

波前像差及对比敏感度在评价白内障术后视觉质量中的应用

龚敏, 刘谊, 杨必

作者单位: (610041) 中国四川省成都市, 四川大学华西医院眼科
作者简介: 龚敏, 女, 四川大学华西医院眼科在读硕士研究生, 研究方向: 白内障。

通讯作者: 刘谊, 硕士研究生导师, 研究方向: 白内障. liuyi.huaxi@gmail.com

收稿日期: 2013-03-19 修回日期: 2013-04-25

Assessment of wavefront aberration and contrast sensitivity test as evaluation of postoperative visual quality

Min Gong, Yi Liu, Bi Yang

Department of Ophthalmology, West China School of Medicine, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

Correspondence to: Yi Liu. Department of Ophthalmology, West China School of Medicine, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China. liuyi.huaxi@gmail.com

Received: 2013-03-19 Accepted: 2013-04-25

Abstract

• Effective methods of evaluating postoperative visual quality include wavefront aberration and contrast sensitivity test. This article provides a review of the concepts and clinical applications as well as their interactions of wavefront aberration and contrast sensitivity test. This article also provides a comprehensive assessment of the effectiveness of wavefront aberration and contrast sensitivity test as evaluation tools of postoperative visual quality.

• KEYWORDS: cataract surgery; visual function; wavefront aberration; contrast sensitivity

Citation: Gong M, Liu Y, Yang B. Assessment of wavefront aberration and contrast sensitivity test as evaluation of postoperative visual quality. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2013;13(5):912-914

摘要

波前像差及对比敏感度测试是评估白内障术后整体视觉质量的有效方法。本文回顾了波前像差及对比敏感度的概念与临床应用, 以及各因素之间的相互关系。综合评估

波前像差及对比敏感度在评价白内障术后视觉质量中的全面性及客观性。

关键词: 白内障手术; 视觉质量; 波前像差; 对比敏感度

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2013.05.20

引用: 龚敏, 刘谊, 杨必. 波前像差及对比敏感度在评价白内障术后视觉质量中的应用. 国际眼科杂志 2013;13(5):912-914

0 引言

现代白内障手术已经进入了屈光性手术时代, 手术不仅以复明为目标, 而且在进行白内障手术的同时矫正患者术前的屈光不正并控制手术导致的新的屈光不正, 从而使患者术后获得最佳的视觉质量。如何评价白内障患者术后的综合视觉质量, 是广大眼科医师关注的热点。

1 “屈光性白内障手术”新概念

屈光性白内障手术是指白内障手术不仅要去除混浊的晶状体, 而且还要求在手术的所有环节采取必要措施, 纠正术前的屈光不正, 重建或恢复眼的正常屈光状态, 提高人工晶状体眼光学质量。它要求白内障手术以后, 人工晶状体眼具有良好的屈光状态, 减少各种像差因素的影响, 获得良好的综合视觉质量。在这一理念指导下, 人们不仅注意手术本身的质量, 还特别强调人工晶状体眼的光学系统与术前光学系统的差异、人工晶状体本身的光学特性, 以及人工晶状体对眼生理的影响等。围绕向屈光性白内障手术过渡, 为了将手术本身对视觉质量的影响降低到最小, 还对手术技术进行了改进, 例如: 进一步缩小手术切口、选择角膜陡峭轴切口等。其最终目的是将手术对视觉质量的影响降至最小。

2 评价白内障术后视觉质量的主要方法

目前视觉系统成像质量的评价分为两大类: 一类是主观的心理物理学方法, 如视力、对比敏感度 (contrast sensitivity, CS) 函数、对比度视力; 另一类是客观的方法, 如波前像差分析。很多白内障患者术后虽然获得了较好的 Snellen 表测试视力, 却主诉视物模糊、夜视力差、眩光等。研究表明, 白内障术后高阶像差的增加可能是导致这些症状的主要原因^[1], 波前像差不仅可以评估中心凹的视敏度还能反应部分视网膜光感受器细胞的功能状态, 调制传递函数及对比敏感度衡量的是视觉系统辨认不同大小 (空间频率) 的物体时所需的物体表面的最低黑白反差的物理量。可见波前像差、调制传递函数及对比敏感度能够更加敏感、真实、全面地反应及评估人眼的视觉质量。

2.1 波前像差 波前像差是衡量光学系统成像质量的重

要指标。现代像差理论则将人眼的光学缺陷统一为波前像差,并逐项进行描述,使像差能够全面地表现人眼的光学特点。在理想成像的情况下,点光源经过光学系统后所成的像应该是理想的球面波前,而在实际成像中,由于光学系统的成像特点或者由于光学系统存在缺陷,导致实际波阵面与理想波阵面并不是同一个波面,实际波前和理想波前之间存在差异,这种差异就成为波前像差。

2.1.1 波前像差在评价白内障术后视觉质量中的应用

人眼是一种复杂的屈光系统,经过它所成的像与理想的像有一定的偏差。波前像差是考察人工晶状体眼和正常眼之间及不同人工晶状体之间的成像质量差异的重要指标。自然晶状体与人工晶状体的波前像差存在一定差异。Tecnis 晶状体将波前像差理论应用于人工晶状体设计,抵消了角膜引起的球面像差,使术后患者自觉视觉质量明显提高。Mierdel 等^[2]用 Tschering 立体像差仪于白内障术后 1~3mo 对人工晶状体眼与无屈光不正且视力在 1.0 以上眼比较发现,像差系数 Z6(代表 0 或 90 度的散光)两组有统计学差异($P<0.05$)。Villarrodona 等^[3]报道白内障术后人工晶状体眼的高阶像差明显增大,其中球差变化最明显。运用波前像差仪比较人工晶状体所产生高阶像差,可以更客观的评价人工晶状体的光学质量。此外还有文献报道,人工晶状体发生偏心及移位后,测得的高阶像差相应增大,原因是其影响了轴性像差中彗差的改变所致^[4],但是轻度的偏位有助于补偿角膜的水平彗差^[5]。

2.1.2 调制传递函数

评价波前像差的方法有很多种,除 Zernike 多项式及波前像差图外,还有很多指标可用来描述波前像差。其中光学传递函数(optical transfer function, OTF)中的调制传递函数(modulation transfer function, MTF)在评价视觉质量中的作用尤为显著。

MTF 是通过物理光学方法来评价视觉光学系统成像质量,反映了光学系统对图像调制度的改变。它描述的是在不同频率处物像对比度与光学系统成像质量的关系,表达的是对称性像差,如球差。MTF 横坐标表示空间频率,纵坐标表示 MTF 值的大小,该曲线从低频至中频迅速下降,高频趋向缓和至零,定量并客观地表达了人眼成像质量从低频至高频衰减的改变。近年来,随着人工晶状体设计与材料的日益发展,MTF 在评估白内障术后不同类型人工晶状体(球面与非球面、折射与衍射、多焦等)眼视觉质量方面的应用也逐渐增多。有学者^[6]在模型眼上观察人工晶状体的倾斜与偏心对 MTF 的影响,发现随着倾斜角度的增加 MTF 呈下降趋势,也有学者发现人工晶状体的倾斜和偏心对 MTF 值无明显的相关性^[7]。Kosaki 等^[1]研究表明丙烯酸酯材质的人工晶状体比硅凝胶和聚甲基丙烯酸酯甲酯材质的人工晶状体像差明显增大,IOL 植入后的成像质量,以双凸形为最佳,凸平形、凸凹次之,凹凸形最差。由此可见人工晶状体的成像质量与其光学结构有密切的关系,设计和选择不同光学结构的的人工晶状体,其 MTF 也不同,在眼科的临床实践中应加以高度重视。

2.2 对比敏感度

除波前像差检查外,对比敏感度检查已

成为临床上另一种评判视觉功能的定量检查方法。对比敏感度检查是在视角与对比度结合的基础上,测定人眼对不同空间频率图形分析的分辨能力;眩光对比敏感度(glare contrast sensitivity, GCS)检查是测定散射光线多引起 CS 的下降效应。CS 和 GCS 可以灵敏、全面的反映患者视功能状态,随着科学技术的不断发展,对比敏感度的测量方法的日趋完善,已经成为评估视功能更准确、更全面的方法之一。

对比敏感度函数(CSF)是以空间频率为横轴以 CS 为纵轴,将各空间频率的 CS 连成的一条曲线,也称对比敏感度曲线(contrast sensitivity curve, CSC)。CSF 既可以用来定性预测患者的活动能力、低视力患者的阅读速度及青光眼患者的生活质量。也可以定量衡量白内障患者的视觉功能受损程度及屈光手术后的视觉质量,CSF 检测也有助于确定手术对患者视功能状态改善的程度,可作为医师确定手术时机的一个参考,还可预测术后视功能的恢复情况。

Gozum 等^[8]研究表明,丙烯酸酯人工晶状体眼的 CSF 曲线上各个空间频率以及眩光对比敏感度均优于 PMMA 材料的人工晶状体眼,使患者获得更优质的视功能。植入不同类型的人工晶状体对 CS 的影响不同。Monte-Mico 等^[9,10]研究发现单焦点人工晶状体眼不同状态下不同空间频率的 CSF 均低于正常眼,昼及昼眩光状态下低、中频白内障术后患眼与正常眼无显著差异,高频差异有显著性;夜及夜眩光状态高频差异有显著性,中频时无显著差异。多焦点人工晶状体植入术后患者可获得满意的远视力和有用的近视力,减少了眼镜的依赖程度,但这是以降低 CS 为代价的^[11]。Sen 等^[12]也指出多焦点人工晶状体在低空间频 CSF 低于单焦点人工晶状体,在中、高空间频率接近单焦点人工晶状体,认为低空间频率的 CSF 主要受光散射影响,而中高空间频率的 CSF 与晕圈和视物模糊相关。Monte-Mico 等^[10]研究显示植入多焦点人工晶状体术后 3mo 与术后 1wk 相比对比敏感度普遍提高,尤以高空间频率提高明显,但仍低于单焦点人工晶状体。在低、中空间频率,单焦点和多焦点人工晶状体的对比敏感度均位于正常范围内,差异无显著性。这是因为光线经过多焦点晶状体后被分散至远、中、近焦点,从而引起术眼对比敏感度暂时性减低。随时间推移,患者的大脑皮质经过一段选择性适应过程,逐步接受了多焦点晶状体,术眼对比敏感度在一定程度上得以恢复。术后 6mo,单焦点和多焦点人工晶状体的各空间频率对比敏感度均无明显不同。由此可见,人工晶状体本身的逐步改良,可以提高对比敏感度,减少眩光损害,能够显著改善白内障患者的生存质量。

3 像差、MTF、CS 之间的关系

3.1 像差与 MTF 之间的关系

像差与 MTF 成反比例关系,光学系统的像差越大,成像质量就越差,在视网膜上呈现的像越模糊,MTF 值越小,引起的物像对比度下降就越厉害。人眼的各级像差均会使 MTF 值降低,人眼的光学质量也降低。

3.2 像差与CS的关系 Hayashi等^[13]研究发现白内障患者CS的下降和高阶像差具有一定的相关性。高阶像差和CS之间的相关性在空间频率6,12,18c/d上有统计学意义。从Zernike各项函数的像差图可以看出,像差的项次越高,像差的图像的复杂程度越高。可以推测,如果同幅度地增加各项像差的系数,受像差的复杂程度的影响,高阶项次的像差对视网膜成像质量的影响会更大,从而患者的CS和GCS下降也就越明显。

3.3 MTF与CS的关系 总的来说,对比度弱化的数目和相位迁移的大小取决于光栅的空间频率。对于一个拥有100%对比度的物体来说,像的对比度随空间频率的变化成为MTF。这与人眼视觉系统的CS曲线不同,如CS曲线在空间频率为6~9c/d时达到峰值,向两端逐渐减小,这是经过视路的传输和大脑整合后的结果,CS是一种主观的测量结果。而MTF是应用光栅成像原理评估波前像差的一种客观方法,MTF值越大,在视网膜成像越清晰。

综上所述,将对对比敏感度与波前像差结合起来应用于白内障研究,能为眼科医师提供患者更多有价值的临床信息,可以有效、客观、定量,全面地评估白内障术后视觉质量,为进一步分析白内障患者术后不适主诉提供可靠的理论依据,指导白内障手术治疗。

参考文献

- 1 Kosaki R, Kozaki J, Maeda N. Higher-order aberrations in eye implanted with aspherical intraocular lenses. *Nihon Ganka Gakkai Zasshi* 2013;117(1):27-34
- 2 Mierdel P, Kaemmerer M, Krinke HE, et al. Effects of photorefractive keratectomy and cataract surgery on ocular optical errors of higher order. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1999;237(9):725-729

- 3 Vilarrodona L, Barrett GD, Johnson B. High-order aberrations in pseudophakia with different intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(3):571-575
- 4 Mester U, Heinen S, Kaymak H. Clinical results of the aspheric intraocular lens FY-60AD(Hoya) with particular respect to decentration and tilt. *Ophthalmologie* 2010;107(9):831-836
- 5 Mester U, Sauer T, Kaymak H. Decentration and tilt of a single-piece aspheric intraocular lens compared with the lens position in young phakic eyes. *J Refract Surg* 2009;35(3):485-490
- 6 Eppig T, Scholz K, Loffler A, et al. Effect of decentration and tilt on the image quality of aspheric intraocular lens designs in a model eye. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(6):1091-1100
- 7 Baumeister M, Bühren J, Kohnen T. Tilt and decentration of spherical and aspheric intraocular lenses; Effect on higher order aberrations. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(6):1006-1012
- 8 Gozum N, Unal ES, Altan-Yaycioglu R, et al. Visual performance of acrylic and PMMA intraocular lenses. *Eye (Lond)* 2003;17(2):238-242
- 9 Montes-Mico R, Espana E, Bueno I, et al. Visual performance with multifocal intraocular lenses; mesopic contrast sensitivity under distance and near conditions. *Ophthalmology* 2004;111(1):85-96
- 10 Monte-Mico R, Alio JL. Distance and near contrast sensitivity function after multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(4):703-711
- 11 宋慧,邢晓杰,汤欣.不同拟调节型人工晶状体植入术后对比敏感度比较. *中国实用眼科杂志* 2009;27(12):1353-1356
- 12 Sen HN, Sarikkola A, Risto J. Quality of vision after AMO Array multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(12):2483-2493
- 13 Hayashi K, Yoshida M, Hayashi H. Correlation of higher-order wavefront aberrations with visual function in pseudophakic eyes. *Eye (Lond)* 2008;22(12):1476-1482