

# 角膜光密度定量评价散光 TPRK 术后 haze 的临床特点

李帅飞<sup>1,2</sup>, 游昌涛<sup>1</sup>, 徐玲玲<sup>1</sup>, 陈东栋<sup>1</sup>, 马宏杰<sup>1</sup>, 李庚<sup>1</sup>

引用:李帅飞,游昌涛,徐玲玲,等.角膜光密度定量评价散光 TPRK 术后 haze 的临床特点.国际眼科杂志, 2025, 25(9): 1420-1424.

基金项目:河南省医学科技攻关计划联合共建项目(No. LHGJ20230695);爱尔眼科医院集团科研基金资助项目(No. AF2209D08)

作者单位:<sup>1</sup>(450052)中国河南省郑州市,郑州爱尔眼科医院 河南大学附属爱尔眼科医院;<sup>2</sup>(230022)中国安徽省合肥市,安徽医科大学爱尔眼科医学中心

作者简介:李帅飞,男,硕士,主治医师,研究方向:屈光手术、屈光不正。

通讯作者:游昌涛,男,硕士,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:屈光手术、屈光不正. youchangtao@sina.com

收稿日期:2025-02-13 修回日期:2025-08-05

## 摘要

**目的:**采用角膜光密度定量评价散光经上皮准分子激光角膜切削术(TPRK)术后角膜上皮混浊(haze)的临床特点。

**方法:**回顾性临床研究。连续性收集2022年10月至2024年12月在我院行TPRK的屈光不正(散光 $\geq 1.25$  D)患者74例106眼,根据术后是否出现haze将其分为透明组(65眼)和haze组(41眼),术前及术后复查均行Pentacam眼前节分析仪检查,记录术前及透明组术后1 mo、haze组术后haze程度最重时间点的角膜中央2 mm圆形、2-6 mm环形和6-10 mm环形各区域的角膜全层平均光密度,及散光轴(散光以负柱镜形式表示)和正交轴(与散光轴垂直的轴向)切面中央6 mm的角膜切面全层平均光密度,及haze组顺规散光患者散光轴鼻侧和颞侧2-6 mm区域内的角膜切面全层平均光密度,并计算术后较术前角膜光密度变化量。

**结果:**透明组和haze组间性别、年龄、等效球镜等基线资料均无差异(均 $P>0.05$ );角膜2-6 mm区域haze组角膜光密度变化量大于透明组( $Z=-2.226, P=0.026$ ),中央2 mm及6-10 mm区域两组间角膜光密度变化量均无差异(均 $P>0.05$ );两组在正交轴角膜光密度变化量均无差异(均 $P>0.05$ ),而在散光轴haze组的角膜光密度变化量大于透明组( $Z=-2.371, P=0.018$ );haze组顺规散光患者术后颞侧角膜光密度大于鼻侧,且角膜光密度变化量亦大于鼻侧( $Z=-4.288, P<0.001; Z=-4.043, P<0.001$ )。

**结论:**不同于近视和远视的球镜矫正,散光TPRK术后haze主要表现在散光轴的周边切削区,且顺规散光患者在散光轴的颞侧较鼻侧发生haze的几率更高或程度更重。

**关键词:**经上皮准分子激光角膜切削术(TPRK);角膜上皮混浊(haze);散光;角膜光密度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.9.06

## Quantitative evaluation on clinical characteristics of haze after transepithelial photorefractive keratectomy for astigmatism using corneal densitometry

Li Shuaifei<sup>1,2</sup>, You Changtao<sup>1</sup>, Xu Lingling<sup>1</sup>, Chen Dongdong<sup>1</sup>, Ma Hongjie<sup>1</sup>, Li Geng<sup>1</sup>

**Foundation items:** Henan Provincial Medical Science and Technology Joint Program (No.LHGJ20230695); Science Research Foundation of Aier Eye Hospital Group (No.AF2209D08)

<sup>1</sup>Zhengzhou Aier Eye Hospital; Aier Eye Hospital Affiliated to Henan University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China; <sup>2</sup>Aier Eye Medical Center of Anhui Medical University, Hefei 230022, Anhui Province, China

**Correspondence to:** You Changtao. Zhengzhou Aier Eye Hospital; Aier Eye Hospital Affiliated to Henan University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China. youchangtao@sina.com  
Received:2025-02-13 Accepted:2025-08-05

## Abstract

• **AIM:** To quantitatively evaluate the clinical characteristics of haze after transepithelial photorefractive keratectomy (TPRK) for astigmatism using corneal densitometry.

• **METHODS:** In this retrospective clinical study, a total of 74 patients (106 eyes) with astigmatism  $\geq 1.25$  D who underwent TPRK in our hospital from October 2022 to December 2024 were continuously collected. All of the study subjects were divided into transparent group (65 eyes) and haze group (41 eyes) based on whether haze occurred after surgery. Pentacam examination was performed before and after surgery, and corneal densitometry was recorded at the time points of preoperation, 1 mo postoperation in the transparent group and the most severe haze degree in the haze group. The collected corneal densitometry included the average densitometry of the entire corneal layer in the central 2 mm, 2-6 mm, and 6-10 mm areas, as well as the average densitometry of the entire layer of the corneal section in the center 6 mm of the astigmatism axis (astigmatism expressed in negative cylindrical form) and orthogonal axis (the axis perpendicular to the astigmatism axis), and the average densitometry of the entire layer of the corneal section in the nasal and temporal 2-6 mm areas of the astigmatism axis in the haze group of patients with regular astigmatism. The change in corneal densitometry after surgery compared

with that before surgery was calculated.

• **RESULTS:** There was no statistically significant difference in baseline data such as gender, age, and spherical equivalent between the transparent group and the haze group (all  $P > 0.05$ ). The change in corneal densitometry in the 2–6 mm area of the haze group was greater than that in the transparent group ( $Z = -2.226$ ,  $P = 0.026$ ), while there was no significant difference in the change of corneal densitometry in the central 2 mm and 6–10 mm areas between the two groups (both  $P > 0.05$ ). There was no significant difference in the change of corneal densitometry between the transparent group and haze group along the orthogonal axis (all  $P > 0.05$ ), while the change of corneal densitometry in the haze group along the astigmatism axis was greater than that in the transparent group ( $Z = -2.371$ ,  $P = 0.018$ ). The temporal corneal densitometry of patients with regular astigmatism in the haze group after surgery was higher than that of the nasal side, and the change in corneal densitometry was also greater than that of the nasal side ( $Z = -4.288$ ,  $P < 0.001$ ;  $Z = -4.043$ ,  $P < 0.001$ ).

• **CONCLUSION:** Unlike spherical correction for myopia and hyperopia, haze after TPRK for astigmatism was mainly manifested in the peripheral cutting area of the astigmatism axis, and patients with regular astigmatism had a higher probability or severity of haze on the temporal side of the astigmatism axis than on the nasal side.

• **KEYWORDS:** transepithelial photorefractive keratectomy (TPRK); haze; astigmatism; corneal densitometry

**Citation:** Li SF, You CT, Xu LL, et al. Quantitative evaluation on clinical characteristics of haze after transepithelial photorefractive keratectomy for astigmatism using corneal densitometry. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25(9): 1420–1424.

## 0 引言

角膜激光手术历经 30 余年发展,手术技术不断优化提升,其中经上皮准分子激光角膜切削术 (transepithelial photorefractive keratectomy, TPRK) 的出现,使得表层激光手术的安全性和手术效果进一步提升,近期表层激光手术逐渐突显回归趋势<sup>[1-2]</sup>。然而,TPRK 术后的损伤修复反应可能引起角膜上皮混浊 (haze) 依然是其重要手术并发症,haze 形成的原因、特点、预防和治疗一直是临床和研究的热点<sup>[2-4]</sup>。角膜光密度可客观定量评价角膜透明度,多项研究显示角膜光密度与 haze 程度明显相关,较传统 Fantes 法 haze 分级更具优势<sup>[5-8]</sup>。Takacs 等<sup>[9]</sup>采用角膜光密度评价近视和远视表层激光术后的 haze 特点,两者的 haze 分别主要发生在角膜切削的中央区 and 周边区,与不同屈光类型的准分子激光切削模式有关。然而,散光矫正的切削模式又不同于近视、远视的球镜矫正,当前关于散光表层激光术后的 haze 特点也鲜有报道,所以,本研究收集散光  $\geq 1.25$  D 的屈光不正患者行 TPRK 的病例资料,并采用角膜光密度定量评价 haze 的程度和特点,为临床和科研工作提供支持。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 回顾性临床研究。连续性收集 2022 年 10 月至 2024 年 12 月在郑州爱尔眼科医院行 TPRK 的散光患者 74 例 106 眼,根据术后是否出现 haze 将其分为透明组和 haze 组。纳入标准:(1) 显然验光散光  $\geq 1.25$  D;(2) 近 2 a 屈光状态相对稳定;(3) 软性角膜接触镜停戴 1 wk 以上,硬性角膜接触镜停戴 3 wk 以上,角膜塑形镜停戴 3 mo 以上;(4) 手术意愿明确,期望值合理。排除标准:(1) 伴有自身免疫性或结缔组织疾病、瘢痕体质者;(2) 伴有角膜云翳、斑翳或白斑者;(3) 既往眼部外伤史或手术史者;(4) 术中联合应用丝裂霉素者;(5) 术后角膜上皮愈合欠佳者;(6) 缺少术后 1 mo 以上复查资料者。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,通过医院伦理委员会的审核(批号:ZZAE20220801),所有参与者手术前均签署知情同意书。

### 1.2 方法

**1.2.1 术前准备** 常规行裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA)、电脑验光、显然验光、睫状肌麻痹验光、最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA)、眼压、眼位、眼轴、暗瞳直径、裂隙灯、眼底情况及 Pentacam 眼前节分析等检查。术前 3 d 左氧氟沙星滴眼液 4 次/d、双氯芬酸钠滴眼液 4 次/d 滴眼。

**1.2.2 手术方法及术后用药** 手术设备采用 Amaris 750s 准分子激光系统,所有手术均由同一名经验丰富的医师实施。根据患者年龄、戴镜习惯、暗瞳直径等指标进行手术参数设计,术中一步法完成角膜上皮及基质的激光消融,随后立即使用大量 4 °C 平衡盐溶液冲洗角膜基质床,配戴亲水性软性角膜绷带镜。术后左氧氟沙星滴眼液每 2 h 1 次、双氯芬酸钠滴眼液每天 4 次滴眼至角膜上皮愈合,摘除角膜绷带镜,随后左氧氟沙星滴眼液每天 4 次持续 7 d、双氯芬酸钠滴眼液每天 4 次持续 14 d、氟米龙滴眼液每天 4 次持续 4 mo (逐月减量)、0.1% 玻璃酸钠滴眼液每天 4 次。

**1.2.3 术后随访及 haze 分级** 术后 1, 3–5 d, 1 wk, 1, 2, 3, 6 mo 定期复查 UCVA、电脑验光、眼压、裂隙灯及 Pentacam 眼前节分析检查。记录透明组术后 1 mo 及 haze 组术后 haze 程度最重时间点的数据进行统计分析。采用 Fantes 法<sup>[10]</sup>进行 haze 分级:0 级:角膜完全透明;0.5 级:裂隙灯斜照法才能发现轻度点状混浊;1 级:裂隙灯下容易发现的轻度角膜混浊,但不影响观察虹膜纹理;2 级:角膜混浊轻度影响观察虹膜纹理;3 级:角膜明显混浊,中度影响观察虹膜纹理;4 级:角膜严重混浊,不能窥见虹膜。

**1.2.4 角膜光密度测量方法** 使用 Pentacam 眼前节分析仪测量角膜光密度,结果以灰度值表示,0 为完全透明,100 为完全混浊不透光。检查方法:受检者下颌置于仪器下颌托上,使用设备标配的遮光布进行遮光处理,令受检者注视仪器中指示灯,检查者根据电脑屏幕提示进行对焦,系统自动拍摄。记录“Cornea Densito”分析模式中角膜中央 2 mm 圆形、2–6 mm 环形和 6–10 mm 环形各区域的角膜全层平均光密度;在“Scheimpflug Images”分析模式中选取靠近散光轴 (散光以负柱镜形式表示) 和正交轴 (与散光轴垂直的轴向) 的角膜切面图,使用“Area Densitometry Polygon”自由选择工具选取并自动测量散光轴和正交轴的中央 6 mm 及 haze 组顺规散光患者散光轴鼻侧和颞侧 2–6 mm 区域内的角膜切面全层平均光密度。

统计学分析:使用统计学软件 SPSS 22.0 进行数据分析。计量资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验后,本研究中多数研究指标均不符合正态分布,故数据以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,组间对比采用 Mann-Whitney  $U$  秩和检验,组内比较采用 Wilcoxon 符号秩检验。计数资料以频数表示,采用  $\chi^2$  检验分析。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 基本情况** 共纳入散光患者 74 例 106 眼,手术过程均顺利,且均在术后 5 d 内摘除角膜绷带镜。透明组 65 眼,其中顺规、逆规及斜轴散光分别为 57、3、5 眼;haze 组 41 眼,其中顺规、逆规及斜轴散光分别为 34、3、4 眼。haze 组术后 haze 程度最重时间点平均为  $77.7 \pm 48.2$  d,0.5 级 haze 17 眼,1 级 haze 15 眼,2 级 haze 7 眼,3 级 haze 2 眼,无 4 级 haze。透明组和 haze 组性别、年龄、等效球镜等基线资料差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ ),见表 1。

**2.2 两组不同区域角膜光密度对比** 透明组与 haze 组在术前角膜中央 2 mm、2-6 mm 及 6-10 mm 各区域的角膜光密度差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ );术后角膜中央 2 mm 及 6-10 mm 区域两组间角膜光密度差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ ),角膜 2-6 mm 区域 haze 组角膜光密度大于透明组,且差异具有统计学意义( $P = 0.022$ );角膜 2-6 mm 区域 haze 组角膜光密度变化量大于透明组( $P = 0.026$ ),余区域两组间角膜光密度变化量差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ ),见表 2。

**2.3 两组间不同轴向角膜光密度对比** 透明组与 haze 组在散光轴和正交轴的术前角膜光密度差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ );透明组与 haze 组在正交轴的术后角膜光密度及角膜光密度变化量差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ ),而在散光轴 haze 组的术后角膜光密度及角膜光密度变化量均大于透明组( $P = 0.017, 0.018$ ),见表 3。

表 1 两组基线资料对比

组别	眼数	性别 (男/女,眼数)	年龄 [ $M(P_{25}, P_{75})$ , 岁]	等效球镜 [ $M(P_{25}, P_{75})$ , D]	散光 [ $M(P_{25}, P_{75})$ , D]	BCVA [ $M(P_{25}, P_{75})$ , LogMAR]	手术光学区 [ $M(P_{25}, P_{75})$ , mm]
透明组	65	39/26	21.00(19.00, 27.00)	-4.18(-4.68, -3.60)	-1.50(-2.00, -1.25)	-0.10(-0.10, -0.10)	6.50(6.30, 6.65)
haze 组	41	31/10	20.00(18.50, 26.00)	-3.88(-4.49, -3.38)	-1.50(-1.88, -1.25)	-0.10(-0.10, -0.05)	6.50(6.50, 6.65)
$\chi^2/Z$		2.731	-1.343	-1.740	-0.140	-0.901	-0.497
$P$		0.098	0.179	0.082	0.889	0.368	0.619

注:透明组为 TPRK 术后未出现 haze;haze 组为 TPRK 术后出现 haze。

表 2 两组不同区域角膜光密度对比

$M(P_{25}, P_{75})$

组别	中央 2 mm		
	术前	术后	变化量
透明组	16.40(13.10, 17.40)	16.70(15.10, 17.50)	0.20(-0.65, 1.65)
haze 组	16.20(14.20, 16.90)	16.90(16.10, 17.40)	0.30(-0.50, 1.25)
$Z$	-0.224	-0.652	-0.591
$P$	0.823	0.514	0.555

组别	2-6 mm		
	术前	术后	变化量
透明组	14.70(11.90, 15.40)	15.00(13.70, 15.70)	-0.10(-0.75, 1.45)
haze 组	14.40(12.50, 15.40)	15.40(14.40, 16.05)	0.80(-0.10, 1.45)
$Z$	-0.039	-2.298	-2.226
$P$	0.969	0.022	0.026

组别	6-10 mm		
	术前	术后	变化量
透明组	14.90(12.35, 17.55)	15.30(14.40, 17.75)	0.20(-0.65, 2.20)
haze 组	14.60(14.20, 16.90)	15.50(13.80, 18.05)	0.50(-0.70, 1.45)
$Z$	-0.633	-0.428	-0.029
$P$	0.527	0.668	0.977

注:透明组为 TPRK 术后未出现 haze;haze 组为 TPRK 术后出现 haze。

表 3 两组间不同轴向角膜光密度对比

$M(P_{25}, P_{75})$

组别	散光轴			正交轴		
	术前	术后	变化量	术前	术后	变化量
透明组	15.30(12.45, 16.30)	16.10(14.90, 16.75)	0.40(-0.20, 1.20)	15.30(12.50, 16.50)	16.30(15.30, 16.90)	0.40(0.00, 2.00)
haze 组	14.90(13.10, 15.70)	16.50(15.70, 17.30)	1.20(0.40, 2.20)	15.30(12.90, 16.10)	15.70(14.90, 16.90)	0.40(-0.40, 1.75)
$Z$	-0.449	-2.381	-2.371	-0.585	-1.337	-0.520
$P$	0.654	0.017	0.018	0.559	0.181	0.603

注:透明组为 TPRK 术后未出现 haze;haze 组为 TPRK 术后出现 haze。

**2.4 haze 组顺规散光患者散光轴鼻侧与颞侧角膜光密度对比** haze 组顺规散光患者术前散光轴鼻侧和颞侧 2-6 mm 角膜光密度分别为 14.50 (12.50, 14.90)、14.50 (12.73, 15.30), 差异无统计学意义 ( $Z = -1.089, P = 0.276$ ), 术后分别为 14.90 (14.40, 15.70)、16.50 (15.30, 17.38), 颞侧大于鼻侧, 且差异具有统计学意义 ( $Z = -4.288, P < 0.001$ ); 此外, 颞侧的角膜光密度变化量亦大于鼻侧, 分别为 2.00 (0.80, 3.90)、0.65 (-0.10, 1.60), 差异具有统计学意义 ( $Z = -4.043, P < 0.001$ )。

**2.5 两组间术后视力及配合对比** 透明组与 haze 组的术后 UCVA (LogMAR) 均优于 0.00, 分别为 -0.10 (-0.10, -0.05)、-0.10 (-0.20, -0.10), 差异无统计学意义 ( $Z = -1.057, P = 0.291$ )。透明组仅 2 例 3 眼患者在术后早期未严格执行紫外线防护, 而 haze 组有 12 例 18 眼患者在术后氟米龙滴眼液滴眼或紫外线防护配合欠佳, 两组间比较差异具有统计学意义 ( $\chi^2 = 24.427, P < 0.001$ )。

### 3 讨论

haze 是 TPRK 等表层激光术后角膜损伤愈合过程的一种病理表现, 角膜上皮-基质损伤导致角膜上皮屏障破坏, 进一步发生一系列炎症反应, 包括角膜细胞的迁移、增殖和分化为成熟肌成纤维细胞, 肌成纤维细胞合成粗大紊乱的胶原纤维和分泌异常的细胞外基质, 引起角膜上皮纤维化及角膜透明度下降<sup>[4-5]</sup>。近年来, 多项研究采用角膜光密度对角膜健康状态和透明度进行评估, 而且研究显示角膜光密度与 haze 程度明显相关, 较传统裂隙灯检查更容易发现细微异常, 较 Fantès 法 haze 分级更为客观<sup>[7-8, 11]</sup>。Boulze-Pankert 等<sup>[6]</sup>和孙玺皓等<sup>[12]</sup>研究显示, 表层激光术后角膜光密度呈先增加后下降的变化规律, 峰值处于术后 1 mo, 与 haze 发展的变化规律一致。

haze 的形成与角膜切削量直接相关, 高度近视或角膜基质切削深度  $> 80 \mu\text{m}$  时, haze 发生几率明显增加<sup>[5]</sup>。此外, 近视和远视表层激光术的主要切削部位存在差异, Takacs 等<sup>[9]</sup>采用角膜光密度评价两者术后的 haze 特点, 分别主要发生在角膜切削的中央区 and 周边区。早期, Thomas 等<sup>[13]</sup>首次提出高散光是 haze 形成的重要危险因素, haze 主要发生在散光轴 (散光以负柱镜形式表示) 对应区域, 考虑与散光矫正的激光切削模式及角膜曲率改变情况有关。Kaiserman 等<sup>[14]</sup>的研究显示, 高散光 ( $> 3.00 \text{ D}$ ) 表层激光术后 haze 发生率是低散光 ( $\leq 3.00 \text{ D}$ ) 的 3.5 倍, Ang 等<sup>[15]</sup>的研究同样也显示, haze 程度与术前散光程度明显相关, 然而该两项研究均未进一步描述和分析散光表层激光术后 haze 的特点。我们近期报道 1 例复性近视散光患者 TPRK 术后 haze 的临床特点, haze 主要表现在散光轴的周边切削区, 考虑与患者的术前散光有关<sup>[16]</sup>。

本研究根据散光 TPRK 术后是否发生 haze 进行分组, 比较两组间角膜光密度的差异, 为首次采用角膜光密度探究散光表层激光术后 haze 特点的临床研究。本研究结果显示, haze 组在角膜 2-6 mm 及散光轴的角膜光密度变化量明显大于透明组, 而在角膜中央 2 mm、6-10 mm 及正交轴, haze 组与透明组的角膜光密度变化量差异无统计学意义。散光矫正的切削模式不同于球镜矫正的同心圆形, 而

是在散光轴呈矩形切削、正交轴呈弧形切削, 如此在散光轴的切削量明显更大, 尤其在周边切削区散光轴和正交轴的切削差异量更为明显, 而角膜 6-10 mm 包含部分未手术区域可能对数据结果造成一定影响<sup>[13]</sup>。此外, 肌成纤维细胞在 haze 形成过程中具有重要作用, 主要由角膜细胞和骨髓源前体细胞分化而来, 后者占比约 30%-60%, 主要通过角膜缘血管网和泪液到达角膜损伤区域, 且骨髓源前体细胞分化的肌成纤维细胞更容易导致角膜纤维化形成, 所以, 周边切削区 haze 形成的几率更高<sup>[17-19]</sup>。

本研究进一步对比 haze 组顺规散光患者散光轴鼻侧与颞侧角膜光密度的差异, 结果显示, 散光轴颞侧的术后角膜光密度和角膜光密度变化量均大于鼻侧, 提示顺规散光患者在散光轴的颞侧较鼻侧发生 haze 的几率更高或程度更重, 分析其原因可能与鼻颞侧角膜缘解剖结构差异、紫外线暴露差异及眼表的泪液循环特点有关。Muzyka-Woźniak 等<sup>[20]</sup>的研究显示, 颞侧角膜缘不仅更宽而且反射率模式更为规则, 而鼻侧角膜缘则相对较窄且反射率模式更加不规则。Schuerch 等<sup>[21]</sup>的研究显示, 在健康人群中, 颞侧象限的血管密度为  $17.9\% \pm 6.4\%$ , 略高于鼻侧象限 ( $16.7\% \pm 5.2\%$ ), 而且在糖尿病患者中, 鼻颞侧象限的血管密度变化也有差异, 考虑与局部血流动力学、氧供需平衡或解剖结构的差异有关。鼻颞侧角膜缘解剖结构的差异可能影响局部血管分布和营养供应, 进而引起鼻颞侧 haze 特点的差异。此外, 因鼻梁的光线遮挡作用可减少鼻侧区域紫外线暴露, 对 haze 形成具有一定的保护作用<sup>[22]</sup>。颞侧区域处于泪液循环的上游, 所以, 相较于鼻侧, 颞侧区域泪液中炎症因子浓度可能更高, 如此促进颞侧区域的角膜组织修复反应更强<sup>[23]</sup>。

本研究进一步对比两组间的术后视力和患者术后配合情况, haze 组和透明组术后 UCVA (LogMAR) 均优于 0.00, 且组间差异无统计学意义, 而 haze 组在术后氟米龙滴眼液滴眼或紫外线防护配合明显欠佳。通过本研究可知, 散光 TPRK 术后的 haze 主要发生在散光轴的周边切削区, 对视力并未造成明显影响, 进而导致部分患者在术后配合方面欠佳。然而, 表层激光术后的类固醇激素应用和紫外线防护对 haze 的形成具有重要的预防作用<sup>[4]</sup>, 所以, 临床医生需加强对散光 TPRK 术后 haze 的关注和重视散光 TPRK 患者的围术期管理。

本研究亦存在一定的不足之处: 所选研究对象散光度数均在 1.25-3.25 D, 也可能是导致本研究中两组间散光度数无差异的原因; 本研究样本量偏小, 亦未对 haze 组患者的长期随访和 haze 转归情况进行描述; 本研究仅进行了组间视力对比, 并未进一步分析 haze 对屈光状态、角膜高阶像差及视觉质量的影响。所以, 后期还需要进一步拓宽散光度数区间、延长随访时间、增加样本量和观察指标进行研究。

综上, 不同于近视和远视的球镜矫正, 散光 TPRK 术后 haze 主要表现在散光轴的周边切削区, 且顺规散光患者在散光轴的颞侧较鼻侧发生 haze 的几率更高或程度更重。散光 TPRK 术后 haze 虽不影响视力恢复, 但从规避术后并发症的角度考虑, 依然需要对散光 TPRK 手术患者做好沟通宣教和围术期管理。

**利益冲突声明:** 本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:** 李帅飞论文选题与修改,文献检索,数据分析,初稿撰写;徐玲玲、陈东栋参与选题和数据收集;马宏杰、李庚数据收集及整理;游昌涛选题指导,论文修改及审阅,实施手术。所有作者阅读并同意最终的文本。

**参考文献**

[1] 崔乐乐,周韦韦,朱晓旋,等.温州医科大学附属眼视光医院温州院区激光角膜屈光手术方式十年变化趋势.中华眼视光学与视觉科学杂志,2021,23(4):254-259.

[2] 王勤美,许琛琛.激光表层角膜屈光手术的回归.中华眼视光学与视觉科学杂志,2015,17(12):708-711.

[3] Charpentier S, Keilani C, Maréchal M, et al. Corneal haze post photorefractive keratectomy. J Français D'ophtalmologie, 2021,44(9):1425-1438.

[4] Moshirfar M, Wang QC, Theis J, et al. Management of corneal haze after photorefractive keratectomy. Ophthalmol Ther, 2023, 12(6):2841-2862.

[5] Khattak A, An-Nakhli F. Incidence and quantification of corneal haze by Pentacam Scheimpflug densitometry following photorefractive keratectomy for myopia in virgin and post corneal transplant eyes with dark irides. Saudi J Ophthalmol, 2020,34(1):8-12.

[6] Boulze - Pankert M, Dariel R, Hoffart L. Corneal scheimpflug densitometry following photorefractive keratectomy in myopic eyes. J Refract Surg, 2016,32(11):788-791.

[7] 李佳佳,李帅飞.3种角膜光密度评估近视Trans-PRK术后haze的比较.中华眼视光学与视觉科学杂志,2023,25(5):361-365.

[8] 裴天序,靳琳,于春晶,等. Trans-PRK联合0.02%MMC对中度近视患者角膜光密度的影响.国际眼科杂志,2022,22(8):1345-1351.

[9] Takacs AI, Mihaltz K, Nagy ZZ. Corneal density with the pentacam after photorefractive keratectomy. J Refract Surg, 2011,27(4):269-277.

[10] Fantes FE, Hanna KD, Waring GO 3rd, et al. Wound healing after excimer laser keratomileusis (photorefractive keratectomy) in monkeys. Arch Ophthalmol, 1990,108(5):665-675.

[11] 牛世阳,杨华,李彦,等. SPT辅助的TPRK术后角膜上皮厚度和光密度的变化及两者的相关性.国际眼科杂志,2024,24(8):1308-1313.

[12] 孙玺皓,王保君,杨华,等.经上皮准分子激光角膜表面切削

术(TransPRK)对角膜光密度与角膜高阶像差的影响.眼科新进展,2019,39(11):1071-1075.

[13] Thomas KE, Brunstetter T, Rogers S, et al. Astigmatism; Risk factor for postoperative corneal haze in conventional myopic photorefractive keratectomy. J Cataract Refract Surg, 2008, 34(12):2068-2072.

[14] Kaiserman I, Sadi N, Mimouni M, et al. Corneal breakthrough haze after photorefractive keratectomy with mitomycin C; incidence and risk factors. Cornea, 2017,36(8):961-966.

[15] Ang BCH, Foo RCM, Lim EWL, et al. Risk factors for early-onset corneal haze after photorefractive keratectomy in an Asian population: Outcomes from the Singapore Armed Forces Corneal Refractive Surgery Programme 2006 to 2013. J Cataract Refract Surg, 2016,42(5):710-716.

[16] 李帅飞,游昌涛,徐玲玲,等.角膜光密度评价复性近视散光Trans-PRK术后haze特点1例.实用防盲技术,2024,19(4):168-170,136,186.

[17] Torricelli AAM, Santhanam A, Wu JH, et al. The corneal fibrosis response to epithelial-stromal injury. Exp Eye Res, 2016,142:110-118.

[18] Singh V, Jaini R, Torricelli AAM, et al. TGFβ and PDGF-B signaling blockade inhibits myofibroblast development from both bone marrow-derived and keratocyte-derived precursor cells *in vivo*. Exp Eye Res, 2014,121:35-40.

[19] Saikia P, Crabb JS, Dibbin LL, et al. Quantitative proteomic comparison of myofibroblasts derived from bone marrow and Cornea. Sci Rep, 2020,10:16717.

[20] Muzyka-Woźniak M, Oleszko A, Stróżecki Ł, et al. The corneo-scleral junction assessed with optical coherence tomography. PLoS One, 2022,17(12):e0278884.

[21] Schuerch K, Frech H, Zinkernagel M. Conjunctival microangiopathy in diabetes mellitus assessed with optical coherence tomography angiography. Trans Vis Sci Tech, 2020,9(6):10.

[22] Guimarães J, Garcia DM, Cruz AAV. Lateral globe exposure associated with Graves upper eyelid retraction; the influence of the superior complex enlargement and proptosis. Ophthalmic Plast Reconstr Surg, 2025,41(1):49-51.

[23] Cui TF, Sun HY, Hu ZZ, et al. Optical coherence tomography angiography for evaluation of conjunctival vessels in dry eyes. J Ophthalmol, 2023,2023(1):1609332.