

三焦点人工晶状体应用研究的新进展

王安琪 陈卓 洪朝阳

【摘要】 临床上已应用二十多年的多焦点人工晶状体(IOL),本质上是双焦点 IOL,与远或近距离范围的未矫正视力相比,中距离范围仍然欠缺。三焦点 IOL 的问世,弥补了以往双焦点 IOL 在中距离视力方面的缺陷。笔者通过查阅国内外相关文献,对三焦点 IOL 的分类及特点、主要的三焦点 IOL 的类型、视觉质量及并发症等最新研究作一综述,以期为患者及相关工作者提供参考。

【关键词】 白内障 三焦点 IOL 类型 效果 视觉质量

白内障属于眼科常见的致盲性眼病^[1],具有缓慢进行性且无眼痛的视力下降特征,对患者的生活质量造成严重的不良影响。手术是目前国内外治疗该病最常用和最具成本效益的方式^[2],且随着白内障手术设备和技术的不断改善、人工晶状体(intraocular lens, IOL)设计和材料的不断进步,白内障超声乳化联合 IOL 植入术已逐步发展成为了治疗白内障的主流术式^[3]。术中常用的单焦点 IOL 只有一个焦点,缺乏调节能力,术后患者虽能获得较好的远或近视力,但仍需要依赖眼镜来调节视力,以应对不同距离的视力需求。多焦点 IOL 可增加景深,增强近中距离等未矫正视力,以减少对眼镜的依赖^[4]。然而临床上已应用二十多年的多焦点 IOL,本质上是双焦点 IOL,与远或近距离范围的未矫正视力相比,中距离范围仍然欠缺。三焦点 IOL 的问世,弥补了以往双焦点 IOL 无法提供清晰中距离视力的缺陷且不损害近、远视力^[5-8]。目前我国三焦点 IOL 上市时间较短,国内学者的研究仍停留在短期术后临床观察的初步阶段,亟待进一步深入研究^[9]。现就三焦点 IOL 的分类及特点、主要的三焦点 IOL 的类型、视觉质量及并发症等最新研究作一综述,以期为患者及相关工作者提供参考。

1 多焦点 IOL 的分类及特点

不同的多焦点 IOL 在临床中已经使用了 20 年以上,根据其光学成像原理主要分为 3 大类:折射型多焦

点 IOL、衍射型多焦点 IOL 和折射加衍射混合型多焦点 IOL^[10-11]。最初的多焦点 IOL 是折射型的,虽然其可以达到 100% 的光学利用率,但是其对瞳孔依赖性和 IOL 居中性的要求较高,且造成对比敏感度(contrast sensitivity, CS)下降。衍射型 IOL 因其较大的衍射范围,任何光学区域都可以参与形成远、近焦点,因此瞳孔大小的变化和 IOL 居中性的变化对其影响不大,光学利用率不高则是它的缺点,光线在经过衍射型 IOL 按照比例分配到远近焦点时,会丢失一部分光线,从而可能导致 CS 下降和夜间眩晕现象的出现。三焦点 IOL 多采用折射加衍射混合型设计,同时利用折射原理和 Huygens-Fresnel 衍射原理,IOL 光学部设计多为中央部衍射型,周边部为折射型,又有其特色的“切趾技术”,即阶梯渐进衍射设计,使该类多焦点 IOL 的光学特性可以从中央到周边逐渐修正物象^[5,12-13]。

2 三焦点 IOL 简介

2.1 FineVision 系列 最先进入市场的三焦点 IOL 是 FineVision Micro F IOL(比利时 PhysiOL SA 公司),它的光学直径为 6.15mm,总直径为 10.75mm,具有 4 点触觉设计,触觉角度是 5°,该镜头结合两种衍射方案,一种是增加+3.50D 近视力,另一种是增加+1.75D 中间视力^[14]。2010 年进入欧洲市场后,许多国外学者研究分析了这种 IOL 的临床结果^[14-22]和实验表现^[23-26]。为了保证这种 IOL 的旋转稳定性,之后采用了新的双 C 环触觉设计,这种新的 IOL 模型被命名为 POD FineVision^[27]。Poyales 等^[17]对比研究了两种具有相似光学区但形状不同的三焦点 IOL(POD FineVision 和 FineVision MicroF),发现 POD FineVision IOL 具有更好的旋转稳定性。

2.2 AT Lisa 系列 蔡司公司在其 AT Lisa 家族双焦点

DOI:10.12056/j.jssn.1006-2785.2019.41.9.2019-387

基金项目:浙江省医药卫生重大科技计划项目(WKJ-ZJ-1813)

作者单位:233000 蚌埠医学院研究生院(王安琪、陈卓);浙江医院眼科(洪朝阳)

通信作者:洪朝阳, E-mail: hcy@1999sina.com

的基础上研制了第三代三焦点 IOL, 名为 AT Lisa tri 839MP (德国卡尔蔡司公司), 其在 6mm 光学区采用非球面衍射结合设计, 即中央 0~4.34mm 为三焦点区域, 4.34~6mm 为传统双焦点设计, +3.33D 近视力补偿和 +1.66D 中间视力补偿^[28]。自 2012 年推出以来被广大学者研究, 持续不断的试验表现^[26, 28-29]和临床数据^[30-43]证实, 该款 IOL 可以提供优良的屈光效果, 能够获得良好的患者满意度, 但是其存在的角膜散光问题也不容忽视。Hayashi 等^[44]研究发现在植入衍射多焦点 IOL 的眼睛中存在 1.00D 以上的散光, 其对矫正的近和中距离视力产生一定的损害。基于上述原因, 三焦点衍射透镜的复曲面变体已经被开发出来, 新的三焦点环面 AT Lisa tri toric 939MP (德国卡尔蔡司公司) 是基于三焦点非复曲面的光学设计, 散光矫正在前后表面上具有 50% 的复曲面强度分布。多项前瞻性研究显示在角膜散光 >1.00D 或更高角膜散光的白内障患者中植入 AT Lisa tri toric 939MP 可以有效恢复患者术后的近、中和远视力, 绝大多数患者的术后屈光度可以控制在 $\pm 1.00D$ 或更小^[43, 45-46]。

2.3 Acrysof 系列 2015 年 Alcon 公司推出最新研发的 Acrysof IQ PanOptix (美国 Alcon 公司) 三焦点 IOL, 基于单焦点 IOL 的相同 Acrysof 平台, 是一种单件式设计。具有 6.0mm 双凸面光学元件, 总直径为 13.0mm, 0° 的触觉角度。中央 4.5mm 拥有 15 个衍射区, 外部为折射区, 其增加了在 IOL 平面 +3.25D 的近焦点和 +2.17D 的中间焦点^[47-49]。目前国内外针对这款三焦点 IOL 的研究报道相对较少。García-Pérez 等^[40]在 2017 年进行的一项对 116 眼植入 Acrysof IQ PanOptix IOL 的前瞻性研究中发现该三焦点 IOL 能够提供很好的短期视力效果, 具有良好的中间视力表现和出色的患者满意度。此外, Alió 等^[49]研究发现白内障患者在使用 Acrysof IQ PanOptix IOL 术后的近中远期均可获得良好的视力恢复, 患者能够获得较高的 CS, 平均视力高于 0.3logMAR。此外, 患者的近距离活动视觉问卷得分也显著提高。

3 三焦点 IOL 视觉质量分析

临床结果显示这几款三焦点 IOL 均获得良好的全程视力及较高的满意度, 现从以下几个方面对这几款三焦点 IOL 进行对比。

3.1 离焦曲线 (defocus curve, DFC) 在今天所谓的“可调节晶状体”时代, DFC 是一项重要的评估不同多焦点 IOL 表现的指标。通过在眼前加不同的镜片造成离焦, 可以模拟不同距离的视力需要, 将镜片的度数作为横坐标, 将视力作为纵坐标描记出来的曲线就是 DFC。纵

坐标视力可以表达为 logMAR, 因此 DFC 越高, 视力表现越好, 在先前研究中定义的视力 0.3logMAR 限制为植入多焦 IOL 后的良好视力效果^[50]。Plaza-Puche 等^[51]对三焦点、双焦点、单焦点 IOL 进行对比研究, 在 -3.00D~+1.00D 的离焦水平观察到的所有多焦点 IOL 设计中拥有 0.3logMAR 或更好的视力。在 -1.50D (中间视力) 的离焦水平, Lisa tri 具有最优的视力, 相反, FineVision 和双焦点 IOL 组之间没有差异; 在 -2.50D (近视力) 的离焦水平, 所有多焦点 IOL 提供比单焦对照组更好的视力, 多焦点 IOL 之间没有统计学差异。Martinez-de-la-Casa 等^[52]对三焦点 FineVision 和 AT Lisa tri 839MP IOL 进行了对比研究, 其研究发现 2 个 IOL 的 DFC 走形相似, 在 0.00D 散焦 (相当于远视) 获得最佳视力结果, 在 -1.00~-2.50D 之间的焦距 (中等视力范围) 视力有所下降, 没有明显峰值。然而, 尽管有所下降, 曲线仍处于 0.2logMAR 区域或更好的视力而没有急剧下降, 证实了这 2 种 IOL 提供了有用的中间视力。Gundersen 等^[53]还对 FineVision 与 PanOptix 三焦点 IOL 进行了对比研究, 其研究发现两种三焦点 IOL 均可提供很好的视力, 但相较于 PanOptix IOL, FineVision IOL 在 -1.00D 表现更好, 而在 -1.50D 和 -2.00D 时 PanOptix 则优于 FineVision。目前尚无 AT Lisa tri 839MP 与 Acrysof IQ PanOptix 这两种三焦点关于 DFC 的对比研究。

3.2 调整传递函数 (modulation transfer function, MTF) MTF 即空间频率对比敏感度, 可用于表示光学系统的特征, 从而客观评价 IOL 光学质量, MTF 越大, 表示系统的成像质量越好。Carson 等^[54]对 Acrysof IQ PanOptix、AT Lisa tri 839MP 和 FineVision Micro F 3 款三焦点 IOL 进行了对比研究, 其研究发现在 3mm 瞳孔模型下的 MTF 曲线显示 3 个峰值, PanOptix 的最佳中间峰值为 60cm, 另外两种三焦点 IOL 的最佳中间峰值为 80cm, 而近距离和远距离峰值相似。Ruiz-Alcocer 等^[26]对 FineVision Micro F 和 AT Lisa tri 839MP 三焦点 IOL 的体外光学质量进行了对比研究, 发现这两种三焦点 IOL 都显示出对应于远、中、近焦点的 3 个 MTF 值, 在较大的瞳孔尺寸时 FineVision Micro F 在远焦点和 +3.00D 处可以提供更好的结果, AT Lisa tri 839MP 不仅在中等距离和 -3.50D 焦点处提供更好的结果, 而且还更少依赖于瞳孔尺寸。

3.3 CS CS 是反映人眼分辨平均亮度下两个可见区域差别能力的指标。高对比度视力提供了一个对真实情况下视觉性能的粗略估计, 通常需要低对比度刺激检测和识别。因此, CS 测量可被认为通过挑战视觉系统来提供更现实和完整的视觉功能评估方法。多项研究显示

FineVision 和 Lisa tri 这两种三焦点 IOL 在明视条件下 CS 结果无明显差异,在暗视条件下的视力表现则明显差于明视条件。即使在低对比度下,两种三焦点 IOL 仍能提供满意的视力^[30,52]。Alió 等^[49]对 26 例双侧患者的 52 只眼植入 Acrysof IQ PanOptix IOL 进行了前瞻性研究,发现患者在明视条件下的 CS 值与同年龄样本的单焦点或多焦点 IOL 植入患者的正常值相似。此外,Mencucci 等^[53]对 Acrysof IQ PanOptix IOL 和 AT Lisa tri 839MP IOL 与扩大视野范围 IOL 进行了对比研究,发现前两者均可以提供较好的近视力结果,但其 CS 不如后者。

3.4 主观视觉质量和脱镜率 患者主观视觉质量和脱镜率的评估主要通过多种类型的满意度调查问卷来进行。García-Pérez 等^[48]对 PanOptix 三焦点 IOL 进行了回顾性研究,其通过视觉满意度问卷调查发现有 79% 的患者表示在日常生活中没有遇到任何困难,主观视觉质量好。此外,Monaco 等^[54]将三焦点 PanOptix IOL 与视野扩大 IOL (Symfony) 和单焦点 IOL (SN60WF) 进行了对比研究,发现三焦点 PanOptix IOL 组患者的视觉质量明显优于视野扩大 IOL 和单焦点 IOL 组。Bilbao-Calabuig 等^[57]通过对 10 084 例植入三焦点 IOL (FineVision 和 Lisa tri) 的患者进行回顾性研究发现 98% 的患者对植入三焦点 IOL 的表现满意或非常满意。此外,其研究还发现患者的脱镜率高达 90% 以上,且两种 IOL 之间无明显差异。

3.5 并发症 视觉质量如眩光和晕圈、CS 及夜间视力降低等是已知的多焦点 IOL 的常见并发症^[58-59]。此外,IOL 植入术后 IOL 的移位、后囊膜混浊也是影响三焦点 IOL 视觉性能的并发症^[60]。角膜散光的存在分散了每个焦点,导致多焦点 IOL 的失效。因此,散光矫正也应该是一个手术目标。正确对准 IOL 环面与散光轴是最大视力矫正的关键。这只有在 IOL 在眼内保持稳定(即植入后不得旋转、移位)的情况下才能实现。已有相关研究提到三焦点 IOL 植入后有好的稳定性^[27,45]。但目前对于三焦点 IOL 植入术后居中性的相关研究仍然缺乏。针对术后常见的后囊混浊,Mojzis 等^[33]研究发现 Lisa tri 三焦点 IOL 植入术后后囊混浊发生率较高。此外,Bilbao-Calabuig 等^[61]也进行了相关研究,其通过对 FineVision 和 Lisa tri 三焦点 IOL 植入术后进行 1 年的随访,发现 Lisa tri 组和 FineVision 组后囊切开率分别为 23% 和 9%,可见 Lisa tri 的后囊切开率明显多于 FineVision。

4 总结与展望

FineVision、AT Lisa 及 Acrysof 系列三焦点 IOL 均可提供很好的远、中和近距离视力效果。虽然它们的某

些指标在统计学上存在差异,但临床上的差异甚微。考虑到这一点,选择三焦点 IOL 的标准可能不是取决于患者,更多取决于医生的偏好,但研究的结果差异性仍对白内障摘除术和屈光晶状体置换术时 IOL 的选择有积极的指导意义。术前高度散光是限制白内障患者选择三焦点 IOL 的重要因素之一。通过植入三焦点复曲面 IOL,可以减少整体散光情况,有助于获得较高的主观患者满意度和佩戴眼镜的独立性。尽管植入新型三焦点复曲面 IOL 的短期效果非常好,但其长期效果有待进一步的考察。目前我国三焦点 IOL 上市时间较短,国内学者的研究仍停留在短期术后临床观察的初步阶段,亟待进一步深入研究。相信随着三焦点 IOL 在我国的应用,越来越多的白内障患者可以体验到这一划时代的新技术带来的全程视力享受。

5 参考文献

- [1] 赵辉,陈穗桦.早中期白内障患者生存质量及视功能调查[J].眼科新进展,2014,34(4): 375-377. DOI:10.13389/j.cnki.rao.2014.0103.
- [2] 李晓鹏,高建伟,王爽,等.白内障超声乳化联合人工晶状体植入术治疗原发性闭角型青光眼合并白内障临床疗效观察[J].新乡医学院学报,2015,32(2): 169-174. DOI:10.7683/xyxyxb.2015.02.021.
- [3] 陈健,罗玲慧,段国平.双通道视觉质量系统评估不同方位白内障透明角膜切口手术疗效[J].眼科新进展,2017,37(3): 251-254. DOI:10.13389/j.cnki.rao.2017.0063.
- [4] Muñoz G, Albarrán-Diego C, Ferrer-Blasco T, et al. Visual function after bilateral implantation of a new zonal refractive aspheric multifocal intraocular lens[J]. J Cataract Refract Surg, 2011,37(11): 2043-2052. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.05.045.
- [5] 周星延,王静,赵江月,等.三焦点人工晶状体术后早期临床观察[J].中华眼视光学与视觉科学杂志,2018,20(6): 360-364. DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2018.06.008.
- [6] Mojzis P, Kukuckova L, Majerova K, et al. Postoperative visual performance with a bifocal and trifocal diffractive intraocular lens during a 1-year follow-up[J]. Int J Ophthalmol, 2017, 10(10):1528-1533. DOI: 10.18240/ijo.2017.10.08.
- [7] Shen Z, Lin Y, Zhu Y, et al. Clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses: a systematic review and meta-analysis [J]. Sci Rep, 2017, 7: 45337. DOI: 10.1038/srep45337.
- [8] Yoon CH, Shin IS, Kim MK. Trifocal versus bifocal diffractive intraocular lens implantation after cataract surgery or refractive lens exchange: a meta-analysis[J]. J Korean Med Sci, 2018, 33(44): e275. DOI: 10.3346/jkms.2018.33.e275.
- [9] 肖雪冰,乌兰,栾多,等.三焦点人工晶状体植入术后的早期临床效果[J].中华眼视光学与视觉科学杂志,2017,19(5): 311-314. DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2017.05.011.
- [10] Zelichowska B, Rekas M, Stankiewicz A, et al. Apodized diffractive versus refractive multifocal intraocular lenses: optical and

- visual evaluation[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2008, 34(12):2036-2042. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.06.045.
- [11] García-Bella J, Martínez de la Casa JM, Talavera González P, et al. Variations in retinal nerve fiber layer measurements on optical coherence tomography after implantation of trifocal intraocular lens[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2018,28(1):32-35. DOI: 10.5301/ejo.5001028.
- [12] 王慧娟, 秦虹, 冯骅, 等. 区域折射型与衍射折射型多焦点人工晶状体植入术后患者视力与视觉质量对比研究[J]. *眼科新进展*, 2018, 38(6):566-568. DOI:10.13389/j.cnki.rao.2018.0133.
- [13] Kaymak H, Breyer D, Alió JL, et al. Visual performance with bifocal and trifocal diffractive intraocular lenses: a prospective three-armed randomized multicenter clinical trial[J]. *J Refract Surg*, 2017,33(10):655-662. DOI: 10.3928/1081597X-20170504-04.
- [14] Vryghem JC, Heireman S. Visual performance after the implantation of a new trifocal intraocular lens[J]. *Clin Ophthalmol*, 2013, 7:1957-1965. DOI: 10.2147/OPHTH.S44415.
- [15] Cochener B, Vryghem J, Rozot P, et al. Visual and refractive outcomes after implantation of a fully diffractive trifocal lens[J]. *Clin Ophthalmol*, 2012, 6:1421-1427. DOI:10.2147/OPHTH.S32343.
- [16] Sheppard AL, Shah S, Bhatt U, et al. Visual outcomes and subjective experience after bilateral implantation of a new diffractive trifocal intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(3):343-349. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.09.017.
- [17] Poyales F, Garzon N, Rozema JJ, et al. Stability of a novel intraocular lens design: Comparison of two trifocal lenses[J]. *J Refract Surg*, 2016, 32(6):394-402. DOI: 10.3928/1081597X-20160428-04.
- [18] Marques JP, Rosa AM, Quendera B, et al. Quantitative evaluation of visual function 12 months after bilateral implantation of a diffractive trifocal IOL[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2015,25(6):516-524. DOI: 10.5301/ejo.5000638.
- [19] Cochener B, Vryghem J, Rozot P, et al. Clinical outcomes with a trifocal intraocular lens: a multicenter study[J]. *J Refract Surg*, 2014,30(11):762-768. DOI: 10.3928/1081597X-20141021-08.
- [20] Carballo-Alvarez J, Vázquez-Molini JM, Sanz-Fernandez JC, et al. Visual outcomes after bilateral trifocal diffractive intraocular lens implantation[J]. *BMC Ophthalmol*, 2015,15:26. DOI: 10.1186/s12886-015-0012-4.
- [21] Ferreira-Ríos I, Zuñiga-Posselt K, Serna-Ojeda JC, et al. Following implantation of the FineVision trifocal intraocular lens in Mexican patients[J]. *Int Ophthalmol*, 2018, 38(6):2617-2622. DOI: 10.1007/s10792-017-0725-x.
- [22] Vinas M, Gonzalez-Ramos A, Dorronsoro C, et al. In vivo measurement of longitudinal chromatic aberration in patients implanted with trifocal diffractive intraocular lenses[J]. *J Refract Surg*, 2017, 33(11):736-742. DOI: 10.3928/1081597X-20170814-01.
- [23] Gatinel D, Houbrechts Y. Comparison of bifocal and trifocal diffractive and refractive intraocular lenses using an optical bench[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(7):1093-1099. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.01.048.
- [24] Carson D, Hill WE, Hong X, et al. Optical bench performance of AcrySof® IQ ReSTOR®, AT LISA® tri, and FineVision® intraocular lenses[J]. *Clin Ophthalmol*, 2014,8:2105-2113. DOI: 10.2147/OPHTH.S66760.
- [25] Domínguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, Del Águila-Carrasco AJ, et al. In vitro optical quality comparison of 2 trifocal intraocular lenses and 1 progressive multifocal intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(1):138-147. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.06.040.
- [26] Ruiz-Alcocer J, Madrid-Costa D, García-Lázaro S, et al. Optical performance of two new trifocal intraocular lenses: through-focus modulation transfer function and influence of pupil size[J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2014, 42(3):271-276. DOI: 10.1111/ceo.12181.
- [27] Hwang S, Lim DH, Hyun J, et al. Myopic shift after implantation of a novel diffractive trifocal intraocular lens in Korean eyes [J]. *Korean J Ophthalmol*, 2018, 32(1):16-22. DOI: 10.3341/kjo.2017.0060.
- [28] Vega F, Alba-Bueno F, Millón MS, et al. Halo and through-focus performance of four diffractive multifocal intraocular lenses [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015, 56(6):3967-3975. DOI: 10.1167/iovs.15-16600.
- [29] Madrid-Costa D, Ruiz-Alcocer J, Ferrer-Blasco T, et al. Optical quality differences between three multifocal intraocular lenses: bifocal low add, bifocal moderate add, and trifocal[J]. *J Refract Surg*, 2013,29(11):749-754. DOI: 10.3928/1081597X-20131021-04.
- [30] Marques EF, Ferreira TB. Comparison of visual outcomes of 2 diffractive trifocal intraocular lenses[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2015,41(2):354-363. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.05.048.
- [31] Khoramnia R, Yildirim TM, Tandogan T, et al. Optical quality of three trifocal intraocular lens models: An optical bench comparison[J]. *Ophthalmologie*, 2018, 115(1):21-28. DOI: 10.1007/s00347-017-0573-0.
- [32] Mojzis P, Peña-García P, Liehneova I, et al. Outcomes of a new diffractive trifocal intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014,40(1):60-69. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.06.025.
- [33] Mojzis P, Majerova K, Plaza-Puche AB, et al. Visual outcomes of a new toric trifocal diffractive intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2015,41(12):2695-2706. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.07.033.
- [34] Mojzis P, Majerova K, Hrcakova L, et al. Implantation of a diffractive trifocal intraocular lens: one year follow-up[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2015,41(8):1623-1630. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.11.050.
- [35] Law EM, Aggarwal RK, Kasaby H. Clinical outcomes with a new trifocal intraocular lens[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2014, 24(4):501-508. DOI: 10.5301/ejo.5000407.
- [36] Kretz FT, Breyer D, Klabe K, et al. Clinical outcomes after im-

- plantation of a trifocal toric intraocular lens[J]. *J Refract Surg*, 2015,31(8):504-510. DOI: 10.3928/1081597X-20150622-01.
- [37] Kretz FT, Breyer D, Diakonis VF, et al. Clinical outcomes after binocular implantation of a new trifocal diffractive intraocular lens[J]. *J Ophthalmol*, 2015, 2015:962891. DOI: 10.1155/2015/962891.
- [38] Kretz FT, Choi CY, Müller M, et al. Visual outcomes, patient satisfaction and spectacle independence with a trifocal diffractive intraocular lens[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2016, 30(3):180-191. DOI: 10.3341/kjo.2016.30.3.180.
- [39] Kohnen T, Titke C, Böhm M. Trifocal intraocular lens implantation to treat visual demands in various distances following lens removal[J]. *Am J Ophthalmol*, 2016,161:71-77. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.09.030.
- [40] Brito P, Salgado-Borges J, Neves H, et al. Light-distortion analysis as a possible indicator of visual quality after refractive lens exchange with diffractive multifocal intraocular lenses[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2015, 41(3):613-622. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.07.033.
- [41] Alfonso JF, Fernández-Vega Cueto L, Belda-Salmerón L, et al. Visual function after implantation of a diffractive aspheric trifocal intraocular lens[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2016,26(5):405-411. DOI: 10.5301/ejo.5000741.
- [42] Mendicute J, Kapp A, Lévy P, et al. Evaluation of visual outcomes and patient satisfaction after implantation of a diffractive trifocal intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(2):203-210. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.11.037.
- [43] Kretz FT, Müller M, Gerl M, et al. Binocular function to increase visual outcome in patients implanted with a diffractive trifocal intraocular lens[J]. *BMC Ophthalmol*, 2015, 15:110. DOI: 10.1186/s12886-015-0089-9.
- [44] Hayashi K, Manabe S, Yoshida M, et al. Effect of astigmatism on visual acuity in eyes with a diffractive multifocal intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36(8):1323-1329. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.02.016.
- [45] Lüdeke I, Gonnermann J, Jørgensen J, et al. Refractive outcomes of femtosecond laser-assisted secondary arcuate incisions in patients with residual refractive astigmatism after trifocal intraocular lens implantations[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(1):28-34. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.08.024.
- [46] Farideh D, Azad S, Feizollah N, et al. Clinical outcomes of new toric trifocal diffractive intraocular lens in patients with cataract and stable keratoconus: six months follow-up[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2017, 96(12): e6340. DOI: 10.1097/MD.00000000000006340.
- [47] Lawless M, Hodge C, Reich J, et al. Visual and refractive outcomes following implantation of a new trifocal intraocular lens[J]. *Eye Vis (Lond)*, 2017, 4:10. DOI: 10.1186/s40662-017-0076-8.
- [48] García-Pérez JL, Gros-Otero J, Sánchez-Ramos C, et al. Short term visual outcomes of a new trifocal intraocular lens[J]. *BMC Ophthalmol*, 2017,17(1):72. DOI: 10.1186/s12886-017-0462-y.
- [49] Alió JL, Plaza-Puche AB, Alió Del Barrio JL, et al. Clinical outcomes with a diffractive trifocal intraocular lens[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2018,28(4):419-424. DOI: 10.1177/1120672118762231.
- [50] Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Naroo SA, et al. Multifocal intraocular lens differentiation using defocus curves[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012,53(7):3920-3926. DOI: 10.1167/iov.11-9234.
- [51] Plaza-Puche AB, Alió JL. Analysis of defocus curves of different modern multifocal intraocular lenses[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2016, 26(5):412-417. DOI: 10.5301/ejo.5000780.
- [52] Martínez-de-la-Casa JM, Carballo-Alvarez J, García-Bella J, et al. Photopic and mesopic performance of 2 different trifocal diffractive intraocular lenses[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2017, 27(1):26-30. DOI: 10.5301/ejo.5000814.
- [53] Gundersen KG, Potvin R. Trifocal intraocular lenses: a comparison of the visual performance and quality of vision provided by two different lens designs[J]. *Clin Ophthalmol*, 2017, 11:1081-1087. DOI: 10.2147/OPHTH.S136164.
- [54] Carson D, Xu Z, Alexander E, et al. Optical bench performance of 3 trifocal intraocular lenses[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(9):1361-1367. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.06.036.
- [55] 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[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2018,256(10):1913-1922. DOI: 10.1007/s00417-018-4052-3.
- [56] Monaco G, Gari M, Di Censo F, et al. Visual performance after bilateral implantation of 2 new presbyopia-correcting intraocular lenses: Trifocal versus extended range of vision[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2017, 43(6):737-747. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.03.037.
- [57] Bilbao-Calabuig R, Llovet-Rausell A, Ortega-Usobiaga J, et al. Visual Outcomes following bilateral implantation of two diffractive trifocal intraocular lenses in 10084 eyes[J]. *Am J Ophthalmol*, 2017,179:55-66. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.04.013.
- [58] de Vries NE, Webers CA, Touwslager WR, et al. Dissatisfaction after implantation of multifocal intraocular lenses[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(5):859-865. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.11.032.
- [59] Alba-Bueno F, Garzón N, Vega F, et al. Patient-Perceived and Laboratory-Measured Halos Associated with Diffractive Bifocal and Trifocal Intraocular Lenses[J]. *Curr Eye Res*, 2018, 43(1):35-42. DOI: 10.1080/02713683.2017.1379541.
- [60] 赵晓鹏, 张锦鹏, 严宏. 晚期囊袋人工晶状体复合体脱位的发病原因与危险因素分析[J]. *眼科新进展*, 2017, 37(6): 591-593. DOI:10.13389/j.cnki.rao.2017.0150.
- [61] Bilbao-Calabuig R, Llovet-Osuna F, González-López F, et al. Nd:YAG capsulotomy rates with two trifocal intraocular lenses[J]. *J Refract Surg*, 2016, 32(11):748-752. DOI: 10.3928/1081597X-20160803-02.

(收稿日期:2018-01-21)

(本文编辑:陈丽)