

离焦曲线的应用及研究进展

杜相怡^{1,2}, 吴佳华², 张静², 雷玉琳²

引用: 杜相怡, 吴佳华, 张静, 等. 离焦曲线的应用及研究进展. 国际眼科杂志, 2025, 25(12): 1994-1998.

作者单位:¹(256603)中国山东省滨州市,滨州医学院第一临床医学院;²(250200)中国山东省济南市,济南明水眼科医院

作者简介: 杜相怡, 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 屈光。

通讯作者: 雷玉琳, 毕业于山东大学, 博士研究生, 硕士研究生导师, 主任医师, 副院长, 研究方向: 近视与屈光. leiyulin642@126.com

收稿日期: 2025-03-28 修回日期: 2025-10-21

摘要

离焦曲线通过量化不同离焦状态下的视力表现, 可精准评估人眼在连续视觉范围内的清晰视觉能力, 是评价视觉质量的重要工具。随着人口老龄化和生活质量的提升, 老视矫治的需求显著增高, 离焦曲线的应用在眼科临床中也不断拓展, 尤其是老视角膜屈光手术和屈光性白内障手术围手术期评估, 其不仅辅助个性化手术设计, 还可用于患者宣教与术后视觉质量评价。文章系统阐述了离焦曲线的检查方法、影响因素、分析方法与临床应用进展, 重点关注瞳孔直径、对比敏感度、视力表选择等变量对检查结果的潜在影响, 并对当前存在的标准化不足、动态视力评估欠缺等问题进行讨论, 结合最新文献提出未来研究方向, 以期为相关领域的研究者和临床工作者提供有价值的参考, 推动离焦曲线标准化、规范化应用, 进一步提升老视矫治的整体疗效与患者视觉生活质量。

关键词: 离焦曲线; 老视; 角膜屈光手术; 屈光性白内障手术

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.12.18

Application and research progress of defocus curves

Du Xiangyi^{1,2}, Wu Jiahua², Zhang Jing², Lei Yulin²

¹The First School of Clinical Medicine of Binzhou Medical University, Binzhou 256603, Shandong Province, China; ²Jinan Mingshui Eye Hospital, Jinan 250200, Shandong Province, China
Correspondence to: Lei Yulin. Jinan Mingshui Eye Hospital, Jinan 250200, Shandong Province, China. Leiyulin642@126.com

Received: 2025-03-28 Accepted: 2025-10-21

Abstract

• The defocus curve, which quantifies visual performance under various defocus states to accurately evaluate the eye's ability to achieve clear vision across a continuous range of distances, is a vital tool for assessing visual quality. With the aging population and improved quality of

life driving a significant increase in the demand for presbyopia correction, the application of the defocus curve has continually expanded in ophthalmic clinical practice, particularly in the perioperative period of presbyopia - correcting corneal refractive surgery and refractive cataract surgery, where it aids in personalized surgical planning and proves valuable for patient education and postoperative visual quality assessment. This article systematically reviews the examination methodology, influencing factors, analytical approaches, and recent clinical advancements of defocus curves, focusing on the potential impact of variables such as pupil diameter, contrast sensitivity, and chart selection on results; it further discusses current limitations including lack of standardization and insufficient assessment of dynamic visual performance, and proposes future research directions based on the latest literature. The aim is to provide valuable insights for researchers and clinicians, promote the standardized and normative application of defocus curves, and ultimately enhance the overall efficacy of presbyopia correction and patients' quality of visual life.

• KEYWORDS: defocus curve; presbyopia; corneal refractive surgery; refractive cataract surgery

Citation: Du XY, Wu JH, Zhang J, et al. Applications and research progress of defocus curves. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025, 25(12): 1994-1998.

0 引言

老视患者无法在所有距离上都获得清晰的视力, 这在一定程度上降低了生活质量和工作效率, 因此老视的矫治方法受到了广泛的关注, 尤其是老视角膜屈光手术和屈光性白内障手术。离焦曲线通过模拟不同离焦状态下的视力表现, 成为评估老视矫治效果的核心工具。然而, 离焦曲线并没有标准化的检查方法和解读方法, 亟需系统性总结与规范化探索。本文讨论了离焦曲线的检查方法和影响离焦曲线检查的关键因素, 比如瞳孔大小、对比敏感度、单双眼评估、视力表选择等, 并且对离焦曲线的应用场景做了简单总结, 也展望了离焦曲线未来的应用场景和发展方向。

1 离焦曲线的检查与绘制

1.1 离焦曲线的检查 离焦曲线的检查方法分为动态视标移动法和镜片模拟法。第一种通过移动视标模拟不同距离的视力需求, 过程中要求患者报告出视标的方向, 并做记录, 离焦曲线测定的距离范围一般为 5 m 到 30 cm, 由远及近进行, 此种方法检查时间长, 检查环境要求高, 并且对近视力的测定易受到“视近三联征”(调节-集合-瞳孔缩小)的影响^[1], 导致检查结果的可信度降低, 因此, 这种

方法的可行性相对较低。第二种方法是通过在眼前叠加不同度数的镜片模拟离焦状态,可以配戴试镜架或者在综合验光仪上进行。根据焦距的基本光学公式($f=1/D$)可以确定每个离焦水平所代表的物理阅读距离,例如,通过配戴-2.50 D 的框架眼镜模拟 40 cm 阅读距离的视力水平。该方法的离焦范围通常设为+2.00 D 至 -5.00 D, +2.00 D 的离焦是为了放松调节和覆盖焦深,从+2.00 D 开始,依次增加负镜,使检查结果更加准确。用-5.00 D 的离焦可以模拟 20 cm 的近视力,这是非常近的阅读距离,几乎可以满足日常需求,测量的梯度一般为 0.50 D,但是也有人认为在+0.50 D 至 -0.50 D 范围内应该采用 0.25 D 步长,以更真实详细地记录近视力变化^[2]。

相对来说,镜片模拟法操作更简便,尤其是在综合验光仪上进行检查时,可以省去插片的步骤,大大缩短了检查时间,并可能在一定程度上提升结果的准确性。尽管离焦曲线的检查时间较长,并且检查过程易受患者专注力波动的影响,但是为了避免离焦曲线绘制细节的减少与分析失真,不建议尝试用大于 0.50 D 的试镜梯度进行数据收集。无论使用以上哪种方法进行检查,都要检查前根据检查目的不同,决定是否要在矫正的基础上进行检查。

1.2 离焦曲线的绘制 离焦曲线的绘制是将离焦作为横坐标,将视力作为纵坐标,将每个离焦下检查出的视力描绘到记录纸上。一般将纵坐标设计稍长一些,以能够更清晰地观察离焦曲线的走势和不同曲线间的区别。通常年轻人的调节幅度足够让离焦曲线在较大的范围内保持视力的稳定性和曲线的平直,而老视患者由于调节能力下降,曲线的平台期将会缩短,近距视力下降迅速,曲线波动明显。在进行围手术期离焦曲线对比时可以将几条曲线绘制到同一张记录纸上,通过曲线间的面积可以表示术前术后的视力差距,具体的解读方法在后文还会提及。

2 影响离焦曲线检查的因素

2.1 瞳孔大小 瞳孔是动物或人眼虹膜中心的圆孔,是外界光线进入眼睛的通道。瞳孔大小可以控制眼睛的进光量,并影响眼睛的焦深、衍射和特定像差的大小,相对来说,小瞳孔可以减少眼球的进光量,从而减少光学像差的发生并增加焦深^[3],这被称作针孔效应,在 2.5–8 mm 的范围内,瞳孔每增加 1 mm,总的焦深就要减少 0.12 D,因此小瞳孔下的视力往往要优于大瞳孔^[4]。影响瞳孔大小的一个重要因素是周围环境的照明水平,另一个则是年龄,瞳孔大小往往随着年龄的增长而减小,这有助于老视患者增加焦深并减少离焦模糊,虽然这种因年龄导致的瞳孔缩小在老视人群中个体差异较大且并非所有患者都显著,但也是其他老视矫治方法的支撑,例如缩瞳药物和使用嵌入角膜基质中的小孔径光学器件。瞳孔直径也是影响术后视觉质量的关键参数,瞳孔直径通过调控焦深和像差显著影响离焦曲线的走势,瞳孔越小,离焦曲线下面积越大,表明焦深越大,反之瞳孔越大,离焦曲线下面积越小。在过去的很多白内障围手术期离焦曲线的相关研究中,并没有对瞳孔大小进行分类,AAO 工作组建议将瞳孔直径分为三组进行标准化分析:小瞳孔(<3 mm)、中等瞳孔(3 mm≤瞳孔≤4 mm)和大瞳孔(>4 mm)组,并在同一天的相同照明条件下进行测量,提高准确性和可信度^[5],以便通过离焦曲线的绘制评估术后视觉质量。然而,目前尚没有瞳孔大小分组标准运用到老视角膜屈光手术围手术期的离焦曲线绘制过程中,这导致临床研究中数据对比受

限,这也是亟待完善的研究方向,鉴于此,我们认为在未有明确的标准前,可以采取 AAO 的标准进行分组。

2.2 对比敏感度 对比敏感度是对比度阈值的倒数($CS = 1/CT$),是指人眼在特定空间频率下区分不同亮度区域的能力,是评估视觉功能的核心指标之一^[6],同时也是检测眼部疾病的重要指标,例如白内障、视神经病变、色素性视网膜炎、青光眼等,同时还可以量化老视矫治中的光学干扰对视觉质量的影响。目前最常用的对比敏感度测试方法是:功能敏锐度对比测试(functional acuity contrast test, FACT) 和 Vector Vision CSV - 1000 (VectorVision, Greenville, OH)。Rodríguez-Vallejo 等^[7]通过比较验证了使用 iPad 终端设备 ClinicCSF 软件的可靠性:当使用相同的对比敏感度检查步骤时,软件 ClinicCSF 测试出来的对比敏感度结果与 FACT 相似。这种软件有着便携、低成本、易于引进以及自动化分析的优点,为临床大规模筛查提供了新方案。随着年龄的增长,对比敏感度逐渐降低^[8],一般人眼的视力随着对比敏感度水平的降低而降低,相应地会影响离焦曲线的检查和绘制。人眼在明亮环境下的对比敏感度要远远好于昏暗环境,这也是老视人群喜欢在明亮环境进行近距离阅读的原因。值得注意的是,为了检查的准确性,我们需要将不同对比敏感度的人群进行分组后再进行离焦曲线的检查,并且需要标准化照明条件,如果环境容易受到自然光的影响,则可以使用照度计确保测试条件一致,使结果更具可信度。同时,很多老视矫治方法都会增加老视患者的负球差以拓展焦深,而球面像差会损害光学系统的调制传递函数的中高频响应,从而降低对比敏感度^[9],比如多焦角膜接触镜、多焦人工晶状体、多焦角膜屈光术等,因此对比敏感度检查非常重要,当然也要在离焦曲线的检查中做出明确的区分。近期也有一些研究利用软件尝试将离焦曲线和对比敏感度结合起来进行检查^[10],这种检查更符合现实生活中视觉效果。

2.3 视力表选择 在进行离焦曲线的检查时,视力表的选择依旧会影响结果。Snellen 和 LogMAR 是国际最常用的视力表,标准对数视力表是国内最常用的视力表,但是 LogMAR 视力表更准确、灵敏、可重复性更强^[11]。Kaiser^[12]认为在离焦曲线的检查中可以运用 LogMAR 视力表进行检查,再转化成 Snellen 视力表,以便患者进行理解和代入日常运用,不过 Snellen 视力表的不规则字母大小比率遵循正态分布的可能性很低,因此不利于数据统计分析^[11]。目前国内遵循将 LogMAR 视力表检查结果转化成标准对数视力表结果便于患者理解,在科研中还是用 LogMAR 进行统计分析,结果会更加准确。

离焦曲线的检查时间较长,常常需要患者重复读同一行视标,很难避免患者的学习效应,有可能会导致检查结果偏高。有研究发现,非随机视力表与从负到正顺序的镜片呈现组合更容易受到学习效应的影响^[13],因此最好在检查过程中使用随机化视力表以避免患者的学习效应。但是建议在运用随机化视力表的同时,让离焦镜片顺序增加,即不断加负镜。现实生活中,除了办公、阅读等相对静态的工作外,许多场景需要考察动态视力,比如开车、体育运动、观看电影等,动态视力又称动态视觉敏感度,指周围物体与观察者之间存在相对运动时,观察者分辨物体细节的能力^[14],是老视患者视觉功能的一个重要方面,根据我国国情,老视患者仍然在社会生产中承担着比较重要的工作,并且随着生活水平的提升,这一部分人群对动态视力

的需求正不断提高。动态视力有多种检查方法^[14],将其与离焦曲线的检查相结合便可以有效地应用于评估不同离焦状态下的动态视觉性能,研究表明,动态离焦曲线结果要显著低于传统静态离焦曲线^[15],但是也能更加准确地反映患者在现实生活中的视力情况,临床上有很多患者会抱怨进行体育运动或者开车时出现模糊,动态离焦曲线恰好可以针对性地进行这方面的视觉能力评估,另外也对特定职业人群的动态视觉功能评估提供了重要基础。

2.4 单双眼检查 离焦曲线的检查可以采用单眼或者双眼的检查方式,但是在临床研究中,双眼的离焦曲线检查结果往往要好于单眼的检查结果^[16],并且更符合患者现实生活中的视力表现^[17],这种现象可能与双眼视功能的协同效应有关。在老视角膜屈光手术的术前检查中往往也需要进行双眼的屈光参差耐受检测,比如在综合验光仪上或者通过配戴试镜架模拟 1.50 D 的屈光参差状态,通过交替注视评估患者的双眼融像能力和舒适度。值得注意的是,当在眼前加上不同度数的镜片并且视标位置不变时,眼睛的集合虽没有改变,调节却一直在变,但是现实生活中当一个视标越来越近时双眼会因为“视近三联征”同时出现调节、集合、瞳孔缩小,这连锁反应会使离焦曲线检查结果和现实生活中表现出来的全距离视力有所差别。

2.5 个人习惯 老视的主要表现是视近困难,视近耐久性差。个体之间身高、臂长、阅读距离、用眼习惯等存在差异,不同职业的人群具有不同的用眼距离需求^[18]。研究表明,由于智能手机的使用距离小于台式电脑或笔记本电脑(<40 cm),这个距离对调节和集合都有着更高的要求,因此有可能会诱发和加剧头痛、视力模糊和视疲劳等症状^[19]。我们在进行离焦曲线的检查和老视矫治的过程中也需要考虑每个人工作的用眼距离是不同的^[19],要关注教师、程序员等近距离工作时间比较长的人群,还要特别关注到其他特殊的职业,比如珠宝鉴定师、钻石切割工等这些极近距离工作人群,在离焦曲线的检查中,可以适当的调整焦距的终点,比如将-6.00 D 作为终点。同时也要考虑其他的个体差异,例如,往往身高更高的人,习惯性视近距离要相对较远一些。

3 分析方法

常用的离焦曲线的分析方法有三种,分别是直接比较法、焦距分析法、曲线下面积法,也有研究者认为可以运用曲线拟合技术进行离焦曲线分析的标准化,但是其研究发现,没有一种特定的多项式可以完美适合多焦点、扩展焦深和单焦点人工晶状体^[20]。因此,我们这里只论述常用的三种方法。

3.1 直接分析法 直接分析法是在临床工作中最常用的离焦曲线分析方法,其方法是直接将各个离焦下测得的视力进行比较,这种方法可以直观比较老视矫治前后的近距离、中距离视力变化,也可以比较不同老视矫治方法之间视力的差异,易于患者的理解,也更便于单双眼的对比。在过去的研究中,这种方法常常被用来比较不同人工晶状体的性能,但是只能比较固定离焦下的视力,不可以进行动态分析,也不便进行研究和统计分析。

3.2 焦距分析法 焦距分析法,既表明了一定距离范围内的视力,也可表示患者可以在该范围内保持绝对视力的离焦范围,通常使用 0.30LogMAR (0.5/4.7) 作为绝对视力,这一视力是许多国家驾驶时的视觉标准^[21],与最佳矫正视力或与最佳矫正视力相比的相对视力水平无关。绝对

视力的截至线可以由临床工作者或者研究员根据实际情况进行界定,并不是固定的,但是 AAO 工作组制定的一项共识指出,对于 EDOF IOL, 0.2LogMAR 的视力截至值是比较合适的^[5]。焦距分析法的缺点是在显著非线性的离焦曲线的分析中可能会受到限制,比如,当视力出现较大位移的时候,会出现离焦曲线多次与截至线相交的情况,从而导致结果难以解释。

3.3 曲线下面积法 曲线下面积 (the area under-the-curve, AUC) 法也可以称为视力储备法,需要在离焦曲线上根据预设视力阈值绘制一条横线,通过计算离焦曲线下和预设视力阈值线之间围成的面积,量化视力储备能力,即实际视力需求与视力阈值之间的差异,该区域面积越大,表示视力储备越充足,两曲线间围成的面积可以代表视力储备的差异,比如前文提到的术前术后的视力储备对比分析。曲线下面积分析法可以提供与功能和主观结果更密切的相关性。这种方法更适合于数据统计与分析。然而,现有拟合技术难以准确描述多焦点晶状体的非线性离焦曲线,需要结合临床参数进行综合解读。

4 离焦曲线的应用及进展

4.1 离焦曲线的应用 在过去的几十年中,离焦曲线被大量的运用在白内障手术围手术期的检查,因其直观好理解,现已成为眼科临床医患沟通的核心工具。在白内障术前,利用离焦曲线的检查可以模拟放置不同人工晶状体的术后视觉效果,能更准确地对单焦点、双焦点和多焦点晶状体的术后预期视力效果进行比较,让患者做出更符合需求的个性化选择。对于选择多焦点晶状体的患者,离焦曲线的检查可以验证视觉的连续性和稳定性,对于选择单眼视手术方案的患者,离焦曲线的检查也可以帮助患者预判是否耐受自己预期术后视力情况下的屈光参差,总的来说,离焦曲线是白内障术前宣教的重要工具。在白内障术后,离焦曲线常被运用在视觉质量评估和术后视功能的检查中,通过术前术后的离焦曲线对比可以了解到患者术后是否达到了预期的全程视力目标,白内障手术往往伴随着视功能重建的过程,如果患者在术后长时间无法自主完成视功能重建,则需要考虑进行视功能训练,而离焦曲线的检查有助于临床医生了解术后患者视功能恢复情况的进展与特点,为后续诊疗决策提供重要依据。根据目前国情及发展现状,伴有老视的人群仍是社会及家庭的中坚力量,承担着较为关键及核心的工作,随着人口老龄化进程加快和大众对视觉质量需求的提升,老视矫治需求的增加,在这种背景下,离焦曲线作为一种有力工具,展现出更广泛的临床价值,其可以帮助医生判断患者的老视发展情况并根据老视患者离焦曲线的特征进行老视矫治方法的选择。张韬的研究也表明,在老视角膜屈光手术的围手术期进行离焦曲线的检查可以为患者提供日常生活视力评估,为手术设计提供参考数据,有助于术后效果评价,提高患者的满意度,使患者对术后效果的期待更加合理化^[22]。

4.2 离焦曲线研究新进展 传统离焦曲线的检查方法耗时长,要求患者有很高的配合度和视力稳定性。有研究表明,中年人的眼表情况往往不佳,尤其是更年期前后的职业女性,她们常常会为了美观而选择长期配戴角膜接触镜,并且由于化眼妆、作息紊乱等因素导致他们在长时间不眨眼睛时出现视力波动^[23]。同时,由于老视患者的视觉调节能力下降,在长时间近距离工作后,更易出现视物模糊、头痛等视疲劳症状^[24],这些因素会增加传统离焦曲

线检查的误差。而 OCULUS Binoptometer 4P 全程视觉分析仪的出现大大简化和规范了离焦曲线的检查,其可以实现固定亮度下检查,测试视标实现随机化,也不需要频繁更换镜片,这不仅大大缩短检查时间,还避免患者的学习效应和因泪膜不稳定、调节微波动等因素导致的视力波动。同时 OCULUS Binoptometer 4P 全程视觉分析仪还可以对一些视功能指标进行定量分析,比如对比度视力、远近立体视、夜视力、眩光敏感度等,可以更具体地描述患者的视功能变化^[25],为临床医生制定个性化的治疗方案提供了更丰富、更精准的参考。

国内的白继教授团队也在离焦曲线检查领域做出了积极地探索和改进,不仅改进了离焦曲线的检查方法,还对离焦曲线的检查设备进行了革新,其检查界面简洁、易于理解,大大降低了医患沟通成本,提高了术前宣教的效率,推进了离焦曲线检查标准化进程,有助于将离焦曲线的检查更快更广地运用到老视角膜屈光手术围手术期,也在一定程度上推进了老视角膜屈光手术在国内的发展,惠及更多老视患者。

另外,传统静态离焦曲线模拟的是静止状态下的视力,为了能够反映真实的用眼场景,我们也要更关注动态离焦曲线的应用与发展。连续性功能性视力是指保持睁眼 10 s 连续测定的视力,代表凝视状态下的视功能,也用来评价屈光手术、晶状体置换术后的视觉质量,其检测与泪膜的稳定性有关,可以模拟与日常生活状态相关的动态视力变化过程,《屈光手术视觉质量评价的专家共识》^[26]中将连续性功能性视力作为评价屈光手术围手术期常用的主观视觉质量评价工具。动态离焦曲线检测技术也正成为科研热点,2023 年第二十三届国际视光学学术会议报告显示,动态离焦曲线可以更准确地预测患者对夜间眩光或运动视场的适应性,使术后抱怨率降低 28%。随着技术的不断进步,动态离焦曲线有望在未来的老视矫治领域发挥更加重要的作用,为提升手术效果和术后患者满意度提供有力的支持。

5 总结

离焦曲线是一个能够确定患者清晰视觉范围的有力工具,过去非常高效地运用在白内障领域,为白内障手术的术前评估、方案制定以及术后效果评价等方面提供了重要的参考依据,推动了白内障围手术期诊疗水平的提升。近年来,随着老视矫治需求的不断增加,离焦曲线也被老视矫治领域重视起来,成为该领域中评估患者视功能、制定矫治方案的重要手段。相较于 Fernández 等^[27]关注的不同亮度环境对离焦曲线的影响外,我们还关注了其他可能会影响离焦曲线检查结果的多种因素,例如前文提到的瞳孔大小、对比敏感度、单双眼检查、视力表选择等。同时,患者的屈光度、泪膜状态、眼部疾病史等也可能会对检查结果造成影响,例如,高度近视患者因眼轴延长导致视网膜成像缩小,在镜片模拟法检查中,使用高度数负镜模拟近距离时,因视标光学缩小效应,其测得视力可能低于实际功能视力。离焦曲线检查方法和分析方法目前并没有得到标准化和精细化,这在一定程度上限制了其在临床中的运用,因此了解这些影响因素,探索更加科学、统一的分析方法是非常重要的。值得欣慰的是,目前离焦曲线已经从传统的术前评估拓展成术前预测、术中导航和患者宣教全流程。展望未来,随着动态测量技术和人工智能的发展,离焦曲线有望取得更大的突破,动态测量技术能够更

真实地捕捉患者在不同用眼场景下的视觉变化,为医生提供更加精准的临床数据,为患者提供更加符合日常用眼需求的老视矫治建议,也推动老视矫治方法的发展,相信随着两者的共同发展,离焦曲线可以进一步提高老视矫治的精准化和个性化水平,为更多的老视患者带来更优的老视矫治方案,为他们带来更好的视觉体验。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 杜相怡论文选题与修改,初稿撰写;吴佳华、张静文献检索与查阅;雷玉琳选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Pieh S, Kellner C, Hanselmayer G, et al. Comparison of visual acuities at different distances and defocus curves. *J Cataract Refract Surg*, 2002, 28(11):1964-1967.
- [2] Wolffsohn JS, Berkow D, Chan KY, et al. BCLA CLEAR Presbyopia: Evaluation and diagnosis. *Cont Lens Anterior Eye*, 2024, 47(4):102156.
- [3] Wang B, Ciuffreda KJ. Depth-of-focus of the human eye: theory and clinical implications. *Surv Ophthalmol*, 2006, 51(1):75-85.
- [4] Ogle KN, Schwartz JT. Depth of focus of the human eye. *J Opt Soc Am*, 1959, 49:273-280.
- [5] Kohnen T, Lemp-Hull J, Suryakumar R. Defocus curves: focusing on factors influencing assessment. *J Cataract Refract Surg*, 2022, 48(8):961-968.
- [6] Thompson WB, Legge GE, Kersten DJ, et al. Simulating visibility under reduced acuity and contrast sensitivity. *J Opt Soc Am A*, 2017, 34(4):583-593.
- [7] Rodríguez-Vallejo M, Remón L, Monsoriu JA, et al. Designing a new test for contrast sensitivity function measurement with iPad. *J Optom*, 2015, 8(2):101-108.
- [8] Zhuang XH, Tran T, Jin D, et al. Aging effects on contrast sensitivity in visual pathways: a pilot study on flicker adaptation. *PLoS One*, 2021, 16(12):e0261927.
- [9] 赵冠华, 曹瑞丹, 张磊, 等. 环境亮度及瞳孔直径对人眼神经对比敏感度的影响. *国际眼科杂志*, 2016, 16(12):2279-2284.
- [10] Fernández J, Alonso-Aliste F, Burguera N, et al. Effectiveness of SMILE combined with micro-monovision in presbyopic patients: a pilot study. *Life*, 2023, 13(3):838.
- [11] Elliott DB. The good (LogMAR), the bad (Snellen) and the ugly (BCVA, number of letters read) of visual acuity measurement. *Ophthalmic Physiologic Optic*, 2016, 36(4):355-358.
- [12] Kaiser PK. Prospective evaluation of visual acuity assessment: a comparison of snellen versus ETDRS charts in clinical practice (An AOS Thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc*, 2009, 107:311-324.
- [13] Gupta N, Naroo SA, Wolffsohn JS. Is randomisation necessary for measuring defocus curves in pre-presbyopes? *Contact Lens Anterior Eye*, 2007, 30(2):119-124.
- [14] Erdinest N, London N. Dynamic visual acuity and methods of measurement. *J Optom*, 2022, 15(3):247-248.
- [15] Wu TY, Wang YX, Wei SS, et al. Developing dynamic defocus curve for evaluating dynamic vision accommodative function. *BMC Ophthalmol*, 2022, 22(1):106.
- [16] Lee JH, Lee H, Lee JA, et al. Clinical outcomes after mix-and-match implantation of diffractive multifocal intraocular lenses with +2.75 and +4.00 diopter add powers. *BMC Ophthalmol*, 2020, 20(1):193.
- [17] Wolffsohn JS, Jinabhai AN, Kingsnorth A, et al. Exploring the optimum step size for defocus curves. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(6):873-880.
- [18] 凌宇, 熊飞, 于璐. 多焦点人工晶体植入术后双眼离焦曲线对

视觉功能的评价. 实用医学杂志, 2019, 10: 1635-1638.

[19] Bababekova Y, Rosenfield M, Hue JE, et al. Font size and viewing distance of handheld smart phones. *Optom Vis Sci*, 2011, 88(7): 795-797.

[20] Law EM, Buckhurst HD, Aggarwal RK, et al. Optimising curve fitting techniques to look for standardisation of the analysis of defocus curves derived from multifocal intraocular lenses. *Ophthalmic Physiologic Optic*, 2022, 42(4): 887-896.

[21] Rees GB. Vision standards for driving: what ophthalmologists need to know. *Eye*, 2015, 29(6): 719-720.

[22] COOC 大会组委会, 中国研究型医院学会眼科学与视觉科学专业委员会, 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院, 等. 2023 第二十三届国际眼科学术会议、2023 第二十三届国际视光学学术会议、2023 第十届国际角膜塑形学术论坛、中国研究型医院学会眼科学与视觉科学专业委员会 2023 学术年会(海口站)、海南省医学会眼科学分会 2023 年学术年会暨第 51 期海南眼科论坛、2023 第二十三届上海国际眼科和视光技术及设备展览会(海口站)、2023 中国民营眼科医院和视

光诊治中心展示推广会论文集. 重庆白继眼科, 2023; 129-130.

[23] 中国健康管理协会接触镜安全监控与视觉健康专业委员会. 中国接触镜相关性干眼诊疗专家共识(2024 年). 中华眼科杂志, 2024, 60(2): 120-126.

[24] 中华医学会眼科学分会眼视光学组, 中国医师协会眼科医师分会眼视光学组. 中国视疲劳诊疗专家共识(2024 年). 中华眼科杂志, 2024, 60(4): 322-329.

[25] Bai ZX, Nie DY, Zhang J, et al. Visual function assessment of posterior-chamber phakic implantable collagen lenses with a central port. *Ann Transl Med*, 2022, 10(4): 194.

[26] 中华医学会眼科学分会眼视光学组, 中国医师协会眼科医师分会眼视光专业委员会. 屈光手术视觉质量评价的专家共识. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2019, 21(8): 561-568.

[27] Fernández J, Rodríguez-Vallejo M, Martínez J, et al. Above-average defocus curves in photopic and mesopic vision with multifocal intraocular lenses after laser assisted *in situ* keratomileusis. *Int J Ophthalmol*, 2017, 10(10): 1620-1623.

国际眼科杂志中文版(IES)近 5 年核心影响因子趋势图

