

超声乳化联合 IOL 植入术后发生后囊膜混浊的影响因素及列线图预测模型

张妍¹, 王星², 白玉彦¹, 贺广秀¹, 李素华¹, 袁祖旭¹

引用:张妍, 王星, 白玉彦, 等. 超声乳化联合 IOL 植入术后发生后囊膜混浊的影响因素及列线图预测模型. 国际眼科杂志, 2026, 26(6):1043-1048.

作者单位:(473000)中国河南省南阳市中心医院¹眼科;²心血管内科

作者简介:张妍,女,硕士,主治医师,研究方向:白内障与晶状体疾病临床诊疗。

通讯作者:张妍. zhgyan70@163.com

收稿日期:2025-09-28 修回日期:2026-04-28

摘要

目的:分析超声乳化联合人工晶状体(IOL)植入术后患者发生后囊膜混浊的影响因素,基于此构建列线图预测模型。

方法:回顾性队列研究,采用便利抽样法。模型组选取2019年1月至2021年3月于我院连续收治的接受超声乳化联合 IOL 植入手术的白内障患者。外部验证组选取2021年4月至2022年3月于我院连续收治的接受超声乳化联合 IOL 植入手术的白内障患者。根据随访36 mo 期间是否发生后囊膜混浊分为发生后囊膜混浊组和未发生后囊膜混浊组。比较模型组发生后囊膜混浊组和未发生后囊膜混浊组患者的临床资料,多因素 Logistic 回归分析影响白内障患者术后发生后囊膜混浊的因素,并在此基础上构建列线图预测模型。采用校准曲线对模型组的预测模型进行校准度验证,通过决策曲线评估模型的临床预测效能。

结果:本研究模型组共纳入白内障患者256例256眼,术后发生后囊膜混浊组47例47眼(18.4%)和未发生后囊膜混浊组209例209眼。患者的年龄、眼部手术史、合并糖尿病、合并青光眼、高度近视、手术时间、麻醉方式、植入 IOL 材料类型比较均有差异(均 $P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,有眼部手术史、年龄、亲水性 IOL 材料、合并青光眼、手术时间均是影响白内障患者术后发生后囊膜混浊的因素(均 $P<0.05$)。外部验证组共纳入白内障患者112例112眼,术后发生后囊膜混浊组22例22眼和未发生后囊膜混浊组90例90眼。检验结果表明,预测患者白内障术后发生后囊膜混浊的概率与实际白内障患者术后发生后囊膜混浊的概率比较均无差异($\chi^2_A = 3.214$, $P_A = 0.920$; $\chi^2_B = 10.979$, $P_B = 0.203$), C-index 分别为0.904(0.855-0.952)、0.908(0.846-0.970)。决策曲线分析表明,当模型组患者的预测风险阈值 >0.04 ,外部验证组中患者预测风险阈值 >0.02 时,该预测模型可以为临床决策提供显著的净获益。ROC 曲线结果显示,训练队列和外部验证队列白内障患者术后发生后囊膜混浊风险评分分别为0.904(0.861-0.937)和0.913(0.872-0.945),说明该预

测模型具有较好的区分度。

结论:年龄、有眼部手术史、合并青光眼、手术时间、亲水性 IOL 材料是白内障超声乳化联合 IOL 植入术后患者发生后囊膜混浊的影响因素,在此基础上构建的列线图预测模型为患者术后发生后囊膜混浊的防治提供重要的策略指导。

关键词:白内障;超声乳化;人工晶状体(IOL)植入;后囊膜混浊;预测模型

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.6.19

Influencing factors and nomogram prediction model for posterior capsular opacification after phacoemulsification combined with IOL implantation

Zhang Yan¹, Wang Xing², Bai Yuyan¹, He Guangxiu¹, Li Suhua¹, Yuan Zuxu¹

¹Department of Ophthalmology; ²Department of Cardiovascular, Nanyang Central Hospital, Nanyang 473000, Henan Province, China

Correspondence to: Zhang Yan. Department of Ophthalmology, Nanyang Central Hospital, Nanyang 473000, Henan Province, China. zhgyan70@163.com

Received:2025-09-28 Accepted:2026-04-28

Abstract

• **AIM:** To analyze the influencing factors for posterior capsular opacification (PCO) in patients after phacoemulsification combined with intraocular lens (IOL) implantation, and to construct a nomogram prediction model based on these factors.

• **METHODS:** This was a retrospective cohort study conducted using convenience sampling. The model group comprised cataract patients who underwent phacoemulsification combined with IOL implantation at the hospital from January 2019 to March 2021. The external validation group included the same cohort of patients treated between April 2021 and March 2022. Patients were categorized into those with PCO and those without PCO based on the occurrence of PCO during follow-up. Clinical characteristics were compared between the PCO-positive and PCO-negative subgroups within the model group. Multivariate Logistic regression analysis was performed to identify factors influencing postoperative PCO in cataract patients, followed by the construction of a nomogram

prediction model. The calibration curve was used to validate the model's performance in the model group, and the decision curve was employed to assess its clinical predictive efficacy.

• **RESULTS:** The study model cohort included 256 patients (256 eyes), comprising 47 cases (47 eyes) with postoperative PCO and 209 cases (209 eyes) without PCO. Significant differences were observed in patient age, surgical history, comorbidities (diabetes, glaucoma, high myopia), operative duration, anesthesia method, and type of IOL material (all $P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis revealed that surgical history, age, hydrophilic IOL material, comorbid glaucoma, and operative duration were all influencing factors for postoperative PCO in cataract patients (all $P < 0.05$). The external validation cohort comprised 112 cataract patients (112 eyes), including 22 cases (22 eyes) with postoperative PCO and 90 cases (90 eyes) without PCO. Statistical analyses showed no significant difference between the predicted and actual postoperative PCO probabilities ($\chi^2_A = 3.214$, $P_A = 0.920$; $\chi^2_B = 10.979$, $P_B = 0.203$), with C-index values of 0.904 (0.855–0.952) and 0.908 (0.846–0.970), respectively. Decision curve analysis demonstrated that the predictive model provided significant net benefit for clinical decision-making when the predicted risk threshold exceeded 0.04 in the model cohort and 0.02 in the external validation cohort. The ROC curve results demonstrated that the risk scores for PCO postoperatively in cataract patients from the training cohort and external validation cohort were 0.904 (0.861–0.937) and 0.913 (0.872–0.945), respectively, indicating that the predictive model exhibits good discriminative power.

• **CONCLUSION:** Age, history of ocular surgery, comorbid glaucoma, operative duration, and hydrophilic IOL material are influencing factors for PCO after phacoemulsification combined with IOL implantation. The nomogram prediction model constructed based on these factors provides valuable guidance for the prevention and management of PCO in clinical practice.

• **KEYWORDS:** cataract; phacoemulsification; intraocular lens (IOL) implantation; posterior capsular opacification; prediction model

Citation: Zhang Y, Wang X, Bai YY, et al. Influencing factors and nomogram prediction model for posterior capsular opacification after phacoemulsification combined with IOL implantation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026, 26(6): 1043–1048.

0 引言

后囊膜混浊又称后发性白内障,是白内障患者术后常见的并发症,主要表现为白内障囊外摘除术后或晶状体外伤后,残留的囊膜、晶状体上皮细胞及纤维组织的增殖、迁移及分化,形成半透明或不透明组织而导致的混浊^[1]。虽然手术方法及人工晶状体(intraocular lens, IOL)的材质和设计得到了改进,但成人术后发生后囊膜混浊的发生率约为8%–34.3%,而在儿童群体中,这一比例可高达将近

100%^[2–3]。后囊膜混浊作为导致白内障患者术后视力下降的主要原因之一,降低患者术后的满意度^[4–5]。超声乳化联合IOL植入术是目前白内障治疗的主流术式,尽管其技术已较为成熟,但术后后囊膜混浊仍是影响患者远期视觉质量的主要并发症之一^[6]。目前,关于术后发生后囊膜混浊的关键影响因素尚未达成共识,目前尚未见相关列线图预测模型的公开报道。因此,探讨影响白内障患者术后发生后囊膜混浊的因素,并在此基础上构建列线图预测模型,对于优化临床决策、改善患者预后具有重要的临床价值。作为一种直观的风险评估工具,列线图模型在临床预后预测中展现出显著优势,为临床干预措施的制定提供客观依据^[7]。本研究通过临床数据分析,旨在明确后囊膜混浊发生的影响因素,并在此基础上构建具有临床实用价值的列线图预测模型。研究成果将为后囊膜混浊的早期预防和个体化治疗提供理论支持,对提升白内障手术治疗的整体效果具有重要的科学意义和临床应用价值。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性队列研究,采用便利抽样法。模型组选取2019年1月至2021年3月于我院连续收治的接受超声乳化联合IOL植入手术的白内障患者。外部验证组选取2021年4月至2022年3月于我院连续收治的接受超声乳化联合IOL植入手术的白内障患者。纳入标准:(1)符合白内障诊断标准^[8];(2)行超声乳化联合IOL植入手术;(3)年龄 ≥ 18 岁;(4)临床资料保存完整,随访信息完善。排除标准:(1)存在手术禁忌证;(2)先天性白内障者;(3)存在认知障碍、精神状态不稳定或无法有效沟通的患者;(4)关键研究变量缺失率 $> 20\%$ 且经多重插补后仍无法有效估计者。根据术后36 mo随访期间是否发生后囊膜混浊,分为发生后囊膜混浊组和未发生后囊膜混浊组。本次研究的实施严格遵循医学伦理规范,研究方案已通过医院医学伦理委员会的审查(批号:20250612026)。本研究为回顾性研究,豁免知情同意,所有参与者数据均进行匿名化处理。

1.2 方法 通过系统查阅患者的纸质病历档案及电子医疗记录数据库,全面收集相关临床数据,包括性别、年龄、患眼、白内障类型、眼部手术史、吸烟史、饮酒史、合并症(高血压、糖尿病、高脂血症、慢性肾病、青光眼、葡萄膜炎)、有无高度近视、手术时间、术后眼压、麻醉方式、植入IOL材料类型。本研究纳入患者均采用球后或球周麻醉,未采用表面麻醉。选择该麻醉方式的原因是:对于合并青光眼、高度近视或预计手术时间较长的患者,球周/球后麻醉可提供更稳定的术中镇痛与眼球制动效果,减少患者术中配合不佳导致的操作扰动,降低手术相关并发症风险,故将麻醉方式纳入术后后囊膜混浊的影响因素分析。术后36 mo的结局信息,资料收集截止至2025年3月31日。

统计学分析:采用SPSS 26.0统计软件分析数据。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。行LASSO回归筛选出最具预测价值的因素。将筛选出的因素纳入多因素Logistic回归分析,判断影响术后患者发生后囊膜混浊的影响因素。借助Medcalc软件绘制ROC曲线,并计算曲线下面积。基于多因素分析结果构建列线图预测模型。

通过校准曲线评估模型的预测准确性,并利用决策曲线分析检验模型的临床适用性。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 模型组白内障患者术后发生后囊膜混浊的单因素分析 本研究模型组共纳入白内障患者 256 例 256 眼,术后发生后囊膜混浊组 47 例 47 眼和未发生后囊膜混浊组 209 例 209 眼。患者的年龄、眼部手术史、合并糖尿病、合

并青光眼、高度近视、手术时间、麻醉方式、植入 IOL 材料类型比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 1。

2.2 LASSO 回归筛选出白内障患者术后发生后囊膜混浊最具预测价值的因素 采用 LASSO 回归筛选变量对表 1 中的影响因子进行深入分析,以 λ_{min} 为标准筛选最佳匹配因子,得到该模型最佳匹配因素为年龄、眼部手术史、合并糖尿病、合并青光眼、高度近视、手术时间、麻醉方式、植入 IOL 材料类型共 8 项,见图 1。

表 1 模型组白内障患者术后发生后囊膜混浊的单因素分析

指标		发生后囊膜混浊组 (n=47)	未发生后囊膜混浊组 (n=209)	$t/\chi^2/Z$	P
性别(例,%)	男	26(55.3)	112(53.6)	0.215	0.830
	女	21(44.7)	97(46.4)		
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)		57.34 \pm 8.23	64.94 \pm 10.18	4.820	<0.01
患眼(眼,%)	左	27(57.5)	117(56.0)	0.979	0.328
	右	20(42.5)	92(44.0)		
白内障类型(眼,%)	年龄相关性	40(85.1)	195(93.3)	1.826	0.068
	先天性	1(2.1)	3(1.4)		
	外伤性	3(6.4)	3(1.4)		
	并发症	3(6.4)	8(3.8)		
眼部手术史(例,%)	有	23(48.9)	8(3.8)	8.548	<0.01
	无	24(51.1)	201(96.2)		
吸烟史(例,%)	有	22(46.8)	108(51.7)	0.602	0.547
	无	25(53.2)	101(48.3)		
饮酒史(例,%)	有	28(59.6)	109(52.2)	0.920	0.358
	无	19(40.4)	100(47.8)		
合并症(例,%)	高血压	15(31.9)	52(24.9)	0.989	0.322
	糖尿病	26(55.3)	73(34.9)		
	高脂血症	22(46.8)	81(38.8)		
	慢性肾病	2(4.3)	5(2.4)		
	青光眼	7(14.9)	5(2.4)		
	葡萄膜炎	3(6.4)	12(5.7)		
高度近视(眼,%)	有	9(19.2)	10(4.8)	3.388	0.001
	无	38(80.8)	199(95.2)		
手术时间($\bar{x} \pm s$,min)		22.15 \pm 4.67	17.75 \pm 4.51	5.447	<0.01
术后眼压($\bar{x} \pm s$,mmHg)		17.56 \pm 3.12	17.72 \pm 3.24	0.303	0.762
麻醉方式(例,%)	球周	32(68.1)	108(51.7)	2.038	0.042
	球后	15(31.9)	101(48.3)		
植入 IOL 材料类型(例,%)	亲水性	43(91.5)	152(72.7)	2.723	0.006
	疏水性	4(8.5)	57(27.3)		

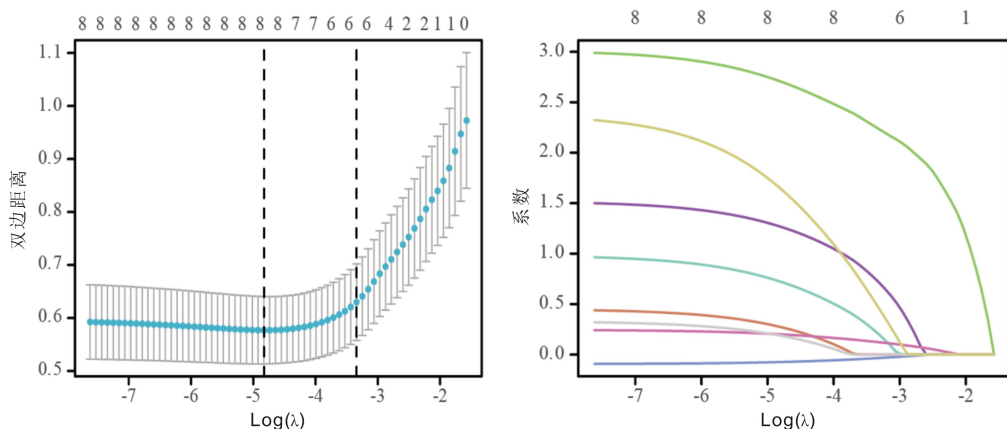


图 1 LASSO 回归筛选变量过程。

2.3 多因素 Logistic 回归分析影响白内障患者术后发生后囊膜混浊的因素 采用多因素 Logistic 回归分析对 LASSO 回归筛选出的 8 个变量进行深入分析,将白内障患者术后发生后囊膜混浊的发生情况作为因变量,年龄、眼部手术史、合并糖尿病、合并青光眼、高度近视、手术时间、麻醉方式、植入 IOL 材料类型相关因素为自变量。分析结果显示,有眼部手术史、年龄、植入 IOL 材料类型、合并青光眼、手术时间均是影响白内障患者术后发生后囊膜混浊的因素($P < 0.05$),见表 2。

2.4 构建白内障患者术后发生后囊膜混浊的列线图预测模型 根据多因素 Logistic 回归分析结果,以年龄、眼部手术史、合并青光眼、手术时间、植入 IOL 材料类型为预测因子,构建预测白内障患者术后发生后囊膜混浊的列线图预测模型,见图 2。

2.5 风险预测列线图模型校准曲线及临床净收益分析 外部验证组共纳入白内障患者 112 例 112 眼,根据随访期间情况分为术后发生后囊膜混浊组 22 例 22 眼和未发生后囊膜混浊组 90 例 90 眼。检验结果表明,预测患者白内障术后发生后囊膜混浊的概率与实际白内障患者术后发生后囊膜混浊的概率比较差异均无统计学意义($\chi^2_A = 3.214, P_A = 0.920; \chi^2_B = 10.979, P_B = 0.203$),C-index 分别为 0.904(0.855-0.952)、0.908(0.846-0.970)。相关数据表明本次研究构建的预测模型具有较好的一致性与准确性,见图 3。决策曲线分析表明,当模型组患者的预测风险阈值 >0.04 ,外部验证组中患者预测风险阈值 >0.02 时,该预测模型可以为临床决策提供显著的净获益,见图 4。

2.6 列线图预测模型 ROC 曲线 ROC 曲线结果显示,模型组中白内障患者术后发生后囊膜混浊风险的曲线下面积 AUC 为 0.904(0.861-0.937)。外部验证组中,白内障患者术后发生后囊膜混浊风险的曲线下面积 AUC 为 0.913(0.872-0.945)。说明研究构建的预测模型具有较好的区分度,见图 5。

3 讨论

白内障患者术后发生后囊膜混浊是影响患者远期视觉质量的主要并发症,早期识别高危人群并实施针对性干预对于改善预后具有重要意义。现有研究显示,后囊膜混浊在白内障超声乳化术后患者中具有较高的发生率,若未及时处理可导致继发性视力下降甚至需行激光后囊膜切开术^[9-10]。本研究基于 256 例患者的临床数据发现,术后后囊膜混浊发生率为 18.4%,多因素分析显示年龄、眼部手术史、合并青光眼、手术时间及植入 IOL 材料类型是术后发生后囊膜混浊的影响因素。在此基础上,本研究构建并验证了列线图预测模型,校准曲线及外部验证、决策曲线分析结果表明该模型具有良好的区分度、校准度及临床净收益,能够有效辅助临床医师早期识别高危患者,为个体化预防策略的制定提供量化依据。

本研究多因素 Logistic 回归分析显示,年龄、眼部手术史、合并青光眼、手术时间及植入 IOL 材料类型是白内障术后发生后囊膜混浊的影响因素。在单因素分析中,合并糖尿病、高度近视及麻醉方式存在组间差异,但经 LASSO 回归筛选及多因素 Logistic 回归分析后,上述变量未进入最终预测模型。这一结果可能归因于以下几个方面:

表 2 多因素 Logistic 回归分析影响白内障患者术后发生后囊膜混浊的因素

变量	β	SE	Wald	OR(95%CI)	P
年龄	-0.077	0.025	9.419	0.926(0.881-0.972)	0.002
眼部手术史	3.129	0.597	27.493	22.851(7.095-73.595)	<0.01
合并糖尿病	0.180	0.465	0.151	1.198(0.481-2.980)	0.698
合并青光眼	1.690	0.841	4.039	5.421(1.043-28.190)	0.044
高度近视	1.267	0.777	2.662	3.551(0.775-16.274)	0.103
手术时间	0.226	0.058	15.033	1.253(1.118-1.405)	<0.01
麻醉方式	0.523	0.469	1.245	1.688(0.673-4.231)	0.265
植入 IOL 材料类型	1.817	0.795	5.224	6.152(1.295-29.214)	0.022

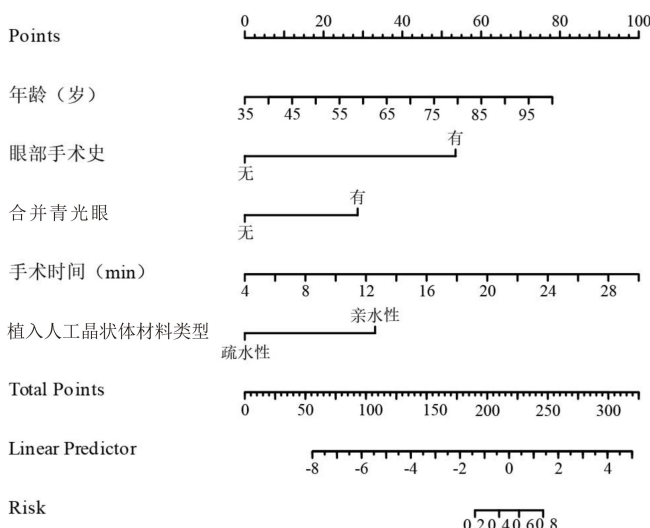


图 2 构建白内障患者术后发生后囊膜混浊的列线图预测模型。

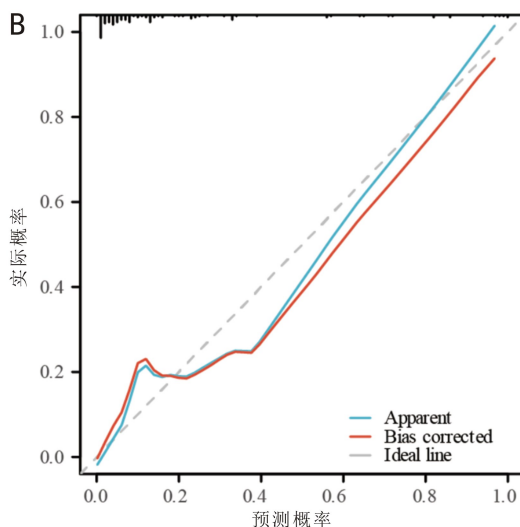
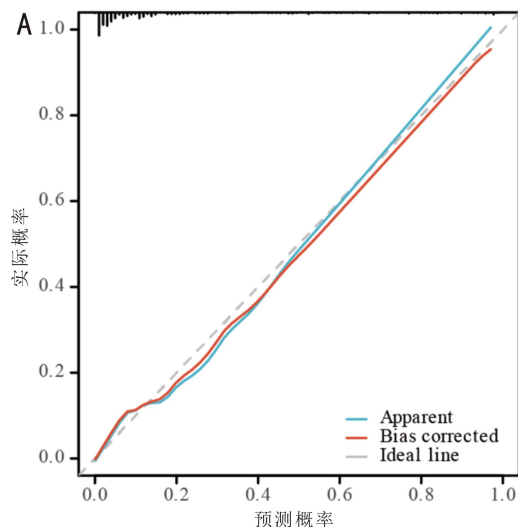


图3 列线图预测模型校准曲线

A:模型组;B:外部验证组。

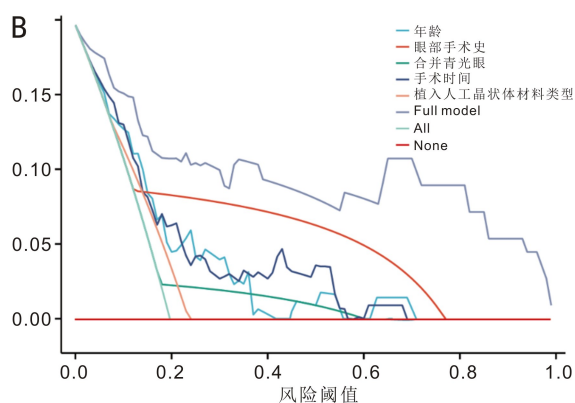
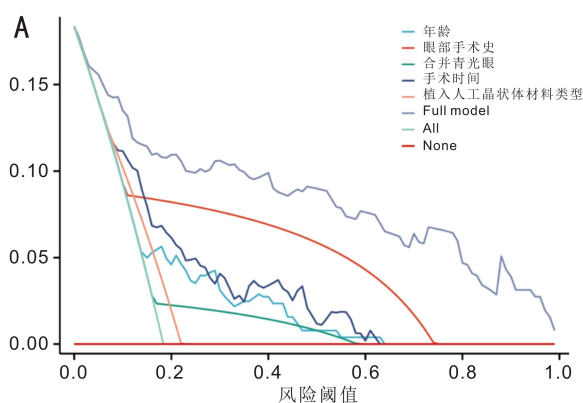


图4 列线图预测模型决策曲线

A:模型组;B:外部验证组。

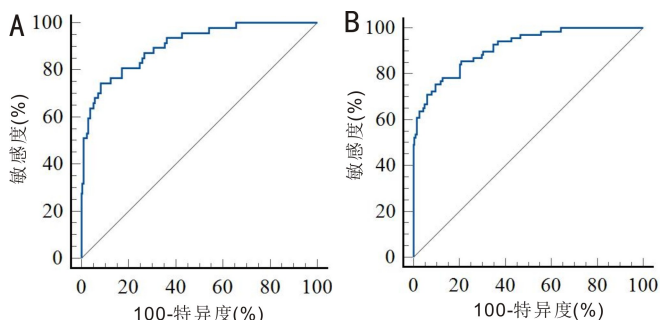


图5 列线图预测模型 ROC 曲线 A:模型组;B:外部验证组。

(1) LASSO 回归通过压缩系数实现变量选择,能够有效处理多重共线性问题,提示糖尿病、高度近视等因素可能与模型中保留的强预测因子存在关联。(2) 麻醉方式虽在单因素分析中显著,但在多因素模型中效应被削弱,可能与不同麻醉技术选择本身受术者偏好、患者全身情况及手术复杂度影响有关,并非 PCO 发生的直接驱动因素。(3) 样本量及事件数限制也可能影响部分变量达到统计学差异性。

本研究结果显示年龄较大的患者术后后囊膜混浊发生率较低。推测主要原因是年轻患者的晶状体上皮细胞由于密度更高,迁移活性增强,更易从晶状体赤道部向后囊膜迁移,最终促进后囊膜混浊的形成^[11]。此外,年轻患者房水中的激素及细胞因子水平可能更有利于晶状体上皮细胞增殖,进而有效降低患者术后后囊膜混浊的发生

率^[11]。研究数据同时揭示,既往眼部手术史及合并青光眼也是影响术后后囊膜混浊发生的影响因素。推测该结果原因:眼部手术可能刺激手术部位囊膜胶原合成增加、纤维增生,引发后囊膜混浊^[12];而青光眼和白内障均为年龄相关性疾病,在解剖结构、病因等方面,二者往往相互影响且会同时发生^[13],除此之外,青光眼患者服用的前列腺素类药物虽具有良好的降眼压及保护视神经作用,但长期局部使用该类药物可能会引起眼内微环境的变化,加速纤维化的发生,从而导致在术后早期引发后囊膜混浊^[14]。大量研究表明,植入亲水性 IOL 也与超声乳化联合 IOL 植入术后患者发生后囊膜混浊密切相关。推测其原因可能是亲水性 IOL 的表面特性促使残留晶状体上皮细胞向视轴区迁移^[15];同时疏水性 IOL 可以利用纤连蛋白对后囊膜紧密黏附,减少细胞增殖空间,从而抑制后囊膜混浊的形成^[16];另一方面,借助电子显微镜观察发现,疏水性 IOL 边缘更锐利,而亲水性 IOL 因加工过程中的水化作用可能降低边缘锐度,影响抑制后囊膜混浊的效果^[17]。本研究发现手术时间作为术后患者发生后囊膜混浊的影响因素与 Wu 等^[18]的结论一致。这一现象的可能机制是手术时间延长通常伴随着超声能量暴露的增加和器械操作的累积损伤,可能促进晶状体上皮细胞损伤及增殖,加速上皮-间质转化,最终导致后囊膜混浊^[19]。因此,医护人员在关注患者年龄、眼部手术史、合并青光眼和植入 IOL 材料类型的同时,也应注意患者的手术时间是否较长,以早期预测患者术后发生后囊膜混浊的风险。

预测模型作为量化临床风险的重要工具,通过整合多种预测变量来评估特定临床结局的发生概率^[20]。本研究整合年龄、眼部手术史、合并青光眼、手术时间、植入 IOL 材料类型开发一种预测超声乳化联合 IOL 植入术后白内障患者发生后囊膜混浊的风险预测模型。与近期后囊膜混浊预测模型相比,本研究在预测因子/构成上呈现出独特价值。亲水性 IOL 作为危险因素已被多项研究证实,马剑欣^[21]研究结论与之一致;手术时间与 Wu 等^[18]的结论相符,均提示手术时间延长可促进晶状体上皮细胞增殖与上皮-间质转化^[19];合并青光眼与 Chen 等^[13]的研究相互印证,后者指出青光眼患者长期使用前列腺素类药物可能加速纤维化进程^[14];年龄在本研究中呈现为保护因素,与 Wei 等^[11]证实老年患者晶状体上皮细胞增殖能力降低的结论一致。在预测因子构成上,本研究与既有模型形成良好互补;马剑欣^[21]的研究纳入年龄小、免疫性疾病病史、高度近视及亲水性 IOL,但未包含手术时间、眼部手术史及合并青光眼;杨莉等^[22]聚焦糖尿病亚群,报道术前 HbA1c $\geq 7\%$ 的阈值效应,但其模型主要适用于合并糖尿病人群。本研究则在整体白内障人群中,将手术时间、眼部手术史及合并青光眼整合进入列线图预测体系,且模型在模型组及外部验证组中均保持稳定(C-index 分别为 0.904 和 0.908, AUC 分别为 0.904 和 0.913),为不同临床情境下的后囊膜混浊风险分层提供了多元化的工具选择。

本研究的创新点与临床应用价值在于将手术时间、眼部手术史及合并青光眼三个临床易获取的指标整合进入后囊膜混浊列线图预测模型,弥补了既往模型多聚焦于 IOL 材质或代谢指标的不足。模型经验证,C-index 及 AUC 均超过 0.90,校准曲线与理想曲线拟合良好,决策曲线分析亦表明其在较宽风险阈值范围内可提供显著临床净获益,具有良好的校准度及临床实用性。列线图形式直观便捷,可快速量化个体 PCO 发生风险,为高危人群制定针对性干预策略提供循证依据。与此同时,本研究也存在一定局限性:(1) IOL 品牌统一虽提升了内部效度,但限制了模型的泛化能力,应用于其他类型 IOL 时需谨慎验证;(2) 单中心回顾性设计可能存在选择性偏倚,样本量相对有限,仍需多中心、大样本前瞻性研究进一步验证模型的普适性;(3) 此外,术中超声乳化能量、术后炎症反应程度等潜在混杂因素未被纳入,未来研究可整合更多维度的临床与分子生物学指标以提升预测效能。

综上,年龄、合并青光眼、亲水性 IOL 材料、有眼部手术史、手术时间均为患者术后发生后囊膜混浊的影响因素,基于上述关键预测因子构建列线图模型。该预测工具不仅为临床医师提供了直观的风险分层依据,更重要的是为制定针对性预防措施和优化术后管理方案提供了循证医学参考,对改善白内障手术预后具有重要的临床指导价值。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 张妍论文选题,初稿撰写与修改;王星数据统计分析与论文修改;白玉彦、贺广秀文献检索与数据整理;李素华、袁祖旭选题指导,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] Montrimas A, Rinkevičiūtė J, Žemaitienė R. Posterior capsule opacification treatment using Nd:YAG laser capsulotomy: 36 months

retrospective analysis. *BMC Ophthalmol*, 2025,25(1):197.

[2] Si W, Wang YX, Xu S, et al. A bibliometric advances in posterior capsule opacification. *Medicine*, 2025,104(46):e45972.

[3] Zhang LM, Shi RH, Chen XZ, et al. Effect of mild posterior capsule opacification on visual outcomes in trifocal diffractive pseudophakic eyes: a multicenter prospective study. *Adv Ophthalmol Pract Res*, 2025,5(2):117-123.

[4] 陈曦,马海莹,南新帅,等. 白内障患者超声乳化术联合 IOL 植入术后囊袋收缩综合征发生的影响因素. *国际眼科杂志*, 2025,25(5):849-853.

[5] 左兴,龚文静,卢文水. 白内障超声乳化术中注吸冲洗器后囊膜抛光对预防后囊膜混浊的效果. *医疗装备*, 2024,37(23):64-66,69.

[6] 高广平,张小亮,张睿,等. 超声乳化伴人工晶状体植入联合角膜缘松解切开术治疗合并角膜散光的白内障患者的疗效观察. *海军军医大学学报*, 2025,46(4):545-549.

[7] 孙永卷,谢弛. 个性化预测青光眼患者术后眼压变化的列线图模型的建立与验证. *国际眼科杂志*, 2026,26(2):324-329.

[8] Matos AG, de Paula Barbosa Neto J, Cavalcante CPP, et al. Angle-closure glaucoma associated with vitreous prolapse after neodymium-doped yttrium-aluminum-garnet laser posterior capsulotomy. *Arquivos Brasileiros De Oftalmol*, 2024,87(2):e20220058.

[9] 杨武后,罗熙. 物理性前后囊膜抛光在白内障超声乳化术中预防术后发白内障的临床研究. *湖北科技学院学报(医学版)*, 2026,40(1):71-74.

[10] Narayan A, Evans JR, O'Brart D, et al. Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023,6(6):CD010735.

[11] Wei ZB, Gordon P, Hao CL, et al. Aged lens epithelial cells suppress proliferation and epithelial-mesenchymal transition-relevance for posterior capsule opacification. *Cells*, 2022,11(13):2001.

[12] Donachie PHJ, Barnes BL, Olaitan M, et al. The Royal College of Ophthalmologists' National Ophthalmology Database study of cataract surgery: Report 9, Risk factors for posterior capsule opacification. *Eye (Lond)*, 2023,37(8):1633-1639.

[13] Chen HC, Lee CY, Sun CC, et al. Risk factors for the occurrence of visual-threatening posterior capsule opacification. *J Transl Med*, 2019,17(1):209.

[14] 闫慧超,鲍永珍. 血管内皮生长因子促后囊膜混浊形成机制研究进展. *中华实验眼科杂志(中英文)*, 2023,41(6):592-597.

[15] Kurosaka D, Imaizumi T, Kizawa J. Time course of lens epithelial cell behavior in rabbit eyes following lens extraction and implantation of intraocular lens. *J Ophthalmol*, 2021,2021:6659838.

[16] Chang A, Kugelberg M. Posterior capsule opacification 9 years after phacoemulsification with a hydrophobic and a hydrophilic intraocular lens. *Eur J Ophthalmol*, 2017,27(2):164-168.

[17] Cooksley G, Lacey J, Dymond MK, et al. Factors affecting posterior capsule opacification in the development of intraocular lens materials. *Pharmaceutics*, 2021,13(6):860.

[18] Wu S, Tong NT, Pan L, et al. Retrospective analyses of potential risk factors for posterior capsule opacification after cataract surgery. *J Ophthalmol*, 2018,2018:9089285.

[19] 马慧,鲍永珍. 高度近视眼白内障术后后囊膜混浊的炎症反应机制. *国际眼科纵览*, 2023,47(2):121-125.

[20] 卓传华,李仕永,李婷婷,等. 年龄相关性白内障患者术后发生前房渗出的危险因素及列线图模型构建. *国际眼科杂志*, 2026,26(1):96-102.

[21] 马剑欣. 基于多因素分析构建白内障患者术后晶状体后囊膜混浊的预测模型及验证研究. *大医生*, 2025,10(4):113-116.

[22] 杨莉,高睿骐. 术前 HbA1c 水平对糖尿病患者白内障超声乳化术后后囊膜混浊的影响及阈值效应分析. *国际眼科杂志*, 2024,24(7):1120-1126.