optical quality measures provided by a double-pass system. *Clin Exp Optom* 2012;95(1):60-65
- 5 Lee K, Ahn JM, Kim EK, et al. Comparison of optical quality parameters and ocular aberrations after wavefront-guided laser *in-situ* keratomileusis

versus wavefront – guided laser epithelial keratomileusis for myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251(9):2163–2169

6 Saad A, Saab M, Gatinel D. Repeatability of measurements with a double-pass system. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(1):28–33

7 Rosen E, Alio JL, Dick HB, et al. Efficacy and safety of multifocal intraocular lenses following cataract and refractive lens exchange: Meta analysis of peer-reviewed publications. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(2):310–328

8 王晶,武芹,吴昊,等.客观视觉质量分析系统测量人工晶体伪调节力的临床研究.山东大学耳鼻喉眼学报 2015; 29(3):84–85

9 刘晓玲,尹素凤,刘彦才.视功能指数量表(VF-14)的修订及评价.国际眼科杂志 2011;11(3):455–458

10 Pan AP, Wang QM, Huang F, et al. Correlation among lens opacities classification system III grading, visual function index – 14, pentacam nucleus staging, and objective scatter index for cataract assessment. *Am J Ophthalmol* 2015;159(2):241–247

11 俞阿勇.双通道客观视觉质量分析的临床实践.北京:人民卫生出版社 2017;5–25

12 Alió JL, Piñero DP, Plaza – Puche AB, et al. Visual and optical performance with two different diffractive multifocal intraocular lenses compared to a monofocal lens. *J Refract Surg* 2011;27(8):570–581

13 Liao X, Lin J, Tian J, et al. Evaluation of optical quality; ocular scattering and aberrations in eyes implanted with diffractive multifocal or

monofocal intraocular lenses. *Curr Eye Res* 2018;43(6):696–701

14 McAlinden C, Moore JE. Multifocal intraocular lens with a surface-embedded near section: Short-term clinical outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(3):441–445

15 Alfonso JF, Fernández – Vega L, Blázquez JI, et al. Visual function comparison of 2 aspheric multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(2):242–248

16 Alió JL, Plaza – Puche AB, Javaloy J, et al. Comparison of the visual and intraocular optical performance of a refractive multifocal IOL with rotational asymmetry and an apodized diffractive multifocal IOL. *J Refract Surg* 2012;28(2):100–105

17 Alió JL, Plaza – Puche AB, Javaloy J, et al. Comparison of a new refractive multifocal intraocular lens with an inferior segmental near add and a diffractive multifocal intraocular lens. *Ophthalmology* 2012;119(3):555–563

18 年婉青,周艳峰,何亚芬.人工晶状体眼调节力的研究进展.国际眼科杂志 2012;12(1):72–74

19 Findl O, Kiss B, Pettermel V, et al. Intraocular lens movement caused by ciliary muscle contraction. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(4):669–676

20 Xu Z, Li W, Wu L, et al. Clinical Performance of Refractive Rotationally Asymmetric Multifocal IOLs with Other Types of IOLs: A Meta-Analysis. *J Ophthalmol* 2018;2018:4728258