

《2019年美国白内障手术中散光管理共识》解读

王 滨^{1,2}, 马华锋^{1,2}, 李 会^{1,2}

引用:王滨,马华锋,李会.《2019年美国白内障手术中散光管理共识》解读. 国际眼科杂志 2022;22(10):1652-1657

作者单位:¹(400016)中国重庆市,重庆医科大学;²(400010)中国重庆市,重庆医科大学附属第二医院眼科

作者简介:王滨,在读硕士研究生,住院医师,研究方向:白内障与眼底疾病。

通讯作者:马华锋,硕士,副教授,副主任医师,硕士研究生导师,研究方向:眼表与晶状体疾病. hf_m9981@aliyun.com

收稿日期:2022-01-25 修回日期:2022-09-06

摘要

美国白内障医师协会发布了《2019年美国白内障手术中散光管理共识》,为了帮助我国眼科医生更好地参考和使用该共识,以下进行解释说明,主要内容如下:矫正角膜散光首选散光矫正型人工晶状体(Toric IOL)植入术,术前测量应使用3种或以上的仪器,取其中结果相近的值,然后使用Barrett Toric计算器计算Toric IOL。计算时需考虑手术切口位置、术源性散光(SIA)等,然后选择使术后散光接近0且不翻转散光轴向的Toric IOL,可采用术中自动图像导航系统指导植入。若残余散光引起不适,可选用准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)或人工晶状体置换术矫正。对于存在假性剥脱综合征(PXF)、黄斑病变的患者,不推荐植入Toric IOL。晶状体功能失调综合征(DLS)患者手术禁忌较多,建议高年资医生方可开展。未来需进一步探索襟形状和材料对IOL旋转稳定性的影响。术中像差仪、自动图像引导系统和飞秒激光辅助的白内障手术成为主流方式仍需进一步发展。

关键词:白内障;散光;人工晶状体;共识

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.10.11

Interpretation of Consensus on Astigmatism Management in Cataract Surgery in the United States in 2019

Bin Wang^{1,2}, Hua-Feng Ma^{1,2}, Hui Li^{1,2}

¹Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China;

²Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China

Correspondence to: Hua-Feng Ma. Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China. hf_m9981@aliyun.com

Received: 2022-01-25 Accepted: 2022-09-06

Abstract

• The American Association of Cataract Surgeons issued

the Consensus on Astigmatism Management in Cataract Surgery in 2019. To help Chinese ophthalmologists better comprehend the consensus, the main contents are explained: Toric intraocular lens (Toric IOL) implantation is the first choice for correcting corneal astigmatism. Three or more than three instruments should be used for preoperative measurement, and the values that are consistent with results should be taken. Then the Barrett Toric calculator can be used to calculate Toric IOL. When calculating toric IOL, the position of the surgical incision, surgically induced astigmatism (SIA), etc. should be considered. Then, the Toric IOL that makes resultant astigmatism close to 0 without flipping the astigmatism axis can be selected. The intraoperative automated image-guided systems can be used to guide the implantation. If residual astigmatism causes discomfort, laser *in situ* keratomileusis (LASIK) or IOL replacement can be used for correction. Toric IOL implantation is not recommended for patients with pseudoexfoliation (PXF) syndrome or macular lesions. There are many contraindications in dysfunctional lens syndrome (DLS) patients, which should be carried out by senior doctors. In the future, it is necessary to explore further the influence of haptic design and optic material on the rotational stability of IOL. Cataract surgery assisted by intraoperative aberrometers, automated image-guided systems or femtosecond laser still needs further development.

• KEYWORDS: cataract; astigmatism; intraocular lens; consensus

Citation: Wang B, Ma HF, Li H. Interpretation of *Consensus on Astigmatism Management in Cataract Surgery in the United States in 2019.* *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(10):1652-1657

0 引言

人眼散光是由于角膜或晶状体在不同子午线上屈光力不等、晶状体偏心或倾斜、晶状体不同区域的折射率不一致,以及在某些情况下眼球后极部形状改变所引起的一种屈光不正,可分为全眼散光、角膜散光及眼内散光。调查显示^[1],35%~40%的白内障患者角膜散光度数 $\geq 1.0D$,19%~22%的患者散光 $\geq 1.5D$ 。而散光会降低患者的视力及对比敏感度,影响日常生活及工作^[2]。

目前有多种方法可在行白内障手术时同时矫正角膜散光^[3],包括在陡峭轴上行透明角膜切口(clear corneal incision,CCI)、在陡峭轴上行配对的透明角膜切口(paired opposite clear corneal incisions,POCCI)、行角膜或角膜缘松解切口(也称散光性角膜切开术)及植入散光矫正型人工晶状体(Toric IOL),每种方式都有其优缺点^[4]。

以下将从散光的分类、测量、术前计算和矫正方式等

方面对《2019年美国白内障手术中散光管理共识》进行解读,为给我国的散光管理提供参考。

1 白内障和散光的分类

目前存在多种评估白内障严重程度的方法,包括晶体混浊分类系统(lens opacities classification system, LOCS III)^[5]、年龄相关眼病研究系统^[6]以及一些测量晶体核密度的客观评估方法。该共识认为 LOCS III 是目前最成熟的白内障分级方法,但同时建议可将 Barraquer 白内障核分级方法^[7]补充到 LOCS III。可根据屈光成分、散光大小等不同角度对散光进行不同的分类,见表 1。

2 白内障患者角膜散光的测量

目前有多种仪器可以测量角膜散光,角膜散光可分为角膜前表面散光(anterior corneal astigmatism, ACA)和角膜后表面散光(posterior corneal astigmatism, PCA)。

2.1 ACA 的测量仪器和计算器 角膜曲率计和基于 Placido 环的角膜地形图仪可以直接测量角膜前表面^[8]。由于每种仪器都有不同的测量原理或测量直径,因此不同设备之间可能不具有可比性^[9]。

Mathis 等^[5]发现 PCA 平均约 -0.3D,其中绝大部分(86.6%)都是逆规散光。PCA 会影响全角膜散光(total corneal astigmatism, TCA),当 ACA 为顺规散光(with-the-rule, WTR)时,TCA 的值会减少;反之,当角膜前表面散光是逆规散光(against-the-rule, ATR)时,TCA 的值会增加^[10]。如果不考虑 PCA 直接将 ACA 当成 TCA,对于 WTR 散光可能会高估 0.5~0.6D,对于 ATR 散光会低估 0.2~0.3D^[11]。此外,忽略 PCA 也会产生 $7.4^\circ \pm 10.3^\circ$ 的轴向误差^[12]。因此,在矫正角膜散光时,应同时考虑角膜前后表面散光。

目前可使用各种列线图、调整系数和计算器来考虑 PCA 对 TCA 的影响^[13-14]。对于 ACA, Baylor 列线图考虑到 WTR 散光有约 0.7D 的阈值漂移,建议当角膜前表面顺规散光达 1.7D 时才矫正。Goggin 列线图则将 ACA 转化后(ACA 是 WTR 散光时乘以 0.75,ACA 是 ATR 散光时乘以 1.41)再计算 Toric IOL 度数^[15]。但该共识认为以上方法没有使用矢量分析来确定 TCA,均不够准确。而 Abulafia-Koch 公式^[16]和 Barrett Toric 计算器^[17]均使用矢量分析计算全角膜散光。

2.2 PCA 和全角膜散光的测量仪器和计算器 Galilei、Pentacam、Cassini 及 IOL Master 700 等可同时测量角膜前后表面以得出 TCA。使用直接测量的 PCA 可以减少 Toric IOL 植入后的残余散光^[18],但同时也有研究表明,使用这些仪器(直接测量的 PCA)得到的术后效果并不比使用 Barrett Toric(预测的 PCA)计算器好^[19]。

术中像差仪(例如 ORA 和 Holos)可在术中无晶状体眼状态下测量 TCA^[1],然后再进行计算,虽然测量会受到开睑器压力、眼压等的影响,但术后残留散光比使用术前 ACA 更小^[20]。

该共识认为,对于计算 Toric IOL,使用测量的 TCA 优于 ACA,但使用采用矢量分析的预测列线图(Barrett Toric 计算器或 Abulafia-Koch 公式)更加安全可靠^[21]。

2.3 各仪器测量角膜散光的优缺点 目前有多种仪器可测量角膜散光,各测量仪器的优缺点见表 2^[22-23]。

Fityo 等^[24]同时比较了四种原理(PCI、OLCR、Placido

盘、Scheimpflug 照相机)测量的散光大小,发现 IOL Master 500 与 Lenstar LS 900 平均值相同,且最大,测量值也更加分散,而 Atlas 9000 与 Pentacam 测量的散光值均较小,测量值更集中。但该研究中 Atlas 9000 与 Pentacam 角膜测量范围均选取的 3.0mm,比前两者 2.3mm 更大。Bicknell 等^[25]发现 IOL Master 500 和 Lenstar 在预测残余散光方面没有明显差异。因此,对于在术前角膜测量以及预测术后屈光误差方面,各仪器间的差异可能与角膜测量范围不同有关。

该共识建议术前最好使用三种或以上的的方法(手动曲率计、自动曲率计、地形图或断层扫描)来测量散光的轴向和大小,取结果相近的值。如果没有两个测量结果相近,应避免使用 Toric IOL。

3 白内障手术中角膜散光的处理

相比于传统超声乳化手术,在飞秒激光辅助下手术切口的质量更高,术源性散光(surgically induced astigmatism, SIA)散光更小,撕囊的可靠性和重复性更高,超声能量的使用更少,但成本更高^[26]。但有研究表明,飞秒激光辅助白内障手术(femtosecond laser-assisted cataract surgery, FLACS)并没有产生比传统超声乳化术更好的视觉或屈光结果^[27]。

无论是传统方式还是使用飞秒激光辅助,可使用以下技术矫正角膜散光^[1]:(1)在陡峭轴上行 CCI;(2)在陡峭轴上行 POCCI;(3)角膜/角膜缘松解切口;(4)植入 Toric IOL。但只能矫正规则散光,所以术前需要使用角膜地形图和角膜断层成像排除不规则散光^[28]。

3.1 在陡峭轴上行 CCI 在白内障手术中,在陡峭轴上行 CCI 对角膜有压平作用,可以降低该子午线上的角膜曲率,有助于减小散光^[29]。可以用 SIA 对手术切口对角膜散光的影响进行量化,计算 SIA 最常用的方法是 Alpini 描述的向量和法^[30]。SIA 可分解为一个使角膜变平或变陡的分量以及一个引起扭矩的分量,一个分量改变原散光的大小,另一个分量改变原散光的方向^[31]。

有研究表明,在陡峭轴上行 CCI 主切口可以矫正 $0.85 \pm 0.75D$ 的散光^[32], $3.0 \sim 3.2mm$ 的 CCI 会产生约 $0.50 \sim 0.67D$ 的 SIA^[33]。该共识认为当 CCI 小于 $2.4mm$ 时,SIA 为 $0.35 \pm 0.21D$ ^[34],不会明显影响原角膜散光。

3.2 在陡峭轴上行 POCCI 有研究报道在第一个 CCI 的对面(180°)制作额外的 CCI 可以增强该子午线上的角膜扁平化效果,该方法被称为 POCCI^[35]。在陡峭轴上行 POCCI 可以矫正 1.5D 的角膜散光,并且比单个 CCI 更有效^[36]。然而,由于可预测性较低,该技术并未普及^[37]。

3.3 角膜/角膜缘松解切口 角膜/角膜缘松解切口(也称散光性角膜切开术)可以使切口处于子午线上的角膜变平,因此一般在角膜陡峭轴上制作。此外,松解切口还会对 90° 以外的子午线产生耦合效应^[38]。手工制作角膜松解切口无需高端仪器,但与植入 Toric IOL 相比,矫正散光的作用较弱,且松解切口的长度不宜超过 90° ^[39]。飞秒激光可以准确控制松解切口的深度,可以在相当于角膜厚度 85%~90% 的深度上精确制作切口^[40]。角膜松解切口可预测性和稳定性较低,因此仅适用于部分对象(散光度 $< 1.5D$ 且无角膜扩张)^[41]。

表1 散光的分类依据

指标	类型	定义	
屈光成分	单纯	单纯近视散光	一条子午线近视,另一条正视
		单纯远视散光	一条子午线远视,另一条正视
	复合	复合近视散光	两条近视程度不同的子午线
		复合远视散光	两条远视程度不同的子午线
		混合散光	一条子午线近视,另一条远视
度数	轻度散光	0.25~1.5D	
	中度散光	>1.5且<3D	
	高度散光	≥3D	
正交性(是否相互垂直)	规则散光	两条主子午线相互垂直	
	不规则散光	两条主子午线不相互垂直	
陡峭轴方位(规则散光亚分类)	顺规散光	≥60°且≤120°	
	逆规散光	0°~30°或者150°~180°	
	斜轴散光	>30°且<60°,或>120°且<150°	
解剖位置	角膜	角膜前表面散光	
		角膜后表面散光	
波前像差	眼内	主要来源于晶状体的散光	
	低阶散光	验光可发现的散光(2阶)	
	高阶散光	验光不可发现的散光(4阶)	

注:散光两条主子午线:屈光力最大方向子午线(陡峭轴)与屈光力最小方向子午线(平坦轴)。

表2 各仪器测量角膜散光的优缺点

项目	PCI	OLCR	Placido 盘	OCT	Scheimpflug 照相机	裂隙扫描成像	彩色LED反射
代表仪器	IOL Master 500	Lenstar	Atlas 9000	Casia 2	Pentacam	OPD-Scan III	Cassini
可测量的范围	2.3mm	2.3mm	全角膜	全角膜	全角膜	全角膜	全角膜
非接触	√	√	√	√	√	√	√
重复性高	√	√	√	√	√	√	√
精确度高	√	√	√	√	√	√	√
测量 PCA	×	×	×	√	√	√	√
测量需聚焦良好	√	√	√	○	○	√	√
受泪膜影响大	×	×	√	○	○	√	√

注:PCI:部分相干干涉测量;OLCR:光学低相干干涉测量;OCT:光学相干断层成像;√完全符合;○中度符合;×不符合或轻度符合。

3.4 植入 Toric IOL 植入 Toric IOL 可以矫正低至 0.75D 的角膜散光,同时也是矫正高度散光的首选方法。植入 Toric IOL 可以产生较为理想的结果,但术后视觉效果仍存在一定的偏差。单眼植入 Toric IOL 后的脱镜率为 60%~85%^[42],双眼植入 Toric IOL 后的脱镜率为 69%~97%^[43]。可能引起 Toric IOL 植入后残留散光的因素见表 3。

术中准确放置 Toric IOL,是获得良好散光矫正结果的基础。可以使用裂隙灯水平光带标记法或钟摆标记法术前在角膜缘做记号,也可以术中使用数字图像导航系统标记来指导植入^[44-45]。自动图像导航系统(如 Verion 或 Callisto)可省略手动标记的步骤,提高 Toric IOL 放置的准确性,减少与目标屈光度的偏差^[46]。

Toric IOL 植入后可能会旋转,尤其是在术后早期。在离植入轴 15°内,Toric IOL 每旋转 1°,散光矫正能力下降 3.5%^[47],若旋转达 30°,则原散光不变。10°以内的术后旋转无需处理,若旋转 ≥10°,则需重新调整散光晶状体的位置,并且应在术后 1mo 内进行^[48-49]。

长眼轴的高度近视患者,囊袋较大,与 Toric IOL 赤道部的摩擦较小,术后 Toric IOL 易发生旋转,若同时存在悬韧带松弛,更易发生旋转^[1]。Patel 等^[50]比较了两种形状

襟 IOL(平板式和“C”形式)的旋转稳定性,发现平板襟 IOL 的旋转稳定性更高。另一项研究^[51]比较了环形襟疏水性丙烯酸 IOL 和平板襟亲水性丙烯酸 IOL,发现两种晶状体的旋转稳定性相近。但关于不同襟形状及材料对人工晶状体旋转稳定性影响的研究仍然较少。

目前矫正散光有多种 Toric IOL,但没有足够的研究证明何种效果最佳。Brar 等^[52]在高度近视合并散光的患者中比较 Eyecryl Phakic Toric IOL 和 Visian Toric ICL 两种晶状体矫正散光的疗效,结果表明二者均安全有效,且术后视觉效果相当。

当使用 Toric IOL 矫正散光时,该共识建议选择术后散光度数接近 0°且不翻转散光轴的 Toric IOL,且术后残余散光应小于 0.75D。

4 特定条件下 Toric IOL 的应用

4.1 青光眼 白内障手术可以降低青光眼患者的眼压^[53]。研究表明青光眼对对比敏感度的影响大于视力。对于合并白内障的青光眼患者,植入非球面 IOL 可以提高对比敏感度,但术后若非球面 IOL 术后发生偏心,则产生的像差比球面 IOL 更大^[54]。对于矫正青光眼患者的散光,该共识建议使用非球面单焦点 Toric IOL。

表3 引起 Toric IOL 植入后残留散光的因素

人工晶状体度数选择错误	不合适的角膜曲率测量值	角膜表面改变(干眼、角膜白斑)
		角膜测量技术不足
		仪器之间的测量差异
	不正确的 Toric IOL 度数计算	信息输入不正确
		(角膜曲率、眼轴、前房深度、术源性散光、切口位置)
		未考虑角膜后表面散光
		计算器未考虑的晶状体的有效位置
	不恰当的患者选择	不规则散光
		泪膜不稳定
		悬韧带松弛
术中操作失误	术前标记不当	
	放置 Toric IOL 未对准预计轴位	
	撕囊不当	直径<4mm 或>6mm
		度数不够
		居中性不够
IOL 术后旋转或位置改变	IOL 后方残留黏弹剂	
	术后睫状肌或悬韧带功能减退	
	IOL 设计或材料缺陷	
	IOL-囊袋比例不当(眼轴>24mm 且囊袋过大)	

4.2 假性剥脱综合征 假性剥脱综合征(pseudoexfoliation, PXF)患者易出现悬韧带松弛、术前散瞳困难、术中睫状体脱离^[55]等情况,Toric IOL 植入后也容易发生旋转和倾斜,进而影响视力^[56]。因此,应该避免对 PXF 患者使用 Toric IOL。

4.3 Fuchs 角膜内皮营养不良 此类患者中使用 Toric IOL 的可预测性较低^[57],不建议选择 Toric IOL。

4.4 黄斑病变 当存在视网膜或者黄斑疾病时,考虑原病情本身可能进展,白内障手术也可能引起原有情况的恶化^[58],故应尽量避免使用 Toric IOL。

4.5 圆锥角膜 圆锥角膜是一种进行性疾病,但若患者的角膜地形图检查稳定了 1a 以上,可以考虑植入 Toric IOL。Hashemi 等^[59]在圆锥角膜中比较了五种不同仪器测量角膜曲率的重复性,发现当最大角膜曲率读数>55.0D 时,所有仪器的测量重复性都明显下降。因此,对于最大角膜曲率>55D 的圆锥角膜患者,应避免植入 Toric IOL。

4.6 残余散光的管理 该共识建议,若残余散光($\geq 0.75D$)引起视力模糊、视物困难、畏光和复视等不适症状^[1],引起患者的不满,应予以矫正,除框架眼镜外,可考虑行角膜切削术、弧形角膜切开术或人工晶状体置换术。在切削手术中,虽然准分子激光角膜切削术(photorefractive keratectomy, PRK)和准分子激光原位角膜磨镶术(laser *in situ* keratomileusis, LASIK)的效果相似,但后者视觉恢复更快,故首选 LASIK^[60]。也可用弧形角膜切开术来矫正残余散光,但可预测性相对较低。若术后屈光误差较高,应立即行人工晶状体置换术。此外,若患者以上方式均存在禁忌,可植入背驮式人工晶状体。

4.7 散光与功能失调性晶状体综合征 随着技术的进步和人们对失调性晶状体综合征(dysfunctional lens syndrome, DLS)认识的提高,越来越多人开始关注摘除透明晶状体以治疗 DLS。手术适应证主要包括两种情况^[61]:(1)患者存在高度屈光不正(近视或远视),晶状体

透明,有脱镜意愿,但眼部解剖异常不适合行角膜屈光手术或有晶状体眼人工晶状体植入术;(2)患者为老视(老花眼),眼睛解剖正常,晶状体透明,但不愿配戴老花眼镜。

DLS 的治疗与白内障相似,即取出透明晶状体(clear lens extraction, CLE)然后植入人工晶状体。对于治疗 DLS 合并散光的患者,建议术前全面评估,权衡风险。研究发现,当 DLS 患者合并长眼轴时,术后发生视网膜脱离的风险为 0~7.3%,而普通白内障患者仅 0.005%~0.0179%^[1]。此外,相比于普通白内障,DLS 患者术后反映视觉不适的情况也更多^[1],可能系 DLS 患者术前视力相对更好所致。因此,DLS 患者需要更充分的术前宣教。该共识建议高年资医生方可进行此手术。

5 总结

矫正角膜散光首选 Toric IOL 植入术,术前测量应使用 3 种或以上的仪器,取其中结果相近的值,然后使用 Barrett Toric 计算器计算 Toric IOL。计算时需考虑手术切口位置、SIA 等,然后选择使术后散光接近 0 且不翻转散光轴向的 Toric IOL,可采用术中自动图像导航系统指导植入。若残余散光引起不适,可选用 LASIK 或人工晶状体置换术矫正。术后旋转 $\geq 10^\circ$ 时需重新调整 Toric IOL 位置。对于存在 FPX、黄斑病变的患者,不推荐植入 Toric IOL。DLS 患者手术风险较高,建议高年资医生方可开展。对于术中像差仪的准确度,Soifer 等^[62]发现对于高度近视、高度远视及角膜屈光手术后的患者,白内障手术中使用 ORA 与术前使用 Barrett Universal II 或 Barrett True K 公式计算所获得的效果相近,Raufi 等^[63]发现对于植入多焦点 Toric IOL,Barrett Universal II 公式比 ORA 更好,而 Spekrijse 等^[64]发现 ORA 的屈光误差大于 Barrett Universal II 公式,但 ORA 优化常数后准确性与 Barrett Universal II 公式相近,故术中像差仪的应用仍需继续探索。对于使用图像引导系统指导植入 Toric IOL,常用的两

种仪器 Callisto 与 Verion 准确性相当^[65], Barberú - Loustanaun 等^[66]发现使用 Verion 标记比手动标记的手术时间缩短了 2min,但术后屈光误差及视力二者相当,而 Elhofi 等^[46]认为 Verion 标记比手动标记术后屈光误差更小,故仍需继续研究图像引导系统的临床应用。

Toric IOL 植入后的屈光误差主要来源于术前角膜测量(27%)^[67],其次为术中 Toric IOL 放置不准(14.4%)、术后 IOL 倾斜(11.3%)和 SIA 不准确(7.8%),手术前后 kappa 角、瞳孔大小、前房深度等的变化也会引起术后屈光误差,未来需从以上方面着手减小误差。目前有多种仪器可测量角膜散光,未来可设计随机对照实验,通过对比术后视觉质量来选择最佳仪器,但术后视觉分析仪的测量范围与术前各仪器之间的差距不同可能会对结果产生影响,故可考虑使用不同的视觉质量分析仪进行验证。未来也需继续对 Toric IOL 设计及计算公式进行优化,减小术后 IOL 倾斜、偏心等的影响。此外,关于襻形状和材料影响 IOL 旋转稳定性的研究目前较少,需进一步探索。对于植入 Toric IOL 的白内障手术,若恰当使用术中像差仪、术中图像引导系统和飞秒激光等设备,可取得不错的效果,同时可降低手术难度,但相关研究尚不充分,且手术成本较高,成为主流方式仍需进一步发展。

综上所述,对于植入 Toric IOL,需从患者情况、测量仪器、计算工具及术者水平多方面综合评估,以期获得最佳矫正效果。

参考文献

- 1 Núñez MX, Henriquez MA, Escaf LJ, et al. Consensus on the management of astigmatism in cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2019; 13:311-324
- 2 Hasegawa Y, Hiraoka T, Nakano S, et al. Effects of astigmatic defocus on binocular contrast sensitivity. *PLoS One* 2018;13(8):e0202340
- 3 Xue K, Jolly JK, Mall SP, et al. Real-world refractive outcomes of toric intraocular lens implantation in a United Kingdom National Health Service setting. *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):30
- 4 Vickers LA, Gupta PK. Femtosecond laser - assisted keratotomy. *Curr Opin Ophthalmol* 2016;27(4):277-284
- 5 Mathis T, Rosier L, Meniai F, et al. The Lens Opacities Classification System III Grading in Irradiated Uveal Melanomas to Characterize Proton Therapy-Induced Cataracts. *Am J Ophthalmol* 2019;201:63-71
- 6 Sperduto RD, Clemons TE, Lindblad AS, et al. Cataract classification using serial examinations in the age-related eye disease study: age-related eye disease study report no. 24. *Am J Ophthalmol* 2008;145(3):504-508
- 7 Barraquer RI, Pinilla Cortés L, Allende MJ, et al. Validation of the Nuclear Cataract Grading System BCN 10. *Ophthalmic Res* 2017;57(4):247-251
- 8 Kanclerz P, Khoramnia R, Wang X. Current Developments in Corneal Topography and Tomography. *Diagnostics (Basel)* 2021;11(8):1466
- 9 Eptropoulos AT, Matossian C, Berdy GJ, et al. Effect of tear osmolarity on repeatability of keratometry for cataract surgery planning. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(8):1672-1677
- 10 Jiang Y, Qin Y, Bu S, et al. Distribution and internal correlations of corneal astigmatism in cataract patients. *Sci Rep* 2021;11(1):11514
- 11 Koch DD, Jenkins RB, Weikert MP, et al. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses; effect of posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(12):1803-1809
- 12 Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism

- estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement. *Am J Ophthalmol* 2009;147(5):788-795. e7952
- 13 Abulafia A, Hill WE, Franchina M, et al. Comparison of Methods to Predict Residual Astigmatism After Intraocular Lens Implantation. *J Refract Surg* 2015;31(10):699-707
- 14 Canovas C, Alarcon A, Rosén R, et al. New algorithm for toric intraocular lens power calculation considering the posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(2):168-174
- 15 Goggin M, Zamora - Alejo K, Esterman A, et al. Adjustment of anterior corneal astigmatism values to incorporate the likely effect of posterior corneal curvature for toric intraocular lens calculation. *J Refract Surg* 2015;31(2):98-102
- 16 Abulafia A, Koch DD, Wang L, et al. New regression formula for toric intraocular lens calculations. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(5):663-671
- 17 Barrett GD. An improved universal theoretical formula for intraocular lens power prediction. *J Cataract Refract Surg* 1993;19(6):713-720
- 18 Klijn S, Reus NJ, van der Sommen CM, et al. Accuracy of Total Corneal Astigmatism Measurements With a Scheimpflug Imager and a Color Light - Emitting Diode Corneal Topographer. *Am J Ophthalmol* 2016;167:72-78
- 19 Shirayama M, Wang L, Koch DD, et al. Comparison of accuracy of intraocular lens calculations using automated keratometry, a Placido - based corneal topographer, and a combined Placido - based and dual Scheimpflug corneal topographer. *Cornea* 2010;29(10):1136-1138
- 20 Davison JA, Potvin R. Preoperative measurement vs intraoperative aberrometry for the selection of intraocular lens sphere power in normal eyes. *Clin Ophthalmol* 2017;11:923-929
- 21 Savini G, Næser K, Schiano - Lomoriello D, et al. Optimized keratometry and total corneal astigmatism for toric intraocular lens calculation. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(9):1140-1148
- 22 Mohammadi SF, Khorrami-Nejad M, Hamidirad M. Posterior corneal astigmatism: a review article. *Clin Optim (Auckl)* 2019;11:85-96
- 23 Hamer CA, Buckhurst H, Purslow C, et al. Comparison of reliability and repeatability of corneal curvature assessment with six keratometers. *Clin Exp Optom* 2016;99(6):583-589
- 24 Fityo S, Bühren J, Shajari M, et al. Keratometry versus total corneal refractive power: Analysis of measurement repeatability with 5 different devices in normal eyes with low astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(4):569-576
- 25 Bicknell K, Helpert C, Dwyer K, et al. Accuracy of two devices and three different calculation methods for predicting residual astigmatism after intraocular lens implantation. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 2020;33(2):205-208
- 26 Agarwal K, Hatch K. Femtosecond Laser Assisted Cataract Surgery: A Review. *Semin Ophthalmol* 2021;36(8):618-627
- 27 Popovic M, Campos - Möller X, Schlenker MB, et al. Efficacy and Safety of Femtosecond Laser - Assisted Cataract Surgery Compared with Manual Cataract Surgery: A Meta - Analysis of 14 567 Eyes. *Ophthalmology* 2016;123(10):2113-2126
- 28 Fan R, Chan TC, Prakash G, et al. Applications of corneal topography and tomography: a review. *Clin Exp Ophthalmol* 2018;46(2):133-146
- 29 Kim ME, Kim DB. Cataract incision - related corneal erosion: recurrent corneal erosion because of clear corneal cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2020;46(10):1436-1440
- 30 Moon SY, Chung HS, Lee JH, et al. Evaluation of Astigmatic Correction Using Vector Analysis after Combined Femtosecond Laser -

- Assisted Phacoemulsification and Intrastromal Arcuate Keratotomy. *J Ophthalmol* 2021;2021:2860840
- 31 Alpíns NA. Vector analysis of astigmatism changes by flattening, steepening, and torque. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23 (10): 1503–1514
- 32 Khokhar S, Lohiya P, Murugesan V, *et al.* Corneal astigmatism correction with opposite clear corneal incisions or single clear corneal incision: comparative analysis. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32 (9): 1432–1437
- 33 Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Davies LN, *et al.* Surgical correction of astigmatism during cataract surgery. *Clin Exp Optom* 2010; 93 (6): 409–418
- 34 Masket S, Wang L, Belani S. Induced astigmatism with 2.2– and 3.0–mm coaxial phacoemulsification incisions. *J Refract Surg* 2009; 25 (1): 21–24
- 35 Ren Y, Fang X, Fang A, *et al.* Phacoemulsification With 3.0 and 2.0 mm Opposite Clear Corneal Incisions for Correction of Corneal Astigmatism. *Cornea* 2019; 38(9): 1105–1110
- 36 Hashemi H, Khabazkhoob M, Soroush S, *et al.* The location of incision in cataract surgery and its impact on induced astigmatism. *Curr Opin Ophthalmol* 2016; 27(1): 58–64
- 37 Bazzazi N, Barazandeh B, Kashani M, *et al.* Opposite Clear Corneal Incisions versus Steep Meridian Incision Phacoemulsification for Correction of Pre-existing Astigmatism. *J Ophthalmic Vis Res* 2008; 3 (2): 87–90
- 38 Carvalho MJ, Suzuki SH, Freitas LL, *et al.* Limbal relaxing incisions to correct corneal astigmatism during phacoemulsification. *J Refract Surg* 2007; 23(5): 499–504
- 39 Li Z, Han Y, Hu B, *et al.* Effect of Limbal relaxing incisions during implantable collamer lens surgery. *BMC Ophthalmol* 2017; 17(1): 63
- 40 Rückl T, Dexl AK, Bachernegg A, *et al.* Femtosecond laser-assisted intrastromal arcuate keratotomy to reduce corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39(4): 528–538
- 41 Nanavaty MA, Bedi KK, Ali S, *et al.* Toric Intraocular Lenses Versus Peripheral Corneal Relaxing Incisions for Astigmatism Between 0.75 and 2.5 Diopters During Cataract Surgery. *Am J Ophthalmol* 2017; 180: 165–177
- 42 Srivannaboon S, Soehamila, Chirapapaisan C, *et al.* Comparison of corneal astigmatism and axis location in cataract patients measured by total corneal power, automated keratometry, and simulated keratometry. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38(12): 2088–2093
- 43 Ahmed II, Rocha G, Slomovic AR, *et al.* Visual function and patient experience after bilateral implantation of toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36(4): 609–616
- 44 Onishi H, Torii H, Watanabe K, *et al.* Comparison of clinical outcomes among 3 marking methods for toric intraocular lens implantation. *Jpn J Ophthalmol* 2016; 60(3): 142–149
- 45 Kose B, Erdogan H. Comparison of Toric Intraocular Lens Alignment Using Image-Guided System and Manual Marking Technique. *Beyoglu Eye J* 2020; 5(2): 108–113
- 46 Elhofi AH, Helaly HA. Comparison Between Digital and Manual Marking for Toric Intraocular Lenses: A Randomized Trial. *Medicine (Baltimore)* 2015; 94(38): e1618
- 47 McAlinden C, Janicek D. Toric Intraocular Lenses for the Management of Corneal Astigmatism at the Time of Cataract Surgery. *J Ophthalmol* 2021; 2021: 3286043
- 48 Kaur M, Shaikh F, Falera R, *et al.* Optimizing outcomes with toric intraocular lenses. *Indian J Ophthalmol* 2017; 65(12): 1301–1313
- 49 中华医学会眼科学分会白内障与人工晶状体学组. 我国散光矫正型人工晶状体临床应用专家共识(2017 年). *中华眼科杂志* 2017; 53 (1): 7–10
- 50 Patel CK, Ormonde S, Rosen PH, *et al.* Postoperative intraocular lens rotation: a randomized comparison of plate and loop haptic implants. *Ophthalmology* 1999; 106(11): 2190–2196
- 51 Scialdone A, De Gaetano F, Monaco G. Visual performance of 2 aspheric toric intraocular lenses: comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39(6): 906–914
- 52 Brar S, Gautam M, Sute SS, *et al.* Visual and Refractive Outcomes With the Eyecryl Phakic Toric IOL Versus the Visian Toric Implantable Collamer Lens: Results of a 2-Year Prospective Comparative Study. *J Refract Surg* 2021; 37(1): 7–15
- 53 Young CEC, Seibold LK, Kahook MY. Cataract surgery and intraocular pressure in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 2020; 31 (1): 15–22
- 54 Teichman JC, Ahmed II. Intraocular lens choices for patients with glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 2010; 21(2): 135–143
- 55 Ucar F, Kadioglu E, Seyrek L. The effects of trypan blue use on the corneal endothelium during cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome (PEX). *Cutan Ocul Toxicol* 2021; 40 (4): 332–337
- 56 Miyoshi T, Fujie S, Yoshida H, *et al.* Effects of capsular tension ring on surgical outcomes of premium intraocular lens in patients with suspected zonular weakness. *PLoS One* 2020; 15(2): e0228999
- 57 Yokogawa H, Sanchez PJ, Mayko ZM, *et al.* Astigmatism Correction With Toric Intraocular Lenses in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Triple Procedures. *Cornea* 2017; 36(3): 269–274
- 58 Peterson SR, Silva PA, Murtha TJ, *et al.* Cataract Surgery in Patients with Diabetes: Management Strategies. *Semin Ophthalmol* 2018; 33(1): 75–82
- 59 Hashemi H, Yekta A, Khabazkhoob M. Effect of keratoconus grades on repeatability of keratometry readings: Comparison of 5 devices. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(5): 1065–1072
- 60 Lüdeke I, Gonnermann J, Jørgensen J, *et al.* Refractive outcomes of femtosecond laser-assisted secondary arcuate incisions in patients with residual refractive astigmatism after trifocal intraocular lens implantations. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45(1): 28–34
- 61 Kaweri L, Wavikar C, James E, *et al.* Review of current status of refractive lens exchange and role of dysfunctional lens index as its new indication. *Indian J Ophthalmol* 2020; 68(12): 2797–2803
- 62 Soifer M, Passi SF, Wisely CE, *et al.* Refractive Outcomes Using Intraoperative Aberrometry for Highly Myopic, Highly Hyperopic, and Post-refractive Eyes. *J Refract Surg* 2021; 37(9): 609–615
- 63 Raufi N, James C, Kuo A, *et al.* Intraoperative aberrometry vs modern preoperative formulas in predicting intraocular lens power. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46(6): 857–861
- 64 Spekrijse LS, Bauer NJC, van den Biggelaar FJHM, *et al.* Predictive accuracy of the Optiwave Refractive Analysis intraoperative aberrometry device for a new monofocal IOL. *J Cataract Refract Surg* 2021; 48(5): 542–548
- 65 Hura AS, Osher RH. Comparing the Zeiss Callisto Eye and the Alcon Verion Image Guided System Toric Lens Alignment Technologies. *J Refract Surg* 2017; 33(7): 482–487
- 66 Barberá-Loustaunau E, Basanta I, Vázquez J, *et al.* Time-efficiency assessment of guided toric intraocular lens cataract surgery: pilot study. *J Cataract Refract Surg* 2021; 47(12): 1535–1541
- 67 Hirschall N, Findl O, Bayer N, *et al.* Sources of Error in Toric Intraocular Lens Power Calculation. *J Refract Surg* 2020; 36 (10): 646–652