

眩光的共识及新进展

郑雨薇,赵江月,马立威,陈双叶,于紫燕,石 栋,张劲松

作者单位:(110005)中国辽宁省沈阳市,中国医科大学附属第四医院眼科 中国医科大学眼科医院 辽宁省晶状体学重点实验室
作者简介:郑雨薇,女,中国医科大学硕士研究生,研究方向:白内障。

通讯作者:张劲松,男,毕业于中国医科大学,教授,博士研究生导师,副院长兼眼科主任,研究方向:白内障、眼内屈光手术。
cmu4h-zjs@126.com

收稿日期:2014-08-30 修回日期:2014-11-07

Consensus and new improvements of disability glare

Yu - Wei Zheng, Jiang - Yue Zhao, Li - Wei Ma, Shuang - Ye Chen, Zi - Yan Yu, Dong Shi, Jin - Song Zhang

Department of Ophthalmology, the Fourth Affiliated Hospital of China Medical University, Eye Hospital of China Medical University, Key Laboratory of Lens Research of Liaoning Province, Shenyang 110005, Liaoning Province, China

Correspondence to: Jin - Song Zhang. Department of Ophthalmology, the Fourth Affiliated Hospital of China Medical University, Eye Hospital of China Medical University, Key Laboratory of Lens Research of Liaoning Province, Shenyang 110005, Liaoning Province, China. cmu4h-zjs@126.com

Received:2014-08-30 Accepted:2014-11-07

Abstract

• Patients with early cataract may have normal visual acuity (VA) but complain that they have problems in driving at night, like seeing things through a veil. This phenomenon is defined as disability glare which maybe caused by growing stray light. Patients with intraocular lens following cataract surgery may complain about glare, halos and shadows in visual field, which are also resulted from dysphotopia. Disability glare is the VA loss due to disturbing luminance in visual field. In other words, it's the retinal contrast sensitivity reduction because of the straylight. This article contains the consensus and new progress of disability glare. It provides solutions according to its effect factors and offers clues for further study.

• **KEYWORDS:** disability glare; cataract; straylight; intraocular lens

Citation: Zheng YW, Zhao JY, Ma LW, *et al.* Consensus and new improvements of disability glare. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2014;14(12):2185-2189

摘要

早期白内障患者,视力还没有受到影响,但常有眼前光幕遮挡,夜间驾驶困难等主诉,究其原因,可能是视功能的一项指标——散射光值出现了改变,因此伴随眩光的主诉。白内障术后人工晶状体眼的患者,有可能主诉视野中出现光圈、光晕、闪光、亮点等,这也是眩光幻影所致。眩光是指视野中干扰光源的存在导致视力的减退,换句话说,就是由于散射光的存在导致视网膜成像对比敏感度的减退。本文就眩光研究目前取得的共识与近期的新进展展开论述,并针对眩光的影响因素提出相应的解决方法,为进一步的研究提供线索。

关键词:眩光;白内障;散射光;人工晶状体

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2014.12.21

引用:郑雨薇,赵江月,马立威,等.眩光的共识及新进展.国际眼科杂志 2014;14(12):2185-2189

0 引言

眩光最早是由 Herbert Parsons 于 1910-01-11 的伦敦照明学会上提出,一个多世纪以来,各行各业的学者及工程师们不断充实和完善眩光的相关概念,研究新机器量化眩光值,探索成因并提出解决办法。尤其是近年,随着眩光测量方法的改善,新的研究结果不断展现在我们面前,本文围绕对眩光的共识及近年的新进展展开论述。

1 眩光幻影的概述

首先什么是眩光? Koch 描述为视野中干扰光源的存在导致视力的减退^[1],换句话说,就是由于散射光的存在导致视网膜成像对比敏感度的减退。眩光可以分为不适眩光(discomfortable glare)、失能眩光(disability glare)、耀眼眩光(dazzling glare)等,在临床上具有研究价值的主要是失能眩光。由于人眼光学系统的缺陷,光线通过屈光介质时发生散射,朝向视网膜方向的散射光形成的光幕叠加于视网膜成像上,形成光幕性视网膜照明,降低视网膜物像的对比度,引起视觉质量的急剧下降,这种现象叫失能眩光^[2],失能眩光在日常生活中经常可以碰到,例如:光滑的书页表面引起的反光或者夜晚迎面汽车大灯引起的眩光等。前散射是引起失能眩光的直接原因,这一概念最早由 Van den Berg 于 1986 年提出^[3]。在屈光介质混浊或者光线强烈时,这种现象更为明显,早期白内障患者,视力还没有受到影响,视功能的各项指标已经出现变化,其中就包括散射光值。白内障术后眩光现象大多得到改善,散射光值也能相应提高。但也有少数人工晶状体眼的患者,视功能因发生眩光幻影而受到损伤(图 1)。白内障术后关于视觉质量的问卷调查显示,眩光幻影是最常见以及最多困扰患者的主诉,并且散射光值与 NEI VF-11R 量表相关性显著^[4]。

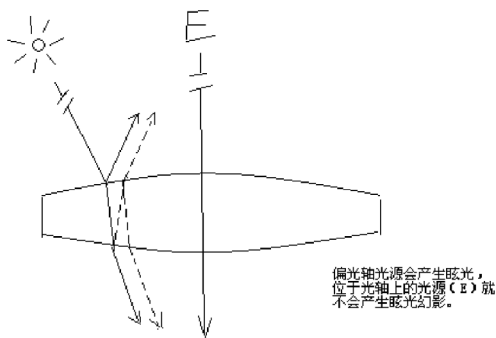


图1 偏光轴光源产生眩光。

Davison^[5]首次从来源上将眩光幻影分为两类:正像眩光幻影和负像眩光幻影。正像眩光幻影是指外界进入眼内的弥散光线到达视网膜后形成的干扰像,以具有光亮、条纹为特征,包括光晕、闪光、环形光、弧光。正像眩光幻影一定是在某种光照条件下产生。而负像眩光幻影是以主观的阴影或者暗点为特征,这种阴影或者暗点多发生于颞侧视野,常呈弧形。简而言之,正像眩光幻影就是光圈、光晕等你能看得见的东西,负像眩光幻影更像一个阴影,你觉得应该看到却缺失的东西。人工晶状体植入术后眩光幻影发生率介于19.5%~32.7%。眩光幻影发生率虽然高,但是大多数患者可耐受不适,并逐渐产生适应,严重的眩光幻影发生率仅为0.2%。

2 眩光的测量

早期眩光的测量是根据有无眩光条件下视力及对比敏感度的变化来描述的,有很多根据这个原理制作的眩光测量仪,但它们的结果重复性及可靠性都比较差,直到近年来出现了能定量测量散射光的新仪器:基于补偿比较原理的C-QUANT和基于双通道技术的欧卡斯(OQAS)。

2.1 C-QUANT 散射光测量仪 C-QUANT测试区由中央测试区和边缘散射光源环两部分组成(图2,3)。边缘散射光源环闪烁时,光线在眼内介质发生散射。由于散射光的存在,受试者会感觉中央测试区也在发生闪烁,但实际是黑色的,受试者据左右两个测试区哪个区域闪烁更强烈做出二进制的判断。C-QUANT采用“补偿比较”的方法,最终根据心理测量函数得出受试者的眼内散射光的对数值 Logs。定量测量前散射光的大小,是目前眩光测量最可靠的仪器,重复性良好,操作简单,绝大多数患者都能顺利完成检查。

2.2 欧卡斯 OQAS, 客观眩光测量仪 OQAS, Visiometrics 利用双通道技术^[6],激光源到视网膜的光路组成系统的单一通路(图4,5)。首先对受试眼进行屈光矫正,然后记录从视网膜反射回来的光线(后散射光)并进行分析处理。双通道系统提供几种测量参数。其中之一的客观散射指数(objective scatter index, OSI),该指数为眼内散射情况的客观评估,通过评估视网膜 PSF 成像中外周与中心光强度的比值,计算该指数。OSI 值越高,眼内散射等级越高。OSI 反映的是后散射值。欧卡斯能自动完成屈光状态的矫正,测量时间短,能实时监测泪膜变化对散射光的影响,但后散射值与眩光体验的相关性尚待进一步的研究证实。那么定量测量的前散射与后散射值有无相关性呢?经典的 MIE 理论认为它们是不相关的。2014 年英国的 Nino 等收集比较 50 眼后发性白内障(posterior capsular opacification,



图2 C-QUANT 散射光测量仪。

测量原理

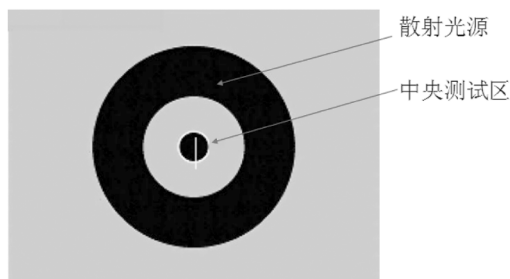


图3 C-QUANT 操作界面。



图4 欧卡斯(OQAS, Visiometrics)。

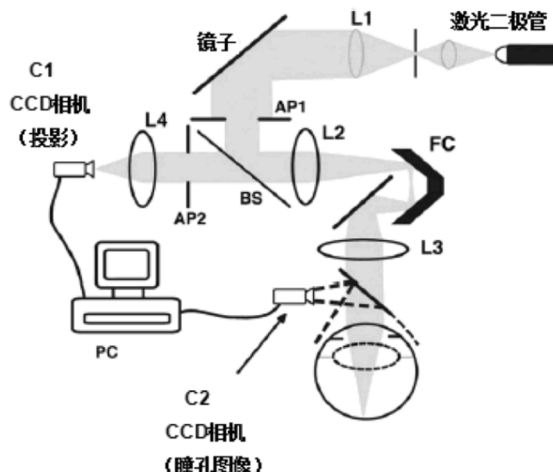


图5 欧卡斯原理。

PCO)患者 YAG 激光术前术后的差异,分析前散射和后散射的相关性^[7]。结果显示无相关性,这与 Van den Berg 和 Spekrijse 的结果一致^[8],Van den Berg 解释可能是两种仪器测量的视角范围不同所致。

3 眩光的影响因素

3.1 年龄、眼轴、角膜曲率、角膜散光、瞳孔大小、虹膜及黄斑区色素与散射光值的关系 2009 年 Rozema 等最近通过测量 277 个受试者的 518 眼的眩光值,研究显示,眩光值随着年龄增长而增加^[9],Michael 等^[10]对 2 422 名欧洲司机的人群研究显示,年轻健康眼 C-Quant 测得的散射光量为 0.87,40~70 岁增加到 1.2,80 岁以上至 1.4。眩光值与年龄的相关性公式如下: $\log(s) = 0.87 + \log[1 + (\text{age}/65)^4]$;眼轴也是眩光的重要影响因素之一;对于近视眼轴长的患者, $\log(s) = 0.931 + \log[1 + (\text{age}/65)^4] + (0.01089L^2 + 0.4820L + 5.330)$,L=眼轴长度。未发现角膜曲率、角膜散光与散射光值有统计学意义的相关性。正常人眼的散射光与瞳孔大小无关^[11],而人工晶状体眼的散射光受到撕囊直径和瞳孔大小的影响^[12,13]。关于虹膜色素及眼底黄斑区色素对散射光的影响仍存在争议。Van den Berg 等^[14]认为,散射光值可能与虹膜颜色和光线穿透眼球壁有关。2013 年,Harilaos 等利用欧卡斯收集了 9 名健康的白人受试者的数据,分为深色虹膜和浅色虹膜两组,分别记录了从 0.5(小视角)和 6 度(大视角)视角,可调节滤波器设置了从 500~650nm 之间六个波长时受试者的散射光值^[15]。结果显示,在小视角时散射光的波长依赖性与血红蛋白的频谱相一致,虹膜色素较浅的受试者散射光值普遍较高,在大视角时,则没有明显的相关性。Rozema、Sien 与 Raymond 等分别测量进而分析黄斑区色素量与眩光值之间的关系,结果都显示相关性无统计学意义^[16,17]。

3.2 屈光介质混浊与散射光的关系 晶状体混浊白内障患者的眩光值显著增大,这可能是由于衰老的晶状体中直径 1~4 μm 的多层小体散射所致^[18]。早期白内障患者视力正常的时候,就已经伴有眩光敏感度的下降。眼内散射光与 LOCS III 评分的相关性大于对比敏感度和视力,因此眼内散射光是评价白内障患者晶状体混浊程度的有效附加指标。2010 年,比利时 Tina, Rozema 等发现后囊下白内障眼内散射光大于皮质性及核性白内障^[19],结果与中国医科大学彭程等^[20]的测量结果相一致;Van Den Berg 等^[21]对 2 422 名司机的横断面研究报道 IOL 植入术后眼内散射光低于白内障患者的眼内散射光,因此主张将散射光作为白内障的手术指征之一。白内障术后后囊混浊 (posterior capsular opacification, PCO) 能显著增加眩光值^[22],目前认为,人工晶状体采用丙烯酸酯材料和锐利的直角边设计可以有效降低 PCO 的发生^[23]。既然 PCO 可以影响眩光值的结果,那么 YAG 激光对人工晶状体的误伤会不会对眩光有影响呢? 2012 年 Bastiaan 及 van den Berg 等^[24]测量 YAG 激光损伤的人工晶状体离体眩光值,结果显示轻、中、重度损伤的人工晶状体眩光值没有差异。

3.3 白内障及屈光手术对眩光的影响 白内障手术因素也可能对眩光值产生影响,上方角膜切口发生眩光的概率较低,可能因为手术切口能被上眼睑完全覆盖所致。Osher^[25]发现手术切口位置对负像眩光幻影的产生影响较大,手术切口能被上眼睑完全覆盖的 84 眼无 1 例发生负像眩光幻影,而未被眼睑覆盖的颞侧切口负像眩光幻影发生率在 22.89%。准分子激光原位角膜磨镶术后

(LASIK)3mo,暗视下对比敏感度比术前有降低,眩光对暗视下对比敏感度的影响十分显著^[26]。2010 年,西班牙的 Juan 等^[27]利用欧卡斯比较轻度、中度近视屈光性角膜切除术 (PRK) 和激光角膜原位磨镶术 (LASIK) 后 3mo 的视觉质量,结果显示 PRK 和 LASIK 分别使客观散射指数增加 1.48 倍和 1.57 倍,并且术前屈光度和 OSI 显著相关,但两者相差无统计学意义。这说明术后短期内散射光值有增加的趋势。2013 年李岩等^[28]的 META 分析结果显示,虹膜定位波前引导的 LASIK 与标准 LASIK 比较,眩光症状发生率更低,患者满意度更高。

3.4 人工晶状体的设计与眩光的关联 晶状体光学区光滑过度处理被认为可以减少眩光和光晕的发生^[29];人工晶状体前圆后方边缘设计比方边设计能减少眩光^[30];与丙烯酸酯材料相比,折射率较低的聚甲基丙烯酸甲酯、硅凝胶和水凝胶可以减少眩光幻影的发生^[31],光学直径 $\geq 6\text{mm}$ 的人工晶状体发生眩光的概率更低^[32],晶状体偏心或移位后眩光值有明显增加,患者的心理因素等,比如焦虑型人格的患者主诉眩光的概率较高^[29]。人工晶状体的颜色一般不影响散射光值的结果,因为它相同程度地削减了目标光源和散射光源^[33]。非球面人工晶状体减小了球差,较球面人工晶状体夜间或者瞳孔散大条件下对比敏感度提升,更少发生眩光幻影^[34]。人工晶状体的襻-光学区结合区的不规则结构会诱发明显的散射效益^[35]。多焦点人工晶状体中,折射型人工晶状体夜间眩光现象较重,衍射型多焦点人工晶状体的同心圆性质的显微坡环设计被认为可能导致眩光幻影的发生^[36]。

3.5 滴眼液对散射光的影响 干眼症会产生像差,从而导致正像眩光幻影的发生^[37]。1992 年, Veraart 等用心理测试的方法,通过测量 5 名正常受试者点用八种人工泪液前后散射光值,结果差异无统计学意义^[38]。Antonio 与 David 分别利用欧卡斯测量干眼组与非干眼组的客观散射指数 (OSI 值),差异有统计学意义^[39,40],David 的研究结果还显示,轻中度干眼患者点用人工泪液之后 OSI 值明显减小^[40]。2013 年,日本的 Shizuka 等通过 C-QUANT 测量无眼部疾病的健康受试者点用 3 种类型人工泪液和对照组盐水后 1,5,10min 的高阶像差与散射光值,来研究人工泪液对视觉质量的影响。三种人工泪液包括传统的 3g/L 透明质酸钠眼液,刺激眼表水和黏液分泌的 3g/L 地夸磷索和刺激黏液分泌 2g/L 瑞巴匹特,结果显示点用瑞巴匹特后散射光值较其他三组立即有明显的增加,我们认为由于点用黏稠的瑞巴匹特短期内可能导致角膜形状的不规则变化,从而引起散射光值的增加;5~10min 后,四组无明显差异,均回到基线水平^[41]。那么除了人工泪液之外其他的滴眼液对散射光的影响如何? 目前这方面的研究并不太多。2010 年,日本的 Hiraoka 等^[42]通过测量健康受试者点用噻马洛尔和布林佐胺后 2,5,10,15min 的后散射光值数据,显示点用布林佐胺后 5min 后散射光值有一个显著的增加。

4 眩光的临床应用

4.1 作为早期白内障手术的筛查指标 白内障患者视功能指数量表 (VF-14) 与皮质性及核性白内障患者的最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA) 及对比敏感度 (contrast sensitivity, CS) 呈正相关,与眼内散射光呈负相关;与后囊下白内障患者的 CS 呈正相关,与眼内散射光呈负相关,与 BCVA 无相关性;这提示我们,对于皮质性及核

性白内障,可以通过视力预测患者的CS;而后囊膜下白内障的视力不能反映CS,视力不能全面反映白内障患者日常生活中不同光照亮度下的视功能情况,而散射光的测量为强光下、暗适应时白内障患者因眩光导致的视觉质量下降找到了客观依据,并可以帮助我们判断白内障患者视觉损害和生存质量下降的程度。Michael 等用 C-Quant 测量了2422名司机的眼内散射光^[43],来建立 LOCS III 评分、对比敏感度、视网膜散射光的回归方程,结果表明眼内散射光与 LOCS III 评分的相关性大于对比敏感度和视力,因此眼内散射光是评价白内障患者晶状体混浊程度的有效附加指标。

4.2 指导白内障术前人工晶状体的选择 对于眼轴较长,瞳孔较大等合并眩光高危因素的患者,根据眩光的影响因素得知,应尽量选择圆形边缘、硅凝胶材料的非球面晶状体。一眼术后出现眩光,另一眼手术前也是眩光发生的高危因素眼。对于角膜地形图不规则的患者,不建议选择多焦点人工晶状体,而是偏向于零像差或者球面人工晶状体。

4.3 指导白内障术后的随访及处理 术后主诉眩光幻影的患者,建议进行6mo的临床观察,前囊膜边缘缓慢机化后覆盖晶状体边缘,可有效减少眩光幻影的发生,大多数患者症状都会逐渐减轻,进而获得适应。另外,对患者使用缩瞳剂也可改善部分患者的症状。对于持续性正像眩光幻影不能耐受的患者,可采用手术置换晶状体。更换晶状体建议选择光学直径6mm以上,边缘设计采用圆形或者打磨处理的,材料为聚甲基丙烯酸甲酯或者硅凝胶。也可在人工晶状体眼的睫状沟位置植入窄边设计的背驼式人工晶状体^[44],此法可避免人工晶状体置换带来更大的风险,同时术后采用预防性前囊膜激光切开术有效避免囊膜机化等问题。对于持续性负像眩光幻影长期不能缓解的患者,大部分学者建议采用手术更换晶状体,选择圆边晶状体植入睫状沟或囊袋。Weinstein 报道了11例因植入各种类型的方形边缘设计晶状体而导致严重颞侧暗点的临床资料,11例全部采用硅凝胶圆形边缘设计的AQ2010V晶状体更换,症状全部解决^[29]。Vámosi 等^[45]研究发现症状组和无症状组患者虹膜-晶状体间距差异并无统计学意义,但是通过减少虹膜-晶状体间距,症状会明显改善。MASKET 和 FRAM 在他们的研究中发现,双联 IOL 植入是最成功的方法,3mo 症状完全或部分缓解^[46,47]。这些结果令他们相信症状和 IOL 与前囊膜边缘重叠有关。他们的研究采用了 UBM 分析,并不支持前房深度增加是发生负异常闪光感的原因。Masket 和 Burkhard 在欧洲试验了 Masket 抗异常闪光感 IOL,这种 IOL 适合任何攀和边缘设计以及环曲面和多焦设计。设计的特点是前光学部表面有一个沟,可以抓住前囊口,允许光学部的一部分和撕囊口重叠,为此 MASKET 刚刚获得 IOL 设计的美国专利,他相信这种设计模拟反向光学部捕获,能够防止患者出现负异常闪光感。Folden 和 Cooke 建议用掺钕钇铝石榴石(Nd:YAG)激光松解前囊膜, Folden 认为前囊膜是负像异常闪光感的危险因素,部分患者前囊膜切开术后自觉症状好转或消失^[48]。另外,也有学者建议使用器械使人工晶状体脱入睫状沟,顺时针旋转晶状体到6:00和12:00方位,但部分手术医师反映这种方法没有效果。但是,对于严重的负像眩光幻影,后囊膜切开是禁忌证,因为PCO不会导致颞侧月牙形暗点,后囊切

开将导致晶状体置换更加困难。

5 小结

眩光是指视野中干扰光源的存在导致视力的减退。有些早期白内障患者视力仍正常,但对比敏感度已经出现下降,测量散射光值增大,因此主张将散射光作为白内障的手术指征之一。目前,能定量测量散射光值的主要有利用补偿比较方法的C-QUANT及利用双通道原理的欧卡斯。白内障术后人工晶状体眼的患者也存在眩光幻影的困扰,眼表,手术切口的位置,人工晶状体的材料等都有可能影响散射光发生。对于术后眩光,应以预防为主,术前发现有高危因素的患者,建议选择圆形边缘、零像差、低屈光指数材料的人工晶状体。术后短期内出现眩光幻影的患者,应注意安抚患者情绪,告知大部分患者都能获得适应,一段时间之后前囊膜的混浊常常会减轻症状。3~6mo之后仍然主诉眩光难以适应的患者,应结合患者的角膜地形图,人工晶状体位置及边缘设计等因素分析成因。试验性缩瞳查看眩光现象有无好转,植入背驼式人工晶状体或者人工晶状体置换是最后的选择。

关于眩光的成因,影响因素等方面都有很多不确定的因素。配戴硬性角膜接触镜的患者散射光值会有怎样的改变?青光眼患者散射光值较大是因为眼底的变化还是由于虹膜根切口的影响?眼底病变,如早期糖尿病视网膜病变的患者是否出现散射光值的改变?针对国人的眩光幻影问卷调查能涵盖哪些项目?这些问题都值得进一步的探究考察及深入研究,关于眩光幻影,仍有相当多的谜题等待解决。

参考文献

- 1 Aslam TM, Haider D, Murray IJ. Principles of disability glare measurement: an ophthalmological perspective. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(4):354-360
- 2 Mainster MA1, Turner PL. Glare's causes, consequences, and clinical challenges after a century of ophthalmic study. *Am J Ophthalmol* 2012;153(4):587-593
- 3 Van den Berg TJ. Importance of pathological intraocular light scatter for visual disability. *Documenta Ophthalmologica* 1986;61(3-4):327-333
- 4 Kinard K, Jarstad A, Olson RJ. Correlation of visual quality with satisfaction and function in a normal cohort of pseudophakic patients. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(4):590-597
- 5 Davison JA. Positive and negative dysphotopsia in patients with arylic intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(9):1346-1355
- 6 Díaz-Doutón F, Benito A, Pujol J, et al. Comparison of the retinal image quality with a Hartmann-Shack wavefront sensor and a double-pass instrument. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47(4):1710-1716
- 7 Hirmschall N, Crnej A, Gangwani V, et al. Comparison of methods to quantify posterior capsule opacification using forward and backward light scattering. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(5):728-735
- 8 Van den Berg TJ, Spekrijse H. Light scattering model for donor lenses as a function of depth. *Vision Res* 1999;39(8):1437-1445
- 9 Van Den Berg TJ, Van Rijn LJ, Michael R, et al. Straylight effects with aging and lens extraction. *Am J Ophthalmol* 2007;144(3):358-363
- 10 Michael R, van Rijn LJ, van den Berg TJ, et al. Association of lens opacities, intraocular straylight, contrast sensitivity and visual acuity in European drivers. *Acta Ophthalmol* 2009;87(6):666-671
- 11 Franssen L, Taberero J, Coppens JE, et al. Pupil size and retinal straylight in the normal eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(5):2375-2382
- 12 Van Gaalen KW, Koopmans SA, Hooymans JM, et al. Straylight

- measurements in pseudophakic eyes with natural and dilated pupils; one-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(6):923-928
- 13 Van der Meulen IJ, Engelbrecht LA, Van Riet TC, et al. Contributions of the capsulorrhexis to straylight. *Arch Ophthalmol* 2009; 127(10):1290-1295
- 14 van den Berg TJTP, Ijspeert JK, de Waard PW. Dependence of intraocular straylight on pigmentation and light transmission through the ocular wall. *Vision Res* 1991;31(7-8):1361-1367
- 15 Ginis HS, Perez GM, Bueno JM, et al. Wavelength dependence of the ocular straylight. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(5):3702-3708
- 16 Jongenelen S, Rozema JJ, Tassignon MJ. Influence of macular pigment on retinal straylight in healthy eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(5):3505-3509
- 17 Beirne RO. Macular pigment levels do not influence C-Quant retinal straylight estimates in young Caucasians. *Clin Exp Optom* 2014;97(2):171-174
- 18 Costello MJ, Johnsen S, Metlapally S, et al. Multilamellar spherical particles as potential sources of excessive light scattering in human age-related nuclear cataracts. *Exp Eye Res* 2010;91(6):881-889
- 19 Bal T, Coeckelbergh T, Van Looveren J, et al. Influence of cataract morphology on straylight and contrast sensitivity and its relevance to fitness to drive. *Ophthalmologica* 2011;225(2):105-111
- 20 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
- 21 Van Den Berg TJ, Van Rijn LJ, Michael R, et al. Straylight effects with aging and lens extraction. *Am J Ophthalmol* 2007;144(3):358-363
- 22 van Bree MC, van den Berg TJ, Zijlmans BL. Posterior capsule opacification severity assessed with straylight measurement, as main indicator of early visual function Deterioration. *Ophthalmology* 2013;120(1):20-33
- 23 Franchini A, Gallarati BZ, Vaccari E, et al. Computerized analysis of the effects of intraocular lens edge design on the quality of vision in pseudophakic patients. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(2):342-347
- 24 Kruijt B, van den Berg TJ. Optical scattering measurements of laser induced damage in the intraocular lens. *PLoS One* 2012;7(2):e31764
- 25 Osher RH. Differentiating transient and permanent negative dysphotopsia. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(9):1619
- 26 郑磊, 张建华, 姚琪. 准分子激光原位角膜磨镶术后早期眩光对暗视下对比敏感度的影响. *中国眼耳鼻喉科杂志* 2009;9(4):215-217
- 27 Ondategui JC, Vilaseca M, Pujol J, 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
- 28 李岩, 成拾明, 周霞, 等. 虹膜定位波前引导的 LASIK 与标准 LASIK 比较治疗近视散光疗效的 Meta 分析. *中国循证医学杂志* 2013;13(3):358-364
- 29 吴来伟, 陈子林. 人工晶状体眼异常眩光幻影的研究进展. *医学综述* 2011;17(7):1044-1047
- 30 Franchini A, Gallarati BZ, Vaccari E. Computerized analysis of the effects of intraocular lens edge design on the quality of vision in pseudophakic patients. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(2):342-347
- 31 Erie JC, Bandhauer MH, McLaren JW. Analysis of postoperative glare and intraocular lens design. *J Cataract Refract Surg* 2001;27(4):614-621
- 32 Bourmas P, Drazinos S, Kanellas D, et al. Dysphotopsia after cataract surgery: comparison of four different intraocular lenses. *Ophthalmologica* 2007; 221(6):378-383
- 33 Mainster MA, Turner PL. Blue-blocking IOLs decrease photoreception without providingsignificant photoprotection. *Surv Ophthalmol* 2010;55(3):272-289
- 34 Wei M, Brettell D, Bhardwaj G, et al. Negative dysphotopsia with spherical intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(9):1621
- 35 陈双叶. 不同设计方式的人工晶状体边缘散射光的对比观察. 中国医科大学附属第四医院 2010
- 36 de Vries NE, Franssen L, Webers CA, et al. Intraocular straylight after implantation of the multifocal AcrySof ReSTOR SA60D3 diffractive intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(6):957-962
- 37 Deschamps N, Ricaud X, Rabut G, et al. The impact of dry eye disease on visual performance while driving. *Am J Ophthalmol* 2013;156(1):184-189
- 38 van den Berg TJTP, Ijspeert JK, de Waard PW. Dependence of intraocular straylight on pigmentation and light transmission through the ocular wall. *Vision Res* 1991;31(7-8):1361-1367
- 39 Veraart HG, van den Berg TJ. Ocular lubricants and intraocular stray light. *Doc Ophthalmol* 1992;82(1-2):29-31
- 40 Diaz-Valle D, Arriola-Villalobos P, Garcia-Vidal SE, et al. Effect of lubricating eyedrops on ocular light scattering as a measure of vision quality in patients with dry eye. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(7):1192-1197
- 41 Koh S, Maeda N, Ikeda C, et al. Effect of instillation of eyedrops for dry eye on optical quality. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(7):4927-4933
- 42 Hiraoka T, Daito M, Okamoto F, et al. Contrast sensitivity and optical quality of the eye after instillation of timolol maleate gel-forming solution and brinzolamide ophthalmic suspension. *Ophthalmology* 2010; 117(11):2080-2087
- 43 Michael R, van Rijn LJ, van den Berg TJ, et al. Association of lens opacities, intraocular straylight, contrast sensitivity and visual acuity in European drivers. *Acta Ophthalmol* 2009;87(6):666-671
- 44 Ernest PH. Severe photic phenomenon. *Cataract Refract Surg* 2006; 32(4):685-686
- 45 Vámosi P, Csákány B, Németh J. Intraocular lens exchange in patients with negative dysphotopsia symptoms. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(3):418-424
- 46 Cooke DL, Kasko S, Platt LO. Resolution of negative dysphotopsia after laser anterior capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(7):1107-1109
- 47 Masket S, Fram N. Pseudophakic negative dysphotopsia; Surgical management and new theory of etiology. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(7):1199-1207
- 48 Folden DV. Neodymium:YAG laser anterior capsulectomy: Surgical option in the management of negative dysphotopsia. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(7):1110-1115