

• 临床研究 •      doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.06.021  
网络首发    https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20250328.1419.015(2025-03-28)

# 基于决策树的 Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术 治疗玻璃体混浊的临床评价

张正周,王瑞夫,祖丽皮娅,张杨婧,蒋霞霞,李海帆,赵雅婷  
(乌鲁木齐爱尔眼科医院,乌鲁木齐 830000)

**[摘要]** **目的** 探讨激光玻璃体消融术治疗玻璃体混浊中影响治疗效果的因素及影响患者满意度的相关性因素,以评价其临床价值。**方法** 选取该院 2019 年 10 月至 2024 年 2 月接受 Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术治疗的 196 例玻璃体混浊患者 302 只眼作为研究对象。采用患者病历量表、患者满意度调查问卷进行调查,将调查数据进行机器编码分类,采用 Python 语言进行决策树预测以分析影响治疗效果的因素,并使用 Stata18.0 OLS 线性回归分析医疗服务提供者的品质、诊疗便捷程度、医疗环境及措施等与患者满意度的相关性。**结果** 激光玻璃体消融术后,95.3%的玻璃体混浊患者症状明显改善,90.3%对术后视觉质量的提升表示满意。患者的性别、年龄、术前玻璃体混浊形态及屈光度是否低于-6.00D 等对治疗效果有影响( $P<0.05$ )。Python 语言决策树预测分析显示激光玻璃体消融术对年龄 $>30\sim45$ 岁、病程持续 $6\sim12$ 个月且屈光度低于-6.00D 的患者表现出更佳的治疗效果。Stata18.0 OLS 线性回归分析显示所有考察变量在 1%的显著性水平上均呈正相关,其中患者的期望感受对治疗术后满意度的影响最大( $r=1.053$ )。**结论** Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术对治疗玻璃体混浊显示出较高的安全性和患者满意度。

**[关键词]** 玻璃体混浊;Ultra Q Nd:YAG 激光;玻璃体激光消融术;决策树  
**[中图法分类号]** R779.63      **[文献标识码]** A      **[文章编号]** 1671-8348(2025)06-1394-05

## Clinical evaluation of Ultra Q Nd:YAG laser vitreous ablation for vitreous opacity based on decision tree analysis

ZHANG Zhengzhou, WANG Ruifu, Zulipiya, ZHANG Yangjing,  
JIANG Xiaxia, LI Haifan, ZHAO Yating  
(Urumqi Aier Eye Hospital, Urumqi, Xinjiang 830000, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate factors that affect the treatment effect of laser vitrectomy for vitreous opacity and the related factors that affect patient satisfaction, so as to evaluate its clinical value. **Methods** A total of 196 patients with vitreous opacity treated using the Ultra Q Reflex™ Nd:YAG laser system at our hospital between October 2019 and February 2024 were enrolled. Patient medical records and satisfaction questionnaires were analyzed. Investigational data underwent machine-coded classification, and a Python-based decision tree prediction model was employed to identify factors affecting treatment outcomes. Stata18.0 OLS linear regression was used to assess correlations between patient satisfaction and variables such as healthcare provider quality, treatment accessibility, and medical environment. **Results** After laser vitrectomy, 95.3% of patients with vitreous opacity showed significant improvement in symptoms, and 90.3% expressed satisfaction with the improvement in postoperative visual quality. Patients' gender, age, preoperative vitreous opacity morphology, and refractive error below -6.00D had an impact on the treatment outcome ( $P<0.05$ ). Python decision tree analysis demonstrated superior efficacy in patients aged  $>30-45$  years with 6-12 months of symptom duration and refractive error  $<-6.00D$ . Stata18.0 OLS linear regression analysis showed that all examined variables were positively correlated at the 1% significance level, with patients' expected feelings having the greatest impact on postoperative satisfaction with treatment ( $r=1.053$ ). **Conclusion** Ultra Q Nd:YAG laser vitreous ablation demonstrates high safety and patient satisfaction for vitreous opacity treatment. **[Key words]** vitreous opacity; Ultra Q Nd:YAG laser; vitreous laser ablation; decsion tree

玻璃体混浊俗称“飞蚊症”,对视力的影响有限,但对视觉质量的负面影响及患者心理状态的影响不

容忽视<sup>[1]</sup>。临床观察显示,玻璃体混浊患者中较高比例焦虑障碍筛查呈阳性,特别是男性及年轻患者较高<sup>[2]</sup>。随着现代生活中视觉负荷的增加,玻璃体混浊的发病呈年轻化趋势,其中视轴区的 Weiss 环、条索状或片状混浊及弥漫性混浊可明显影响患者的视觉舒适度和生活质量<sup>[3]</sup>。在传统治疗策略上,眼科医生多采用观察等待的方法,或通过药物治疗(如口服卵磷脂络合碘片)、局部应用氨碘肽眼液等缓解症状<sup>[4-5]</sup>,传统玻璃体切割手术在玻璃体混浊治疗中存在一定的局限性和风险<sup>[6-8]</sup>。近年来,随着医疗技术的进步,Ultra Q Nd:YAG 激光系统玻璃体消融术因其微创性和较高的安全性,临床应用逐渐增多,为玻璃体混浊的治疗提供了新的选择。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集本院 2019 年 10 月至 2024 年 2 月玻璃体混浊病程 20 d 以上的 196 例患者 302 只眼的临床资料。纳入标准:(1)患者自觉眼前黑影飘动的症状,环状、絮状或丝状等,或医生在眼底镜检查 and 眼底照相可发现玻璃体腔存在混浊漂浮物。(2)玻璃体腔混浊物距晶状体 $\geq 2$  mm,距离视网膜 $\geq 3$  mm<sup>[9]</sup>。(3)患者有治疗意愿。排除标准:(1)患者存在活动性视网膜病变如视网膜出血、视网膜脉络膜炎性、黄斑水肿,青光眼等。(2)屈光介质严重混浊,影响医生通过直接检眼镜观察玻璃体混浊物。本研究已通过本院医学伦理委员会审批(审批号:20220001),且患者均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 Ultra Q Nd:YAG 激光治疗

激光治疗前检查患者视力、非接触眼压,检查玻璃体及视网膜等眼底情况排除活动性炎症,通过眼部 B 超、眼底照相和 OCT 检查排除视网膜黄斑疾病。使用复方托吡卡胺滴眼液每 10 min 滴治疗眼 1 次,共 3~4 次,充分散瞳。治疗眼瞳孔充分散大后,使用盐酸丙美卡因滴眼液滴治疗眼 1~2 次,表面麻醉(在非治疗眼也进行表面麻醉,以减少患者瞬目反射)。使用 Singh Mid Vitreous 接触镜,治疗开始时,使用同轴照明器观察视网膜,再使用离轴照明观察混浊物,判断是否为安全的治疗距离。利用 Ultra Q Nd:YAG 激光仪器(澳大利亚 Ellex)对准混浊漂浮物进行汽化消融,光斑直径 8  $\mu$ m,脉冲宽度 4 ns,起始能量 3.0~3.5 MJ,最大能量 6.5 MJ。从单脉冲至双脉冲,必要时递增至三脉冲,最多一次不超过 500 点<sup>[10]</sup>。患者均由同 1 名有经验的医师操作。分别于术后 1 周、4 周、12 周复查各项指标,进行满意度问卷调查。

1.2.2 疗效评分标准

(1)无明显改善:患者主观报告治疗眼的眼前黑影飘动症状未见明显缓解,评分范围为 1~3 分。眼

底镜检查显示混浊物依然可见,表明治疗效果有限。(2)部分改善:患者报告治疗眼的黑影飘动症状较治疗前有明显减轻,评分范围为 4~6 分。通过眼底照相检查,可见混浊物体积明显减小,表明治疗有一定效果。(3)明显改善:患者报告治疗眼的黑影飘动症状基本消失,评分范围为 7~10 分。眼底照相检查未见混浊物,表明治疗取得明显效果<sup>[11]</sup>。

1.2.3 决策树分析

对所收集到的临床资料进行归类,部分输入变量定义,见表 1,对 Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术是否有明显效果进行分析以做出优化分析选择,具体实验模型设置见表 2。

表 1 患者病历输入变量定义

项目	赋值
Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术是否有明显效果	
是	A
否	B
性别	
男	0
女	1
年龄	
$\leq 15$ 岁	0
$> 15 \sim 30$ 岁	1
$> 30 \sim 45$ 岁	2
$> 45$ 岁	3
术前是否接受过白内障手术、YAG 激光囊膜切开手术	
是	1
否	0
术前眼玻璃体混浊形态	
絮状混浊	0
Weiss 环	1
丝、点状混浊	2
患病时间	
$\leq 6$ 个月	0
$6 \sim 12$ 个月	1
$> 12$ 个月	2
屈光度是否小于-6.00D	
是	1
否	0
术前近视情况	
无近视	0
低度近视	1
中度近视	2
高度近视	3

按表 2 中的因变量与自变量构建决策树,Python

语言的决策树根据熵值、信息增益确定划分条件。在决策树中,每个内部节点代表一个条件判断,根据输入数据的特征值决定数据流向哪个子节点。决策树的最大树深度限制了树的生长层次数,以防止过拟合;子节点中的最小个案数和叶子节点中的最小个案数分别确保了分裂后的子节点和叶子节点有足够的样本数量,以提高模型的稳定性和可靠性。节点数和终端节点数(即叶子节点数)作为衡量决策树规模的指标,反映了模型的复杂程度和分类或预测类别的数量。树的深度从根节点到叶子节点的最长路径所包含的节点数,体现了决策树的复杂程度和对数据划分的细致程度。在决策树的每个节点上,还会标注熵和样本量,其中熵用于度量节点的纯度,样本量则表示到达该节点的数据数量,通过不断优化这些参数和条件判断,决策树模型能够实现数据的准确分类和预测。

### 1.3 OLS 线性回归分析

参考以往研究<sup>[12]</sup>,选取医疗服务提供者的品质(QSP)、诊疗便捷程度(CDT)、医疗环境及措施(MEM)、患者的期望感受(PEF)、治疗效果(TE)等关键变量,利用 Stata18.0 软件进行了 OLS 线性回归分析,评估影响患者术后满意度(PS)的关键因素。

## 2 结 果

### 2.1 激光玻璃体消融术疗效分析

术后明显改善患者 168 例(85.7%),部分改善 19

例(9.6%),无明显改善 9 例(4.5%)。90.3%的患者对术后视觉质量的提升表示满意。术中 1 例患者损伤到人工晶状体后囊膜,出现后囊膜破裂。在随访期间,未观察到视力下降、眼压明显升高、晶体损伤、视网膜脱落、视网膜裂孔或出血等严重并发症的发生。

### 2.2 治疗效果差异性的决策树预测分析

结果见图 1。

表 2 决策树预测参数设置及结果	
结构	具体内容
指定项	
因变量	Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术是否有明显效果
自变量	性别、年龄、术前眼玻璃体混浊形态、患病时间、术前是否接受过白内障手术、YAG 激光囊膜切开手术和屈光度是否小于-6.00D、近视情况
最大树深度	自适应
子节点中的最小个案数	80
叶子节点中的最小个案数	30
结果	
节点数	10
终端节点数	8
深度	10

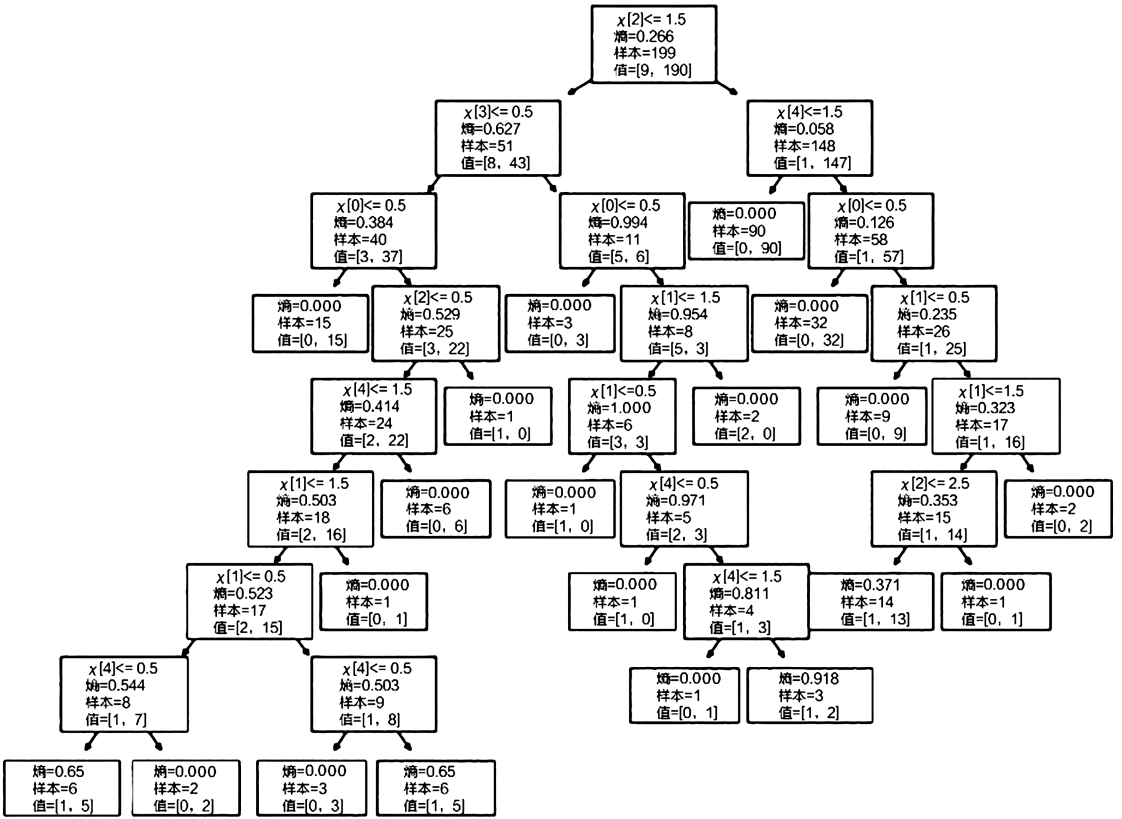


图 1 预测患者病因影响治疗效果的决策树模型

### 2.3 影响患者满意度的 OLS 线性回归分析

所有考察变量在 1% 的显著性水平上均呈现正向



影响( $P<0.01$ ),模型的拟合优度  $R^2$  为 0.995,表明所构建的回归模型具有较高的可信度和解释力,见表 3。

表 3 患者满意度影响分析表		
变量名称	PS	<i>t</i>
QSP	1.018 <sup>a</sup>	75.82
CDT	0.980 <sup>a</sup>	76.60
MEM	1.022 <sup>a</sup>	79.82
PEF	1.053 <sup>a</sup>	81.06
TE	1.028 <sup>a</sup>	92.30
常数项	-0.782 <sup>a</sup>	-4.12
观测值	196	
$R^2$	0.995	
<i>F</i> 检验	7 890.021	

<sup>a</sup>: $P<0.01$ 。

3 讨 论

本研究通过患者的年龄、性别、病程及屈光度等因素,评估 Ultra Q Nd:YAG 激光治疗的效果及并发症,并分析患者满意度,旨在为临床医生提供参考依据,同时为患者提供更为精准的治疗选择,以期改善患者的视觉质量和心理健康状态。

Ultra Q Nd:YAG 激光治疗能够改善患者的临床症状,治疗后视力、眼内压改善,这与之前的相关研究<sup>[13-15]</sup>一致。在 Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术中确定玻璃体浑浊物到视网膜和晶状体的距离非常重要。目前治疗时的安全距离以医师的经验判断为主,以晶状体的厚度为参照评估浑浊物到晶体状后囊的安全距离;而距离视网膜的安全距离可以借鉴一些临床经验,当激光在玻璃体浑浊物物体表面聚焦清晰时,背景视网膜失焦可视呈模糊状态代表位置安全<sup>[16]</sup>,如何通过眼部 B 超、眼底照相、OCT 等检查量化有效安全距离需要进一步研究<sup>[1]</sup>。已有研究报道距视网膜及晶状体较近而导致视网膜出血、晶状体损伤的病例<sup>[17]</sup>,因此需要医师严格掌握操作安全距离,在视网膜出血时,通过术中按压眼球止血,术后给予视网膜激光光凝治疗避免进一步并发症出现。操作医师也需要针对玻璃体混浊程度调整激光能量,激光能量的设置一般依据混浊的汽化效应进行调整<sup>[10]</sup>。

采用 Python 语言的 Entropy 熵值法进行决策树分析发现,术前玻璃体混浊形态为 Weiss 环的患者在接受治疗后,有更高的概率表现出明显改善,特别是在病程不超过 3 个月的患者群体中,明显改善的比例高达 93%;相比之下,术前玻璃体混浊形态为絮状的患者治疗效果的显著性略有下降;而丝状或点状混浊形态的患者明显疗效的比例则相对较低。进一步分

析指出,患者的患病时间、年龄、屈光度(特别是屈光度低于-6.00D)及术前近视状况是影响治疗效果的关键因素。在这些因素中,屈光度低于-6.00D 的患者约占 60%,且在>30~45 岁的 Weiss 环患者群体中,无近视或低度近视患者的治疗效果尤为明显。对于高度近视患者,Ultra Q Nd:YAG 激光治疗的效果虽整体明显,但与其他患者相比疗效提升的幅度较小。结合临床经验发现,高度近视患者玻璃体混浊往往多种形态同时存在,在治疗后部分患者反映效果欠佳。较厚的纤维膜状混浊物通过激光治疗将浑浊物移位至视轴区以外,因为激光治疗后会出现更多小点状浑浊物,患者会出现更多的黑影飘动症状<sup>[18]</sup>。另外,视轴区的玻璃体混浊物可以通过目前的 Ultra Q Nd:YAG 激光治疗,而在视轴区以外的玻璃体混浊通过目前的 Singh Mid-Vitreous 接触镜无法聚焦而难以治疗,可能是术后效果不佳的原因之一。决策树模型进一步揭示了>30~45 岁且具有 Weiss 环形态玻璃体混浊的患者,在接受 Ultra Q Nd:YAG 激光治疗时明显改善疗效比例较高。此外,术前是否接受过白内障手术或 YAG 激光囊膜切开手术并非疗效显著性的唯一决定因素,对患病时间、年龄及屈光度等因素的综合考量同样至关重要,特别是患病时间和屈光度<sup>[19]</sup>。

OLS 线性回归分析结果揭示了影响患者对治疗满意度的多方面因素。回归结果显示,患者期望感受( $r=1.053$ )相较于治疗效果( $r=1.028$ )对满意度的影响更大,意味着患者的主观期望在满意度中扮演了重要角色。此外,诊疗便捷程度对满意度的影响虽然相对较小( $r=0.980$ ),但仍然是一个不可忽视的因素。在临床实践中强调了满足患者期望的重要性:即使在不能完全治愈的情况下,如果治疗结果能够达到或超过患者的预期,患者的满意度仍有可能得到明显提升。提示医师在治疗过程中不仅要关注治疗技术本身,还要重视患者的心理预期和感受,以实现更全面的治疗效果和更高的患者满意度。同时,除了追求技术上精准操作和并发症最小化外,充分的术前评估、详细的术前沟通是非常重要的,还需深入理解并管理患者的期望,如手术后晶状体正后方的小混浊通常不会引起什么不适,视网膜前方的混浊令人特别难以忍受,即使治疗后在显微镜下观察视网膜前呈现透明状较小的浑浊物,患者的自觉症状可能仍然存在,因此治疗前应仔细选择合适的病例并了解患者预期<sup>[3,20]</sup>。本研究由于所有的患者来自单一的医疗机构,可能存在地域偏倚等情况,未来需要多中心研究或者更大的样本量来进一步证实。

综上所述,Ultra Q Nd:YAG 激光玻璃体消融术

作为一种微创治疗手段,在治疗玻璃体混浊中显示出较高的安全性和患者满意度。为了最大化治疗效果,医师必须具备精确的操作技巧,同时还需关注患者的个体化需求和心理预期,通过有效的沟通和细致的术前评估,在保证治疗质量的同时提升患者的整体满意度。

参考文献

[1] 丁碧青,蒋正轩,陶黎明. Nd:YAG 激光消融术治疗玻璃体混浊有效性及安全性临床研究[J]. 临床眼科杂志,2022,30(3):234-236.

[2] BRASSE K, SCHMITZ-VALCKENBERG S, JÜ-NEMANN A, et al. AG laser vitreolysis for treatment of symptomatic vitreous opacities [J]. Ophthalmologe,2019,116(1):73-84.

[3] GOULIOPOULOS N, OIKONOMOU D, KARYGIANNI F, et al. The association of symptomatic vitreous floaters with depression and anxiety[J]. Int Ophthalmol,2024,44(1):218.

[4] 闫俊茹,毛小慧. 卵磷脂络合碘片联合氨碘肽注射液在玻璃体混浊中的应用价值及安全性分析[J]. 罕少疾病杂志,2023,30(7):20-22.

[5] 汪洋,边德换. 玻璃体混浊采用 Nd:YAG 激光消融术的临床有效性研究[J]. 黑龙江医学,2022,46(7):782-784.

[6] RYAN E H. Current treatment strategies for symptomatic vitreous opacities[J]. Curr Opin Ophthalmol,2021,32(3):198-202.

[7] MASON J O 3RD, NEIMKIN M G, MASON J O 4TH, et al. Safety, efficacy, and quality of life following sutureless vitrectomy for symptomatic vitreous floaters[J]. Retina, 2014, 34(6): 1055-1061.

[8] BRASSE K, SCHMITZ-VALCKENBERG S, JÜ-NEMANN A, et al. YAG laser vitreolysis for treatment of symptomatic vitreous opacities [J]. Ophthalmologe,2019,116(1):73-84.

[9] 张勇,朱小敏,谢琳. Nd:YAG 激光玻璃体消融术治疗飞蚊症研究进展[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2024,24(2):150-153.

[10] JANEKOVÁ A, VEITH M, FILLOVÁ D, et al. Laser vitreolysis in patients with symptomatic vitreous floaters[J]. Cesk Slov Oftalmol,2022, 78(6):288-295.

[11] SINGH I P. Modern vitreolysis-YAG laser treatment now a real solution for the treatment of symptomatic floaters[J]. Surv Ophthalmol, 2020,65(5):581-588.

[12] 杨晗韵. 非公立眼专科医院患者满意度评价研究[D]. 重庆:重庆大学,2021.

[13] 畅立斌,魏航,许正杰,等. 玻璃体激光消融术治疗飞蚊症的效果及相关因素分析[J]. 中国临床医生杂志,2023,51(5):616-618.

[14] NGUYEN J H, NGUYEN-CUU J, MAMOU J, et al. Vitreous structure and visual function in myopic vitreopathy causing vision-degrading myodesopsia[J]. Am J Ophthalmol,2021,224: 246-253.

[15] UO J, AN X, KUANG Y. Efficacy and safety of yttrium-aluminium garnet (YAG) laser vitreolysis for vitreous floaters[J]. J Int Med Res, 2018,46(11):4465-4471.

[16] 慧林,刘俊杰,郑一晨,等. Nd:YAG 激光玻璃体消融术治疗生理性玻璃体混浊的短期安全性研究[J]. 临床眼科杂志,2022,30(3):230-233.

[17] NUNES G M, LUDWIG G D, GEMELLI H, et al. Long-term evaluation of the efficacy and safety of Nd:YAG laser vitreolysis for symptomatic vitreous floaters[J]. Arq Bras Oftalmol,2022,87(2):e0395.

[18] 吴荣瀚,林仲. YAG 激光玻璃体消融致晶状体后囊膜破裂[J]. 眼科,2020,29(4):272.

[19] 刘慧林,刘俊杰,程建宏,等. A/B 超联合造影自发荧光在 YAG 激光玻璃体消融术中的应用[J]. 国际眼科杂志,2020,20(6):1075-1078.

[20] 林铁柱,惠延年. 飞蚊症的 YAG 激光治疗[J]. 国际眼科杂志,2023,23(3):412-415.