



DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.04.019

<http://xbyxb.csu.edu.cn/xbwk/fileup/PDF/201904461.pdf>

视觉质量分析在白内障患者中的临床应用

王诺, 贾松柏

(中南大学湘雅二医院眼科, 湖南省眼科临床医学研究中心, 长沙 410011)

[摘要] 白内障是首位的致盲性眼病, 目前仍以手术治疗为主, 为提高手术疗效, 白内障手术正从以前的复明性手术逐渐向屈光性手术转变。视觉质量是评估白内障患者成像质量及白内障手术疗效最重要的指标之一, 目前已有多种视觉质量分析方法及检测仪器, 各有其优势与不足。临床工作中应根据不同检测仪器的原理、功能及临床意义, 选择最佳的视觉质量检查方法, 以满足不同白内障患者的实际需求。

[关键词] 白内障; 视觉质量; 临床应用

Clinical application of visual quality analysis in cataract patients

WANG Nuo, JIA Songbai

(Department of Ophthalmology, Second Xiangya Hospital, Central South University; Hunan Research Center of Ophthalmic Disease, Changsha 410011, China)

ABSTRACT

Cataract is a major cause of blindness and vision impairment disease, and the main therapy for cataract is operation. For improving the postoperative efficiency, cataract surgery has gradually transformed from traditional restorative surgery to refractive surgery with modern technique. Visual quality is one of the crucial indicators for assessing imaging quality and surgical efficiency in cataract patients. Although several instruments are available, each has its advantage and disadvantage. In the clinic, the optimum visual quality analysis methods should be selected according to the principle, function and clinical significance to meet the practical needs of different cataract patients.

KEY WORDS

cataract; visual quality; clinical application

白内障是目前世界范围内损害视力的第二位因素及第一位致盲性眼病^[1-2]。据统计, 在我国45~89

岁人群中白内障的患病率高达22%^[3]。白内障摘除手术是一种经济有效的治疗方式^[4], 随着医疗技术的

收稿日期(Date of reception): 2018-12-31

第一作者(First author): 王诺, Email: wangnuo1017@csu.edu.cn, ORCID: 0000-0002-1677-8015

通信作者(Corresponding author): 贾松柏, Email: jsb88cn@126.com, ORCID: 0000-0001-5961-7759

不断发展,人工晶体的设计制造及手术方式的改良优化,医患双方对于白内障手术后的视觉质量提出了更高的要求^[5]。目前“视觉质量”这一概念尚无统一明确的定义。光线经人眼屈光介质投射在视网膜的过程中,由各屈光介质所引起的散射、像差及衍射^[6-7],对视网膜成像质量有不同程度的影响,可以导致人眼视物时出现光晕、眩光、夜间低视力等情况。以往的主观检测指标如视力、对比敏感度及视功能评估量表等,不能针对上述症状进行全面测量及分析,已无法满足目前临床应用的实际需求。因此,对于视功能的客观量化评估方法逐渐形成且完善起来,例如波前像差、点扩散函数(point spread function, PSF)、调制传递函数(modulation transfer function, MTF)等,也相应地促进了多种视觉质量评估设备的不断发展。本文对视觉质量的评估指标及各个测量仪器在白内障患者中的临床应用及意义进行综述。

1 视觉质量的评估指标

1.1 主观指标

1.1.1 视力

视力是人眼看到物体并分辨其形状的能力,是视功能最基础的重要部分,也是评估形觉的主要手段,它可以简便而直观地反映患者视网膜黄斑区中心视力的好坏。根据不同测量距离有远视力表、近视力表。我国临床最常应用的远视力表有国际标准视力表、标准对数视力表^[8-9],而国外常用的远视力测量表有Snellen视力表、Landolt C环视力表等^[10]。近视力表则有标准近视力表、Snellen近视力表、LogMAR近视力表、Jaeger近视力表等。随着对疾病研究的深入,出现了不断改良以适应不同研究需求的视力表,如由Snellen视力表改良的Bailey-Lovie视力表、应用于糖尿病视网膜病变早期治疗研究(Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study, ETDRS)的更为精准的ETDRS视力表等^[11]。不论是哪种视力表,其测量结果所包含的信息都是非常局限而主观的。人眼在实际生活中,需要辨认不同明暗环境下、位于不同远近距离的物体,而临床工作中也往往存在患者测量视力较好而主诉视物模糊较重,或者晶状体混浊程度较轻但视力损害较重等“症征不符”的矛盾情况。因此仅仅应用视力检查不能准确评估患者的视觉质量,更无法量化分析视觉质量改变的程度。

1.1.2 对比敏感度

人眼对两个不同可见区域对比度差别的识别能力即为对比敏感度,由不同空间频率测得的对比敏感度值可以得到对比敏感度函数(contrast sensitivity

function, CSF)^[12],体现了不同空间频率下对比敏感度的变化。临床上低频区主要反映视觉对比度,高频区主要反映视敏度,而中频区反映的则是视觉对比度及视敏度的综合情况。在高对比度的环境下,对比敏感度的变化可以反映视敏度,但视敏度的改变不能完全反映对比敏感度。相较于视力检查,对比敏感度测量的临床意义在于其能够反映人眼在明暗变化环境下的识别能力,对视功能做出评估。正常人群的对比敏感度值随年龄的增长逐渐下降^[13],在某些疾病中,甚至能够在视力发生变化之前即有所表现,因此有助于评估患者的视觉质量^[14-15]。但其所包含的信息非常有限,无法全面评估视觉质量。

1.1.3 视觉评估量表

目前已有许多量表用以评估患者的视功能及生活质量,如由美国国家眼科研究所研发的视功能相关生命质量量表(25-item National Eye Institute Visual Function Questionnaire, NEI-VFQ-25)、低视力视功能评估量表(48-item Low Vision Visual Functioning Questionnaire, LV VFQ-48),针对白内障患者的视功能指数量表(Visual Function Index-14, VF-14)等,均得到了广泛的应用。但由于受到文化差异及教育背景的限制,非中文量表需要经过严格的翻译及修订来适应本国患者的语言及理解情况,并需要更进一步的科学性评估来测试相应量表的效度及信度^[16]。

1.2 客观指标

1.2.1 波前像差

人眼屈光介质的各个部分都不是理想的光学系统,在实际生活中,从各物点发出的光线,尤其是来源于周边视野的光线,不在近轴区域内,通过人眼屈光介质的光路更加偏离理想路径,因而在视网膜上所成的像不是一个点,而是形成一个弥散斑,且物体所形成的像不在同一平面,而是一个曲面,因此形成了像差^[17],物理学上称为波前像差。

波前像差是每个点的位置坐标的函数,目前对于像差的定量描述多应用Zernike多项式,该公式可以将人眼的不规则像差图形分解为多个基本形状的组合。低阶像差主要为可用球镜、柱镜矫正的离焦、散光,高阶像差主要为球差、彗差及其他第二至第五阶波前像差。但实际上人眼的像差并不是基本图形的简单组合,而是多种像差综合作用产生的结果。

1.2.2 PSF

PSF用来描述一个点光源通过屈光介质后所形成的衍射光斑的特性,它可以描述经过该屈光系统的像点的光强度,屈光介质越混浊,则光在传播过程中能量损失越大,形成的光斑面积越大越分散,视网膜形成的物像就越模糊^[18]。

1.2.3 MTF

MTF是由PSF经傅里叶变换获得的函数,指在不同空间频率下,像与物的对比度比值,反映在眼内则表示由于屈光介质的影响所形成的不同光学条件下,视网膜成像质量的好坏。一般MTF值随空间频率增大而逐渐降低,例如,人眼分辨物体的细节部分时,高空间频率相较于低空间频率所起的作用更大。一般而言,当光学介质混浊时,光线经光学系统传递后,高空间频率的成像质量会比低空间频率的成像质量下降更多。因此,当白内障形成时,尽管视力损害程度不严重,但对于视物细节的辨认能力会下降,引起患者主诉视物模糊。

当空间频率增大到一定程度时,分辨率达到极限,获得的视网膜图像最模糊,也可看作屈光介质的光线传递能力达到极限,此时的空间频率值定义为调制传递函数截止频率,MTF截止频率值越大,表示达到光学系统分辨率极限的空间频率越大,意味着屈光介质具有更好的光线传递能力,人眼能获得更好的视觉质量。

1.2.4 斯特列尔比

在没有像差的理想光学系统中,视网膜成像的中心点光强度可记为100%,而在实际情况中,像差的存在会使得中心点光强度减少。屈光介质的混浊程度不同,所引起的像差也有差异。斯特列尔比(Strehl ratio, SR)通过测量实际中心点光强度与理想光强度的百分比值,反映像差对于中心点光强度的影响程度,进而可用于评价该光学系统的成像质量。其优势在于通过计算SR的曲线下面积,可以定量分析因不同光学系统影响造成的视觉质量损失情况。

1.2.5 客观散射指数

光线经不均匀的屈光介质传递后,向各个方向散开传播的现象,称为散射。人眼的眼表散射主要来源于泪膜,而眼内散射的主要来源则是角膜、房水、虹膜、晶状体、玻璃体及眼底。眼内散射的类型包括前向散射及后向散射,前向散射指向视网膜的方向,后向散射指向角膜的方向,前向散射是影响视觉质量最为主要的部分,屈光介质的混浊会使进入眼内的光线散射程度增加,影响视觉质量^[17]。

客观散射指数(object scatter index, OSI)指视网膜周边12弧分至20弧分视角的环形区域光强度与中央1弧分区域的光强度峰值的比。OSI一方面可以量化因屈光介质混浊造成的眼内散射程度;另一方面,由于眼内散射在短时间内不会有明显改变,但眼表情况,尤其是泪膜的变化情况却可以在短时间内造成散射的改变,即OSI值的变化,因此可以通过连续测量来评估眼表情况,特别对眼干燥症具有诊疗价值。

2 视觉质量检测仪器及优缺点

2.1 对比敏感度仪

临床中常采用心理物理学的方法,应用对比敏感度仪、对比敏感度测试表^[19],通过改变空间频率及对比度两个参数,令被检者辨认不同类型的光栅图形以绘制相应的对比敏感度曲线。不同程度的低阶像差(如离焦、散光)及各种高阶像差均可对对比敏感度造成影响。研究^[20-21]表明:近视人群及角膜屈光手术后,球差的改变可显著影响对比敏感度。对比敏感度仪主要功能为测量明视和暗视环境下的对比敏感度及眩光情况,可反映屈光介质及神经通路的综合成像质量,但其测量结果基于主观,需要被检者高度配合,准确性及重复性有限。

2.2 C-Quant散射光测量仪

C-Quant是应用“对比补偿法”原理设计的一种测量眼内散射光的视功能评估仪器。被检者可以看到外周环形及中央圆形两个区域的光刺激信号不断闪烁,中央圆形区域的信号被划分为左右两部分,随机给其中一测试区域不同强度的补偿光,令被检者对比并选择一个其认为闪烁更加强烈的区域,重复数次直至被检者难以区分,记录被检者的选择结果,得到一条补偿散射光强度及被检者应答结果的测试曲线,经换算即可测量出被检者的视网膜散射光强度参数^[17]。有学者^[22-24]在健康人群中进行测量统计,年轻人的视网膜散射光强度参数均值在0.9左右,到40岁时开始增加,70岁时可达到1.2,而患有白内障的人群该值可达到2以上。

既往研究^[25]显示,晶状体所引起的散射光约占眼内总散射光的40%,因此晶状体的混浊程度极大地影响了眼内散射光的强度。对于白内障患者,可应用C-Quant散射光测量仪评估视网膜散射光强度,以此判断晶状体混浊对于视功能的影响,并结合患者主诉决定手术时机。而在白内障手术后,同样可以应用该仪器对人工晶体以及后发性白内障所引起的眼内散射光增加进行测量,以评估植入不同类型人工晶体的术后效果及选择后发性白内障的激光治疗时机。C-Quant散射光测量仪具有较高的一致性 & 可重复性^[26-27],但因该检查属于物理心理学的方法之一,患者本身对于该检查内容的理解及配合程度不同,可能对测试结果造成影响,得到的测量值也需要调整参数进行矫正,以提高其准确性^[28]。

2.3 像差测量仪

像差测量仪有多种类型。Hartmann-Shack波前感受器将一束氦氖激光经过一系列透镜聚焦于视网

膜, 通过测量视网膜反射回来的偏振光与原透射光的偏离程度推算出其每个点相应的像差。Hartmann-Shack波前感受器是一种单程的、测量位于出瞳孔位置的光线出射型客观波前像差测量仪。研究^[29]认为Hartmann-Shack波前感受器对于全眼的像差测量有较好的重复性。

Tscherning波前感受器则是一种测量位于视网膜上的光线入射型客观像差测量仪。该仪器将一束可见光经点阵光栅在视网膜上投射出168个光点, 采集视网膜上实际点的位置并将其与理想状态下的投射点进行对比分析, 根据偏差值推测波前像差^[30]。由于视网膜上的光点需要经光学系统再次返回相机成像, 该仪器将数据接收范围限制在近视轴直径1 mm以内, 以避免光线出射形成的像差对结果造成影响, 从而仅分析入射光线的单程像差。

但这两种方法对于波前像差的测量准确性欠佳, 更无法全面评估衍射、散射等其他因素对视觉质量的影响^[31]。有学者^[32]将Hartmann-Shack与视功能分析仪iTrace进行比较, 认为两种仪器各自均具有较好的测量可重复性, 但在除球面像差之外的其他高阶像差测量一致性上有较大不同, 两者不可相互替代。

2.4 第3代光程差分析系统OPD-Scan III

OPD-Scan III基于视网膜检影成像原理及Placido环地形图, 通过测量屈光度推导像差, 复合了波前像差仪、角膜地形图、自动验光仪、自动曲率仪及瞳孔计/瞳孔图仪检测等多个项目的功能。测量指标包括ETDRS视力, PSF, MTF, 模拟夜间视力, 日/夜瞳孔偏移量等。

OPD-Scan III的优势在于测量区域直径可达9.5 mm, 能涵盖临床上绝大部分患者的瞳孔直径, 以提供更多的数据点来测量波前像差; 且能够分析全眼像差, 包括角膜及眼内的低阶和高阶像差; 该仪器有33个Placido环, 包含大量测量点, 使得角膜地形图分析具有更高的解析度及真实性。

对于术前人工晶体的选择, 尤其是功能性人工晶体, OPD-Scan III可以从角膜高阶像差、球差、散光、明暗室瞳孔直径及日夜偏移量、日夜Kappa角等多个方面评估患者的眼部条件, 从而直观而明确地指导功能型人工晶体的选择。在术后随访中, 针对少数白内障手术后效果未达预期的患者, 也可通过OPD-Scan III的后照法(即后部照明图像)获得术后散光型人工晶体的标记位置, 精确定位轴位偏差, 以及人眼视轴与人工晶体中心的位置偏差, 从而判断术后人工晶体是否出现旋转及偏位。相较于以往仅通过裂隙灯下检查粗略判断人工晶体位置而言, 该

仪器可以准确定量测量, 有助于分析影响术后效果的原因。

OPD-Scan III的局限性在于该仪器是通过测量屈光度间接推导出像差, 因此有一定误差。研究^[33]表明: OPD-Scan III对角膜曲率和眼内像差的测量具有较大的优势, 而在高度屈光不正和角膜不规则的情况下, 重复性和一致性均有所降低。

2.5 视功能分析仪iTrace

iTrace综合了自动验光仪、像差测量仪、角膜地形图、自动曲率计以及瞳孔测量仪5种检测项目。其中的像差仪采用的是“Ray tracing”光线追踪技术原理^[34], 在视网膜上快速投射256个光束, 近红外光的激光光束平行通过瞳孔, 抵达视网膜上相应的位置, 每一束光包含1 024个测量点, 通过分析其生成的图形和数据, 计算其与理想矩阵的位置差异来测量高阶像差, 反映患者整体视觉质量。

iTrace在白内障手术中的临床应用价值体现在术前手术规划及术后视觉质量评估与人工晶体位置分析, 它可以测量波前像差, MTF, PSF, SR, 景深和模拟不同状态下(视远或视近、白天或夜晚及戴镜前后)的视觉质量, 也可根据高阶像差、对比敏感度及瞳孔大小分析晶体功能失调指数(dysfunctional lens index, DLI), 结合晶体混浊地形图从功能和形态两个方面评估屈光介质对视觉质量的影响。

iTrace能够分析全眼像差的来源, 将角膜像差及眼内像差进行分离, 由此可以得到全眼、角膜、眼内像差(可看作晶体像差)3个参数。若患者的眼球像差来源于角膜的部分不可忽视, 则手术中可以通过设计个性化的透明角膜切口改变角膜像差。

有学者对多种波前像差仪器进行比较研究, 认为iTrace测量角膜像差的重复性最好^[29]。相较于瞳孔直径4 mm时, iTrace在瞳孔直径6 mm时对像差的测量与OPD-Scan具有较好的一致性^[35]。但其局限性也源于此, 它着重于测量波前像差, 而不涵盖眼内散射所引起的误差部分, 尤其在OSI值较大的患者中, 该仪器所测得的结果会优于人眼实际的视觉质量, 因此高估患者实际的成像质量情况^[36]。

2.6 双通道客观视觉质量分析系统OQAS II

OQAS II是基于双通道技术而设计的视觉质量分析仪^[37], 投射到视网膜的点光源是780 nm半导体激光, 通过可调节的人工瞳孔设定入射光束直径, 经屈光介质到达视网膜形成第一条通道, 由视网膜反射回来的光线经第二个人工瞳孔(略小于自然瞳孔)限制出射光束直径, 由仪器收集形成第二条通道。其测量参数包括OSI, MTF, SR以及不同对比度条件

下的模拟视力。由于为非接触式测量仪器, 该仪器不会对患者的眼表情况进行干预, 因此可以测量20 s内的连续动态OSI值, 获得OSI变化曲线及平均OSI, 可反映泪膜变化造成的OSI值波动及其趋势, 即眼表情况对视觉质量的影响, 有助于眼表疾病的筛查和诊断。

OQAS II的优势在于能够客观、准确地综合量化像差、散射、衍射对视网膜成像影响的全部信息^[38], 真实地还原患者视觉质量的实际情况, 使评估结果更加贴近患者的主观感受。研究^[39]显示该仪器在测量视觉质量上具有良好的重复性和再现性。Zhao等^[40]发现高阶像差对OSI具有显著的影响, 但通过校正高阶像差可以提高眼内散射测量的准确性。该仪器的局限性在于尚不能对角膜、晶状体等不同部位病变所引起的视觉质量下降进行相对独立的分析评估。对于过熟期白内障、晶状体局部混浊程度较重等造成入射光线不足或者没有足够的反射光线用以分析时, 存在检出率下降等情况, 在临床工作中存在部分应用受限之处。

3 视觉质量评估在白内障手术中的应用

白内障患者围手术期存在多种影响视觉质量的情况。术前有干眼或睑板腺功能不良, 术中角膜表面麻醉剂、手术器械的损伤、角膜反复冲水、手术切口设计、超声乳化时间及能量、术后角膜水肿及炎症反应、人工晶体植入位置、后囊混浊程度等, 均可能造成白内障手术后像差及散射的改变, 影响白内障手术后的视觉效果。因此, 对于白内障患者手术前、后的视觉质量评估显得尤为重要。

3.1 手术时机及方式的选择

年龄是影响视觉质量的一个重要因素^[41]。临床中常遇到患者主诉视觉异常, 但视力损害程度及裂隙灯下检查屈光介质混浊程度均较轻。应用视觉质量分析可以检测出因早期白内障造成眼内像差及散射增加, 进而引起视觉质量下降的患者^[42], 并且可根据患者视觉质量参数及主诉评估白内障手术的最佳时机。许多研究^[43-45]应用OQAS II测量不同类型白内障患者及健康对照人群, 先根据晶状体混浊程度分级系统III(opacities classification system III, LOCS III)进行分级, 再以OQAS II测量的OSI值重新分组, 由此引入了一种新的白内障评级方法: OSI在1以下者为极少产生散射的正常人眼; OSI在1~3之间者为早期白内障引起部分散射; OSI在3~7之间者提示白内障所致散射已影响视觉质量, 达到需要手术解决的程度; 而OSI大于7者则说明白内障引起了眼内大量的

光散射, 对视觉质量造成了较大的影响, 亟待手术治疗。Faria-Correia等^[46]对患有轻度核性白内障的30人40眼测量分析后认为, 根据Scheimpflug成像原理的晶状体核密度分级与iTrace测得的眼内高阶像差具有高度正相关性, 因此使用iTrace检测也可以更好地理解核性白内障患者的主观症状并帮助临床决策。

术前角膜切口的直径过大会增加散光及延长术后恢复时间, 但也不应一味地追求缩小切口。von Sonnleithner等^[47]应用iTrace对比了1.4, 1.8及2.2 mm 3种长度的透明角膜切口对于白内障手术后高阶像差的影响, 发现1.8 mm切口在术后1个月时的角膜高阶像差与术前差异无统计学意义, 而1.4 mm及2.2 mm切口则对术后角膜高阶像差有较大的影响。对于散光矫正型人工晶体, 在术前规划时, iTrace可以针对角膜像差的不同, 计算术后角膜最佳Zernike来个性化确定手术切口位置及晶体植入位置, 也可以预测术后散光的情况, 有利于减少手术源性散光(surgically induced astigmatism, SIA)。

3.2 人工晶体的选择与评价

人工晶体影响视觉质量的因素包括制作材料、光学部位设计及植入位置。不同的人工晶体材质具有不同的生物相容性及折射率。Chen等^[48]对白内障患者植入不同类型人工晶体术后的视觉质量进行了测量评估, 发现植入非球面人工晶体者较植入球面人工晶体者有更好的视觉质量, 而植入单焦点人工晶体与植入多焦点人工晶体在像差上虽无明显差异, 但多焦点人工晶体的OSI值较单焦点人工晶体更高。Liao等^[49]应用Hartmann-Shack像差测量仪及OQAS II分析系统对植入单焦点和多焦点人工晶体的两组患者进行对比, 认为多焦点人工晶体光学面的衍射环设计导致了更大的光散射, 而Hartmann-Shack像差测量仪因不能量化前向散射及人工晶体本身引起的像差, 可能会过高地评价术后视觉质量。Pilger等^[50]则应用iTrace对比了双侧植入Symfony无级变焦人工晶体或单焦点人工晶体的两组患者术后3个月的高阶像差, 发现组间没有显著差异。Pedrotti等^[51]应用OQAS II进行分析, 也认为在术后3个月时非球面单焦点人工晶体与无级变焦人工晶体组间在视觉质量上没有显著差异, 但两者的远期效果仍需更长时间的临床观察。

应用OPD-Scan III测量人工晶体的轴位可以精准评估其中心位置的偏移或旋转对视觉质量带来的影响, 尤其是有助于分析寻找植入散光矫正型晶体患者术后效果欠佳的原因。而Burgmuller等^[52]应用iTrace联合眼前节光学相干断层扫描仪评估白内障手术后假性剥脱综合征(pseudoexfoliation syndrome, PES)患者的远期人工晶状体偏心 and 倾斜情况, 发现PES患者

由于囊袋收缩, 人工晶体具有在垂直方向的偏心及上方向前偏斜的倾向, 从而导致人工晶体脱位、继发性青光眼等远期并发症的发生以及视觉质量变化的风险增高。

3.3 后发性白内障的诊断与治疗

后发性白内障(*posterior capsule opacification*, PCO), 尤其是视轴区混浊(*visual axis opacification*, VAO)是导致白内障患者视力再次损害的主要因素, 目前对于PCO及VAO的诊断, 仍然主要依靠患者视物模糊或视力下降的主诉以及裂隙灯检查的主观经验判断。临床上常有患者后囊混浊程度与主观视觉质量受损程度不相符的情况。PCO患者不仅最佳矫正视力下降, 其OSI值也会显著增加^[53]。通过对PCO患者的视觉质量进行客观测量, 可以帮助医生量化后囊混浊所引起的散射对于视觉质量的影响程度。Nanavaty等^[54]应用iTrace及OQAS II测量并对比植入亲水性人工晶体与疏水性丙烯酸人工晶体后的视觉质量, 发现两者在高阶像差上没有显著区别, 但亲水性人工晶体更易发生后囊混浊, 从而导致眼内散射增加。

视觉质量评估也可作为Nd:YAG激光治疗PCO提供参考。在Zhang等^[55]的研究中, 所有行Nd:YAG激光后囊切开的患者治疗前OSI值均大于3.5, 治疗后OSI值均显著下降, 但由于该研究纳入患者人数有限, 尚不能提出激光治疗的OSI参考值, 有待后续进一步研究。Montenegro等^[56]应用C-Quant散射仪对Nd:YAG激光术后2周的患者进行测量分析, 认为年龄较大、眼轴较长、植入疏水性丙烯酸人工晶体和后囊切面积较小是导致术后眼内散射增加的主要因素。

4 结语与展望

不断提高视觉质量一直是医患共同努力追求的目标。由于视觉质量影响因素众多, 目前多种视觉质量分析及仪器虽各有所长, 但仍有不足之处。因此, 临床上对于白内障患者术前、术后视觉质量的综合评估, 应根据检测目的不同, 将主观及客观测量指标合理搭配应用, 才能得到相对全面、准确的结果。随着科技的不断发展及对视觉质量研究的不断深入, 相信未来一定会出现更标准、更全面、更客观的视觉质量评估分析及仪器, 取得更真实的评估结果, 并具有更广泛的应用价值。

利益冲突声明: 作者声称无任何利益冲突。

参考文献

- [1] Liu YC, Wilkins M, Kim T, et al. Cataracts[J]. *Lancet*, 2017, 390(10094): 600-612.
- [2] Pascolini D, Mariotti SP. Global estimates of visual impairment: 2010[J]. *Br J Ophthalmol*, 2012, 96(5): 614-618.
- [3] Song P, Wang H, Theodoratou E, et al. The national and subnational prevalence of cataract and cataract blindness in China: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Glob Health*, 2018, 8(1): 010804.
- [4] Lansingh VC, Carter MJ, Martens M. Global cost-effectiveness of cataract surgery[J]. *Ophthalmology*, 2007, 114(9): 1670-1678.
- [5] Gomez ML. Measuring the quality of vision after cataract surgery[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2014, 25(1): 3-11.
- [6] Donnelly W 3rd. The Advanced Human Eye Model (AHM): a personal binocular eye modeling system inclusive of refraction, diffraction, and scatter[J]. *J Refract Surg*, 2008, 24(9): 976-983.
- [7] Xu R, Wang H, Thibos LN, et al. Interaction of aberrations, diffraction, and quantal fluctuations determine the impact of pupil size on visual quality[J]. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*, 2017, 34(4): 481-492.
- [8] 缪天荣. 《标准对数视力表》中的5分记录[J]. *眼视光学杂志*, 2005, 7(4): 217-219.
MIU Tianrong. The 5-grade notation of the *Standard Logarithmic Visual Acuity Chart*[J]. *Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science*, 2005, 7(4): 217-219.
- [9] 尹忠贵, 徐海鹏, 汪芳润. 视力表的标准化[J]. *国际眼科杂志*, 2003, 3(2): 55-57.
YIN Zhonggui, XU Haipeng, WANG Fangrun. Standardization of visual acuity chart[J]. *International Journal of Ophthalmology*, 2003, 3(2): 55-57.
- [10] Kniestedt C, Stamper RL. Visual acuity and its measurement[J]. *Ophthalmol Clin North Am*, 2003, 16(2): 155-170, v.
- [11] Kuo HK, Kuo MT, Tiong IS, et al. Visual acuity as measured with Landolt C chart and Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) chart[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2011, 249(4): 601-605.
- [12] Arden GB. The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance[J]. *Br J Ophthalmol*, 1978, 62(4): 198-209.
- [13] 宋伟琼, 谭浅, 夏朝华. 正常人对比敏感度的特征[J]. *国际眼科杂志*, 2007, 7(4): 1060-1062.
SONG Weiqiong, TAN Qian, XIA Zhaohua. Spatial characteristics of contrast sensitivity in normal subjects[J]. *International Journal of Ophthalmology*, 2007, 7(4): 1060-1062.
- [14] Garcia GA, Khoshnevis M, Yee KMP, et al. The effects of aging vitreous on contrast sensitivity function[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2018, 256(5): 919-925.
- [15] Kamiya K, Shimizu K, Iijima A, et al. Factors influencing contrast

- sensitivity function in myopic eyes[J]. *PLoS One*, 2014, 9(11): e113562.
- [16] 高蓉蓉, 郭燕, 陈海丝, 等. 中国版视功能指数量表的修订及其在白内障患者生活质量评估中的应用[J]. *中华实验眼科杂志*, 2016, 34(9): 823-828.
- GAO Rongrong, GUO Yan, CHEN Haisi, et al. Revision and application of Chinese version of Visual Function Index-14 in the evaluation of life quality in cataract patients[J]. *Chinese Journal of Experimental Ophthalmology*, 2016, 34(9): 823-828.
- [17] Pinero DP, Ortiz D, Alio JL. Ocular scattering[J]. *Optom Vis Sci*, 2010, 87(9): E682-696.
- [18] Santhiago MR, Wilson SE, Netto MV, et al. Modulation transfer function and optical quality after bilateral implantation of a +3.00 D versus a +4.00 D multifocal intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(2): 215-220.
- [19] Thayaparan K, Crossland MD, Rubin GS. Clinical assessment of two new contrast sensitivity charts[J]. *Br J Ophthalmol*, 2007, 91(6): 749-752.
- [20] Oshika T, Okamoto C, Samejima T, et al. Contrast sensitivity function and ocular higher-order wavefront aberrations in normal human eyes[J]. *Ophthalmology*, 2006, 113(10): 1807-1812.
- [21] Tahir HJ, Parry NR, Pallikaris A, et al. Higher-order aberrations produce orientation-specific notches in the defocused contrast sensitivity function[J]. *J Vis*, 2009, 9(7): 11.
- [22] Gilliland KO, Johnsen S, Metlapally S, et al. Mie light scattering calculations for an Indian age-related nuclear cataract with a high density of multilamellar bodies[J]. *Mol Vis*, 2008, 14: 572-582.
- [23] van den Berg TJ, Van Rijn LJ, Michael R, et al. Straylight effects with aging and lens extraction[J]. *Am J Ophthalmol*, 2007, 144(3): 358-363.
- [24] Franssen L, Coppens JE, van den Berg TJ. Compensation comparison method for assessment of retinal straylight[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2006, 47(2): 768-776.
- [25] de Wit GC, Franssen L, Coppens JE, et al. Simulating the straylight effects of cataracts[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2006, 32(2): 294-300.
- [26] Coppens JE, Franssen L, van Rijn LJ, et al. Reliability of the compensation comparison stray-light measurement method[J]. *J Biomed Opt*, 2006, 11(3): 34027.
- [27] Coppens JE, Franssen L, van den Berg TJ. Reliability of the compensation comparison method for measuring retinal stray light studied using Monte-Carlo simulations[J]. *J Biomed Opt*, 2006, 11(5): 054010.
- [28] Cervino A, Montes-Mico R, Hosking SL. Performance of the compensation comparison method for retinal straylight measurement: effect of patient's age on repeatability[J]. *Br J Ophthalmol*, 2008, 92(6): 788-791.
- [29] Visser N, Berendschot TT, Verbakel F, et al. Evaluation of the comparability and repeatability of four wavefront aberrometers[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(3): 1302-1311.
- [30] Mello GR, Rocha KM, Santhiago MR, et al. Applications of wavefront technology[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(9): 1671-1683.
- [31] Rozema JJ, Van Dyck DE, Tassignon MJ. Clinical comparison of 6 aberrometers. Part 2: statistical comparison in a test group[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2006, 32(1): 33-44.
- [32] Xu Z, Hua Y, Qiu W, et al. Precision and agreement of higher order aberrations measured with ray tracing and Hartmann-Shack aberrometers[J]. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18(1): 18.
- [33] Asgari S, Hashemi H, Jafarzadehpur E, et al. OPD-Scan III: a repeatability and inter-device agreement study of a multifunctional device in emmetropia, ametropia, and keratoconus[J]. *Int Ophthalmol*, 2016, 36(5): 697-705.
- [34] Rozema JJ, Van Dyck DE, Tassignon MJ. Clinical comparison of 6 aberrometers. Part 1: Technical specifications[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31(6): 1114-1127.
- [35] Won JB, Kim SW, Kim EK, et al. Comparison of internal and total optical aberrations for 2 aberrometers: iTrace and OPD scan[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2008, 22(4): 210-213.
- [36] Qiao L, Wan X, Cai X, et al. Comparison of ocular modulation transfer function determined by a ray-tracing aberrometer and a double-pass system in early cataract patients[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2014, 127(19): 3454-3458.
- [37] Guell JL, Pujol J, Arjona M, et al. Optical Quality Analysis System; Instrument for objective clinical evaluation of ocular optical quality[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2004, 30(7): 1598-1599.
- [38] 俞阿勇. 双通道客观视觉质量分析的临床实践[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 4-6.
- YU Ayong. Clinical practice of the double-pass optical quality analysis in cataract[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017: 4-6.
- [39] Iijima A, Shimizu K, Kobashi H, et al. Repeatability, reproducibility, and comparability of subjective and objective measurements of intraocular forward scattering in healthy subjects[J]. *Biomed Res Int*, 2015, 2015: 925217.
- [40] Zhao J, Xiao F, Kang J, et al. Quantifying intraocular scatter with near diffraction-limited double-pass point spread function[J]. *Biomed Opt Express*, 2016, 7(11): 4595-4604.
- [41] Martinez-Roda JA, Vilaseca M, Ondategui JC, et al. Effects of aging on optical quality and visual function[J]. *Clin Exp Optom*, 2016, 99(6): 518-525.
- [42] Cabot F, Saad A, McAlinden C, et al. Objective assessment of crystalline lens opacity level by measuring ocular light scattering with a double-pass system[J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 155(4): 629-635, 635.e1-2.

- [43] Artal P, Benito A, Perez GM, et al. An objective scatter index based on double-pass retinal images of a point source to classify cataracts[J]. PLoS One, 2011, 6(2): e16823.
- [44] 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[J]. Am J Ophthalmol, 2015, 159(2): 241-247.e2.
- [45] Lim SA, Hwang J, Hwang KY, et al. Objective assessment of nuclear cataract: comparison of double-pass and Scheimpflug systems[J]. J Cataract Refract Surg, 2014, 40(5): 716-721.
- [46] Faria-Correia F, Lopes B, Monteiro T, et al. Scheimpflug lens densitometry and ocular wavefront aberrations in patients with mild nuclear cataract[J]. J Cataract Refract Surg, 2016, 42(3): 405-411.
- [47] von Sonnleithner C, Pilger D, Homburg D, et al. Corneal higher-order aberrations after phacoemulsification: a comparison of 3 different incision sizes[J]. Eur Journal Ophthalmol, 2017, 27(4): 402-406.
- [48] Chen Y, Wang X, Zhou CD, et al. Evaluation of visual quality of spherical and aspherical intraocular lenses by Optical Quality Analysis System[J]. Int J Ophthalmol, 2017, 10(6): 914-918.
- [49] 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[J]. Curr Eye Res, 2018, 43(6): 696-701.
- [50] Pilger D, Homburg D, Brockmann T, et al. Clinical outcome and higher order aberrations after bilateral implantation of an extended depth of focus intraocular lens[J]. Eur J Ophthalmol, 2018, 28(4): 425-432.
- [51] 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]. J Refract Surg, 2016, 32(7): 436-442.
- [52] Burgmuller M, Mihaltz K, Schutze C, et al. Assessment of long-term intraocular lens (IOL) decentration and tilt in eyes with pseudoexfoliation syndrome (PES) following cataract surgery[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2018, 256(12): 2361-2367.
- [53] Yotsukura E, Torii H, Saiki M, et al. Effect of neodymium: YAG laser capsulotomy on visual function in patients with posterior capsule opacification and good visual acuity[J]. J Cataract Refract Surg, 2016, 42(3): 399-404.
- [54] Nanavaty MA, Spalton DJ, Boyce JF. Influence of different acrylic intraocular lens materials on optical quality of vision in pseudophakic eyes[J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(7): 1230-1238.
- [55] Zhang H, Wang J. Visual quality assessment of posterior capsule opacification using Optical Quality Analysis System (OQAS)[J]. J Ophthalmol, 2017, 2017: 9852195.
- [56] Montenegro GA, Marvan P, Dexl A, et al. Posterior capsule opacification assessment and factors that influence visual quality after posterior capsulotomy[J]. Am J Ophthalmol, 2010, 150(2): 248-253.

(本文编辑 郭征)

本文引用: 王诺, 贾松柏. 视觉质量分析在白内障患者中的临床应用[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(4): 461-468. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.04.019

Cite this article as: WANG Nuo, JIA Songbai. Clinical application of visual quality analysis in cataract patients[J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2019, 44(4): 461-468. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.04.019