

配戴角膜塑形镜后视觉质量的评价方法

朱江¹, 黄振平²

作者单位:¹(223800)中国江苏省宿迁市,南京鼓楼医院集团宿迁市人民医院眼科;²(210000)中国江苏省南京市,南京军区南京总医院眼科

作者简介:朱江,硕士研究生,主治医师,研究方向:白内障、角膜病。

通讯作者:黄振平,博士,主任医师,博士研究生导师,研究方向:白内障、角膜病、眼外伤。hzp19633@hotmail.com

收稿日期:2016-12-15 修回日期:2017-04-24

Methods that used to evaluate the visual quality after wearing orthokeratology lens

Jiang Zhu¹, Zhen-Ping Huang²

¹Department of Ophthalmology, Suqian People's Hospital, Suqian 223800, Jiangsu Province, China;²Department of Ophthalmology, Nanjing General Hospital, Nanjing 210000, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Zhen - Ping Huang. Department of Ophthalmology, Nanjing General Hospital, Nanjing 210000, Jiangsu Province, China. hzp19633@hotmail.com

Received:2016-12-15 Accepted:2017-04-24

Abstract

• Orthokeratology is a kind of rigid contact lens which have reverse geometric desi, with higher oxygen permeability and security. Overnight wearing of orthokeratology can decrease the central corneal curvature and increase peripheral corneal curvature by flattening the central department of corneal, thus reduce the refraction of myopia. Through a period of time of wearing orthokeratology lens, patients can obtain good eyesight without frame glasses. Insisting on wearing orthokeratology lens can control the development of myopia. Orthokeratology is widely applied in the control of juvenile myopia, so we need scientific evaluation system to measure the visual quality after wearing orthokeratology lens. Here are the methods that used to evaluate the visual quality after wearing orthokeratology lens.

• KEYWORDS: orthokeratology; OQAS II; visual quality

Citation: Zhu J, Huang ZP. Methods that used to evaluate the visual quality after wearing orthokeratology lens. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2017;17(6):1090-1094

摘要

角膜塑形镜是一种采用反转几何设计的硬性角膜接触

镜,具有更高透氧性、安全性,夜间配戴角膜塑形镜可以压平角膜中央部表面,特异性地降低角膜中央曲率,增加周边曲率,快速降低患者的屈光度,通过一段时间的配戴后可以让患者白天脱镜并能获得良好的视力,坚持配戴能防控近视眼的发展。角膜塑形镜正日益广泛用于控制青少年近视发展,因此就需要一套行之有效的视觉质量评价体系来衡量配戴角膜塑形镜后的视学质量。我们对配戴角膜塑形镜后视觉质量的评价方法作一综述。

关键词:角膜塑形镜;OQAS II;视觉质量

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2017.6.20

引用:朱江,黄振平.配戴角膜塑形镜后视觉质量的评价方法.国际眼科杂志 2017;17(6):1090-1094

0 引言

我国青少年近视眼的人群数量庞大,患病率已跃居世界第一位。如何来控制近视的发展,降低近视的发病率已成为临床眼科研究的热门课题。近年来研究证实角膜塑形镜矫正近视获得肯定的效果^[1-3],角膜塑形镜可以快速提高中低度近视患者的裸眼视力,也可以控制近视发展^[4-7]。角膜塑形镜飞速发展,镜片的设计、材质及数控加工得到了更好的完善。角膜塑形镜安全性高、视力稳定、可预测、度数可逆,应用日益广泛^[8]。伴随着社会经济的快速发展,人们用眼习惯的转变,对眼睛健康及视觉质量有更高要求及配戴角膜塑形镜患者的眼睛是否健康,如何评判配戴角膜塑形镜后患者的视觉质量,因此就需要一套行之有效的视觉质量评价体系。这套系统不仅要提供配戴角膜塑形镜前后的视觉参数,还需要结果可靠、准确,更全面地评价视觉质量的作用。目前,临床上用于检测视觉质量的方法主要分为主观性和客观性两大类。主观性评价方法主要包括视力、双眼视功能、对比敏感度和对比度视力及视觉相关生活质量调查表等,客观性评价方法主要有波前像差测量、散射光、OQAS II测量等。每种视觉质量评价方法都有其各自的特点,检查方法及测量数据也各不相同,本文通过查阅资料对临床上经常使用的各种不同的视觉质量检查方法及临床应用做一综述。

1 主观性视觉质量评价方法

1.1 视力 日常生活中,视力是评价患者视觉质量基本方式,也是最主要方式,临床上通常检查患者的裸眼视力及最佳矫正视力,根据视力的高低来评估患者视觉质量,认为视力越高,视觉质量越好,视力越低,视觉质量越差。临床上又将视力检查分为中心视力测定及周边视力测定,中心视力可以分为远视力及近视力,周边视力检查又称做视野测量,而我们通常所说的视力检查即为中心视

力检查。视力表是检测视力的主要工具,目前常用的视力表是国际标准视力表及 ETDRS 视力表。视力测量应该在标准的照明环境下,两眼分别测量,先右后左,先裸眼,后矫正,受检者距离视力表 5m,视力表视标应该与被检眼同高。聂亚梅等^[4]2010/2013 年观察青少年配戴角膜塑形镜的疗效及并发症发现配戴角膜塑形镜可以有效地提高裸眼视力。国外研究证实配戴角膜塑形镜 1wk 后裸眼视力及矫正视力较戴镜前明显提高,并可保持长远的效果^[9]。对青少年近视患者夜戴角膜塑形镜后的视觉质量评估研究发现配戴角膜塑形镜患者戴镜 1wk 后可使近视度数降低,配戴 3mo 近视度数趋于稳定^[10]。用视力表测定视力简单易行,是使用最广泛的视觉质量评价方法,但是视力检查并不能真实的反映视觉质量。因为我们的日常生活环境中,环境是各不相同的,在环境变化的时候患者会感到不适,特别是在光线不充足,或者光线暗淡的情况下出现实物模糊,甚至会伴有头痛头晕等症状,但是视力测定时都是正常视力。究其原因是因为我们生活的环境是变化的,一天中的对比度是随时间而变化的,是各不相同的,而视力表检测视力时是在标准照明条件下,即要求对比度为 100%。因此,单纯用视力的高低来评判视觉系统的视觉质量的高低是片面的。这就需要建立一套全面的视觉质量评估系统来客观、全面、准确地评估视觉系统的视觉质量。

1.2 双眼视功能 双眼视是指物体的影像分别成像在双眼的视网膜对应点上,通过视觉传导通路传入大脑皮层,视觉中枢再对双眼信号整合分析,分为同时视、融合及立体视三个层次。立体视觉(stereoscopic vision)是感受三维视觉空间的能力,它以双眼单视为基础。很多职业需要有良好的立体视觉,如车辆驾驶人员、绘画雕塑、机械精细加工、电子高科技作业、体育运动人员、飞行员等。因此,立体视觉的测量是评价患者视觉质量好坏的重要指标。目前临床上检查立体视觉可使用同视机检查、计算机立体视觉检测系统、立体视觉检查图等。同视机能够检测单眼抑制、异常视网膜对应、双眼同时视、双眼融合力、双眼立体视,目前广泛被临床眼科医生使用。柯妍等^[11]研究角膜塑形术对近视力及立体视觉的影响证实青少年近视患者配戴角膜塑形镜可以降低患者的裸眼近立体视锐度值,可以提高视觉质量。立体视觉检查可以用于评价配戴角膜塑形镜配戴前后近立体视觉的影响,特别是评价单眼近视患者配戴角膜塑形镜后立体视的建立,建立良好的立体视觉可以获得更高的视觉质量。

1.3 对比敏感度及对比度视力 对比敏感度(contrast sensitivity)是检测视觉功能的重要指标,更能准确地反映视觉系统的视觉质量,它是在不同明暗背景下的分辨能力,测定不同空间频率正弦光栅下视觉器官的分辨能力,得出不同空间频率的图形在不同背景灰度对比条件下的分辨能力。对比度视力(visual acuity, VA)指保持对比度不变,测定能辨识的空间频率阈值,研究资料认为测定 VA 可以更反应出人视觉功能的好坏,其测量结果灵敏、全面、准确,而且可以用于眼科疾病早期诊治^[12],目前正被临床眼科医生广泛使用。

临床上常用对比敏感度仪等测量对比敏感度。对比

敏感度仪检查时首先需要进行验光,并且需要检查矫正视力,对比敏感度仪共有四种检测模式,临床上最常使用闪光对比度和无闪光对比度检测,其测量结果敏感准确,仪器将对对比度值用百分数表示,数值越大,说明视觉质量越差,数值越小,视觉质量越好。视功能测试仪是通过模拟炫光及昼夜各种不同环境,通过计算机系统测量不同环境下的视觉质量。多功能视力测试仪(multifunction visual acuity chart)可以检测 100%、25%、10% 和 5% 四种对比度。自动眩光对比敏感度检测仪是用来对比敏感度及炫光敏感度,其检查结果以曲线表示。肖显文等^[13]研究认为运用对比敏感度检查可以全面、灵敏地反应视功能状态。国外研究认为敏感度检查比常规视力检查更能全面反映人眼的视觉质量^[14]。陈君虹等^[15]利用多功能视力测试仪来研究夜戴型角膜塑形镜对中低度近视儿童对比度视力的影响,认为夜间配戴角膜塑形镜可以导致中低度近视儿童的对比度视力降低,特别是对低对比度视力影响作用更大,降低作用更明显。杨丽萍等^[16]研究青少年近视配戴角膜塑形镜后的对比敏感度发现配戴角膜塑形镜后各频区对比敏感度值均增加,以中频区增加最明显。

1.4 视觉相关生活质量调查表 视觉相关生活质量调查表(vision related quality of life questionnaire)是一种采用主观方法来评估人们视觉系统的视觉生活质量,通过问卷的形式对各种不同视力指标进行调查,根据调查结果来评判视功能损伤对生活质量的的影响作用,其结果主观性较大,容易受到多种因素的影响。目前临床上经常使用的调查表主要有 NEI-RQL42、NEIVFQ-25。国外有研究使用 NEIVFQ-25 评价屈光手术对屈光不正患者视觉质量的影响,其敏感性和可靠性较高^[17]。另外,国外还有学者利用 SVQ(subjective vision questionnaire)调查表研究屈光手术矫正单纯近视与散光人群前后视觉质量的变化,其操作简单,结果准确^[18]。国内学者王静等^[19]利用 22 项近视患者的视觉生活质量调查表评价屈光不正患者行屈光手术前后的视觉质量,研究结果证实该表可靠性较高,操作方便。但是,由于我国经济基础薄弱,广大患者的文化素质不高、社会贫富差距较大,生活质量的层次各不相同,目前还没有一个适合我国国情的视觉生活质量调查表,还有待我们临床眼科医务人员进一步开发使用。

2 客观性视觉质量评估方法

2.1 波前像差 点光源发出的光线将会以电磁波的形式向各个方向发散传播,在光的传播,点光源发出的光线经过光学成像系统成像后最理想的状态应该表现为一个焦点。而现实的光学成像系统跟理想的光学成像系统是存在一定差异的,导致光在传播过程中实际波前与理想的波前有一定的差距,并不是保持在同一个波面,我们就将光线在传播过程中的实际波前和理想光学成像的波前之间的距离叫做波前像差。由于人的眼球是由泪膜、角膜、房水、晶状体、玻璃体等器官组成的复杂屈光成像系统,屈光间质存在不均一性,在屈光成像过程中会产生各种不同像差。因此,在评价人眼视觉质量的时候就需要考虑这种波前像差。目前,临床上描述人眼屈光成像系统

波前像差的方法主要有两种。临床上最常使用的方法是按照 Zernike 多项式表示,将其分为分为 7 阶 35 项,我们将其中 1~2 阶像差叫做低阶像差,如近视、远视、散光都是低阶像差,我们将 3 阶以上的像差叫做为高阶像差,如球差、彗差、不规则散光等。

研究认为波前像差的波动性较大,容易受到年龄、泪膜、瞳孔、晶状体等因素的影响^[20]。临床上常用波前像差仪来客观地测量波前像差,用于眼科疾病的早期诊断,也可用于评价视觉质量,指导屈光手术。目前,临床上常用的像差仪有 WASCA 波前像差分析仪、iTrace 波前像差仪,其中 WASCA 波前像差分析仪是依据 Hartmann-Shack 原理设计的,而 iTrace 波前像差仪是依据光线追踪理论设计的,二者各有利弊,依据原理的不同,二者广泛应用于临床上对视觉质量的评估。WASCA 波前像差分析仪检查环境为暗室,检查时叮嘱患者快速眨眼后注视机器里的红光,避免因为泪膜影响采集数据的准确性,检查者推动手柄调整仪器,使瞳孔区对准中心点,波前像差仪的内部计算机系统自动开始像差数据的采集,并记录各种像差数值。王丹等^[21]运用波前像差仪研究认为配戴角膜塑形镜可以增加眼部的高阶像差。Hiraoka 等^[22]研究儿童配戴角膜塑形镜可以矫正低阶像差,导致裸眼视力提高,但是角膜不规则散光增加,角膜高阶像差增加,导致视觉质量下降。Hiraoka 等^[23]利用波前像差分析仪研究发现成人配戴角膜塑形镜后对比度视力及对比敏感度的下降与 3、4 阶高阶像差的增加相关,同时对比敏感度的下降及高阶像差的增加与实际矫正的近视度数相关。iTrace 波前像差仪是依据光线追踪理论设计,将 Placido 角膜地形图仪与 Ray tracing 像差仪相结合,在检查过程中,Placido 角膜地形图仪在测定像差之前需要测量患者的角膜地形图参数,计算机系统根据所测得数据再进行波前像差的测量,最后通过自带的计算机辅助分析系统将角膜地形图数据转换成一个个波前像差图,通过一系列的测量可以在波前像差图上准确的反应出人眼的总像差、角膜波前像差、点扩散函数及调制传递函数等数值,根据数值的大小来评估视觉质量,测量数据全面,结果准确,更真实地反映出视觉质量的好坏^[24]。肖显文等^[13]利用 iTrace 波前像差仪研究不同瞳孔直径对视觉质量的影响,研究结果认为使用 iTrace 波前像差仪可以快速、准确地测量波前像差,准确地反映视觉质量,在评估视觉质量方面有重要意义。马薇等^[25]研究认为青少年配戴角膜塑形镜可以导致高阶像差增加,导致视觉质量降低。

2.2 散射光 物理学上将光线通过不均匀的屈光介质时导致光线改变其传播方向的现象叫做散射。伴随着年龄的增长,晶状体、玻璃体等屈光间质变得混浊,眼散射也逐渐增大。眼散射根据散射方向的不同可以分为前散射(forward scatter)及后散射(backscatter),其中前散射是朝向视网膜方向,又称作眼内散射(intraocular straylight)。如果人眼的散射增加,就可以降低视网膜的敏感度,继而引起视觉质量的急剧下降。因此,临床上可以通过眼散射的测量来评价患者的视觉质量。

目前常用散射光计量仪来测量,德国 Oculus Optikgerite 公司设计的 C-Quant 散射光计量仪是采用对

比补偿原理,其测试区由中央测试区和边缘散射光源环两部分组成,一部分输出补偿光,补偿光由弱到强逐渐增加,另一部分无补偿光输出。C-Quant 散射光计量仪在检查之前需要验光矫正视力,保持自然瞳孔,被检者端坐于仪器前,双眼注视仪器里的图像,根据所看到的图像作出相应的选择,可以得出标准差期望值(expected standard deviation,ESD)、测试质量参数(quality parameter,Q)和散射光计量值[log(s)]。C-Quant 散射光计量仪主要用于评估眼部屈光手术后眼散射的改变,眼散射越大,视觉质量越差,散射光量越小,视觉质量越好。研究认为 C-Quant 散射光计量仪具有非接触、非侵入性、应用简便和精度高等优点,具有可重复性及有效性,是理想的散射光测量方法^[26-27]。C-Quant 散射光计量仪操作简单,其测量结果客观准确可以准确地测量出眼散射光值,可以更好地为临床服务,为功能性视力的测量提供了另一种新方法。配戴角膜塑形镜前后可以使用 C-Quant 散射光计量仪测量眼散射光值,在配戴角膜塑形镜后可以使用 C-Quant 散射光计量仪来测量戴镜后的散射值,可以客观、准确地找到导致眼眩光、光晕、夜间视力差等不适症状的原因,通过各项数据的测量,可以用来定量评价角膜塑形术对视觉质量的影响。

2.3 视觉质量分析系统 Flamant 在 1955 年提出双通道技术概念,伴随着科学技术的迅猛发展双通道技术被广泛应用于光学研究。视觉质量分析系统(optical quality analysis system)是由西班牙 Visiometrics 公司基于双通道技术设计生产的客观视觉质量分析系统^[28],2002 年开始广泛应用于眼科临床,用于客观测定患者的视觉质量。OQAS II 双通道系统内部有一激光二极管,产生点光源,发射出红外光线,其波长为 780nm,仪器内部有很多双面镜,红外光线在通过一系列双面镜反射后传入眼内,再经过角膜、房水、晶状体、玻璃体等最终成像在视网膜上,其反射光在经过反射后沿原路传回仪器,OQAS II 双通道系统依靠内置的立体照相机 CCD 接收返回的光线,最终成像,然后通过外设的计算机系统获取并分析该视网膜像^[29],它同时还包括一个注视系统,以确保测试者实时监测患者的瞳孔变化和中心注视情况,双通道客观视觉质量分析系统考虑了眼球屈光间质的复杂性,更真实客观地从像差、散射和衍射等各个方面综合分析人眼的视觉质量,其测量结果更能准确地反映眼球的视觉质量^[30],甚至能测量出早期视觉质量改变^[31]。Hu 等^[32]利用 OQAS II 双通道系统评估正常健康人群的视觉质量,OQAS II 测量结果准确客观,重复性好^[33-34]。

OQAS II 客观视觉质量分析系统检查客观视觉质量时需在暗室进行,调整座椅及仪器的高度,嘱患者将下颌置于仪器的下颌托架上,额头顶住额托。检查时叮嘱患者用被检眼注视机器里面的彩色图像,检查者握住仪器的调节手柄,调整仪器检查探头与眼球的距离,前后左右调整对焦,使检查窗的十字标线对准瞳孔中心,按下手柄上的开始键,仪器便自动完成视觉质量的客观评估、客观散射指数的测量、调节力的测定、客观验光、客观泪膜功能检测等项目的检测,各查 3 次,取平均值。OQAS II 系统可以对视觉质量进行了客观、快速、准确、全面的分析,

将视觉质量以彩色立体的方式表示,并且通过客观视觉质量、客观散射指数、调节力、客观验光、客观泪膜功能等光学质量参数对眼部视觉质量进行定量分析,收集各参数进行统计学分析^[35]。

目前,OQAS II 被广泛地应用于客观视觉质量的评价^[36-37],OQAS II 中的 OSI 值可有助于白内障的客观分级^[38],OSI 低于 0.5,为无白内障(正常眼),OSI 在 0.5 ~ 1.5 时为轻度增高期,建议进一步跟踪检查,OSI 为大于 1.5 时为早期白内障,OSI 大于 4 时为成熟期白内障,也可用于白内障手术前后视觉质量的评价^[39-40]。OQAS II 也可用角膜塑形前后视觉质量的评估,可以评价角膜塑形术对视觉质量的影响。OQAS II 可以客观检测评估泪膜质量,通过动态测量 OSI 值,可以从屈光学角度客观、快速、准确地评估泪膜质量。OQAS II 可以评估角膜病、葡萄膜炎对视觉质量的影响。OQAS II 可客观、快速、准确地量化评估自然晶状体及人工晶状体的调节幅度,并以此来评估晶状体的调节能力的变化。OQAS II 是一种客观检测系统,排除了患者的主观不能配合的干扰,能够直接检测出患者的视觉质量。OQAS II 被用于评估配戴角膜塑形镜后的视觉质量变化,评估配戴角膜塑形镜后对泪膜的影响^[41]。杜显丽等^[42]利用 OQAS II 系统研认为配戴角膜塑形镜可以导致 OSI 升高,MTF 截止频率与客观泪膜质量降低,导致客观视觉质量降低。朱江等^[43]利用 OQAS II 研究认为角膜塑形后使泪膜稳定性下降;Saad 等^[44]研究认为在检查儿童的视觉质量的时候,OQAS II 为客观检查方法,较主观检查具有更好的可靠性及可重复性。

3 小结

视力、双眼视功能、对比敏感度及对比度视力、视觉相关生活质量调查表、波前像差、散射光及 OQAS II 等均可用于视觉质量评估。视觉是一种复杂的心理物理现象,视觉质量的好坏因人而异,评价方法多种多样,目前临床上还未建立一套完备的知觉质量评价体系。OQAS II 视觉质量分析系统可以用于客观验光、眼散射的客观检测、晶状体及人工晶状体调节幅度的客观测量、泪膜质量进客观测量、对比度视力的客观测量、重复性好、干扰少。OQAS II 在临床诊断与治疗方面能起到很好的辅助作用,我们应该利用其优势不断扩大其在临床应用的空间,但也应同时认识其不足之处。OQAS II 内置的 Thomer 视力计仅能矫正小度数的散光,大于 0.5D 的散光则需要外置柱镜来矫正,而且有研究显示,对于未矫正的超过 1D 单位屈光,OSI 值则大于 1,OQAS II 仅可测量单一色差等。Tomas 等^[45]研究认为使用 OQAS II 评价视力低下人群的视觉质量时,其一致性不佳,这些对于 OQAS II 在临床的应用有一定的限制,现阶段 OQAS II 还不能将影响视觉质量的各高阶像差情况进行定量的分析,还需要配合其他仪器,综合分析患者的视觉质量。

参考文献

- Chan B, Cho P, Cheung SW. Orthokeratology practice in children in a university clinic in Hong Kong. *Clin Exp Optom* 2008;91(5):453-460
- Bellucci R, Morselli S, Piers P. Comparison of wavefront aberrations and optical quality of eyes implanted with five different intraocular

- lenses. *J Refract Surg* 2004;20(4):297-306
- Sun Y, Xu F, Zhang T, et al. Orthokeratology to control myopia progression: a meta-analysis. *PLoS One* 2015;10(4):e124535
- 聂亚梅,周素君,刘波,等. 角膜塑形镜疗效和并发症临床观察. *中国实用眼科杂志* 2015;33(2):132-136
- Cho P, Cheung SW, Edwards M. The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. *Curr Eye Res* 2005;30(1):71-80
- Charman WN. Wavefront technology: past, present and future. *Cont Lens Anterior Eye* 2005;28(2):75-92
- Cho P, Cheung SW. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(11):7077-7085
- 戴祖优, Zeng JW, 钟兴武, 等. 角膜塑形术控制近视发展的临床观察. *眼视光学杂志* 2008;10(4):288-290
- Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain: refractive and biometric changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(8):5060-5065
- 陈春明, 钟红, 程立波, 等. 夜戴型角膜塑形镜对视觉质量影响探讨. *国际眼科杂志* 2015;15(12):2127-2129
- 柯妍, 司马晶, 杨浩江. 角膜塑形术对近视力及立体视觉的影响. *国际眼科杂志* 2014;14(12):2158-2161
- 杜婉丽. 客观对比敏感度检查在弱视患者中的应用研究. *国际眼科杂志* 2009;9(2):321-324
- 肖显文, 田芳, 张虹. 非球面 Toric 人工晶状体植入术后视觉质量的临床研究. *中华眼科杂志* 2015;51(4):263-269
- Hiraoka T, Okamoto C, Ishii Y, et al. Contrast sensitivity function and ocular higher-order aberrations following overnight orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(2):550-556
- 陈君虹, 姜璐, 戴玛莉, 等. 夜戴型角膜塑形镜对儿童对比度视力影响. *中国实用眼科杂志* 2013;31(6):719-723
- 杨雨萍, 吴艳, 曹茜. 青少年近视配戴角膜塑形镜后的对比敏感度研究. *医学研究生学报* 2012;25(3):252-254
- Nichols JJ, Twa MD, Mitchell GL. Sensitivity of the national eye institute refractive error quality of life instrument to refractive surgery outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(12):2313-2318
- Fraenkel G, Comaish L, Lawless MA, et al. Development of a questionnaire to assess subjective vision score in myopes seeking refractive surgery. *J Refract Surg* 2004;20(1):10-19
- 王静, 陶黎明, 严宗辉. 近视患者的视觉生活质量调查表的初步研究. *临床眼科杂志* 2010;18(1):54-57
- 马红利, 李世洋. 波前像差技术在屈光手术中的应用. *眼科新进展* 2008;28(6):471-474
- 王丹, 谢培英, 王志昕. 日戴和夜戴角膜塑形镜对波前像差的影响. *眼科* 2007;16(5):351-354
- Hiraoka T, Matsumoto Y, Okamoto F, et al. Corneal higher-order aberrations induced by overnight orthokeratology. *Am J Ophthalmol* 2005;139(3):429-436
- Hiraoka T, Okamoto C, Ishii Y, et al. Contrast sensitivity function and ocular higher-order aberrations following overnight orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(2):550-556
- Nanavaty MA, Spalton DJ, Gala KB. Fellow-eye comparison of 2 aspheric microincision intraocular lenses and effect of asphericity on visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(4):625-632
- 马薇, 廖彦, 金宏智, 等. 青少年近视患者夜戴角膜塑形镜后的视觉质量评估. *中华实验眼科杂志* 2012;30(12):1104-1109
- 黄锦海, 林施施, 王勤美, 等. C-Quant 散射光计量仪测量散射光的重复性和再现性研究. *中华实验眼科杂志* 2012;30(2):160-163

- 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 Biomed Opt* 2006;11(5):54010
- 28 Ondategui JC, Vilaseca M, Arjona M, et al. Optical quality after myopic photorefractive keratectomy and laser *in situ* keratomileusis: comparison using a double-pass system. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(1):16-27
- 29 Nagy ZZ, Palagyi-Deak I, Kelemen E, et al. Wavefront-guided photorefractive keratectomy for myopia and myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2002;18(5):S615-S619
- 30 蔡啸谷,乔利亚,张焯,等. 双通道视觉质量分析系统可靠性评价及相关影响因素分析. *眼科新进展* 2013;33(7):646-650
- 31 Martinez-Roda JA, Vilaseca M, Ondategui JC, et al. Optical quality and intraocular scattering in a healthy young population. *Clin Exp Optom* 2011;94(2):223-229
- 32 Hu AL, Qiao LY, Zhang Y, et al. Reproducibility of optical quality parameters measured at objective and subjective best focuses in a double-pass system. *Int J Ophthalmol* 2015;8(5):1043-1050
- 33 Iijima A, Shimizu K, Kobashi H, et al. Repeatability, Reproducibility, and Comparability of Subjective and Objective Measurements of Intraocular Forward Scattering in Healthy Subjects. *Biomed Res Int* 2015;2015(1):2314-2320
- 34 Xu CC, Xue T, Wang QM, et al. Repeatability and reproducibility of a double-pass optical quality analysis device. *PLoS One* 2015;10(2):e117587
- 35 Vilaseca M, Peris E, Pujol J, et al. Intra- and intersession repeatability of a double-pass instrument. *Optom Vis Sci* 2010;87(9):675-681
- 36 Nanavaty MA, Stanford MR, Sharma R, et al. Use of the double-pass technique to quantify ocular scatter in patients with uveitis: a pilot study. *Ophthalmologica* 2011;225(1):61-66
- 37 缪华茂,何丽,李美燕,等. 飞秒激光制瓣与板层角膜刀制瓣 LASIK 术后视觉质量及眼内散射. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2014;16(4):211-215
- 38 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. *PLoS One* 2011;6(2):e16823
- 39 Vilaseca M, Padilla A, Pujol J, et al. Optical quality one month after verisyse and Veriflex phakic IOL implantation and Zeiss MEL 80 LASIK for myopia from 5.00 to 16.50 diopters. *J Refract Surg* 2009;25(8):689-698
- 40 肖显文,张红,田芳. 双通道视觉质量分析系统在眼科的应用. *国际眼科纵览* 2013;37(2):77-82
- 41 阚菲菲,胡琦,崔静,等. 角膜塑形镜配戴对青少年近视眼角膜表面参数的影响. *眼科* 2015;2015(2):112-116
- 42 杜显丽,韩燕敏,陈敏. 角膜塑形镜塑形后眼客观视觉质量变化. *中华眼科杂志* 2015;51(1):32-38
- 43 朱江,黄振平. 配戴角膜塑形镜对青少年近视患者泪膜及视觉质量的影响. *国际眼科杂志* 2016;16(11):2099-2102
- 44 Saad A, Saab M, Gatinel D. Repeatability of measurements with a double-pass system. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(1):28-33
- 45 Tomas J, Pinero DP, Alio JL. Intra-observer repeatability of optical quality measures provided by a double-pass system. *Clin Exp Optom* 2012;95(1):60-65