

# 基于术前参数构建散光矫正型人工晶状体植入术后残余散光预测模型

王亚飞<sup>1</sup>, 侯明佳<sup>1</sup>, 王晓艳<sup>1</sup>, 冯 督<sup>2</sup>

引用: 王亚飞, 侯明佳, 王晓艳, 等. 基于术前参数构建散光矫正型人工晶状体植入术后残余散光预测模型. 国际眼科杂志, 2026, 26(7): 1287-1292.

基金项目: 濮阳市科技计划项目 (No.2403065)

作者单位: <sup>1</sup>(457001) 中国河南省濮阳市, 濮阳油田总医院眼科; <sup>2</sup>(457001) 中国河南省濮阳市第二人民医院眼科

作者简介: 王亚飞, 男, 本科, 副主任医师, 研究方向: 白内障、青光眼。

通讯作者: 冯督, 男, 本科, 主任医师, 研究方向: 白内障、青光眼. 313882097@qq.com

收稿日期: 2026-01-17 修回日期: 2026-05-22

## 摘要

**目的:** 探讨影响散光矫正型人工晶状体 (Toric IOL) 植入术后残余散光的术前危险因素, 并构建及验证一个可用于临床的预测模型。

**方法:** 回顾性纳入 2023 年 10 月至 2025 年 8 月于濮阳油田总医院及濮阳市第二人民医院行 Toric IOL 植入术的患者为研究对象, 根据术后 3 mo 残余散光是否  $>0.25$  D, 将患者分为残余散光  $>0.25$  D 组和残余散光  $\leq 0.25$  D 组。收集并比较两组的术前临床资料与眼部参数, 采用多因素 Logistic 回归分析筛选危险因素, 并据此构建列线图预测模型。通过受试者工作特征 (ROC) 曲线、校准曲线及 Hosmer-Lemeshow 检验评估模型的区分度、校准度和临床适用性, 并采用 Bootstrap 法进行内部验证。

**结果:** 纳入患者 103 例 103 眼, 残余散光  $\leq 0.25$  D 组 72 例 72 眼, 其中男 38 例, 女 34 例, 平均年龄  $67.35 \pm 6.12$  岁; 残余散光  $>0.25$  D 组 31 例 31 眼, 男 19 例, 女 12 例, 平均年龄  $69.87 \pm 6.45$  岁。残余散光  $>0.25$  D 组患者的糖尿病史比例、眼轴长度、角膜水平直径、平坦角膜曲率 (K1)、陡峭角膜曲率 (K2)、散光轴位及晶状体核硬度 III-IV 级比例均高于残余散光  $\leq 0.25$  D 组 (均  $P < 0.05$ ); 多因素分析显示, 角膜水平直径增大、K1 增高、K2 增高及晶状体核硬度分级升高 (III-IV 级) 是术后残余散光  $>0.25$  D 的危险因素 (均  $P < 0.05$ ); 基于此构建的列线图模型, 其 ROC 曲线下面积 (AUC) 为 0.794, 敏感度为 80.31%, 特异度为 75.20%。内部验证的一致性指数 (C-index) 为 0.865。校准曲线及 Hosmer-Lemeshow 检验 ( $\chi^2 = 5.231, P = 0.734$ ) 表明模型预测值与实际值吻合良好。

**结论:** 基于角膜水平直径、K1、K2 及晶状体核硬度构建的列线图模型具有良好的预测效能, 能有效术前预测 Toric IOL 术后残余散光风险, 为临床个体化手术方案的制定提供参考。

**关键词:** 散光矫正型人工晶状体; 残余散光; 预测模型; 列线图; 术前参数

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.7.30

## Construction of a residual astigmatism prediction model after Toric IOL implantation based on preoperative parameters

Wang Yafei<sup>1</sup>, Hou Mingjia<sup>1</sup>, Wang Xiaoyan<sup>1</sup>, Feng Du<sup>2</sup>

**Foundation item:** Puyang Municipal Science and Technology Plan Project (No.2403065)

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, Puyang Oilfield General Hospital, Puyang 457001, Henan Province, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, the Second People's Hospital of Puyang City, Puyang 457001, Henan Province, China

**Correspondence to:** Feng Du. Department of Ophthalmology, the Second People's Hospital of Puyang City, Puyang 457001, Henan Province, China. 313882097@qq.com

Received: 2026-01-17 Accepted: 2026-05-22

## Abstract

• **AIM:** To explore preoperative risk factors affecting residual astigmatism after Toric intraocular lens (IOL) implantation, and construct and verify a clinically applicable prediction model.

• **METHODS:** This retrospective study included patients who underwent Toric IOL implantation at Puyang Oilfield General Hospital and the Second People's Hospital of Puyang City from October 2023 to August 2025. Patients were categorized into two groups according to residual astigmatism at 3 mo postoperatively:  $>0.25$  D group and  $\leq 0.25$  D group. Preoperative clinical data and ocular parameters of the two groups were collected and compared. Multivariate Logistic regression analysis was used to screen risk factors, and a nomogram prediction model was established accordingly. Receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve, and Hosmer-Lemeshow test were adopted to evaluate discrimination, calibration, and clinical applicability of the model. Bootstrap method was applied for internal validation.

• **RESULTS:** Totally 103 patients (103 eyes) were

included, with 72 patients (72 eyes) in the group with residual astigmatism  $\leq 0.25$  D, including 38 males and 34 females, with an average age of  $67.35 \pm 6.12$  y; There were 31 cases (31 eyes) in group with residual astigmatism  $> 0.25$  D, including 19 males and 12 females, with an average age of  $69.87 \pm 6.45$  y. The proportion of patients with a history of diabetes, as well as the values for axial length, horizontal corneal diameter, flat corneal curvature (K1), steep corneal curvature (K2), astigmatic axis and proportion of lens nuclear hardness grade III - IV were significantly higher in the residual astigmatism group  $> 0.25$  D than those in the residual astigmatism  $\leq 0.25$  D group (all  $P < 0.05$ ). Multivariate analysis identified increased horizontal corneal diameter, higher K1 value, higher K2 value, and higher lens nuclear hardness (grade III - IV) as independent risk factors for postoperative residual astigmatism  $> 0.25$  D (all  $P < 0.05$ ). The nomogram constructed from these factors demonstrated that the area under the ROC curve (AUC) was 0.794, with a sensitivity of 80.31% and a specificity of 75.20%. The concordance index (C - index) of internal validation was 0.865. Calibration curve and Hosmer-Lemeshow test ( $\chi^2 = 5.231$ ,  $P = 0.734$ ) indicated good consistency between predicted and actual values of the model.

• **CONCLUSION:** The nomogram model established based on horizontal corneal diameter, K1, K2 and lens nucleus hardness exhibits favorable predictive performance. It can effectively predict the risk of residual astigmatism prior to Toric IOL surgery, providing reference for individualized clinical surgical planning.

• **KEYWORDS:** Toric intraocular lens; residual astigmatism; prediction model; nomogram; preoperative parameters

**Citation:** Wang YF, Hou MJ, Wang XY, et al. Construction of a residual astigmatism prediction model after Toric IOL implantation based on preoperative parameters. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026, 26(7): 1287-1292.

## 0 引言

白内障作为国内首要的致盲性眼病,超声乳化吸除联合人工晶状体植入是白内障的有效治疗手段。在屈光性手术时代,提升术后视功能的关键环节之一是矫正角膜散光。对此,采用散光矫正型人工晶状体(toric intra-ocular lens, Toric IOL)是处理规则角膜散光的理想选择,然而临床观察发现,部分患者术后仍存在不同程度的残余散光,影响其裸眼视力和视觉质量<sup>[1]</sup>。目前,临床医生主要依赖经验公式进行人工晶状体选择,缺乏能够整合多维度术前参数以精准预测个体术后残余散光的工具,这可能导致术前计划与术后结果存在偏差<sup>[2-3]</sup>。因此,开发一种基于客观术前指标的预测模型,对提升手术精准度具有重要意义。本研究旨在回顾性系统分析 Toric IOL 植入术患者的术前参数,筛选术后残余散光的危险因素,构建并验证直观的列线图预测模型,以期为术前识别高风险患者、优化手术规划提供客观依据。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 回顾性分析 2023 年 10 月至 2025 年 8 月于濮阳油田总医院及濮阳市第二人民医院行 Toric IOL 植入术治疗的白内障患者为研究对象。纳入标准:(1)年龄  $\geq 50$  岁;(2)术前诊断为年龄相关性白内障<sup>[4]</sup>,且伴有  $\geq 0.75$  D 的规则角膜散光;(3)术前完成了相关参数测量;(4)由同一经验丰富的医生团队成功完成 Toric IOL 植入术;(5)术后临床资料及随访数据完整。排除标准:(1)术中发生并发症(如后囊膜破裂)或人工晶状体位置异常者;(2)术前存在影响角膜形态或导致不规则散光的眼部疾病;(3)既往有眼部手术史或严重眼外伤史;(4)合并未受控制的全身性疾病可能影响手术愈合或屈光结果者。本研究取得医学伦理委员会审查批准,所有参与者均签署知情同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 资料收集** 从医院的电子病历系统中提取相关患者的数据,收集年龄、性别、身体质量指数(body mass index, BMI)、慢性病史等临床资料。

**1.2.2 术前参数检测** 采用光学生物测量仪 IOL Master 700 对患者进行术前眼部关键参数的测量。通过其一次性全参数扫描模式获取眼轴长度、前房深度、角膜水平直径、中央角膜厚度、平坦角膜曲率(K1)、陡峭角膜曲率(K2)及散光轴位等数据。为确保测量结果的准确性,所有数据采集均在低光照条件下完成,受试者保持坐姿,并将额部与下颌稳固置于仪器支撑架上,注视设备内置固视点,随后在控制界面启动全参数扫描程序。仪器自动完成从角膜前顶点至视网膜色素上皮层的全程扫描,并计算各参数的平均值。由高年资医师通过裂隙灯显微镜依据 Emery-Little 分级标准临床评估晶状体核硬度:将晶状体透明或仅轻度混浊定义为 I - II 级,琥珀色或棕色混浊定义为 III - IV 级。验光师则使用综合验光仪通过主觉验光确定目标球镜度数,该过程包括球镜、柱镜的精调以及交叉圆柱镜的验证。

**1.2.3 手术方法** 所有患者均接受白内障超声乳化联合 Toric IOL 植入术,全部流程由同一位资深主刀医生实施。术前完成全面眼部评估,应用光学生物测量仪测定眼轴距离,据此确定 Toric IOL 屈光度;借助角膜地形图分析散光轴向,并在角膜表面标记目标轴线。手术采取表面麻醉方式,沿散光主导方向在透明角膜处作 3.0 mm 主切口,若术中判断存在皮质清除困难、Toric IOL 轴向调整操作空间不足或需要改善前房液流动力学等情况,则于邻近透明角膜处增设 1-2 个辅助切口。接着施行连续环形撕囊术,将前囊口直径维持在 5.0-5.5 mm 范围,以提升晶状体稳定性。借助超声乳化系统将混浊的晶状体核乳化后吸出,并彻底清理残留皮质。随后通过推注器将 Toric IOL 放入囊袋,在高倍显微镜下将其轴向精确调整至预设位置,并与标记线严格对准,从而保证散光矫正效果。手术切口可自行闭合,无需缝合,保持良好密封状态。术后统一使用抗生素滴眼液联合糖皮质激素滴眼液进行局部抗炎抗感染处理,持续 2-4 wk。

**1.2.4 随访及分组** 所有患者术后接受 3 mo 的常规复诊,通过门诊检查、电话回访及微信沟通等方式完成随访。根据既往研究<sup>[5]</sup>,散光最低矫正度数为 0.5 D。为更敏感地

识别有术后残余散光风险的患者,并构建早期预警模型,本研究采用了较常规临床意义阈值(>0.5 D)更为严格的截断值(>0.25 D)进行分组分析。所以本研究将 Toric IOL 植入术后 3 mo 主觉验光(即综合验光)获得的柱镜度数是是否>0.25 D 作为结局事件,将患者分为残余散光≤0.25 D 组与残余散光>0.25 D 组。

统计学分析:采用 SPSS25.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;非正态分布的计量资料以中位数(四分位数) [*M*(*Q*1, *Q*3)] 表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验;计数资料以 *n*(%) 描述,组间比较采用  $\chi^2$  检验;通过多因素 Logistic 回归分析确定影响因素后,进一步运用 R 语言(3.6.3 版)及相关程序包构建列线图模型。采用受试者工作特征(ROC)曲线评估模型的区分能力,通过计算曲线下面积(AUC),并结合灵敏度、特异度等指标综合评价预测效能。利用 Hosmer-Lemeshow 检验及校准曲线分析预测概率与实际结果的一致性。采用 Bootstrap 法进行内部验证,并通过一致性指数(C-index)评估模型区分度。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组患者一般资料与术前参数比较 共纳入患者 103 例 103 眼,残余散光≤0.25 D 组 72 例 72 眼,残余散光

>0.25 D 组 31 例 31 眼。残余散光>0.25 D 组的糖尿病史比例、眼轴长度、角膜水平直径、K1、K2、散光轴位、晶状体核硬度 III-IV 级比例均高于残余散光≤0.25 D 组(均 *P*<0.05);另外在年龄、性别、BMI、高血压史、心血管病史、前房深度、中央角膜厚度、目标球镜度数的比较上,两组差异无统计学意义(均 *P*>0.05),见表 1。

2.2 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 的多因素 Logistic 回归分析 建立非条件 Logistic 回归模型,以全部 103 眼行 Toric IOL 植入术的患者作为研究样本,将患者术后残余散光状态设定为因变量(残余散光≤0.25 D=0,残余散光>0.25 D=1)。以一般资料分析中有显著差异的 7 个项目为自变量,赋值见表 2。多因素分析结果显示,角膜水平直径增大、K1 增高、K2 增高以及晶状体核硬度分级升高(III-IV 级)是 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 的危险因素(均 *P*<0.05),见表 3。

2.3 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 风险的列线图构建 多因素分析显示,将角膜水平直径、K1、K2 及晶状体核硬度分级作为预测 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 的预测因子,构建预后风险列线图模型,见图 1。总分 0-240 分(对应预后不良发生概率 0.10-0.90),患者得分越高,Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 的风险越高。

表 1 两组患者一般资料与术前参数比较

参数	残余散光≤0.25 D 组( <i>n</i> =72)	残余散光>0.25 D 组( <i>n</i> =31)	$\chi^2/t/Z$	<i>P</i>
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	67.35±6.12	69.87±6.45	1.886	0.062
性别			0.635	0.425
男(例,%)	38(53)	19(61)		
女(例,%)	34(47)	12(39)		
BMI( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	24.12±3.08	24.65±3.42	0.775	0.440
糖尿病史(例,%)	15(21)	13(42)	4.411	0.036
高血压史(例,%)	28(39)	19(61)	3.754	0.053
心血管病史(例,%)	12(17)	9(29)	2.041	0.153
眼轴长度( $\bar{x} \pm s$ , mm)	23.82±0.84	24.29±0.93	2.522	0.013
前房深度( $\bar{x} \pm s$ , mm)	3.08±0.41	2.96±0.38	1.392	0.167
角膜水平直径( $\bar{x} \pm s$ , mm)	10.72±0.43	11.89±0.45	12.491	<0.001
中央角膜厚度( $\bar{x} \pm s$ , μm)	543.25±37.84	538.59±39.71	0.565	0.573
K1( $\bar{x} \pm s$ , D)	42.95±1.50	44.58±1.62	4.938	<0.001
K2( $\bar{x} \pm s$ , D)	44.43±1.47	45.70±1.55	3.957	<0.001
散光轴位 [ <i>M</i> ( <i>Q</i> 1, <i>Q</i> 3), 度]	88.00(15.00, 162.00)	92.00(18.00, 165.00)	16.112	<0.001
晶状体核硬度 III-IV 级(眼,%)	30(42)	26(84)	15.558	<0.001
目标球镜度数( $\bar{x} \pm s$ , D)	-0.20±0.14	-0.22±0.17	0.623	0.535

表 2 变量赋值表

项目	赋值说明
糖尿病史	无=0, 有=1
眼轴长度	连续变量
角膜水平直径	连续变量
K1	连续变量
K2	连续变量
散光轴位	连续变量
晶状体核硬度分级	I-II 级=0, III-IV 级=1

表3 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 的多因素 Logistic 回归分析

变量	$\beta$	S.E	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
糖尿病史	0.802	0.301	7.102	0.108	2.231	0.841-4.165
眼轴长度	0.048	0.062	0.599	0.439	1.049	0.929-1.185
角膜水平直径	0.408	0.152	7.203	0.007	1.504	1.116-2.027
K1	0.695	0.198	12.319	<0.001	2.003	1.359-2.953
K2	0.392	0.101	15.058	<0.001	1.480	1.215-1.802
散光轴位	0.009	0.021	0.184	0.668	1.009	0.968-1.052
晶状体核硬度分级	1.215	0.412	8.701	0.003	3.370	1.503-7.556

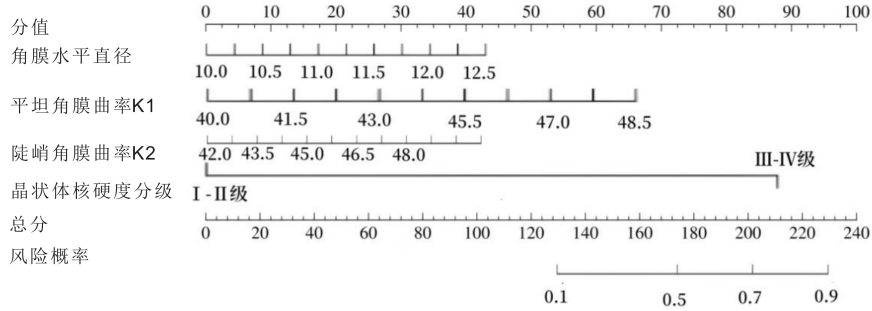


图1 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 风险的列线图。

**2.4 预测模型的验证及预测效能评估** Hosmer-Lemeshow 检验显示模型校准度良好 ( $\chi^2 = 5.231, P = 0.734$ ), 预测概率与实际观测值高度一致, 见图2。采用 Bootstrap 法内部验证 (1 000 次重复抽样), 模型的一致性指数为 0.865 (95%CI: 0.801-0.941), 显示出优秀的区分度。ROC 曲线分析显示, 模型预测残余散光>0.25 D 的 AUC 为 0.794 (95%CI: 0.757-0.832), 敏感度为 80.31%, 特异度为 75.20% ( $P < 0.001$ ), 见图3。

### 3 讨论

随着屈光性白内障手术技术的进步, 患者对于术后视觉质量的期望也日益提升, 已从基本的“看得见”转向追求更清晰、舒适和持久的视觉体验。角膜散光是影响术后视功能的关键因素, 其精准矫正对手术成功至关重要。Toric IOL 针对规则性散光虽具备良好的矫正效果, 但术后残余散光仍常见, 约 20%-30% 患者存在此问题, 导致裸眼视力下降、眩光等症状, 严重影响手术疗效<sup>[6-7]</sup>。因此, 构建预测残余散光的风险评估模型对术前规划、人工晶状体选择及预后提升具有重要意义。

本研究显示, 残余散光>0.25 D 组的糖尿病史比例更高。究其原因可能是, 糖尿病患者长期高血糖状态可诱发角膜内皮功能障碍和基质胶原交联异常, 改变角膜生物力学特性, 使其更易受手术干预影响, 增加形态不稳定性, 从而提升残余散光风险<sup>[8-9]</sup>。本研究结果凸显了角膜形态参数在预测残余散光中的关键作用。角膜水平直径增大可能反映角膜形态的扁平化趋势。较大的角膜直径可能削弱切口闭合的紧密性, 增加术后切口相关角膜畸变风险<sup>[10]</sup>。既往研究<sup>[11-12]</sup>表明, 角膜水平直径较小 (如  $\leq 11.6$  mm) 的患眼更易发生术源性散光, 而本研究中残余散光高风险组的平均角膜直径显著更高, 提示该参数对散光矫正稳定性的影响可能存在非线性或阈值效应, 需结合切口位置与构型综合分析。K1 与 K2 增高共同决定角膜总散光量及规则性<sup>[13-14]</sup>。高 K 值 (尤其是 K2) 通常提

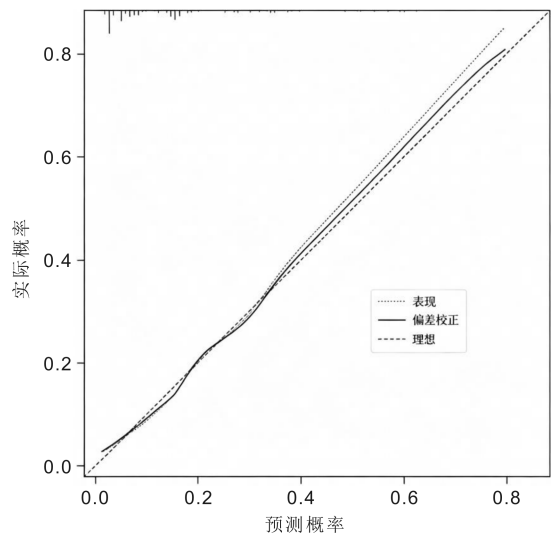


图2 列线图风险模型预测 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 的校正曲线。

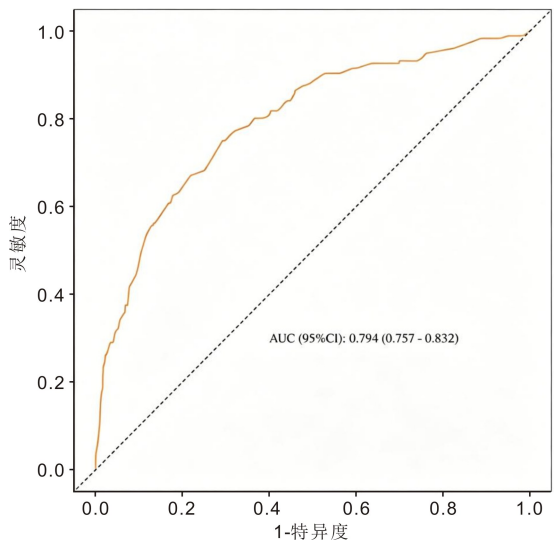


图3 列线图风险模型预测 Toric IOL 植入术后残余散光>0.25 D 的 ROC 曲线。

示角膜更陡峭,其生物力学稳定性可能较差。术中切口或人工晶状体植入引起的局部应力变化更容易诱发此类角膜形态改变,导致预设的 Toric IOL 矫正效力偏差<sup>[15-16]</sup>。此外,高曲率角膜对术中轴位标记误差的敏感性更高,微小的旋转偏移即可引起显著的残余散光<sup>[17-18]</sup>。这与多项研究结果一致,即陡峭角膜是术后屈光误差和 Toric IOL 计算不确定性的已知风险因素<sup>[19-20]</sup>,支持了本研究的发现。核硬度升高直接增加超声乳化手术难度,高能量超声或延长操作时间可能加剧角膜内皮损伤、切口热效应及囊袋应力,间接诱发角膜形态变化或人工晶状体位置偏移<sup>[21-22]</sup>。本研究中 84% 的高残余散光患者存在 III-IV 级核硬度,显著高于低风险组(42%),证实其作为独立风险因素的临床意义。此发现与关注超声乳化能量与角膜反应的研究<sup>[23]</sup>结论相符,共同强调了硬核白内障手术对术后视觉质量影响的复杂性。

基于四项术前指标构建的列线图模型,经验证性能优异。该模型通过整合患者角膜形态特征及晶状体状况等多维度信息,实现了对术后残余散光风险的个体化评估。列线图模型 ROC 曲线分析显示 AUC 达到 0.794,说明该模型展现出良好的区分能力,能够有效鉴别高危与低危人群。Bootstrap 内部验证的 C-index 为 0.865,进一步证实了模型的稳定性。校准曲线分析表明,模型的预测概率与实际观测风险之间具有良好的一致性,表明模型拟合良好。与既往针对糖尿病性白内障患者、旨在预测术后并发症(黄斑水肿)的研究<sup>[24]</sup>相比,本研究将角膜水平直径、角膜曲率等常规形态学参数与晶状体核硬度整合,构建了面向所有需行散光矫正的白内障患者的屈光结果预测工具。这强调了本研究不依赖于特定的全身性疾病状态,其模型参数源于术前常规检查,因而具有更广泛的临床应用场景和便捷的术前评估优势。本研究构建了一个整合了常规、易获取的术前生物参数(角膜水平直径、角膜曲率、晶状体核硬度)的列线图模型,用于预测 Toric IOL 术后的残余散光风险。该模型不依赖特殊检查或特定疾病状态,实用性强,为临床提供了一个直观、量化的术前风险评估工具。在临床应用价值上,该模型可帮助术者在术前快速识别出具有高残余散光风险的患者。对于此类高危患者,可提前采取更积极的个性化干预策略,例如:选择矫正范围更广或更精确的高阶 Toric IOL;在手术中使用数字导航系统以最大限度降低轴向定位误差;优化主切口和辅助切口的设计以减小手术源性散光;或与患者进行更充分的术前沟通,管理其术后预期。这有望从整体上提升屈光性白内障手术的精准性和患者满意度<sup>[25-27]</sup>。然而,本研究存在一定的局限性:(1)样本量相对有限,且为单中心回顾性设计,未开展外部验证,可能导致结果存在一定偏倚,模型的普适性有待进一步证实;(2)本预测模型仅纳入了常规、易获取的术前生物计量学参数,未能涵盖所有可能影响散光的眼部因素,如角膜后表面散光、眼表状态等,这些因素可能对模型的完整解释力构成限制;(3)作为一项聚焦于“术前参数”预测效能的研究,我们通过由同一位资深医生执行标准化手术来尽力控制技术变量的变异,但手术切口相关的散光及术后人工晶状体潜在的微细旋转等混杂

因素仍难以完全消除。未来研究可通过扩大样本规模、进行多中心外部验证,并结合术中导航、术后像差分析等技术,以更精确地量化各类因素的独立贡献,从而提升模型的可靠性与临床指导价值。

综上所述,角膜水平直径、角膜曲率及晶状体核硬度是 Toric IOL 植入术后残余散光的危险因素。基于上述因素构建的列线图预测模型具有良好的区分度、校准度和临床适用性,可为术前风险评估和手术方案优化提供实用工具。通过早期筛查高危人群并实施个体化干预方案,有望显著提升屈光性白内障手术的精准性和患者满意度。

**利益冲突声明:** 本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:** 王亚飞论文选题与修改,初稿撰写;侯明佳文献检索;王晓艳数据分析;冯督选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

#### 参考文献

- [1] 周敏, 张晓俊. 散光矫正型人工晶状体术后发生旋转的相关因素的研究进展. 中国耳鼻咽喉科杂志, 2025, 25(2): 163-167.
- [2] 卢建群, 乐原. 不同角膜曲率参数用于散光矫正型人工晶状体植入术的准确性对比研究. 华西医学, 2025, 40(4): 572-578.
- [3] Paranjpe R, Hirawat R, Kamdar GA, et al. Safety and effectiveness of Eyecryl toric intraocular lenses in the correction of astigmatism post-phacoemulsification: a retrospective study. Indian J Ophthalmol, 2025, 73(12): 1748-1753.
- [4] 美国眼科学会. 眼科临床指南(第2版). 北京: 人民卫生出版社, 2013.
- [5] Chatterjee D, Mittal V. Novel custom designed toric piggyback intraocular lens for the correction of residual postoperative astigmatism. Indian J Ophthalmol, 2023, 71(5): 2247-2250.
- [6] 杨静, 曾明兵, 杨军, 等. 外光源辅助角膜标记法在 Toric 人工晶状体植入术中的临床应用. 武汉大学学报(医学版), 2023, 44(2): 219-222.
- [7] 金恬如, 李晶晶, 于兰, 等. 角膜后表面散光对散光型人工晶状体柱镜计算影响的临床研究. 眼科, 2023, 32(5): 397-402.
- [8] 冯艳霞, 李小磊, 左建霞, 等. 小牛血去蛋白提取物眼用凝胶联合玻璃酸钠滴眼液治疗白内障术后干眼的效果观察——评《糖尿病相关眼部病变》. 世界中医药, 2024, 19(9): 10001.
- [9] 马雨雨, 陈立杰, 徐威威, 等. 殷克敬教授治疗糖尿病性动眼神经麻痹的临证经验总结. 中国医药导报, 2023, 20(11): 154-157.
- [10] 李晓莉, 谢怡, 林丽勉, 等. 有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后早期拱高变化的影响因素分析. 中华眼科杂志, 2024, 60(2): 168-175.
- [11] Hu ZX, Cao JG, Ke Y, et al. Symmetrical femtosecond laser arc incision in correcting corneal astigmatism in cataract patients. Int J Ophthalmol, 2023, 16(12): 1996-2003.
- [12] 张明栋, 王雁, 赵新恒. 视眼像差与人眼客观焦深的关联性分析. 中华实验眼科杂志, 2024, 42(4): 347-353.
- [13] 曲诗佳, 宋芬, 李煜桐, 等. 成人近视眼视网膜周边离焦分布特征及其与屈光度的相关性分析. 中华实验眼科杂志, 2025, 43(7): 625-630.
- [14] 蒋洪, 郝亚静, 高艺, 等. 运用眼表综合分析仪分析高龄人群白内障术前角膜曲率值. 国际眼科杂志, 2025, 25(7): 1167-1171.
- [15] Choi JY, Kim H, Kim JK, et al. Deep learning prediction of steep and flat corneal curvature using fundus photography in post-COVID

telemedicine era. *Med Biol Eng Comput*, 2024,62(2):449-463.

[16] Qin YY, Liu LP, Mao Y, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation based on total keratometry in patients with flat and steep corneas. *Am J Ophthalmol*, 2023,247:103-110.

[17] 崔燕, 刘红杰, 张珍珍, 等. 高曲率近视患者行 FS-LASIK 和 LASEK 屈光术后对患者角膜、前房形态变化的影响. *新疆医科大学学报*, 2024,47(12):1627-1631.

[18] 张莎莎, 宿蕾艳, 张守康, 等. 不同设计角膜塑形镜治疗青少年近视伴散光的效果及对角膜透明度, 曲率, 内皮细胞及知觉变化的影响. *临床和实验医学杂志*, 2024,23(1):87-90.

[19] Osawa R, Sano M, Yuguchi T, et al. Effects of modified haptics on surgical outcomes and rotational stability of toric intraocular lens implantation. *J Refract Surg*, 2022,38(10):648-653.

[20] Ling JYM, Qiao G, Iovieno A, et al. Visual outcomes of cataract surgery in patients with keratoconus using toric and non-toric lenses. *J Refract Surg*, 2023,39(5):319-325.

[21] 杨晓玮, 高祎, 姜雅琴, 等. 飞秒激光辅助的超声乳化白内障

吸除术对糖尿病合并不同核硬度白内障患者角膜内皮及预后的影响. *中华眼科杂志*, 2024,60(6):511-517.

[22] Xu Z, Yin K, Wang LM, et al. SS-OCT-based ocular biometric characteristics of patients with nuclear cataract. *Bio Medical Eng OnLine*, 2025,24(1):56.

[23] 岳嘉琦, 王睿, 马挺, 等. 白内障超声乳化术后角膜厚度变化与术源性散光的相关性. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2023,25(11):853-859.

[24] 刘兵, 秦洁, 段继云, 等. 糖尿病性白内障超声乳化术后黄斑水肿风险预测模型构建. *国际眼科杂志*, 2025,25(10):1650-1655.

[25] 王珍, 秦虹, 于磊, 等. Toric IOL 轴位旋转 1 例原因及对策分析. *中国中医眼科杂志*, 2024,34(11):1070-1072.

[26] 王燕, 董永孝, 姜春辉. 不同设计 Toric 人工晶状体对白内障合并角膜散光患者术后屈光误差的影响分析. *临床和实验医学杂志*, 2025,24(7):750-754.

[27] 冯劼, 罗艳. 25G 玻璃体切除联合超声乳化手术中散光人工晶状体的应用. *华中科技大学学报(医学版)*, 2024,53(4):507-513.