

# 散射对人眼视觉质量影响的研究现状

罗秋月<sup>1,2</sup>, 王 华<sup>2</sup>, 罗栋强<sup>2</sup>

作者单位:<sup>1</sup>(421000)中国湖南省衡阳市,南华大学医学院;<sup>2</sup>(410000)中国湖南省长沙市,湖南省人民医院眼视光医学中心

作者简介:罗秋月,在读硕士研究生,研究方向:眼视光及屈光手术。

通讯作者:王华,主任医师,教授,硕士研究生导师,研究方向:眼视光及屈光手术. wanghuaeye@163.com

收稿日期:2016-10-12 修回日期:2016-12-27

## Research status of the influence of the scattering for human eye's visual quality

Qiu-Yue Luo<sup>1,2</sup>, Hua Wang<sup>2</sup>, Dong-Qiang Luo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine, University of South China, Hengyang 421000, Hunan Province, China; <sup>2</sup>Optometry Center, Hunan People's Hospital, Changsha 410000, Hunan Province, China

Correspondence to: Hua Wang, Optometry Center, Hunan People's Hospital, Changsha 410000, Hunan Province, China. wanghuaeye@163.com

Received: 2016-10-12 Accepted: 2016-12-27

## Abstract

• With the development of society, the new requirements for visual health are put forward. In the past, visual acuity and contrast sensitivity were used to evaluate the visual function of human eye, but it is subjective and limited, not really reflecting human eye's visual function. In order to pursue a more sensitive and accurate objective evaluation method, experts at home and abroad make some exploratory research on visual quality. The study confirmed that the scattering is an independent factor affecting the visual quality of human eye, it can make a more scientific evaluation of visual function. This article summarizes the influence of scattering for the visual quality of human eye, according to related research at home and abroad in recent years.

• KEYWORDS: scattering; visual quality; influence; research status

Citation: Luo QY, Wang H, Luo DQ. Research status of the influence of the scattering for human eye's visual quality. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2017;17(2):270-273

## 摘要

随着社会的发展,对视觉健康提出新要求,以往通过视力及对比敏感度来评估人眼视觉功能存在主观性和局限性,不能真实反映人眼视觉功能。为了追求更敏感准确的客观评价方法,国内外专家对视觉质量进行一些探讨性研

究。研究证实散射作为影响人眼视觉质量的一个独立因素,可以对视觉功能做出更科学的评价。关于散射对人眼视觉质量的影响,就近几年国内外的相关研究,本文对此进行综述。

关键词:散射;视觉质量;影响;研究现状

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2017.2.19

引用:罗秋月,王华,罗栋强. 散射对人眼视觉质量影响的研究现状. 国际眼科杂志 2017;17(2):270-273

## 0 引言

以往对视觉功能的传统观念是追求更好的视力,但随着生活水平的提高及科学技术的进步,人们对视觉要求也进一步提高,不仅要求视物清晰,也要求视物舒适、持久、稳定,因此我们用视觉质量这一概念来更全面地描述人眼的视觉功能。视觉质量以往主要通过视力、对比敏感度及像差来评价,但有关文献报道,视力及对比敏感度由于存在主观性及局限性,结果准确性及重复性不好,像差由于忽略了眼内散射及衍射的重要影响,极可能高估患者视觉质量,出现患者主观感受与客观检查结果不符的情况<sup>[1]</sup>。诸多研究证实眼内散射光是评价视觉质量另一个重要的独立指标<sup>[2]</sup>,能表达一部分无法用视力、对比敏感度及像差描述的视觉损失。

## 1 散射定义及其来源

眼内散射光是由于人眼各屈光介质(角膜、晶状体、玻璃体、视网膜)的非均匀性,光学折射率不同,从而引起光线向各个方向传播的现象,任何引起屈光介质混浊的因素和病理改变都可能引起散射光的增加<sup>[1]</sup>。眼内散射可分为前散射和后散射两种类型,前散射是指光线经过屈光介质向视网膜方向散射的部分,后散射是指向角膜的散射部分。

散射主要来源于4部分:角膜、虹膜及巩膜、晶状体和眼底, Yuan等研究报道<sup>[3]</sup>,在正常人眼的散射光中,角膜源性、晶状体源性及视网膜和虹膜源性的散射各占1/3。散射变化主要受角膜、晶状体等屈光介质透明度及表面规则性的影响,以及虹膜与视网膜的色素颜色和含量的影响,其色素沉着越多,发生散射的光线也就越少。

## 2 散射对视觉质量的影响

影响视觉质量的因素主要包括像差、散射及衍射,其中像差及衍射影响视觉质量的机制是使物体上一点在视网膜的对应点上不是一个理想的像点,而是一个发散的光斑,像差评估的视觉质量会忽略衍射及散射的作用,从而高估视觉质量,衍射效应主要在瞳孔中央2~3mm的直径范围内限制视觉质量,超过这个范围,其衍射基本可以忽略<sup>[4]</sup>。

散射光影响视觉质量的机制是在视网膜上形成一光幕,降低了物像在视网膜的对比度,从而造成人眼视觉质

量的下降<sup>[4]</sup>。散射光以两种方式影响视觉质量,一种方式是光线入射到眼球,部分光被眼内介质散射再照射于视网膜上,会降低像的对比度而掩盖像的细节;另一方式是当散射光强烈时,来自物体本身的光线被散射,由于减少了在视网膜上成像的光线而影响视觉质量<sup>[5]</sup>。造成人眼视觉质量问题的主要是前向散射,后向散射主要用于裂隙灯观察眼前部病变<sup>[6]</sup>。

### 3 散射的测量方法

**3.1 反应时间检查** 受试者对模拟给出刺激的反应时间间隔定义为反应时间,这种方法是通过比较在有或无眩光状态下的两种反应时间差异来评估眼内散射光的大小<sup>[7]</sup>。缺点在于这种方法主观性较强,重复性较差,目前尚应用于临床是因为缺乏大量临床数据验证其稳定性及实用性。

**3.2 简单的笔式火炬眩光检查** 与以上的反应时间检查类似,其原理是以笔式火炬作为眩光源,让受试者在有无眩光源两种情况下分别检查视力表,眼内散射量的大小以两种情况下的视力差异表示<sup>[8]</sup>。这种方法优点在于简单易行、快速,但缺点是易受瞳孔变化等因素的干扰而影响,从而准确性及有效性不高,临床应用受限。

**3.3 直接补偿法** 原理是在周边与视轴成一定角度设置一眩光源模拟散射光干扰,同样在中央设置一眩光源,要求与周边的眩光源反向来补偿周边眩光源,不断增加中央光源的强度,直到患者看不到任何闪烁为止,眼内散射光强度就是补偿光的强度。这是一种心理物理学测量方法,通过 Van den Berg 等的研究发现,此方法对受试者的要求较高,可重复性和可靠性比较差,因此未能广泛应用于临床<sup>[9]</sup>。

**3.4 对比补偿测量法** 将中心补偿光部分分成了 2 个半圆,通过改变 2 个半圆补偿光的亮度,让受检者判断哪个半圆较亮的方法,获得一系列的测量值,其运用最大似然比原理拟合散射光曲线。其中 C-quant 视网膜散射光测量仪是基于这一原理测量散射光的仪器,具有非接触、简单快速和精度高的优点<sup>[10]</sup>。缺点在于此仪器测量需要患者的主观配合,对于老年患者而言难以准确测量,并且受到患者认知能力的影响。

**3.5 OQAS 的测量法** 基于双通道系统的一种客观评估眼内散射光的光学设备,客观视觉质量分析仪(optical quality analysis system, OQAS)是通过客观散射指数(objective scatter index, OSI)来量化评估眼内散射,OSI 是双通道影像外周与中心的光能量之比,OSI 值越高,眼内散射光程度也越高,此测量方法较 C-quant 散射光测量仪重复性、准确性及客观性更高<sup>[11]</sup>。

### 4 散射在正常人群中的分布特点

研究证实正常人眼内散射分布呈现正态分布,在男女性别及左右眼别之间无明显差异。眼内散射与屈光度、角膜厚度、角膜曲率、前房深度及眼内像差无明显相关性,但会随着年龄的增加而增大<sup>[12]</sup>。在正常年轻人眼,眼内散射效应影响视觉质量并不突出,考虑:(1)角膜与晶状体规则网栅状的特殊结构,其产生的散射可相互抵消<sup>[5,13-14]</sup>;(2)人本身对散射效应的适应<sup>[14]</sup>;(3)视网膜感受器对散射光线的敏感性不同,在一定程度上减弱了散射效应<sup>[15]</sup>。

### 5 散射对视觉质量影响的临床研究

**5.1 角膜屈光手术对散射影响** 正常人眼中大约有 1/3

的散射是由角膜造成的。角膜屈光手术后角膜透明性及表面规则性的改变会对散射产生重大影响。以往的研究证实,角膜屈光手术后早期由于角膜介质均一性较术前有较大改变,故术后 1mo 内散射多有增加,后期由于角膜创伤逐渐修复,术后 3 ~ 6mo 内散射逐渐下降至术前水平<sup>[16]</sup>。

大量文献报道飞秒激光制瓣准分子激光原位角膜磨镶术(laser *in situ* keratomileusis, LASIK)在安全性、可预测性以及生物力学稳定性方面优于板层刀制瓣 LASIK<sup>[17]</sup>。近来也有研究通过对比这两种手术术后视觉质量及眼内散射,结果显示板层刀制瓣 LASIK 组术后 OSI 变异度大于飞秒激光制瓣 LASIK 组,飞秒激光 LASIK 组具有更佳的视觉质量参数,说明飞秒 LASIK 手术由眼内散射造成的视觉质量损害更小<sup>[18]</sup>。考虑与飞秒激光制瓣更加精确稳定、厚度均匀以及界面光滑等优势有一定关联<sup>[19]</sup>。

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(femtosecond small incision lenticule extraction, SMILE)由于无需制瓣,避免了瓣相关并发症,为术后良好的视觉质量提供了有力保证。近几年有研究通过对 SMILE 手术前后散射变化特征的观察及探究,得出 SMILE 术后散射光计量值早期虽稍有增加但较术前差异无统计学意义的结论,可认为 SMILE 术后由散射变化造成视觉质量下降的可能性较小<sup>[20]</sup>。另外有研究对比分析 SMILE 与飞秒激光制瓣 LASIK 术早期眼内散射光计量值的变化情况,结果表明 SMILE 手术前后眼内散射光变化不明显,而 FS-LASIK 术后早期增加,SMILE 早期视觉质量优于 FS-LASIK,考虑与 SMILE 术后角膜透明好、切削区表面规则、术后伤口愈合反应轻有关<sup>[21]</sup>。

### 5.2 白内障的诊断和手术

**5.2.1 白内障的早期诊断** 卢奕等<sup>[22]</sup>对白内障早期诊断的研究表明:许多早期白内障患者可以有较好的视力,但有明显的眩光、夜视力不好、光晕等视力不适症状,考虑是由于晶状体混浊散射增加所致。既往的研究同样提示眼内散射光与视力无或呈弱相关性。有关白内障形态对散射的影响,彭程等<sup>[23]</sup>的研究报道视力检查可能会低估晶状体混浊形态差异对视觉质量的影响,其中后囊膜下白内障散射光增高最明显,对视觉质量的影响最大。诸多研究结果表明早期白内障的诊断需要结合视力,散射及白内障形态综合分析。

**5.2.2 白内障手术** 散射作为影响白内障人工晶状体眼(intraocular lens, IOL)视觉质量的主要因素不容忽视,导致 IOL 眼散射光增大的因素很多,主要包括 IOL 的设计、材质、瞳孔直径、手术因素等方面。

**5.2.2.1 人工晶状体材质及设计对散射影响** 有关不同 IOL 材质对眼内散射光的影响, van Rijn 等<sup>[24]</sup>及 Nanavaty 等<sup>[25]</sup>的研究对比了亲水性与疏水性 IOL 材质的眼内散射光及光学质量,发现亲水性 IOL 材质散射较疏水性高,视觉质量较疏水性低。探究其可能的原因,据相关研究可能是由于亲水丙烯酸酯材质其亲水表面使晶状体上皮细胞在其表面增生的发生率较高,房水中的蛋白质也更容易在其表面附着,进而导致 IOL 表面散射光的增加<sup>[26]</sup>。另外这种水合作用还可能会导致亲水性丙烯酸酯材料的折射率发生变化,进而会影响光学质量<sup>[27]</sup>。

在 IOL 设计方面, IOL 光学部直径,表面的变曲度及



折射系数对散射有着显著性的影响,有研究表明植入光学部6mm,且前表面曲率较高的IOL可明显降低由于散射造成的眩光,其原因在于光学部前表面曲率更高更为陡峭的时候会使得通过光学部的内反射光线汇聚形成的焦点更加靠近IOL,从而降低了视网膜表面的散射<sup>[28]</sup>。

**5.2.2.2 手术方式对散射影响** 手术中撕囊直径,撕囊口的位置和大小是影响IOL眼散射光的重要因素,汤欣<sup>[29]</sup>对植入IOL 1a后的患者行散射光检查,提出术中撕囊直径越小,撕囊口偏中心或撕囊口边缘未完全覆盖IOL光学面的边缘,IOL光学面的暴露可以明显增大IOL眼散射光造成术后发生明显的眩光感。另外IOL的囊袋内居中性植入也很关键,其偏心 and 倾斜会导致IOL眼散射光增大。

**5.2.3 后发性白内障对散射影响** Montenegro等的研究证明散射光与后发性白内障(after cataract, PCO)的严重性评分相关性好,散射光为评估PCO严重程度的最敏感指标<sup>[30]</sup>。高原等<sup>[31]</sup>对PCO患者行Nd:YAG激光切开术后的散射及视觉质量研究表明术后散射与术前相比明显减小,视觉质量也较术前有所提高,证明了Nd:YAG激光切开术是改善后发性白内障视力及视觉质量最为有效的方法。

**5.3 眼内屈光手术对散射影响** 临床上可见许多因屈光度数较高、角膜过薄、角膜形态异常而不适合做角膜屈光手术的近视患者可行眼内屈光手术。目前临床已被证实安全性及有效性较高的眼内屈光手术是后房型有晶状体眼人工晶状体植入术(posterior chamber phakic intraocular lens, ICL)<sup>[32]</sup>。既往研究认为ICL植入术后有良好的光学质量,眼内散射光有逐渐减少的趋势,分析其原因是由于ICL是透明度高,抗反射的亲水性材料制成<sup>[33]</sup>。另外由于ICL维持了角膜的表面曲率及保证了角膜完整性,其节点最接近瞳孔区,使角膜与晶状体像差固有的匹配关系不变,减少了手术源性的角膜像差造成的视觉质量下降<sup>[34]</sup>。

以往ICL由于人工晶状体植入造成的瞳孔相对阻滞,术后高眼压及白内障是主要并发症。如今,我国引进了新型ICLV4c晶状体,由于带有便于房水自然流动的中央小孔,可有效缓解眼压升高<sup>[35]</sup>,V4c晶状体植入术无需做虹膜周切,避免了虹膜周切孔造成的眩光,即使有360 $\mu$ m很小直径的中心孔的存在,其产生的眩光没有临床意义,不会造成患者的视觉障碍,因此新型ICLV4c晶状体较常规ICL能获得更佳的视觉质量<sup>[36]</sup>。

**5.4 角膜塑形镜方面的研究** 关于角膜接触镜的配戴对散射的影响,既往研究表明,长期配戴角膜接触镜者的散射光比同一年龄段正常人高,配戴硬质角膜接触镜的影响又比软性大<sup>[37]</sup>。近有研究通过双通道视觉分析系统评估配戴角膜塑形镜前后的视觉质量和眼内散射发现配戴角膜塑形镜后7d及1mo的视觉质量较配戴前下降,OSI较配戴前有提高,但1mo较7d有所恢复,配戴后3mo已恢复到配戴前水平<sup>[38]</sup>。分析其原因,可能是配戴角膜塑形镜会造成早期角膜水肿,平均角膜密度改变等一系列的角膜组织学改变,角膜失去原有的透明度及细胞形态会造成散射增加,从而造成视觉质量下降<sup>[39]</sup>。

**5.5 其他方面** 人眼组织发生病理性变化时也会造成散射增加,如角膜水肿、瘢痕、营养不良等。另外圆锥角膜也被研究证实会引起散射明显增加<sup>[40]</sup>。炎症、外伤等

因素导致的前房及玻璃体透明性下降,如前房闪光,玻璃体体积血或混浊都会引起散射光值增加。近年来对于干眼症患者的散射及视觉质量关注日益增加。有研究通过OQAS对比分析了健康人及轻中度干眼患者的OSI等视觉参数,发现干眼患者散射增加,视觉质量下降,且中度干眼患者OSI均值较轻度高<sup>[41]</sup>。

## 6 展望

通过对散射的研究开辟了视觉健康研究的新领域,可以客观、全面地反映视觉质量,可广泛应用于白内障、屈光手术、视光门诊、角膜病等亚专业的临床诊断和疗效评估。如对白内障早期诊断,白内障的分级与分期,白内障手术时机选择,个体化的IOL选择有指导意义;在屈光手术方面能进行术前预期和排查,并客观评价不同屈光手术方式的疗效。相信随着对视觉健康的注重,散射及视觉质量研究的不断深入,有利于眼科诊疗技术的不断进步。

## 参考文献

- 1 Saad A, Saab M, Gatinel D. Repeat ability of measurements with a double-pass system. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(1):28-33
- 2 Pinerio DP, Ortiz D, Alio JL. Ocular scattering. *Optom Vis Sci* 2010;87(9):682-696
- 3 Li J, Wang Y. Characteristics of straylight in normal young myopic eyes and changes before and after LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52(6):3069-3073
- 4 徐华斌,吴中林,刘传先,等.影响人眼视觉质量的光学因素. *激光生物学报* 2007;16(3):271-275
- 5 van den Berg TJ, Franssen L, Kruijt B, et al. History of ocular stray light measurement: a review. *Z Med Phys* 2013;23(1):6-20
- 6 Riau AK, Angunawela RI, Chaurasia SS, et al. Effect of different femtosecond laser-firing patterns on collagen disruption during refractive lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(8):1467-1475
- 7 Aguirre R, Colombo E, Issolio L, et al. Tiempo de reacción y contraste umbral en la medida de la difusión intraocular y el deslumbramiento. *Opt Pura Apl* 2007;40(1):111-117
- 8 Williamson TH, Strong NP, Sparrow J, et al. Contrast sensitivity and glare in cataract using the Pelli-Robson chart. *Br J Ophthalmol* 1992;76(12):719-722
- 9 Boxer Wachler BS, Durrie DS, Assil KK, et al. Improvement of visual function with glare testing after photorefractive keratectomy and radial keratotomy. *Am J Ophthalmol* 1999;128(5):582-587
- 10 Montenegro GA, Marvan P, Dexl A, et al. Posterior capsule opacification assessment and factors that influence visual quality after posterior capsulotomy. *Am J Ophthalmol* 2010;150(2):248-253
- 11 万修华,张焯,乔利亚,等.双通道系统视觉质量分析仪评价健康人视觉质量的重复性研究. *眼科* 2013;22(3):175-179
- 12 Rozema JJ, van den Berg TJ, Tassignon MJ. Retinal straylight as a function of age and ocular biometry in healthy eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51(5):2795-2799
- 13 van der Meulen J, Coppens JE, Kruijt B, et al. Straylight measurements as an indication for cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(5):840-848
- 14 Lapid -Gortzak R, vail der Linden JW, Van der Meulen I, et al. Straylight measurements in laser *in situ* keratomileusis and laser-assisted subepithelial keratectomy for myopia. *Elsevier Inc* 2010;36(3):465-471
- 15 Lorente-Velazquez A, Nieto-Bona A, Collar CV, et al. Intraocular straylight and contrast sensitivity(112) and 6 months after laser *in situ* keratomileusis. *Eye Contact Lens* 2010;36(3):152-155
- 16 李晶,王雁,左彤,等.准分子激光角膜屈光手术后散射的变化及其相关因素分析. *中华眼科杂志* 2011;47(7):589-595
- 17 Uzbek AK, Kamburoglu G, Mahmoud AM, et al. Change in

- mechanical parameters after flap creation using the intralase femtosecond laser and subsequent excimer laser ablation. *Curr Eye Res* 2011;36(7):614-629
- 18 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.中华眼视光学及视觉科学杂志2014;16(4):211-215
- 19 刘洋辰,王雁,李晶,等.飞秒激光角膜原位磨镶术手术前后散射变化及其影响因素分析.中华实验眼科杂志2012;30(12):1096-1099
- 20 徐路路,王雁,吴文静,等.SMILE术后散射的变化特征及相关影响因素.中华眼视光学与视觉科学杂志2014;16(7):394-398
- 21 徐路路,王雁,刘洋辰,等.SMILE与FS-LASIK术后散射变化特性的比较.中华实验眼科杂志2015;33(2):159-164
- 22 卢奕,叶鸿飞.白内障与眼内散射光.中华眼科杂志2013;49(8):765-768
- 23 彭程,赵江月,马立威,等.不同形态年龄相关性白内障视觉质量的临床评价.中华眼科杂志2011;47(11):1001-1006
- 24 van Rijn LJ, Nischler C, Michael R, et al. Prevalence of impairment of visual function in European drivers. *Acta Ophthalmol* 2011;89(2):124-131
- 25 Nanavaty MA, Spalton DJ, Boyce JF. Influence of different acrylic intraocular lens materials on optical quality of vision in pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(7):1230-1238
- 26 Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Time course of optical quality and intraocular scattering after refractive lenticule extraction. *PLoS One* 2013;8(10):e76738
- 27 王新,马忠旭,巩晨.OQAS视觉质量分析系统比较不同材料人工晶状体眼内散射光及视觉质量.中国实用眼科杂志2014;32(2):130-134
- 28 Miao H, He L, Shen Y, et al. Optical quality and intraocular scattering after femtosecond laser small incision lenticule extraction. *J Refract Surg* 2014;30(5):296-302
- 29 汤欣.关注眼内散射光对人工晶状体眼视觉质量的影响.中华实验眼科志2013;31(12):1097-1099
- 30 Yadav R, Kottaiyan R, Ahmad K, et al. Epithelium and Bowman's layer thickness and light scatter in keratoconic cornea evaluated using ultrahigh resolution optical coherence tomography. *J Biomed Opt* 2012;17(11):116010
- 31 高原,马忠旭,王新,等.视觉质量分析系统对后发障行激光切开术后视觉质量评估.中国实用眼科杂志2015;33(2):128-131
- 32 Paarlberg JC, Doors M, Webers CA, et al. The effect of iris-fixated foldable phakic intraocular lenses on retinal straylight. *Am J Ophthalmol* 2011;152(6):969-975
- 33 Agea A, Ozgurhan EB, Yildirim Y, et al. Corneal backscatter analysis by *in vivo* confocal microscopy: fellow eye comparison of small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted LASIK. *J Ophthalmol* 2014;2014:265012
- 34 王佼佼,张立军,牟亚男,等.后房型有晶状体眼人工晶状体植入术矫正超高度近视的视觉质量研究.眼科新进展2014;34(10):946-949
- 35 Higuera-Esteban A, Ortiz-Gomariz A, Gutiérrez-Ortega R, et al. Intraocular pressure after implantation of the visian implantable collamer lens with central flow without iridotomy. *Am J Ophthalmol* 2013;156(4):800-805
- 36 周妍妍,郑晓龙.ICLV4c矫正超高度近视术后视觉质量的短期观察.国际眼科杂志2015;15(9):1615-1617
- 37 Van der Meulen IJ, Engelbrecht LA, van Vliet JM, et al. Straylight measurements in contact lens wear. *Cornea* 2010;29(5):516-522
- 38 Nieto-Bona A, Gonzalez-Mesa A, Nieto-Bona MP, et al. Short-term effects of overnight orthokeratology on corneal cell morphology and corneal thickness. *Cornea* 2011;30(6):646-654
- 39 谷天瀑,魏瑞华,林伟平,等.双通道视觉分析系统评估配戴角膜塑形镜前后的视觉质量和眼内散射.眼科新进展2015;35(5):445-448
- 40 Yadav R, Kottaiyan R, Ahmad K, et al. Epithelium and Bowman's layer thickness and light scatter in keratoconic cornea evaluated using ultrahigh resolution optical coherence tomography. *J Biomed Opt* 2012;17(11):116010
- 41 孙龙格,马忠旭,马林,等.轻中度干眼症患者双通道技术检测获取的视觉质量参数变化.山东医药2015;55(7):72-74