

新型老视矫正型人工晶状体的研究进展与临床应用

杨丽^{1,2}, 兰长骏^{1,2}, 廖莹^{1,2}

引用: 杨丽, 兰长骏, 廖莹. 新型老视矫正型人工晶状体的研究进展与临床应用. 国际眼科杂志 2020;20(7):1167-1170

基金项目: 四川省科技厅研究项目 (No.2019YJ0381); 四川省卫计委重点课题 (No.18ZD022); 南充市校企合作重大攻关项目 (No.18SXHZ0492)

作者单位:¹(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院附属医院眼科;²(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院眼视光学系
作者简介: 杨丽, 女, 川北医学院在读硕士研究生, 研究方向: 白内障、视觉质量。

通讯作者: 廖莹, 毕业于四川大学, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 眼科副主任, 研究方向: 白内障、视觉质量. aleexand@163.com

收稿日期: 2019-11-14 修回日期: 2020-05-27

摘要

白内障手术已进入屈光性手术时代, 术后的功能视力和视觉质量备受关注, 也推动人工晶状体的材料与不断发展完善。传统老视矫正型人工晶状体初步解决了术后远近距离视力问题, 而近年来不断涌现的新型老视矫正型人工晶状体更进一步提升了患者的视觉体验。本文对此进行综述, 为临床提供参考。

关键词: 白内障; 老视矫正; 人工晶状体

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2020.7.11

Research progress and clinical application of the new presbyopia - correcting intraocular lens

Li Yang^{1,2}, Chang-Jun Lan^{1,2}, Xuan Liao^{1,2}

Foundation items: Projects of Science & Technology Department (No. 2019YJ0381); Sichuan Health and Family Planning Commission (No. 18ZD022); Key Project of Nanchong City and University Cooperation (No.18SXHZ0492)

¹Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China;

²Department of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Xuan Liao. Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China; Department of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. aleexand@163.com

Received:2019-11-14 Accepted:2020-05-27

Abstract

• Cataract surgery has become a refractive surgery, which has attracted much attention on postoperative functional vision and visual quality, and promoted the continuous

development and improvement of intraocular lens (IOL) materials and design. The traditional presbyopia - correcting IOL has achieved distance and near visual acuity initially, while in recent years the new presbyopia-correcting IOL has further improved the visual experience of patients. This article reviews the progress to provide reference for clinical practice.

• KEYWORDS: cataract; presbyopia correction; intraocular lens

Citation: Yang L, Lan CJ, Liao X. Research progress and clinical application of the new presbyopia-correcting intraocular lens. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2020;20(7):1167-1170

0 引言

现代白内障手术的重点已经从关注复明性白内障手术的安全性和有效性, 转变为提升屈光性白内障手术后的功能视力和视觉质量。单焦点人工晶状体 (intraocular lens, IOL) 无法满足患者不同距离的需求, 给工作和生活带来诸多不便。传统老视矫正型 IOL 初步解决了术后远近距离视力问题, 在治疗白内障的同时也减少了对眼镜的依赖, 但仍然存在中距离视力缺失, 以及对对比敏感度下降、眩光、光晕等不良视觉现象的困扰。近年来, 新型老视矫正型 IOL 相继出现, 更注重实现全程视力、提升视觉质量、减少光学干扰等, 成为研究的热点, 本文对其原理、特点及临床应用进行综述。

1 多焦点人工晶状体

利用折射或衍射原理将进入人眼的光线聚焦成多个焦点, 不同距离的物体能够同时成像于视网膜。如果视网膜物像差别过大, 大脑皮层无法将其融合, 就会选择较清晰的物像而抑制较模糊的物像, 从而在一定程度上实现多焦点人工晶状体 (multifocal intraocular lens, MIOL) 植入后的远、中、近距离视力。根据光学区设计不同, 又分为基于同心圆区带设计和基于非对称区域设计。根据其光学原理不同, 可分为折射型、衍射型和折衍射混合型^[1]。

1.1 基于同心圆区带设计的 MIOL 这一类 MIOL 的不同屈光度的折射和/或衍射环呈同心圆排列。早期双焦点 IOL 具有两个同心圆排列的折射区带, 中间圆形区域提供近视力, 周边环形区域提供远视力。这种环形折射区带设计相对简单, 但过多依赖于瞳孔大小和位置。随着三焦点技术的引入, 一定程度上改善了瞳孔依赖并满足了远中近距离视力需求。

随着设计技术和工艺的发展, 新型三焦点 IOL 的光学和视觉质量都得以提升。AcrySof IQ PanOptix (Alcon, USA) 中央 4.5mm 衍射区包含三个衍射高度, 周边是折射区形成远焦点, 采用 Enlighten 光学技术再次将 120cm 焦点处光能重新分配到远焦点, 增加远焦点光能, 最终形成远、中 (60cm) 和近 (40cm) 三个焦点, 提供 +2.17D 中附加

和+3.25D近附加。这种新颖的衍射结构可提高光能利用率,在3.0mm瞳孔直径下将88%的光传输到视网膜。AT LISA tri 839MP(Carl Zeiss, Germany)中央4.34mm为三焦点光学区域,4.34~6.00mm为双焦点光学区域,近中距离附加分别为+3.33D和+1.66D。采用光线不对称技术减少光晕形成,平滑微相位技术减少散射并增加透光率。与前述两款折射衍射混合型IOL不同,FineVision(PhysIOL, Belgium)为衍射型IOL,中央6.15mm光学区分布两个重叠的衍射区域,分别用于远近距离和远中距离,近和中距离附加分别为+3.50D和+1.75D。FineVision Triumf在此基础上更采用消色差技术来减少轴向色差,并改进原有的渐进衍射设计,增加了远到中距离的景深。

Martinez等^[2]比较上述三焦点IOL以及Tecnis ZLB00双焦点IOL植入术后远近视力、阅读速度、对比度视力、明暗对比敏感度(contrast sensitivity, CS)和NEI VFQ-25问卷评分,结果显示四组IOL间均差异无统计学意义;而离焦曲线显示三焦点IOL,尤其是AcrySof PanOptix具有比双焦IOL更好的中间视力。研究也发现AT LISA tri 839MP和FineVision在暗视条件下表现均明显低于明视条件,而明视条件下CS无显著差异^[3-4]。Kohnen等^[5]随访双眼PanOptix IOL术后3mo,双眼未矫正远视力、80cm和60cm中间视力、近视力分别为 0.00 ± 0.094 LogMAR、 0.09 ± 0.107 LogMAR、 0.00 ± 0.111 LogMAR和 0.01 ± 0.087 LogMAR;双眼离焦曲线显示在0.00和-2.00D处出现最高峰。但研究也表明,FineVision受瞳孔大小的影响较大,夜间未矫正远视力明显优于近、中距离视力^[6],而AT LISA tri 839MP有良好的近、中距离成像,且瞳孔依赖性较小^[7]。Carson等^[8]通过体外模拟AcrySof IQ PanOptix、AT LISA tri 839MP和FineVision IOL植入,结果显示前者在60cm处提供更好的中间视力,后者则在80cm处中间视力最佳。另外,PanOptix的调制传递函数(modulation transfer function, MTF)在远、中焦点高于其他两种IOL,AT LISA tri 839MP近焦点处最高,但Badal图像显示AT LISA tri 839MP的光晕现象较其他两种IOL明显。

除上述目前常见的三焦点IOL,还有一些不同设计。例如Liberty 7(Medicontur, Hungary)利用Elevated Phase Shift技术将衍射环减少到7个,将视觉干扰症状降到最低;Acriva Trinova(VSY, Netherlands)采用Sinusoidal Vision技术提高聚焦深度,光能损失率降低至8%;Sulcoflex Trifocal IOL(Rayner, UK)可采用Piggyback方法放置于睫状沟,为已植入单焦点IOL的患者提供另一种老视解决方案。

1.2 基于非对称设计的区域折射型MIOL 区域折射型(segmental refractive)MIOL基于旋转不对称区域折射设计,两个扇形折射光学区包括稍大的视远区和稍小的视近区,之间的楔形过渡区使远和近距离视力平稳过渡,并提供一定程度的中距离视力^[9]。这种设计保留了折射型IOL的优势,光能损失小,故CS较好^[10],并且过渡区光线被反射远离视轴,避免了干涉或衍射的叠加,减少不良光学现象的出现。

Lentis Mplus(Oculentis, Germany)利用光学部后表面360°上皮细胞屏障和直角方边设计,提高自身稳定性并降低后发性白内障发生。而Lentis Mplus X进一步地优化Mplus光学区,采用附加近轴非球面技术来增加景深,表

面优化技术过渡视近视远区。Mplus X的离焦曲线并不局限于近、中、远距离视力峰值的最大化,而是离焦曲线下总面积的最大化,相当于在所有距离达到焦深的扩展和增强。Lenstec SBL(Lenstec, Barbados)具有专利的四点固定形状设计来增加IOL稳定性。SBL-3在常用屈光范围+15.00~+25.00D内,配置0.25D屈光度增量,±0.11D制造容差,保证了IOL的精准度。

Buckhurst等^[11]对比Lentis Mplus MF30、Tecnis ZM900(衍射型双焦点)、Softec-1(单焦点)IOL术后效果,用EyeVisPod插图量化不良光学现象发生率,ZM900明显高于Mplus MF30($P < 0.001$),而Mplus MF30与Softec-1无显著差异($P = 0.29$);散射光的定量检测在三组间无显著差异($P = 0.66$),但与Softec-1相比,ZM900光晕增加明显($P < 0.001$),Mplus MF30下方光晕增加。Kohnen等^[10]报道Mplus X LS-313 MF30植入后可获得良好的全程视力、CS、阅读速度及脱镜率,并且在0.00~-2.00D之间获得平缓的离焦曲线。鉴于区域折射型IOL旋转不对称特征,建议将视近区常规放置于鼻下方,但亦有研究显示附加光学区的旋转也能被耐受。de Wit等^[12]对比视近区放置于颞上方和鼻下方的视觉表现,术后视力、高阶像差、MTF以及问卷表现均无显著差异。Song等^[13]将视近区置于眼内各个方位,术后客观和主观检查也没有明显的统计学意义。

MIOL通过不同的光学区设计来获得远中近焦点,但由于光能的分散与损耗,势必在一定程度上降低CS,产生不良光学现象。新的技术聚焦于降低光能损失率、降低瞳孔依赖性、减少光散射等,最大限度地提高光效和改善视觉干扰症状,从而在实现全程视力的同时提升视觉质量。

2 景深延长型人工晶状体

景深是指在聚焦完成后能够取得清晰图像的被摄物体前后的距离范围,即焦点前后的容许弥散圆之间的距离。景深延长型(enhance depth of focal, EDOF)IOL通过扩展景深或延长焦点,从而获得物像清晰范围的扩大,目前是利用衍射、像差或小孔原理来实现。EDOF技术近年来得到快速地发展,并且被应用到其他MIOL设计中,例如Teleon公司ACUNEX Vario IOL光学区兼顾了EDOF技术与不对称区域设计,可以获得远中距离视力提高,暗光条件下CS与焦深改善,同时采用混合疏水材料和NoGlis技术来减少杂散光,提升视觉质量。

2.1 基于衍射原理的景深延长型人工晶状体 通过新的光学衍射模式,将入射光线聚焦在一个扩展的纵向平面上,因而达到景深增加和焦点延长的效果。与MIOL不同的是,光线通过此类EDOF IOL后不形成单个的焦点,而是形成连续焦点或焦线。这个拉长的焦线可以消除传统MIOL存在的近远图像重叠的干扰,从而消除光晕效应。

Tecnis Symphony(Johnson & Johnson Vision, USA)目前应用最为广泛,可提供一定距离范围内良好的连续视程。Symphony设9个衍射环,焦深可达35cm,近附加约+1.75D,光能损失率仅8%^[14]。通过Echelette衍射光栅设计,引入新的衍射模式来优化衍射阶梯的形状、高度及间距,提供不同光学区域光线的相长干涉,达到焦点的延长。通过ChromAlign消色差设计并提高IOL阿贝数减小色差,全眼零球差设计降低球差的影响,弥补因焦深延长而导致的视网膜成像质量下降^[15]。Tecnis Synergy优化了Symphony的Echelette衍射,通过15个衍射环使景深进一步延长,在离

焦曲线上, -3.00D 处 LogMRA 视力大于 0.1, 显示近视力得到进一步改善。

Pedrotti 等^[16] 比较双眼植入 Tecnis Symphony 与 Tecnis ZCB00 术后视觉效果, 结果显示 Symphony 在获得良好的远视力的同时, 中、近距离视力较单焦点 IOL 明显改善, 术后脱镜率高。离焦曲线显示除外 +0.50D 和 -0.50D, -4.00D~+0.50D 范围内 Symphony 组双眼视力均优于单焦点 IOL 组, 而 CS、斯特尔比值、MTF 截止频率、散射光指数、术后眩光发生率等均无明显差异。Cochener 等^[17] 报道 Tecnis Symphony 与 AcrySof IQ PanOptix 和 FineVision 三者术后脱镜率都达到了 90%, 术后不良视觉症状和高阶像差值无统计学差异, 但三焦点 IOL 的近视力优于 Symphony。Mencucci 等^[18] 通过比较 Tecnis Symphony 与 AcrySof IQ PanOptix 和 AT LISA tri 839MP 发现, Symphony 组表现出更好的 CS 和中间视力。

2.2 基于球差概念的景深延长型人工晶状体 轴上物点发出的光束, 由于投射光学系统的角度不同, 导致像点在光轴上不重合并形成弥散圆, 而在两个容许弥散圆之间的物象仍然可以辨认, 因此, 保留部分球差也就增加了景深。

The Mini WELL (SIFI, Italy) 是这一类 IOL 的代表。特定的内、中、外 3 个环形光学区, 内区及中区分别为正负球差, 并产生渐变多焦效应; 外区是单焦点设计, 可在大瞳孔下提高远视力。目前临床上 The Mini WELL 的相关研究较少, Dominguez - Vicent 等^[19] 体外实验评估 Tecnis Symphony 以及 The Mini WELL 的光学质量, 结果表明两种 EDOF IOL 都可以延长景深, 但在 4.5mm 瞳孔直径下的远视力测量时, The Mini WELL 表现出更好的 MTF 值, 近视力测量时其离焦耐受度亦优于 Tecnis Symphony。

2.3 基于小孔原理的景深延长型人工晶状体 小孔光学原理在人眼的应用最初在角膜屈光手术领域, 例如将小孔环 KAMRA inlay 嵌入角膜进行老视矫正^[20-21]。缩小的孔径阻挡了可能降低图像质量的离焦光线, 仅允许中央聚焦的光线到达视网膜上, 从而产生景深延长。

AcuFocus 公司继而将小孔径技术用于 IOL 设计。IC-8 (AcuFocus, USA) 中央嵌入一个 3.23mm 非衍射型不透明隔膜, 其中 1.36mm 的中央孔, 可提供约 2.25D 的焦深范围^[22]。Dick 等^[23] 研究中主视眼植入非球面单焦点 IOL, 非主视眼植入 IC-8, 结果显示 95% 以上患者双眼远、中视力达到 20/32 以上; 79% 双眼近视力达到 20/32 以上; 并且植入 IC-8 后可以耐受 1.50D 以内的散光。另一款 XtraFocus (Morcher, Germany) 是睫状沟植入的背驼式 IOL, 中央有一直径 1.30mm 的小孔。采用黑色疏水性丙烯酸材料, 能阻挡可见光但可透过波长大于 750nm 红外光, 植入后仍可进行 OCT 等检查。由于小孔大大降低光学像差, 因此尤其适用于不规则角膜散光、显著高阶像差、虹膜缺陷的患者, 如圆锥角膜、RK 术后、瘢痕角膜等^[24]。Trindade 等^[24] 于角膜不规则散光眼植入 XtraFocus IOL, 术后 1mo 远视力由术前的 20/200 提高到 20/50, 随访 1a 保持屈光度稳定, 问卷调查显示所有测试工作距离的视力改善均获得满意结果。但有玻璃体混浊的患者植入 XtraFocus 后眼前黑影飘动症状进一步加重的相关报道^[25]。

EDOF IOL 通过衍射、像差或小孔等不同的光学原理达到焦点延长的目的, 实现患者在一定范围内的连续视程, 相较于前述 MIOL, 更消除图像的重叠、降低杂光的干

扰、减少光晕的产生。对于存在角膜不规则散光等患者来说, 这一类 IOL 可能具有更好的离焦耐受, 但长期效果仍需进一步观察。

3 可调节型人工晶状体

可调节型人工晶状体 (accommodating intraocular lens, AIOL) 模拟人眼调节机制, 通过光学部在囊袋内的前后移动来达到看远看近的目的。单光学面 AIOL 的调节主要依赖于可伸缩襻的设计, 可随着囊袋收缩而屈伸, 光学部随之前后移动产生一定的调节^[26-27]。如 Crystalens HD (Bausch & Lomb, USA)、Tetraflex HD (LensteC, USA); 双光学面 AIOL 由前后两个光学元件组成, 其调节建立在前后光学面相互位移的基础上, 当睫状肌收缩时前部光学元件发生前移, 引起屈光度增加从而改善近视力^[28]。如 Synchrony (Visiogen, USA)、Sarfarazi (Bausch & Lomb, USA)。但是, 无论单光学 AIOL 还是双光学面 AIOL, 其调节幅度有限, 并且调节能力随植入时间延长而下降, 限制了它们在临床的使用。

变形 AIOL 通过改变 IOL 自身的形状来实现屈光度的变化, 目前相关研究显示其调节幅度可达 10.00D^[29]。近年来变形 AIOL 的研究采用了多种原理, 例如通过特定波长光线照射, 使屈光力发生变化的光可调节 IOL; 在体温下可迅速恢复形状而充满囊袋, 形成与自然晶状体相同形态和调节原理的温度记忆式 AIOL; 利用一对磁铁的微弱斥力作为驱动力进行原位调节, 并可以反复修正 IOL 屈光状态的磁性 AIOL; 使用流体材料注入中空的 IOL 光学部和襻, 通过睫状肌作用来促进 IOL 内流体位移的注入式 AIOL, 以及电子 IOL 等。

理论上, AIOL 可产生最接近于生理状态的矫正效果, 但由于材料和工艺等限制, 仍然难以达到预期的效果。这一类 AIOL 目前大多仍处于研究阶段, 其稳定性和有效性都有待进一步提高。

4 小结

屈光性白内障手术时代背景下, 对功能视力和视觉质量的追求推动着 IOL 的材料与设计不断发展完善, 各种新型老视矫正型 IOL 相继出现并应用于临床, 满足不同视觉偏好患者的需要, 但仍然存在不同程序的局限。因此, 在临床应用中应该充分了解各种 IOL 的原理与特点, 综合评估患者的用眼习惯与需求, 重视术前的精准测量与检查, 并结合瞳孔大小、散光状态、kappa 角和 alpha 角^[30] 等进行个性化的考量与选择, 以获得老视矫正型人工晶状体的最优化临床效益, 降低不良视觉症状的发生率, 从而最大程度地提升患者的满意度。

参考文献

- 杨疏舒, 耿宇, 赵剑峰, 等. 老视矫正型人工晶状体原理及临床应用新进展. 国际眼科杂志 2017;17(5):876-880
- Martinez DCA, Martinez DCA, Martinez DCP, et al. Comparison of Visual Quality and Subjective Outcomes Among 3 Trifocal Intraocular Lenses and 1 Bifocal Intraocular Lens. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(5):587-594
- Marques EF, Ferreira TB. Comparison of Visual Outcomes of 2 Diffractive Trifocal Intraocular Lenses. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(2):354-363
- Martinez-De-La-Casa JM, Carballo-Alvarez J, Garcia-Bella J, et al. Photopic and Mesopic Performance of 2 Different Trifocal Diffractive Intraocular Lenses. *Eur J Ophthalmol* 2017;27(1):26-30
- Kohnen T, Herzog M, Hemkeppeler E, et al. Visual Performance of a

Quadrifocal (Trifocal) Intraocular Lens Following Removal of the Crystalline Lens. *Am J Ophthalmol* 2017;184:52-62

6 Carson D, Xu Z, Alexander E, et al. Optical Bench Performance of 3 Trifocal Intraocular Lenses. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(9):1361-1367

7 Ruiz-Alcocer J, Madrid-Costa D, Garcia-Lazaro S, et al. Optical Performance of Two New Trifocal Intraocular Lenses; Through-Focus Modulation Transfer Function and Influence of Pupil Size. *Clin Exp Ophthalmol* 2014;42(3):271-276

8 Carson D, Xu Z, Alexander E, et al. Optical Bench Performance of 3 Trifocal Intraocular Lenses. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(9):1361-1367

9 Pazo EE, Richoz O, Mcneely R, et al. Optimized Visual Outcome After Asymmetrical Multifocal IOL Rotation. *J Refract Surg* 2016;32(7):494-496

10 Kohonen 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

11 Buckhurst PJ, Naroo SA, Davies LN, et al. Assessment of Dysphotopsia in Pseudophakic Subjects with Multifocal Intraocular Lenses. *BMJ Open Ophthalmol* 2017;1(1):e64

12 de Wit DW, Diaz J, Moore TC, et al. Effect of Position of Near Addition in an Asymmetric Refractive Multifocal Intraocular Lens On Quality of Vision. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(5):945-955

13 Song IS, Yoon SY, Kim JY, et al. Influence of Near-Segment Positioning in a Rotationally Asymmetric Multifocal Intraocular Lens. *J Refract Surg* 2016;32(4):238-243

14 Pandit RT. Monocular Clinical Outcomes and Range of Near Vision following Cataract Surgery with Implantation of an Extended Depth of Focus Intraocular Lens. *J Ophthalmol* 2018;2018:8205824

15 Akella SS, Juthani VV. Extended Depth of Focus Intraocular Lenses for Presbyopia. *Curr Opin Ophthalmol* 2018;29(4):318-322

16 Pedrotti E, Bruni E, Bonacci E, et al. Comparative Analysis of the Clinical Outcomes with a Monofocal and an Extended Range of Vision Intraocular Lens. *J Refract Surg* 2016;32(7):436-442

17 Cochener B, Boutillier G, Lamard M, et al. A Comparative Evaluation of a New Generation of Diffractive Trifocal and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *J Refract Surg* 2018;34(8):507-514

18 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

19 Dominguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, Del AA, et al. In Vitro Optical Quality Comparison Between the Mini WELL Ready Progressive Multifocal and the TECNIS Symphony. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016;254(7):1387-1397

20 Seyeddain O, Riha W, Hohensinn M, et al. Refractive Surgical Correction of Presbyopia with the AcuFocus Small Aperture Corneal Inlay: Two-Year Follow-Up. *J Refract Surg* 2010;26(10):707-715

21 Schwarz C, Fernández EJ, Artal P, et al. Binocular Visual Simulation of a Corneal Inlay to Increase Depth of Focus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52(8):5273-5277

22 Hooshmand J, Allen P, Huynh T, et al. Small Aperture IC-8 Intraocular Lens in Cataract Patients: Achieving Extended Depth of Focus through Small Aperture Optics. *Eye (Lond)* 2019;33(7):1096-1103

23 Dick HB, Piovella M, Vukich J, et al. Prospective Multicenter Trial of a Small-Aperture Intraocular Lens in Cataract Surgery. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(7):956-968

24 Trindade CC, Trindade BC, Trindade FC, et al. New Pinhole Sulcus Implant for the Correction of Irregular Corneal Astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(10):1297-1306

25 Agarwal P, Navon SE. Persistent Troublesome Floaters Necessitating the Explantation of XtraFocus Pinhole IOL (Morcher). *BMJ Case Rep* 2019;12(4):e229057

26 Ale JB, Manns F, Ho A. Paraxial Analysis of the Depth of Field of a Pseudophakic Eye with Accommodating Intraocular Lens. *Optom Vis Sci* 2011;88(7):789-794

27 Ossma IL, Galvis A, Vargas LG, et al. Synchrony Dual-Optic Accommodating Intraocular Lens. Part 2: Pilot Clinical Evaluation. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(1):47-52

28 Ale J, Manns F, Ho A. Evaluation of the Performance of Accommodating IOLs Using a Paraxial Optics Analysis. *Ophthalmic Physiol Opt* 2010;30(2):132-142

29 Alio JL, Ben-Nun J, Rodriguez-Prats JL, et al. Visual and Accommodative Outcomes 1 Year After Implantation of an Accommodating Intraocular Lens Based On a New Concept. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(10):1671-1678

30 Fu Y, Kou J, Chen D, et al. Influence of Angle Kappa and Angle Alpha On Visual Quality After Implantation of Multifocal Intraocular Lenses. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(9):1258-1264