

多焦点人工晶状体植入的研究进展

陈海威, 刘冬梅, 毕宏生, 李 洋, 宋佳蔚

引用: 陈海威, 刘冬梅, 毕宏生, 等. 多焦点人工晶状体植入的研究进展. 国际眼科杂志 2022;22(10):1658-1661

作者单位: (250002) 中国山东省济南市, 山东中医药大学附属眼科医院 山东中医药大学眼科研究所

作者简介: 陈海威, 山东中医药大学在读硕士研究生, 研究方向: 晶状体疾病。

通讯作者: 刘冬梅, 毕业于山东中医药大学, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 晶状体疾病. 13854191223@163.com

收稿日期: 2022-01-10 修回日期: 2022-08-23

摘要

白内障是导致患者视力下降乃至失明的主要原因之一, 手术是治疗白内障确切有效的手段。随着科学技术的进步, 传统的复明性白内障手术逐渐过渡到屈光性白内障手术。各种屈光性人工晶状体也应运而生, 传统的单焦点人工晶状体(single focus intraocular lens, SIOL)不再是患者的唯一选择, 多焦点人工晶状体(multifocal intraocular lens, MIOL)越来越被患者接受和认可。本文对现有的多焦点人工晶状体进行了归纳总结, 通过分类列举, 简述不同类型多焦点人工晶状体的多种特点及评估患者术后临床效果的方法, 以期为眼科医生提供参考。

关键词: 白内障; 单焦点人工晶状体; 多焦点人工晶状体

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.10.12

Research progress on multifocal intraocular lens implantation

Hai-Wei Chen, Dong-Mei Liu, Hong-Sheng Bi, Yang Li, Jia-Wei Song

The Affiliated Eye Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine; Eye Institute of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250002, Shandong Province, China

Correspondence to: Dong-Mei Liu. The Affiliated Eye Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine; Eye Institute of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250002, Shandong Province, China. 13854191223@163.com

Received: 2022-01-10 Accepted: 2022-08-23

Abstract

• Cataract is one of the most common causes of vision loss and even blindness in patients, and surgery is a proven and effective treatment option. Traditional cataract surgery for vision loss has increasingly given way to refractive cataract surgery as science and technology have progressed. There are also a variety of refractive intraocular lenses on the market place. Patients are

increasingly accepting and recognizing multifocal intraocular lens (MIOL) as an alternative to traditional single focus intraocular lens (SIOL). Through classification and listing, the existing MIOL are discussed in this article, as well as the features of different types of MIOL and techniques for evaluating the clinical impacts of patients after surgery, so as to provide references for ophthalmologists.

• KEYWORDS: cataract; single focus intraocular lens; multifocal intraocular lens

Citation: Chen HW, Liu DM, Bi HS, et al. Research progress on multifocal intraocular lens implantation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(10):1658-1661

0 引言

随着多焦点人工晶状体(multifocal intraocular lens, MIOL)的推陈出新, MIOL的应用也越来越广泛。但针对不同的患者要求以及不同MIOL设计的独特性, 个性化的选择MIOL成为了医生需要考虑的首要问题^[1], 此外, 降低患者术后不良视觉影响也是提高患者术后满意程度的重要指标之一。本文针对不同类型的MIOL进行简要的概述, 描述其设计原理及功能特点, 并从多方面阐述患者术后视觉质量的评估方法, 从而帮助眼科医师更深层次地了解MIOL, 同时也为医者选择适合的MIOL提供新的思路。

1 MIOL的设计原理及相关特点

目前, 根据光学原理设计MIOL多分为: 折射型(refractive multifocal intraocular lens, RMIOL)、衍射型(diffraction multifocal intraocular lens, DMIOL)、折射衍射相结合(hybrid multifocal IOL, HMIOL)三种类型^[2]。此外, MIOL应用同时知觉的原理, 即远处与近处的物像同时汇聚于视网膜上的时候, 若其屈光力之差大于或等于3D, 则会导致视网膜上的物像差距过大, 这种情况下, 大脑无法融合物像, 就会选择与被注视物体更接近并且更清晰的物像, 抑制另外一个物像^[3], 从而使MIOL具有视远及视近的功能。

1.1 RMIOL设计原理及特点 当前的RMIOL基本分为为两种设计类型: 一种为区带折射型, 一种为区域折射型。

1.1.1 区带折射型MIOL 此类MIOL基本设计是前表面为同心环构成, 后表面为光滑的球面, 因此它们每个光学面上不同的区域有不同的屈光力, 使得患者可以获得由远到近较为广泛的视力。但是, 由于大部分近环区域被瞳孔所覆盖, 所以对于较小瞳孔的患者, 会具有距离的偏差。只有随着瞳孔的扩大, 患者视近的多个功能区域才能暴露出来, 才能使得每个区域所受到的光线变得平衡。故此类人工晶状体术后患者视觉干扰现象较为多见^[4], 例如出现夜视眩光现象, 严重者甚至会出现较大的晕轮和星爆现

象^[5]。目前,主要运用此类设计的 MIOL 有: NuVue 两区带人工晶状体、True Vista 三区带人工晶状体、Array 和 ReZoom 人工晶状体以及 M-Flex630F 人工晶状体。

1.1.2 区域折射 MIOL 这类 MIOL 与传统的同心环 MIOL 不同,这种人工晶状体设计有两个扇区:其中一个较大的扇区用于远距离视觉,而另一个较小的嵌入式扇区用于近距离视觉,两者之间可以平滑过渡。两个扇区之间有一个较小的过渡区,使得其光能损失只有 7%。所以从这种 MIOL 的设计来说,可以明显地减少眩光、光晕等不良视觉现象的出现^[6]。另外,有研究表明,区域折射 MIOL 更为适合替代传统的单焦点人工晶状体 (single focus intraocular lens, SIOL),因为它提供了更宽的视力范围和更具生理性的离焦曲线^[7]。除此之外,区域折射 MIOL 位于眼球光学系统的节点,为同轴多焦设计,故而可以 360° 任意角度放置,现在主要运用此类设计的人工晶状体主要有 SBL-3MIOL 为主。

1.2 衍射型 MIOL 设计原理及特点 目前,衍射型 MIOL 可分为:全光学面衍射型 MIOL、阶梯渐进行射型 MIOL。

1.2.1 全光学面衍射型 MIOL 全光学面衍射型 MIOL 的设计原理为前表面为光滑的球面,而在其后表面会设计出不同个数的同心圆性质的显微波环花纹,在利用光学衍射的原理下,形成远和近的焦点^[8]。此外,大部分的全光学面衍射型 MIOL 的光线分配都为均等光能分配,这就使得无论患者视近或者视远都会在视网膜上呈现较为清楚的像,但同时还会出现一个较为模糊的像^[9]。故患者在视近或者视远都会同时看到两个像,因此受到瞳孔大小的影响很小,但与此同时患者会因两个物像的出现而使其对比敏感度下降,以及因光学衍射使患者出现了眩光等光学干扰的现象^[10]。现在市面上较多选用此类设计的 MIOL 有 Tecnis ZMB00、Tecnis ZM900 等 MIOL 型号。

1.2.2 阶梯渐进行射型 MIOL 这类 MIOL 突破性的将天文望远镜使用的“切趾技术”运用到 MIOL 之中,故又称为“变迹衍射多焦点人工晶状体”。此类 MIOL 的原理是将每一个衍射区边缘进行阶梯式的设计。同时,衍射环之间的宽度决定 IOL 上光的分布方向,梯度决定光能的分布。当光束通过衍射的阶梯时,会被分成两束光,一束会折射至中心台面,另外一束光会折射向下一个阶梯。从而使得中心台面区域光能分布均匀,每个焦点的光能都约为 41%,降低了对瞳孔大小的依耐性^[11]。由于这种特殊的设计,此种 MIOL 实现了近焦点和远焦点的光偏转,从而具有良好的近视力和远视力^[12]。经研究表明,此类晶状体拥有更为广阔的视域,可以很好地减少术后戴镜^[13]。Ascrysof ReSTOR 人工晶状体就是此类 MIOL 的代表。

1.3 衍射-折射型 MIOL 由于大部分的 MIOL 都为双焦点设计,从而导致患者的中视力比较差,因此为了满足患者的需求,设计出了衍射与折射相结合的三焦点人工晶状体。目前,采用衍射与折射结合的 MIOL 主要为 AT LISA tri 839M 三焦点人工晶状体及 AcrySof IQ PanOptix 三焦点人工晶状体,它的光学区为 6mm,此光学区采用的是非球面折射衍射结合设计,此类 MIOL 是一个中央衍射图案与双焦点的组合物,可以将光线较为分散的平铺于三个焦点,使患者可以获得较为良好的远、中、近三点视力,具有良好的脱镜率^[14]。但由于其设计,使得分布于远、中、近的光线不对称^[15],故患者必须在光线较为良好的情况下视物,否则将会让患者的视觉质量及对比敏感度下降^[16]。

1.4 新无极连续视程人工晶状体 在 MIOL 推出以后,研究者通过研究发现由于 MIOL 的分光设计,不可避免地会使得患者视物的对比敏感度降低。因为 MIOL 依赖于两个或者两个以上的固定焦点,每一个焦点只能提供固定距离清晰的像,所以患者在视物的过程中会看到两个或者两个以上的图像,这就会不同程度地影响患者视觉质量。为了减少这一问题,从而研发出了新型的 MIOL。此类 MIOL 引入了新的光衍射模式,延长了眼焦点,创造单一细长的焦线来增强焦深或视野范围,从而使患者获得较为良好的连续视程^[17-18]。但同样由于其独特的设计,也引发了患者新的不良体验。在与 SIOL 对比后发现,新无极连续视程 MIOL 会有对比度降低和频繁出现晕圈的风险^[19];同时在与三焦点人工晶状体相比时发现,新无极连续视程 MIOL 近视力的效果较差^[20]。目前,市面上可见 Tecnis Symphony 等 IOL 运用此类设计。

2 植入 MIOL 术后临床效果评估

随着 MIOL 使用率的增加,单一的视力及电脑验光检查已不能全面地评估患者的术后效果^[21],因此,许多学者开始运用不同的视功能检查,对 MIOL 术后视觉质量进行更为全面的评估与研究,例如,在比较立体视力方面,虽然在植入 SIOL 与 MIOL 后都会获得一个不错的视力效果,且中央凹近距离和远距离立体视力无统计学差异,但与 SIOL 组相比,植入 MIOL 的患者中央凹近视立体视敏锐度提高更快,MIOL 在提供全程视力和立体视力方面也具有明显的优势^[22]。现对目前较为常用的评估方法进行介绍,主要为以下方面。

2.1 对比敏感度 对比敏感度 (contrast sensitivity, CS) 指的是人在不同空间明亮对比下分辨物像的能力。在 CS 检查中,低频区可以反映视觉对比度情况,高频区主要反映视敏度,中频区则反映视觉对比度和中心视力综合情况。故一般可以用 CS 检查患者,来更全面、更真实地评价视功能。Monte's-Mic6 等^[23] 研究发现,患者的 CS 虽然在大脑适应过程下以及时间的推移后能够提升,但是在术后,大部分患者较正常人还是会出现不同程度的 CS 下降。也有研究表明尽管患者的 CS 会下降,但因为患者的术前有白内障,所以患者的 CS 对比术前会有一个不同程度的提升,故对患者的影响比较少,术后患者的体验也较为良好^[24]。也有很多学者研究 MIOL 与 SIOL 的 CS 对比,在患者夜间视物时,由于 MIOL 的分光特殊设计,MIOL 的对比敏感度相对来说会差一些^[25],但由于 MIOL 的近视力的补充,使得患者可以接受部分 CS 的下降^[26]。

2.2 双眼视功能 双眼视功能是外界单一物体分别投射到两眼,经过大脑视觉中枢,整合成一个立体像的过程,可分为立体视、融像等功能。故立体视是评价患者双眼视功能的指标之一^[27]。通过对植入不同类型人工晶状体的患者研究发现,因为 MIOL 可以兼顾近视力与远视力,所以其对应的视功能区域较 SIOL 更多,故其立体视功能也显著高于 SIOL 的立体视功能,使患者得以拥有更好的裸眼视力以及更高的脱镜率^[28]。

2.3 阅读能力 阅读能力是指运用阅读速度以及阅读敏锐度等相关量表和检查,来综合量化评价患者术后阅读功能好坏程度的指标^[29]。白内障患者在植入人工晶状体之后,往往要求有更好的阅读能力,这一点对于适应社会生活非常重要。Bartol-Puyal 等^[30] 的研究中,通过对 SIOL Tecnis ZCB00 与 MIOL Tecnis ZMB00 对比中发现,未经任

何光学矫正的 MIOL 患者的阅读能力与单焦点人工晶状体患者相似或更好。而在 Xu 等^[31]的研究中也表明:衍射型 MIOL 可提供更好的近视敏感度、阅读能力、中等视力、更高的眼镜独立性,同时减少患者的光学影响。这表明,在患者植入了 MIOL 之后,能够为其带来良好的视力,并且提供较为良好的阅读能力,为患者以后的生活带来了极大的方便。

2.4 患者的术后满意度 患者术后的主观满意度是评价手术是否成功的重要指标之一,目前临床上一般运用视功能指数量表-14(VF-14)等问卷来为患者进行调查。在 Chen 等^[32]的研究中发现在植入 MIOL 的患者中,其满意度较高,超过 80% 患者的阅读独立性得到增强。但这个研究中,患者均不会开车,所以其问卷的结果并不能代表其他会开车患者的满意程度,其问卷的形式应具有多样性,来满足不同的患者。此外,在 Mester 等^[33]的研究中也明确的反映患者在植入 MIOL 以后的满意度都比较高,但是仍旧有少部分的患者因术后的眩光以及光晕而表现出了不满。可惜的是此实验问卷未考虑患者的心理因素,故而无法考虑患者的个性因素是否为影响其满意程度的混杂因素。

2.5 波前像差检查 波前像差检查作为一种客观分析评价的方法,已经作为患者术前、术中及术后评价的主要方法。这种方法通过采集实际像点与理想矩阵的位置差异来模拟患者的视网膜成像,间接推导出点扩散函数。通过分析能得到调制传递函数等视觉质量参数。Toto 等^[34]研究发现 ReSTOR MIOL 可以有效地降低白内障患者术后眼内高阶像差。另外,在 Toto 等^[35]的进一步研究中,ReSTOR MIOLS+4.00 和 +3.00 均提供了良好的远视力和近视力,并且所纳入研究的 MIOL 均表现出良好的视觉质量。

2.6 不良的视觉症状 较之 SIOL,患者在植入 MIOL 以后往往会更多的不良体验。因 MIOL 的不均分光设计以及其表面的不同图纹,使得患者会出现光晕、眩光等症状。并且与 SIOL 类似,部分患者也会在术后出现屈光不正后囊膜混浊等问题^[36]。此外,由于部分患者术前对 MIOL 的期待过高,而导致术后过分追求完美视力而出现了不能及时适应 MIOL 所带来的视力调节问题^[37]。故在术后要积极地询问患者植入 MIOL 的视觉体验,及时发现问题、解决问题,必要时进行激光角膜屈光手术和 Nd:YAG 激光囊膜切开术等方法来缓解患者术后不适。同时,还要积极的对患者进行术后的心理干预,疏导患者的焦虑。

3 研究现状及对 MIOL 的展望

随着 MIOL 的发展,越来越多的患者有了新的选择,近年来 PanOptix 三焦点 MIOL 和 AT LISA tri 839MP 三焦点 MIOL 都能为患者带来良好的近、中和远视力^[38-39]。此外,PanOptix 三焦点人工晶状体因其独特的中距离焦点设计,能够使大多数患者有更自然、更舒适的距离来执行日常活动^[39]。尽管现在的 MIOL 仍旧存在着部分问题,术后患者会有不同程度的视觉干扰症状,使得患者在植入以后不能和未患白内障的正常人一样,但是 MIOL 的出现还是为患者不同程度的提升了生活质量,随着时间的推移患者的满意程度也有着不同程度的提升^[38]。同时,对 MIOL 的研究深入,也逐渐加深了眼科医生对 MIOL 的了解,给予了更多患有眼底疾病的患者植入 MIOL 的可能^[40]。

近年来,MIOL 不断推陈出新,也出现了更多功能的 MIOL,所以针对患者的不同功能需要,人工晶状体的选择也越来越重要^[33]。这就要求术者术前需要对患者有一个全方位的了解,不仅仅要包括患者的常规术前检查,还得包括对患者性格、职业、生活方式等多方面信息记录^[41],而现在正缺少类似的相关调查问卷。同时,在对患者术后进行评估的过程中,依旧需要术者对其进行详细的问讯和了解其术后对真实世界的感受,故而更需要相关的调查问卷来了解患者。此外,因患有白内障的患者数量十分庞大,所以很难维持患者的随访,而很难清楚白内障患者术后长期的效果,这需要一个较为完善的随访系统来及时提醒患者进行复查。

总之,白内障手术是治疗白内障确切有效的手段,人工晶状体的发展也日新月异,但仍然存在着一一些问题,需要临床医生和科研工作者通力合作,还白内障患者一个清晰无忧的世界。

参考文献

- 1 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
- 2 Sachdev GS, Sachdev M. Optimizing outcomes with multifocal intraocular lenses. *Indian J Ophthalmol* 2017;65(12):1294-1300
- 3 Żelichowska B, Rekas M, Stankiewicz A, et al. Apodized diffractive versus refractive multifocal intraocular lenses: optical and visual evaluation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(12):2036-2042
- 4 Choi J, Schwiegerling J. Optical performance measurement and night driving simulation of ReSTOR, ReZoom, and Tecnis multifocal intraocular lenses in a model eye. *J Refract Surg* 2008;24(3):218-222
- 5 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
- 6 Venter JA, Barclay D, Pelouskova M, et al. Initial experience with a new refractive rotationally asymmetric multifocal intraocular lens. *J Refract Surg* 2014;30(11):770-776
- 7 Wang X, Tu HX, Wang Y. Comparative analysis of visual performance and optical quality with a rotationally asymmetric multifocal intraocular lens and an apodized diffractive multifocal intraocular lens. *J Ophthalmol* 2020;2020:7923045
- 8 Gillino S, Casuccio A, di Pace F, et al. One-year outcomes with new-generation multifocal intraocular lenses. *Ophthalmology* 2008;115(9):1508-1516
- 9 Chang JSM, Ng JCM, Chan VKC, et al. Visual outcomes and patient satisfaction after refractive lens exchange with a single-piece diffractive multifocal intraocular lens. *J Ophthalmol* 2014;2014:458296
- 10 Schmickler S, Bautista CP, Goes F, et al. Clinical evaluation of a multifocal aspheric diffractive intraocular lens. *Br J Ophthalmol* 2013;97(12):1560-1564
- 11 Guo XH, Sun Y, Zhang BW, et al. Medium-term visual outcomes of apodized diffractive multifocal intraocular lens with +3.00D addition power. *J Ophthalmol* 2014;2014:247829
- 12 Kohnen T, Derhartunian V. Apodized diffractive optic. New concept in multifocal lens technology. *Der Ophthalmol* 2007;104(10):899-904, 906-907
- 13 Bi HS, Cui Y, Ma XH, et al. Early clinical evaluation of AcrySof ReSTOR multifocal intraocular lens for treatment of cataract. *Ophthalmologica* 2008;222(1):11-16

- 14 Rementería-Capelo LA, Contreras I, García-Pérez JL, *et al.* Visual quality and patient satisfaction with a trifocal intraocular lens and its new toric version. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(11):1584–1590
- 15 Kohnen T. First implantation of a diffractive quadrafocal (trifocal) intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(10):2330–2332
- 16 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
- 17 Akella SS, Juthani VV. Extended depth of focus intraocular lenses for presbyopia. *Curr Opin Ophthalmol* 2018;29(4):318–322
- 18 Black S. A clinical assessment of visual performance of combining the TECNIS® Symphony Extended Range of Vision IOL (ZXR00) with the +3.25D TECNIS Multifocal 1-piece IOL (ZLB00) in subjects undergoing bilateral cataract extraction. *Clin Ophthalmol* 2018;12:2129–2136
- 19 Liu J, Dong Y, Wang Y. Efficacy and safety of extended depth of focus intraocular lenses in cataract surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):198
- 20 Farvardin M, Johari M, Attarzade A, *et al.* Comparison between bilateral implantation of a trifocal intraocular lens (Alcon AcrySof IQ® PanOptix) and extended depth of focus lens (Tecnis® Symphony® ZXR00 lens). *Int Ophthalmol* 2021;41(2):567–573
- 21 Cillino G, Casuccio A, Pasti M, *et al.* Working-age cataract patients: visual results, reading performance, and quality of life with three diffractive multifocal intraocular lenses. *Ophthalmology* 2014;121(1):34–44
- 22 Bi HS, Ma XH, Li JH, *et al.* Study of binocular function in early stage after implantation of multifocal intraocular lens. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2007;43(5):407–411
- 23 Montés-Micó R, Alió JL. Distance and near contrast sensitivity function after multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(4):703–711
- 24 Escaf LJ, Escaf LC, Polo S, *et al.* Standard results and contrast sensitivity reestablishment after implantation of a trifocal intraocular lens. *Curr Eye Res* 2021;46(5):672–677
- 25 Yamauchi T, Tabuchi H, Takase K, *et al.* Comparison of visual performance of multifocal intraocular lenses with same material monofocal intraocular lenses. *PLoS One* 2013;8(6):e68236
- 26 Gil MA, Varón C, Cardona G, *et al.* Comparison of far and near contrast sensitivity in patients symmetrically implanted with multifocal and monofocal IOLs. *Eur J Ophthalmol* 2014;24(1):44–52
- 27 Dick HB, Krist R, Schwenn O, *et al.* Near vision after implantation of monofocal versus multifocal intraocular lenses. *Klin Monbl Augenheilkd* 2001;218(6):406–411
- 28 Zhao GQ, Zhang J, Zhou Y, *et al.* Visual function after monocular implantation of apodized diffractive multifocal or single-piece monofocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(2):282–285
- 29 Radner W. Reading charts in ophthalmology. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2017;255(8):1465–1482
- 30 Bartol-Puyal FA, Talavero P, Giménez G, *et al.* Reading and quality of life differences between Tecnis ZCB00 monofocal and Tecnis ZMB00 multifocal intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol* 2017;27(4):443–453
- 31 Xu X, Zhu MM, Zou HD. Refractive versus diffractive multifocal intraocular lenses in cataract surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Refract Surg* 2014;30(9):634–644
- 32 Chen WR, Meng QL, Ye HY, *et al.* Reading ability and stereoacuity with combined implantation of refractive and diffractive multifocal intraocular lenses. *Acta Ophthalmol* 2011;89(4):376–381
- 33 Mester U, Vaterrodt T, Goes F, *et al.* Impact of personality characteristics on patient satisfaction after multifocal intraocular lens implantation: results from the happy patient study. *J Refract Surg* 2014;30(10):674–678
- 34 Toto L, Falconio G, Vecchiarino L, *et al.* Visual performance and biocompatibility of 2 multifocal diffractive IOLs. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(8):1419–1425
- 35 Toto L, Carpineto P, Falconio G, *et al.* Comparative study of AcrySof ReSTOR multifocal intraocular lenses +4.00 D and +3.00 D: visual performance and wavefront error. *Clin Exp Optom* 2013;96(3):295–302
- 36 Woodward MA, Randleman JB, Stulting RD. Dissatisfaction after multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(6):992–997
- 37 Rudalevicius P, Lekaviciene R, Auffarth GU, *et al.* Relations between patient personality and patients' dissatisfaction after multifocal intraocular lens implantation: clinical study based on the five factor inventory personality evaluation. *Eye* 2020;34(4):717–724
- 38 Bilbao-Calabuig R, Llovet-Rausell A, Ortega-Usoabiaga J, *et al.* Visual outcomes following bilateral implantation of two diffractive trifocal intraocular lenses in 10 084 eyes. *Am J Ophthalmol* 2017;179:55–66
- 39 Sudhir RR, Dey A, Bhattacharya S, *et al.* AcrySof IQ PanOptix intraocular lens versus extended depth of focus intraocular lens and trifocal intraocular lens: a clinical overview. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2019;8(4):335–349
- 40 Grzybowski A, Kanclerz P, Tuuminen R. Multifocal intraocular lenses and retinal diseases. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020;258(4):805–813
- 41 Alió JL, Plaza-Puche AB, Fernández-Buenaga R, *et al.* Multifocal intraocular lenses: an overview. *Surv Ophthalmol* 2017;62(5):611–634