

虹膜纹理引导的飞秒激光囊膜标记法在 Toric IOL 植入中的应用

陈庆中, 王晶, 张广斌

引用: 陈庆中, 王晶, 张广斌. 虹膜纹理引导的飞秒激光囊膜标记法在 Toric IOL 植入中的应用. 国际眼科杂志 2021; 21(2): 295-299

基金项目: 福建省卫生厅青年科研课题 (No. 2012-2-81)

作者单位: (361000) 中国福建省厦门市, 厦门大学附属厦门眼科中心

作者简介: 陈庆中, 毕业于上海交通大学医学院, 博士, 主治医师, 研究方向: 晶状体疾病。

通讯作者: 张广斌, 毕业于厦门大学, 博士, 主任医师, 研究方向: 晶状体疾病. 386975604@qq.com

收稿日期: 2020-06-22 修回日期: 2020-12-29

摘要

目的: 对比飞秒激光囊膜标记 (FLACM) 法与裂隙灯下手工标记 (SAMM) 法的 Toric IOL 轴位准确性和术后效果。

方法: 将拟行白内障超声乳化联合 Toric IOL 植入术的患者分为两组, 分别采用 FLACM 法 (25 例 25 眼, FLACM 组) 与 SAMM 法 (25 例 25 眼, SAMM 组) 对散光轴位进行标记。评估比较术后两组患者裸眼远视力 (UCDVA)、最佳矫正远视力 (BCDVA)、残余散光 (RA)、IOL 轴位偏离度、总调制传递函数 (MTF Total)。

结果: 术后 1mo, FLACM 组 UCDVA (LogMAR) 显著优于 SAMM 组 (0.15 ± 0.09 vs 0.22 ± 0.11 , $P < 0.05$); FLACM 组术后 RA 和 IOL 轴位偏离度均显著低于 SAMM 组 ($0.30 \pm 0.18D$ vs $0.64 \pm 0.28D$, $P < 0.05$; $3.64^\circ \pm 1.68^\circ$ vs $5.40^\circ \pm 3.44^\circ$, $P < 0.05$); 两组 BCDVA 和 MTF Total 均无差异 ($P > 0.05$)。术后 UCDVA (LogMAR) 与 RA ($r = 0.350$, $P < 0.05$)、IOL 轴位偏离度 ($r = 0.369$, $P < 0.05$) 呈正相关, 与 MTF Total 值呈负相关 ($r = -0.290$, $P < 0.05$); 术后 RA 与 IOL 旋转度呈正相关 ($r = 0.431$, $P < 0.05$)。

结论: FLACM 法标记的 Toric IOL 轴位比 SAMM 法更加精确, 从而获得更好的散光矫正效果和术后视力。

关键词: 白内障; 散光; 飞秒激光; 囊膜标记; Toric 人工晶状体

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.2.21

Iris - registration capsulotomy marking for the implantation of Toric intraocular lens

Qing-Zhong Chen, Jing Wang, Guang-Bin Zhang

Foundation item: Youth Scientific Research Project of Fujian Provincial Department of Health (No. 2012-2-81)

Xiamen Eye Centre Affiliated to Xiamen University, Xiamen 361000, Fujian Province, China

Correspondence to: Guang - Bin Zhang. Xiamen Eye Centre Affiliated to Xiamen University, Xiamen 361000, Fujian Province, China. 386975604@qq.com

Received: 2020-06-22 Accepted: 2020-12-29

Abstract

• AIM: To compare the accuracy of Toric intraocular lens (IOL) alignment and visual outcome using the femtosecond laser - assisted capsulotomy markings (FLACM) versus a conventional slitlamp-assisted manual marking (SAMM) procedure.

• METHODS: Totally 50 patients required cataract surgery and Toric IOL implantation were assigned to the FLACM group (25 eyes) or the SAMM group (25 eyes). The uncorrected distant visual acuity (UCDVA), best corrected distant visual acuity (BCDVA), residual astigmatism (RA), IOL rotation, MTF Total were measured 1mo after surgery.

• RESULTS: The UCDVA (LogMAR) was significantly lower in the FLACM group than in the SAMM group 1mo postoperatively (0.15 ± 0.09 vs 0.22 ± 0.11 , $P < 0.05$). The RA and IOL rotation were significantly lower in the FLACM group than in the SAMM group ($0.30 \pm 0.18D$ vs $0.64 \pm 0.28D$, $P < 0.05$; $3.64^\circ \pm 1.68^\circ$ vs $5.40^\circ \pm 3.44^\circ$, $P < 0.05$). There was no statistical difference between the two groups in the BCDVA and MTF total value ($P > 0.05$). The UCDVA (LogMAR) was positive correlative to the RA ($r = 0.350$, $P < 0.05$) and IOL rotation ($r = 0.369$, $P < 0.05$), and was negative correlative to the MTF total value ($r = -0.290$, $P < 0.05$); the RA was positive correlative to the IOL rotation ($r = 0.431$, $P < 0.05$).

• CONCLUSION: The accuracy of the axis alignment was significantly higher in the FLACM group, which results in lower residual astigmatism and better visual outcome.

• KEYWORDS: cataract; astigmatism; femtosecond laser; capsulotomy marking; Toric IOL

Citation: Chen QZ, Wang J, Zhang GB. Iris - registration capsulotomy marking for the implantation of Toric intraocular lens. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021; 21(2): 295-299

0 引言

白内障手术发展至今, 已由单纯的复明手术转变为精准的屈光手术。近 1/3 白内障患者术前合并 1D 以上的角膜散光^[1], 白内障手术联合散光矫正能够使这些患者获得更好的术后视觉质量, 提高术后脱镜率和满意度。常见的白内障术中矫正散光的方法有陡峭轴透明角膜切口、角膜缘松解术、对侧透明角膜切开术、Toric 人工晶状体 (Toric

IOL)植入术等,其中 Toric IOL 植入具有可预测性高、矫正范围大、矫正效果稳定、操作可逆性等优点,广泛运用于白内障术中规则散光的矫正^[2]。为达到最佳的散光矫正效果,Toric IOL 轴位的准确性至关重要。研究表明,1°轴位偏离会造成 Toric IOL 矫正效果减少 3.3%,偏离超过 30°则会失去散光矫正效果甚至加重散光^[3]。

目前临床上常用的 Toric IOL 术前标记方法主要有手工标记法(裂隙灯窄光带标记法、钟摆标记法、气泡标记法等)、术中数字图像导航系统标记法(Verion、Callisto Eye、Cassini/True Vision 等),这两类方法虽各自存在不足之处,但其安全性和准确性均得到临床验证^[4]。随着飞秒激光白内障手术(femtosecond laser-assisted cataract surgery,FLACS)的发展,基于虹膜纹理引导下的飞秒激光囊膜标记法(femtosecond laser-assisted capsulotomy markings,FLACM)已运用于 Toric IOL 植入^[5]。本研究旨在比较 FLACM 与传统裂隙灯标记法(slitlamp-assisted manual marking,SAMM)的 Toric IOL 轴位准确性以及术后效果。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性队列研究。选取 2017-01/10 于厦门大学附属厦门眼科中心行白内障超声乳化联合 Toric IOL 植入术的患者 50 例 50 眼纳入研究,分别采用 SAMM 法(25 眼,SAMM 组)与 FLACM 法(25 眼,FLACM 组)进行散光轴位标记。纳入标准:年龄>18 周岁,术前规则散光>1.0D。排除标准:(1)合并其他可能影响视觉功能的疾病,如弱视、青光眼、黄斑病变、斜视、角膜瘢痕等;(2)囊袋稳定性欠佳者,如眼轴超过 28mm 的高度近视、晶状体半脱位、球形晶状体、先天性大角膜、假性囊膜剥脱综合征等;(3)合并影响生物测量的某些眼表疾患,如翼状胬肉、上睑下垂等;(4)既往有眼科手术史,如角膜屈光手术、角膜移植手术、青光眼滤过性手术、玻璃体切割手术等;(5)各种原因引起的散瞳不充分者。本研究经由厦门大学附属眼科中心伦理委员会批准,研究过程符合《赫尔辛基宣言》相关内容,所有患者均签署书面知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前评估 评估内容包括裸眼远视力(uncorrected distant visual acuity,UCDVA)、最佳矫正远视力(best corrected distant visual acuity,BCDVA)、综合验光、裂隙灯检查、生物测量(Lenstar 900、OPD scan III)、角膜地形图(Pentacam)。Toric IOL 屈光度计算应用在线 Barrett Universal II 公式(http://calc.apacrs.org/barrett_universal2105/),目标轴位计算运用 Alcon 在线计算公式(<https://www.myalcon-toriccalc.com/#/calculator>)。

1.2.2 标记方法和手术操作

1.2.2.1 SAMM 组 采用经典的三步标记法:操作由同一位经验丰富的医师进行。表面麻醉后,患者取坐位,摆正头位后嘱患者直视前方。裂隙灯窄光带调节到水平位,使光带经过瞳孔中心,在水平位(0°和 180°)角膜缘用 27G 注射针头划破少量角膜上皮,用极细无菌记号笔做水平标记。术中以水平标记点为依据,借助 Mendez 标记盘用无菌记号笔做 Toric IOL 目标轴位的标记。Toric IOL 植入后根据术者的标记点定位 IOL 目标轴位。

1.2.2.2 FLACM 组 将术前 OPD scan III 检查中自然瞳孔下暴露良好的虹膜纹理图像导入 LENSAR 飞秒激光手术设备,匹配患者散光目标轴位后,输入 Alcon 在线计算公式得出的目标 IOL 轴位,开启囊膜标记模式(Intelli

Axis-L),撕囊口直径设置为 5.2mm。飞秒激光过程中,设备通过患者周边虹膜纹理定位,在前囊膜切开的同时,在环形撕囊口边缘预留两个向内突起的标记点,对应设定的 Toric IOL 目标轴位。术者根据囊膜标记点定位 Toric IOL 轴位。为了尽量降低手术方式对研究结果的影响,本组患者仅利用飞秒激光做前囊切割联合囊膜标记,未开启飞秒激光制作手术切口和劈核功能。囊膜标记完毕后常规行白内障手术^[5]。

1.2.3 手术操作 所有手术均由同一位经验丰富的主任医师完成,手术均采用颞侧 2.2mm 透明角膜切口,SAMM 组使用撕囊镊做环形撕囊,撕囊口直径 5.0~5.5mm,所有患者均获得满意的连续环形前囊膜撕除,运用 Centurion 超声乳化系统吸除晶状体,植入的 Toric IOL 型号为 AcrySof SN6AT3-8。

1.2.4 术后评估 术后 1mo 评估患者视力、综合验光情况,采用 OPD scan III 评估全眼总调制传递函数(MTF Total),散瞳后裂隙灯拍照并使用 Adobe Photoshop 软件评估 IOL 轴位偏离度(Toric IOL 实际轴位与目标轴位差)。所有检查均由同一团队完成。

统计学分析:本研究采用 SPSS 23.0 软件进行数据统计。计量资料的正态性检验采用 Kolmogorov-Smirnov 和 Shapiro-Wilk 检验,服从正态分布的数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,术前术后比较采用配对样本 *t* 检验。计数资料比较采用卡方检验;等级资料的组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。相关性分析采用 Pearson 检验。*P*<0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基本资料的比较 根据 Toric IOL 目标轴位标记方法将纳入患者分为 SAMM 组和 FLACM 组,两组患者性别构成、年龄、晶状体核硬度、术前 UCDVA、BCDVA、散光值、眼轴长度、MTF Total 值及术中预期植入的 Toric IOL 型号分布差异均无统计学意义(*P*>0.05),见表 1。

2.2 两组患者手术效果比较 术后 1mo,所有患者 IOL 位置居中、透明,未见明显术后并发症。SAMM 组和 FLACM 组患者 UCDVA(LogMAR)分别为 0.22±0.11、0.15±0.09,与术前相比差异均有统计学意义(*t*=7.901、9.685,均 *P*<0.05),且 FLACM 组 UCDVA 显著优于 SAMM 组(*t*=-2.721,*P*<0.05);BCDVA 分别为 0.08±0.10、0.09±0.08(LogMAR),与术前相比差异均有统计学意义(*t*=6.637、6.718,均 *P*<0.05),但两组之间差异无统计学意义(*t*=-0.466,*P*>0.05);术后残余散光(residual astigmatism,RA)分别为 0.64±0.28、0.30±0.18D,与术前散光相比均显著降低(*t*=9.545、11.764,均 *P*<0.05),且 FLACM 组术后 RA 显著低于 SAMM 组(*t*=-5.090,*P*<0.05);MTF Total 值分别为 42.64%±16.27%、46.32%±12.76%,与术前相比均显著提高(*t*=-7.668、-9.729,均 *P*<0.05),但两组之间差异无统计学意义(*t*=-0.890,*P*>0.05);IOL 轴位偏离度分别为 5.40°±3.44°、3.64°±1.68°,FLACM 组显著低于 SAMM 组,差异有统计学意义(*t*=-2.299,*P*<0.05),见图 1、2。

2.3 各评价指标相关性分析 对纳入患者术后 1mo 各评价指标检测结果进行相关性分析,结果显示,术后 UCDVA(LogMAR)与 RA(*r*=0.350,*P*<0.05)、IOL 轴位偏离度(*r*=0.369,*P*<0.05)呈正相关,与 MTF Total 值呈负相关

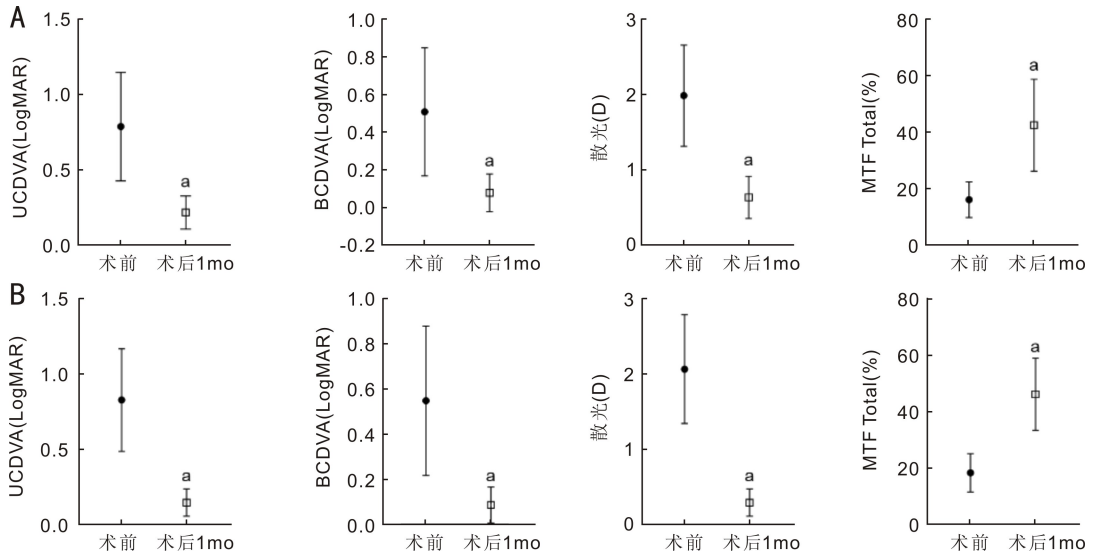


图1 两组患者手术前后各评价指标比较 A: SAMM组; B: FLACM组。^a $P < 0.05$ vs 术前。

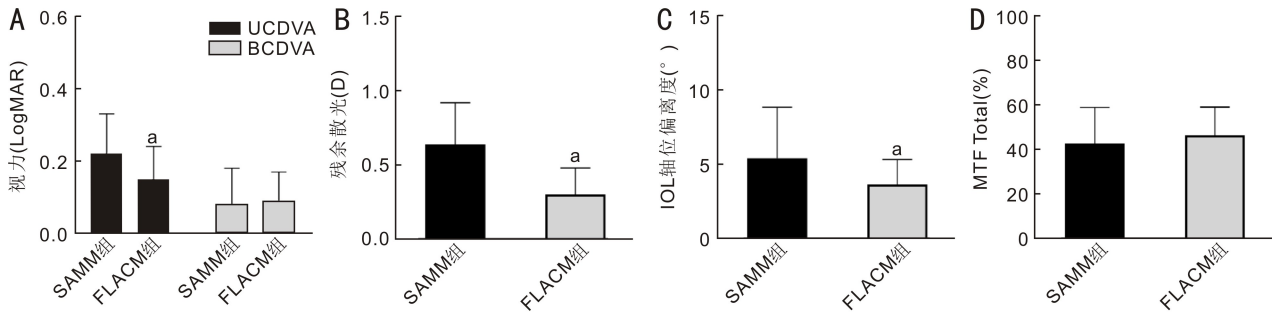


图2 两组患者术后各评价指标比较 A: UCDDVA 和 BCDVA; B: 术后残余散光; C: IOL 轴位偏离度; D: MTF Total。^a $P < 0.05$ vs SAMM组。

表1 两组患者基本资料比较

组别	例数/眼数	男/女(例)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	术前 UCDDVA ($\bar{x} \pm s$, LogMAR)	术前 BCDVA ($\bar{x} \pm s$, LogMAR)	术前散光 ($\bar{x} \pm s$, D)
SAMM 组	25/25	10/15	68.04 \pm 12.34	0.79 \pm 0.36	0.51 \pm 0.34	1.99 \pm 0.67
FLACM 组	25/25	11/14	73.12 \pm 10.74	0.83 \pm 0.34	0.55 \pm 0.33	2.07 \pm 0.72
χ^2		0.082	-1.552	-0.384	-0.447	-0.418
P		0.774	0.127	0.702	0.657	0.678
组别	例数/眼数	眼轴 ($\bar{x} \pm s$, mm)	术前 MTF Total ($\bar{x} \pm s$, %)	晶状体核硬度 (II/III/IV, 眼)	预期植入 Toric IOL 类型 (SN6AT3/4/5/6/7/8, 眼)	
SAMM 组	25/25	23.66 \pm 1.00	16.32 \pm 6.34	2/17/6	4/7/7/4/1/2	
FLACM 组	25/25	23.41 \pm 0.69	18.57 \pm 6.81	0/18/7	2/8/9/4/0/2	
χ^2/U		1.033	-1.211	2.105	1.983	
P		0.308	0.232	0.349	>0.05	

($r = -0.290, P < 0.05$); 术后 BCDVA 与 RA、IOL 轴位偏离度、MTF Total 值均无相关性; 术后 RA 与 IOL 轴位偏离度呈正相关($r = 0.431, P < 0.05$), 见图 3。

3 讨论

白内障超声乳化联合 Toric IOL 植入能够显著提高散光患者术后裸眼视力和视觉质量, 散光矫正的效果主要取决于术前散光检测数据和 IOL 屈光度的计算、IOL 轴位的准确性和稳定性。裂隙灯坐位标记法作为一种经典的 Toric IOL 轴位标记法, 广泛运用于临床工作中。既往研究表明, 这种标记法安全、简便、准确, 能够有效定位 Toric IOL 轴位^[6]。本研究结果也显示, SAMM 组患者术后散光显著低于术前, 裸眼视力显著提高, 与既往研究结果

相一致^[7]。然而, 裂隙灯标记法仍存在不足, 如对患者的配合度要求较高, 对于配合不佳或者由于身体原因无法配合的患者, 则可能出现标记不准确甚至无法标记的情况。另一方面, 这种标记方法对操作者(医生)的技术和经验要求也很高, 熟练度不同的操作者标记的准确度可能会有显著差别。此外, 裂隙灯标记法需要先做一个水平标记作为参照, 术中利用标记盘在水平标记点的基础上进行目标散光轴位的标记, 二次标记增加了误差出现的几率。而且术中标记笔可能出现线条过粗、晕染、标记不清等现象, 都可能影响 Toric IOL 轴位的准确性, 从而影响散光矫正效果^[8]。因此, 探索更加精准的散光轴位标记法具有重要意义。

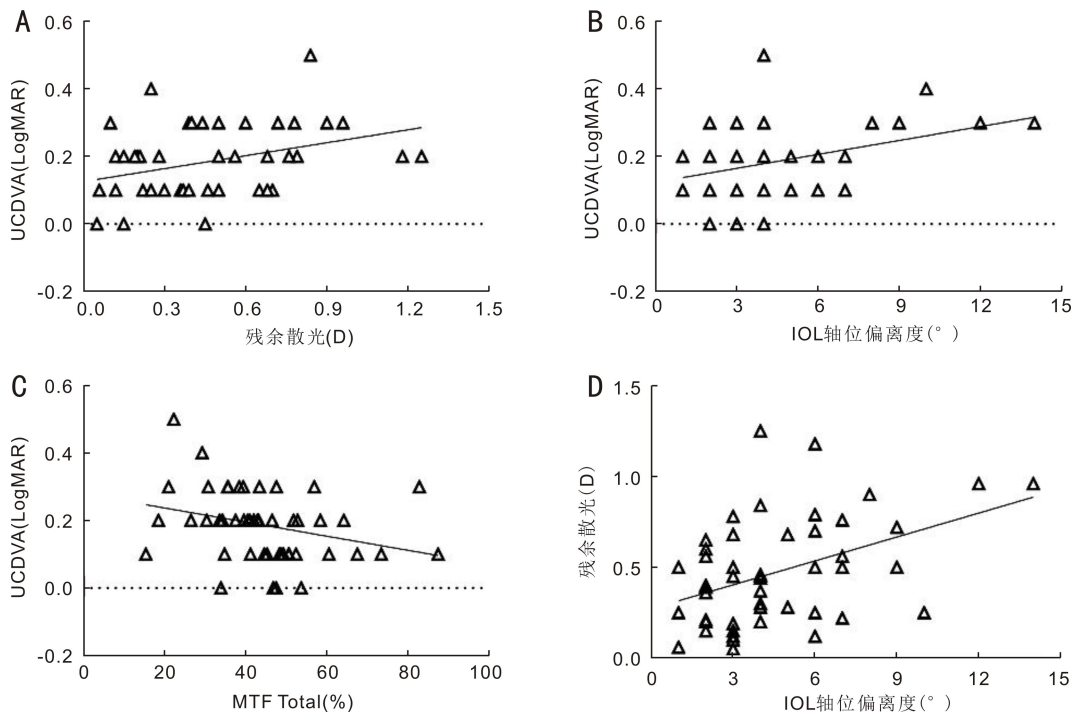


图3 术后各评价指标相关性分析结果 A:UCDVA与RA的相关性;B:UCDVA与IOL轴位偏离度的相关性;C:UCDVA与MTF Total的相关性;D:RA与IOL轴位偏离度的相关性。

本研究结果显示,SAMM组与FLACM组患者术后散光均显著降低,Toric IOL轴位稳定性表现良好。通过对两组患者术后效果的对比,我们发现FLACM组患者术后Toric IOL轴位偏离度显著低于SAMM组,这说明FLACM与SAMM相比在Toric IOL轴位定位方面具有更高的精确性。这是由于FLACM是通过识别患者周边虹膜纹理作为轴位定位的参照物,既往研究表明虹膜纹理识别能够准确定位眼部轴位,不受因体位改变而引起的眼位变化的影响^[9]。此外,飞秒激光在前囊膜上做的标记具有清晰、稳定的特点,不受眼球位置、水流的影响,标记点的位置较角膜缘标记更加接近IOL平面,对位更加方便、准确。另一方面,FLACM法是直接定位标记,而SAMM法需要二次定位,增加了误差出现的几率,再加上可能出现的标记点过粗、颜料晕染等因素造成的视觉误差,都可能导致定位精确度下降。本研究结果表明,不仅是Toric IOL的轴位准确性,FLACM组术后RA也显著优于SAMM组,表现出更优秀的散光矫正效果。两组患者术前平均散光无显著差异,Toric IOL轴位均是通过Alcon在线计算器计算得出,理论上术后RA应当无明显差别,然而FLACM组术后RA显著低于SAMM组,这可能与其更为精准的Toric IOL轴位定位有关。

白内障术后的视力和视觉质量是患者和临床医生最关心的问题。尽管本研究中两组患者术后UCDVA均较术前显著提升,但组间比较的结果显示FLACM组比SAMM组获得更优的术后UCDVA。患者术后的视觉质量不仅与视力有关,还与全眼的像差有关,可以通过MTF值来评估。本研究采用MTF曲线中的AR(area ratio)值作为视觉质量指标,根据患者术后实际MTF曲线下面积与正常眼曲线下面积的比值来评估术后的全眼视觉质量,MTF Total值越接近1,说明视觉质量越好。在视觉质量的表现上,FLACM组患者术后的平均MTF Total值略高于SAMM组,但是差异没有统计学意义。

为了探索影响两组患者术后效果的相关因素,本研究对各变量进行了相关性分析。结果发现术后UCDVA(LogMAR)与RA呈正相关,说明术后RA越大,UCDVA越差,散光矫正的效果直接影响了术后UCDVA。两组患者术后RA和UCDVA均有显著差异,而BCDVA无明显差别,结合相关性分析我们不难判断两组患者术后UCDVA的差异主要来源于术后RA。通过进一步分析发现,患者术后RA与IOL轴位偏离度呈正相关,同时术后UCDVA(LogMAR)也与IOL轴位偏离度呈正相关。这表明术后IOL轴位偏离度是引起RA的主要原因,继而影响术后UCDVA。既往研究表明,术后IOL轴位偏离会降低散光矫正的效果,造成术后RA增大,从而进一步影响UCDVA^[10],与本研究结果相符。另一方面,术后BCDVA(LogMAR)与IOL轴位偏离度和RA无明显相关性,这可能是由于IOL轴位偏离或其它原因导致的术后RA可通过戴镜矫正。通过对术后视觉质量相关因素的分析发现,术后MTF Total值与UCDVA(LogMAR)呈负相关,说明术后UCDVA越好,视觉质量就越高。尽管本研究两组患者术后MTF Total值没有显著性差异,但术后FLACM组患者的平均MTF Total值高于SAMM组,结合相关性分析结果,我们可以认为术后UCDVA的提高对视觉质量的提升是有积极作用的。

本研究针对FLACM法与SAMM法在Toric IOL轴位准确性和术后散光矫正效果进行对比。目前除了FLACM法,还有几种术中自动化数字导航系统(Verion、Callisto Eye、Cassini/True Vision等)能够辅助Toric IOL确定轴位,既往研究表明数字导航法比手工标记法更为精确,但对术后视力和视觉质量的影响尚存在争议^[6, 11]。与数字导航法不同,FLACM法是在前囊膜边缘做两个永久性标记,这个标记一旦形成,既不会随着眼位变动而移动,也不会闪烁晃动干扰术者视线。囊膜标记的另一个好处是便于随访,患者术后复查时只需要散开瞳孔,即可清晰看见前囊

膜上的标记点,以此为参照可以简便而准确地判断术后 Toric IOL 轴位的准确性。FLACM 法的安全性问题主要是在前囊膜上做标记是否会对囊膜的张力有影响,晶状体囊袋不稳定会对 Toric IOL 的居中性和轴位稳定性造成不利的影响。Teuma 等^[12]研究表明囊膜标记不会影响囊膜的强度和张力,这说明飞秒激光在前囊膜所做的标记并不会引起囊袋张力的变化,具有较高的安全性。

本研究尚存在以下不足之处:(1)FLACM 组患者采用的是飞秒激光辅助的白内障手术,而 SMM 组患者采用的是传统手术方式,两组患者不同的手术方式可能对散光矫正效果和 Toric IOL 的旋转稳定性产生影响。为了尽量降低手术方式对研究结果的可能影响,本研究仅采用飞秒激光对 FLACM 组患者进行前囊膜切割和囊膜标记,并未使用飞秒激光做切口制作和预劈核处理。既往研究亦表明,飞秒激光手术与传统手术相比,在 Toric IOL 旋转稳定性上无明显差别^[13]。为了彻底消除手术方式的影响,我们将会进一步比较 FLACM 法和飞秒激光白内障联合 SMM 法的定位准确性。(2)患者术后的 RA 和 UCDVA 除了与 Toric IOL 的轴位准确性有关,还与 Toric IOL 的偏心度有关,研究表明 Toric IOL 的水平或垂直偏位可以影响散光矫正效果和术后视力^[14]。本研究通过裂隙灯和 OPD Scan 对术后 Toric IOL 的居中性进行评估,但并未对 Toric IOL 的偏心度进行精确的量化测量。

综上所述,本研究结果表明 FLACM 法是一种安全、有效的散光轴位定位法,能够比 SMM 法更加精确地标记 Toric IOL 的轴位,从而使患者获得更好的散光矫正效果和术后视力。

参考文献

- 1 Yuan X, Song H, Peng G, *et al.* Prevalence of Corneal Astigmatism in Patients before Cataract Surgery in Northern China. *J Ophthalmol* 2014; 2014; 536412
- 2 Allard K, Zetterberg M. Toric IOL implantation in a patient with keratoconus and previous penetrating keratoplasty: a case report and review of literature. *BMC Ophthalmol* 2018; 18(1): 215
- 3 Felipe A, Artigas JM, Diez-Ajenjo A, *et al.* Residual astigmatism produced by toric intraocular lens rotation. *J Cataract Refract Surg* 2011;

37(10):1895-1901

- 4 Panagiotopoulou EK, Ntonti P, Gkika M, *et al.* Image-guided lens extraction surgery: a systematic review. *Int J Ophthalmol* 2019; 12(1): 135-151
- 5 Diakonis VF, Swann BF, Weinstock RJ. Femtosecond Laser-Assisted Capsulotomy Markings for the Alignment of Toric IOLs: A New Technique. *J Refract Surg* 2018; 34(10): 711-712
- 6 Webers VSC, Bauer NJC, Visser N, *et al.* Image-guided system versus manual marking for toric intraocular lens alignment in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43(6):781-788
- 7 Woo YJ, Lee H, Kim HS, *et al.* Comparison of 3 marking techniques in preoperative assessment of toric intraocular lenses using a wavefront aberrometer. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(6): 1232-1240
- 8 Mayer WJ, Kreutzer T, Dirisamer M, *et al.* Comparison of visual outcomes, alignment accuracy, and surgical time between 2 methods of corneal marking for toric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43(10): 1281-1286
- 9 Hummel CD, Diakonis VF, Desai NR, *et al.* Cyclorotation during femtosecond laser-assisted cataract surgery measured using iris registration. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43(7): 952-955
- 10 Li S, Li X, He S, *et al.* Early Postoperative Rotational stability and its related factors of a single-piece acrylic toric intraocular lens. *Eye (Lond)* 2020; 34(3): 474-479
- 11 Titiyal JS, Kaur M, Jose CP, *et al.* Comparative evaluation of toric intraocular lens alignment and visual quality with image-guided surgery and conventional three-step manual marking. *Clin Ophthalmol* 2018; 12: 747-753
- 12 Teuma EV, Gray G, Bedi R, *et al.* Femtosecond laser-assisted capsulotomy with capsular marks for toric IOL alignment: Comparison of tensile strength with standard femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45(8): 1177-1182
- 13 Lai KR, Zhang XB, Yu YH, *et al.* Comparative clinical outcomes of Tecnis toric IOL implantation in femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification surgery. *Int J Ophthalmol* 2020; 13(1):49-53
- 14 张斌, 刘丹岩, 柴茜楠, 等. 偏心度和旋转对非球面 Toric 人工晶状体成像质量影响的实验研究. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2018; 20(1): 19-25