

青海玉树地区年龄相关性白内障的时空分布及环境因素分析

郭婧^{1,2}, 才文多杰², 才仁久美², 才仁多加², 卓玛拉毛², 白玛永吉², 索昂才吉², 徐军^{1,2}

引用:郭婧, 才文多杰, 才仁久美, 等. 青海玉树地区年龄相关性白内障的时空分布及环境因素分析. 国际眼科杂志, 2025, 25(12): 2036–2042.

作者单位:¹(100730) 中国北京市, 首都医科大学附属北京同仁医院 北京同仁眼科中心 眼科学与视觉科学北京市重点实验室; ²(815099) 中国青海省玉树藏族自治州人民医院眼科中心
作者简介:郭婧, 博士, 主治医师, 研究方向: 眼底病。
通讯作者:郭婧. GJguo030390030@yeah.vin
收稿日期: 2025-05-25 **修回日期:** 2025-10-27

摘要
目的:探讨2023年1月至2025年3月青海玉树地区年龄相关性白内障的时空分布及环境因素的关联。
方法:收集2023年1月至2025年3月在我院收治的年龄相关性白内障患者1 121例为研究对象, 根据纳排标准排除121例患者, 最终纳入1 000例居住于青海省玉树藏族自治州的患者, 平均年龄71.45±8.25岁。采用ArcGIS10.2绘制青海玉树地区各县年龄相关性白内障时空分布地图, 利用OpenGeoda进行全局空间自相关分析。通过二元Logistic回归分析环境因素与年龄相关性白内障发病的相关性。通过多因素Logistic回归分析年龄相关性白内障发病的影响因素。LCA(Mplus 7.4 软件)用于比较因素分布特征的差异。
结果:最终纳入的1 000例年龄相关性白内障患者中, 2023年438例, 2024年472例, 2025年90例。青海玉树地区各县年龄相关性白内障时空分布地图显示, 曲麻莱县和治多县发病率最高, 称多县和玉树市发病率较高, 囊谦县、杂多县发病率最低。空间分布呈“西北高、东南低”特征。2023年7–9月和2024年7–9月确诊量最高, 占研究人数的31.90%, 可能与高原夏季紫外线强度峰值相关。全局自相关Moran’s I系数显示, 年龄相关性白内障在区县尺度上的空间分布特征呈现为双峰分布, Moran’s I系数均为正值, 历年年龄相关性白内障发病率都具有空间正相关性($P<0.05$)。其中, 2023年7–9月和2024年7–9月为波峰, 峰值分别为0.423和0.451。紫外线辐射年均值、海拔高度、PM2.5年均浓度与年龄相关性白内障均呈正相关(均 $P<0.05$), 年平均气温、年降水量与年龄相关性白内障均呈负相关, 但只有年平均气温与年龄相关性白内障关系显著($P<0.05$), 调整混杂因素后, 相关性仍稳定存在($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析显示, 紫外线辐射年均值、海拔高度、年平均气温、PM2.5年均浓度为年龄相关性白内障发生的影响因素(均 $P<0.05$)。LCA显示紫外线辐射年均值、海拔高度、年平均气温、PM2.5年均浓度对年龄相关性白内障的影响均具有异质性。
结论:2023年1月至2025年3月, 青海玉树地区年龄相关

性白内障发病存在明显时空特征与分布规律。时间上, 每年7–9月确诊量达到峰值。空间上, 各县发病率差异显著, 呈现“西北高、东南低”的分布特征。此外, 紫外线辐射、海拔高度、气温及PM2.5浓度是影响青海玉树地区年龄相关性白内障发病的重要环境因素。
关键词:青海玉树地区; 年龄相关性白内障; 时空分布; 环境因素
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.12.26

Analysis of the spatiotemporal distribution and environmental factors of age-related cataract in Yushu Region, Qinghai Province

Guo Jing^{1,2}, Caiwen Dorje², Cairen Jiumei², Cairen Duoqia², Dolma Lamao², Pema Yongji², Soang Caiji², Xu Jun^{1,2}

¹Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University; Beijing Tongren Eye Center; Beijing Keynote Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Beijing 100730, China; ²Eye Center, Yushu Tibetan Autonomous Prefecture People’s Hospital, Yushu 815099, Qinghai Province, China
Correspondence to: Guo Jing. Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University; Beijing Tongren Eye Center; Beijing Keynote Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Beijing 100730, China; Eye Center, Yushu Tibetan Autonomous Prefecture People’s Hospital, Yushu 815099, Qinghai Province, China. GJguo030390030@yeah.vin
Received: 2025-05-25 Accepted: 2025-10-27

Abstract

• **AIM:** To explore the spatiotemporal distribution and the association with environmental factors of age-related cataract in Yushu, Qinghai Province from January 2023 to March 2025.
• **METHODS:** A total of 1 121 patients with age-related cataract admitted to our hospital from January 2023 to March 2025 were collected, 121 patients were excluded according to the exclusion criteria, and finally 1 000 patients living in Yushu Tibetan Autonomous Prefecture, Qinghai Province were included, with an average age of 71.45 ± 8.25 years. ArcGIS10.2 was used to draw the spatiotemporal distribution map of age-related cataract in each county of Yushu, Qinghai Province, and OpenGeoda was used for global spatial autocorrelation analysis. Binary Logistic regression was used to analyze the

correlation between environmental factors and the incidence of age-related cataract. Multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors of age-related cataract. LCA (Mplus 7.4 software) was used to compare the differences in factor distribution characteristics.

• **RESULTS:** There were 438 cases in 2023, 472 cases in 2024, and 90 cases in 2025 among the 1 000 cases of age-related cataract. The spatiotemporal distribution map of age-related cataract in each county of Yushu, Qinghai Province showed that the incidence rate was the highest in Qumalai County and Zhiduo County, followed by Chengduo County and Yushu City, and the lowest in Nangqian County and Zaduo County. The spatial distribution presented a incidence feature of high in the northwest and low in the southeast. The highest number of confirmed cases was from July to September 2023 and 2024, accounting for 31.90% of the study population, which might be related to the peak of ultraviolet radiation intensity in the summer on the plateau. The global autocorrelation Moran's I coefficient showed that the spatial distribution characteristics of age-related cataract at the county level presented a bimodal distribution, with all Moran's I coefficients being positive. The incidence of age-related cataract in each year had a spatial positive correlation ($P < 0.05$). The peaks were in July to September 2023 and 2024, with values of 0.423 and 0.451, respectively. The annual average ultraviolet radiation, altitude, and annual average PM2.5 concentration positively correlated with age-related cataract (all $P < 0.05$), while the annual average temperature and annual precipitation negatively correlated with age-related cataract. However, only the annual average temperature significantly correlated with age-related cataract ($P < 0.05$). After adjusting for confounding factors, the correlations remained stable ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that the annual average ultraviolet radiation, altitude, annual average temperature, and annual average PM2.5 concentration were independent influencing factors for age-related cataract (all $P < 0.05$). LCA showed that the effects of annual average ultraviolet radiation, altitude, annual average temperature, and annual average PM2.5 concentration on age-related cataract were heterogeneous.

• **CONCLUSION:** From January 2023 to March 2025, there were obvious spatiotemporal characteristics and distribution patterns of age-related cataract in Yushu, Qinghai Province. Temporally, the number of confirmed cases reached the peak in July to September each year. Spatially, the incidence rates in each county were significantly different, presenting a distribution feature of high in the northwest and low in the southeast. In addition, ultraviolet radiation, altitude, temperature, and PM2.5 concentration are important environmental factors affecting the incidence of age-related cataract in Yushu, Qinghai Province.

• **KEYWORDS:** the Yushu area of Qinghai Province; age-related cataract; spatiotemporal distribution; environmental factors

Citation: Guo J, Dorje C, Jiumei C, et al. Analysis of the spatiotemporal distribution and environmental factors of age-related cataract in Yushu Region, Qinghai Province. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025,25(12):2036-2042.

0 引言

年龄相关性白内障发病率与人口老龄化进程紧密相连。随着老龄化加速,其防治工作愈发紧迫^[1]。研究表明,年龄相关性白内障长期稳居世界致盲眼病首位,且发病率随年龄增长显著上升^[2-3]。青海玉树地区平均海拔4 200 m,具有空气稀薄、日照时间长、紫外线辐射强度大等独特的地理环境特征^[4]。相关调查表明,在海拔高、紫外线辐射量大的地区,白内障的发病率明显高于海拔低、紫外线辐射量少的地区^[5]。玉树地区由于其特殊的高原环境,白内障尤其是年龄相关性白内障的防治工作面临着更为严峻的挑战。然而,现有研究多聚焦于全国或特定区域的流行病学特征,对于青海玉树地区年龄相关性白内障的空间分布特征及其与环境因素之间关系的系统性研究仍较为匮乏。因此,本研究聚焦于2023年1月至2025年3月青海玉树地区年龄相关性白内障的空间分布状况,并深入探究其与环境因素之间的关联,期望能为该地区的白内障防治工作贡献有价值的参考。

1 对象和方法

1.1 对象 收集2023年1月至2025年3月在我院收治1 121例年龄相关性白内障患者为研究对象,根据纳排标准排除121例患者(图1),最终纳入1 000例居住于青海省玉树藏族自治州(包括玉树市、称多县、囊谦县、杂多县、治多县、曲麻莱县)的患者,平均年龄 71.45 ± 8.25 岁。纳入标准:(1)患者符合年龄相关性白内障的诊断标准^[6];(2)年龄 ≥ 60 岁。排除标准:(1)合并其他眼部疾病(如青光眼、角膜炎);(2)全身性疾病(如糖尿病、高血压)的患者;(3)继发性白内障(如外伤性、药物性、代谢性白内障);(4)诊断前已接受白内障手术者。本研究取得医学伦理委员会审查批准(批准号:20221207),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 一般资料 通过电子病例收集患者的年龄、性别、BMI、文化程度、家庭年收入、婚姻状况、医保、职业、居住环境、吸烟史、饮酒史、既往阳光照射时间。

1.2.2 全局空间自相关分析 全局Moran's I指数范围在 $[-1, 1]$ 之间,当全局Moran's I >0 ,表示存在空间正相关性;当全局Moran's I <0 ,表示存在空间负相关性;当全局Moran's I $=0$ 时则代表不存在空间自相关性。其计算公式如下^[7]:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}$$

n :空间单元个数; i 和 j :两个不同的空间单元; y_i 和 y_j : i 和 j 空间单元对应的年龄相关性白内障的感染率; \bar{y} :所有空间单元的平均感染率; W_{ij} : i 和 j 的空间权重系数。

统计学分析:利用SPSS 23.0统计软件进行数据统计分析,计数资料使用例数和百分数表示。采用ArcGIS10.2绘制青海玉树地区各区县年龄相关性白内障时空分布地图,利用OpenGeoda进行全局空间自相关分析。通过二元

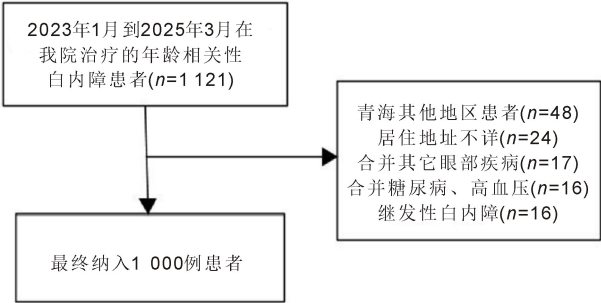


图 1 研究对象选择流程图。

Logistic 回归分析环境因素与年龄相关性白内障发病的相关性。通过多因素 Logistic 回归分析年龄相关性白内障发病的影响因素。LCA(Mplus 7.4 软件)用于比较因素分布特征的差异,平均信息量指数(Entropy)>0.80时,表明分类准确度较高。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 青海玉树地区年龄相关性白内障确诊情况 最终纳入 2023 年 1 月至 2025 年 3 月青海玉树地区年龄相关性白内障 1 000 例,其中 2023 年 438 例,2024 年 472 例,2025 年 90 例。例数大致呈双峰分布,2023 年 7-9 月和 2024 年 7-9 月为波峰,见图 2。

2.2 患者一般人口学特征 2023 年 1 月至 2025 年 3 月青海玉树地区年龄相关性白内障患者中,年龄主要集中在 60-80 岁,占 88.30%;男 478 例,女 522 例,男女比例 1:1.09;正常体质量人群占比最高,占 60.30%;文化程度中文盲人群占比最大为 38.80%,其次为小学占比 31.20%;

家庭年收入在 1-5 万元的占比最多,>20 万的占比最少;婚姻状况以已婚为主占比 72.10%,丧偶其次占 21.10%;有医保的患者占比 69.80%,没有医保的占比 30.20%;农民人群占比 76.90%,远高于非农民人群;农村居住人群占比 68.40%,城市居住人群占比 31.60%;无吸烟史人群占比 76.20%;无饮酒史人群占比 74.10%;既往阳光照射时间 ≤ 4 h 占比 59.50%,>4 h 占比 40.50%,见表 1。

2.3 青海玉树地区各区县年龄相关性白内障时空分布地图 图 3 中各区县的区域色块深浅代表病例的空间分布情况,色块越深的区域代表年龄相关性白内障人数越多,色块越浅代表年龄相关性白内障人数越少。由图 3 中可见曲麻莱县和治多县色块最深,称多县和玉树市色块较深,囊谦县、杂多县色块最浅。空间分布呈“西北高、东南低”特征。图 3 中柱形图代表不同时段年龄相关性白内障人数的变动。2023 年 7-9 月和 2024 年 7-9 月确诊量最高占研究人数的 31.90%,可能与高原夏季紫外线强度峰值相关。

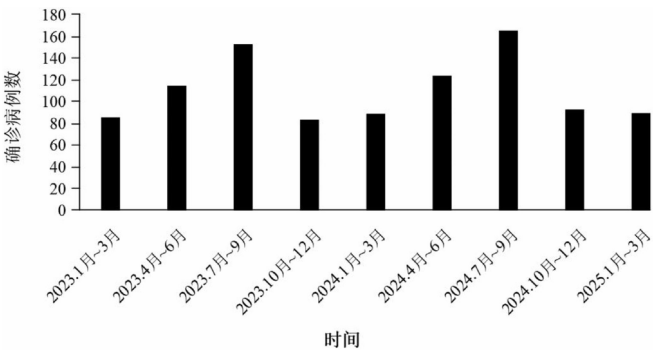


图 2 2023-2025 年青海玉树地区年龄相关性白内障确诊情况。

表 1 患者一般人口学特征

项目	例数	构成比(%)	项目	例数	构成比(%)
年龄(岁)			婚姻状况		
60-70	462	46.20	未婚	42	4.20
>70-80	421	42.10	已婚	721	72.10
>80 岁	117	11.70	丧偶	211	21.10
性别			离异	26	2.60
男	478	47.80	医保		
女	522	52.20	无	302	30.20
BMI(kg/m ²)			有	698	69.80
过低	87	8.70	职业		
正常	603	60.30	农民	769	76.90
超重	310	31.00	非农民	231	23.10
文化程度			居住环境		
文盲	388	38.80	城市	316	31.60
小学	312	31.20	农村	684	68.40
初中	164	16.40	吸烟史		
高中及中专	93	9.30	是	238	23.80
大专及以上	43	4.30	否	762	76.20
家庭年收入(万)			饮酒史		
<1	344	34.40	是	259	25.90
1-5	420	42.00	否	741	74.10
>5-10	146	14.60	既往阳光照射时间(h)		
>10-15	45	4.50	≤ 4	595	59.50
>15-20	26	2.60	>4	405	40.50
>20	19	1.90			

2.4 历年年龄相关性白内障的 Moran's I 全局空间自相关分析 全局自相关 Moran's I 系数结果显示,年龄相关性白内障在区县尺度上的空间分布特征呈现为双峰分布, Moran's I 系数均为正值,历年年龄相关性白内障发病率都具有空间正相关性,且均有统计学意义($P<0.05$)。其中,2023 年 7-9 月和 2024 年 7-9 月为波峰,峰值分别为 0.423 和 0.451,见表 2,图 4。

2.5 环境因素与年龄相关性白内障发病的相关性分析 紫外线辐射年均值、海拔高度、PM2.5 年均浓度与年龄相关性白内障呈显著正相关(均 $P<0.05$),年平均气温、年降水量与年龄相关性白内障均呈负相关,但只有年平均气温与年龄相关性白内障关系显著($P<0.05$),调整混杂因素后,相关性仍稳定存在(均 $P<0.05$),见表 3。

2.6 多因素 Logistic 回归分析 将表 3 中有统计学意义的因素作为自变量,以是否发生年龄相关性白内障作为因变量(发生年龄相关性白内障 = 1,未发生年龄相关性白内障 = 0),纳入 Logistic 回归模型中。分析结果显示,紫外线辐射年均值、海拔高度、年平均气温、PM2.5 年均浓度为年龄相关性白内障发生的影响因素(均 $P<0.05$),见表 4。

2.7 影响年龄相关性白内障环境因素的分布特征 基于上述 4 个影响因素构建 LCA 模型,编号分别为 A、B、C、D,均作二分类变量处理,见表 5。

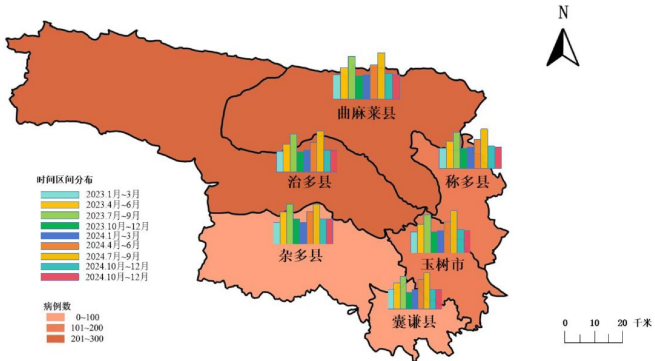


图3 青海玉树地区各县区年龄相关性白内障时空分布地图。

2.8 环境因素在年龄相关性白内障的分布情况

2.8.1 模型拟合结果 在组 1 时,Entropy>0.80,表明分类准确度较高。因此,紫外线辐射年均值为最佳模型,即环境因素在年龄相关性白内障有 2 种 LCA 分布模型,分别为 LCA1 模型(危险因素较少型分布),包括“紫外线辐射年均值 $\leq 4\,500\text{ W/m}^2$ 、海拔高度 $\leq 4\,493\text{ m}$ 、年平均气温 $\leq 2.9\text{ }^\circ\text{C}$ 、PM2.5 年均浓度 $\leq 16\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ”;LCA2 模型(危险因素较多型分布),包括“紫外线辐射年均值 $> 4\,500\text{ W/m}^2$ 、海拔高度 $> 4\,493\text{ m}$ 、年平均气温 $> 2.9\text{ }^\circ\text{C}$ 、PM2.5 年均浓度 $> 16\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ”,见表 6。

表2 全局空间自相关分析

时间	Moran's I	Z	P
2023 年 1-3 月	0.352	2.891	0.003
2023 年 4-6 月	0.389	3.123	0.001
2023 年 7-9 月	0.423	3.564	<0.001
2023 年 10-12 月	0.335	2.716	0.007
2024 年 1-3 月	0.364	2.980	0.002
2024 年 4-6 月	0.396	3.251	0.001
2024 年 7-9 月	0.451	3.897	<0.001
2024 年 10-12 月	0.342	2.654	0.008
2025 年 1-3 月	0.379	3.056	0.002

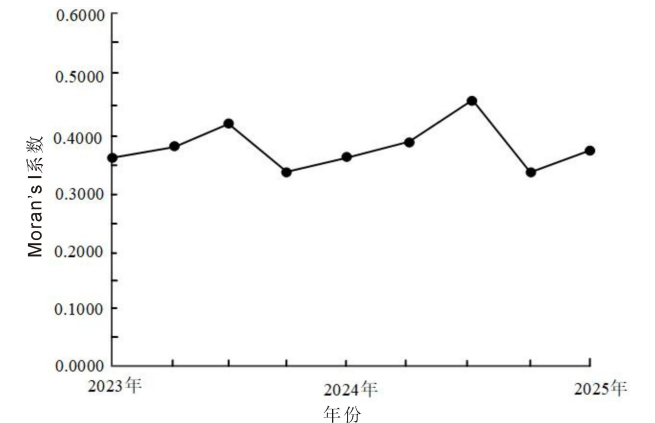


图4 历年年龄相关性白内障的 Moran's I 全局空间自相关值。

表3 环境因素与年龄相关性白内障发病的相关性分析

因素	未调整			模型 1			模型 2		
	回归系数	OR(95%CI)	P	回归系数	OR(95%CI)	P	回归系数	OR(95%CI)	P
紫外线辐射年均值	0.151	1.162(1.082-1.253)	<0.001	0.148	1.156(1.078-1.249)	<0.001	0.136	1.145(1.068-1.236)	<0.001
海拔高度	0.052	1.052(1.023-1.082)	0.015	0.043	1.049(1.017-1.078)	0.033	0.037	1.036(1.002-1.065)	0.048
年平均气温	-0.083	0.924(0.851-0.982)	0.034	-0.064	0.942(0.872-0.991)	0.041	-0.058	0.952(0.881-0.998)	0.047
年降水量	-0.032	0.995(0.978-1.035)	0.291	-0.027	0.982(0.967-1.029)	0.395	-0.016	0.996(0.965-1.039)	0.458
PM2.5 年均浓度	0.092	1.092(1.045-1.275)	0.011	0.075	1.075(1.026-1.198)	0.038	0.068	1.064(1.017-1.185)	0.045

注:未调整模型:未调整任何因素;模型 1:调整年龄、性别、BMI、文化程度、家庭年收入、婚姻状况;模型 2:在模型 1 的基础上,调整医保、职业、居住环境、吸烟史、饮酒史、既往阳光照射时间。

表4 多因素 Logistic 回归分析

因素	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
紫外线辐射年均值	0.135	0.028	23.246	1.145	1.068-1.236	<0.001
海拔高度	0.103	0.029	12.615	1.109	1.053-1.225	<0.001
年平均气温	-0.049	0.016	9.379	0.952	0.836-0.992	0.008
PM2.5 年均浓度	0.122	0.026	22.018	1.130	1.051-1.227	<0.001

表 5 基于 LCA 模型分析因素

编号	因素	序号 1	序号 2
A	紫外线辐射年均值	≤4 500 W/m ²	>4 500 W/m ²
B	海拔高度	≤4 493 m	>4 493 m
C	年平均气温	≤2.9 ℃	>2.9 ℃
D	PM2.5 年均浓度	≤16 μg/m ³	>16 μg/m ³

表 6 年龄相关性白内障环境因素 LCA 分析指标比较

项目	G ²	AIC	BIC	aBIC	Entropy	df
组 1	487.83	5416.75	5407.17	5364.58	0.877	507
组 2	513.24	5562.32	5230.23	5656.45	0.743	502
组 3	284.65	5705.58	5575.21	5482.17	0.756	473
组 4	383.42	5631.16	5612.38	5593.21	0.725	482

注:组 1 至组 4 分别代表 LCA 中不同类别数量的模型拟合结果。组 1 为 2 类别模型,组 2 为 3 类别模型,组 3 为 4 类别模型,组 4 为 5 类别模型。通过比较各模型的拟合指标 (G²、AIC、BIC、aBIC、Entropy),组 1(2 类别模型)的 Entropy 值最高(0.877),表明分类准确度最优,因此选择组 1 作为最终模型。

2.8.2 参数估计结果 LCA 1 和 LCA 2 的概率分别为 29.30%和 70.70%,其中 LCA 2 占比较大,见表 7。从两组的条件概率大小,可看出有 4 个因素的分布均存在显著差异,包括紫外线辐射年均值、海拔高度、年平均气温、PM2.5 年均浓度,表明其对年龄相关性白内障的影响均具有异质性。

2.8.3 LCA 分类结果 在各因素上,第 1 类倾向为“危险因素较少型分布”,包括“紫外线辐射年均值≤4 500 W/m²、海拔高度≤4 493 m、年平均气温≤2.9 ℃、PM2.5 年均浓度≤16 μg/m³”;第 2 类倾向为“危险因素较多型分布”,包括“紫外线辐射年均值>4 500 W/m²、海拔高度>4 493 m、年平均气温>2.9 ℃、PM2.5 年均浓度>16 μg/m³”,见图 5。

3 讨论

青海玉树地区年龄相关性白内障的危害显著。该地区高海拔、强紫外线辐射的环境特征与白内障高发密切相关,高海拔地区发病率显著高于低海拔区域^[8]。白内障对老年患者的危害首先体现在视力功能衰退上。晶状体混浊导致视力渐进性下降,初期表现为视物模糊,晚期可致全盲。视力损害直接限制患者日常活动能力,如阅读、行走等,显著降低生活质量^[9]。研究指出,白内障患者跌倒风险增加 30%,这与视觉障碍导致的空间感知能力下降直接相关^[10]。病程进展还可能引发继发性眼病。晶状体膨胀可能诱发急性青光眼,若未及时治疗,可导致不可逆性失明。此外,长期未干预的白内障可能引发晶状体溶解性葡萄膜炎,这种严重并发症可能造成永久性视力丧失^[11]。有研究显示,该地区白内障患者常合并高血压、糖尿病等慢性病,60-75 岁年龄段患者合并症比例超 42.5%^[12]。多病共存状态增加了手术风险和术后并发症发生率,形成“眼病-全身病”的恶性循环。此外,除环境因素外,年龄相关性白内障或与玉树近年社会经济发展、生活模式变迁相关。随着脱贫攻坚和乡村振兴战略的深入推进,当地农牧民生活水平、交通及医疗保障大幅提升^[13]。更多偏远年龄相关性白内障患者能就医,提高了病例检出与报告率。同时,传统的游牧生活正逐步向定居、半定居转变,牧民全年强紫外线暴露时间结构发生改

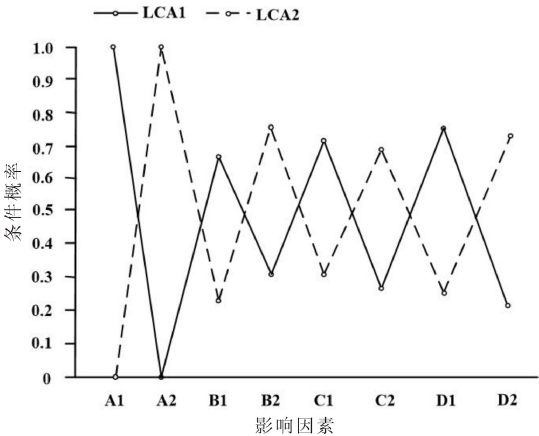


图 5 年龄相关性白内障环境因素的 2 个 LCA 条件概率分布
A1:紫外线辐射年均值≤4 500 W/m²,A2:紫外线辐射年均值>4 500 W/m²;B1:海拔高度≤4 493 m,B2:海拔高度>4 493 m;C1:年平均气温≤2.9 ℃,C2:年平均气温>2.9 ℃;D1:PM2.5 年均浓度≤16 μg/m³,D2:PM2.5 年均浓度>16 μg/m³。

表 7 年龄相关性白内障环境因素的条件概率和 LCA 概率

因素	序号	LCA 分布模式	
		LCA 1	LCA 2
紫外线辐射年均值(W/m ²)	≤4 500 A1	0.950	0.050
	>4 500 A2	0.050	0.950
海拔高度(m)	≤4 493 B1	0.689	0.230
	>4 493 B2	0.311	0.770
年平均气温(℃)	≤2.9 C1	0.717	0.304
	>2.9 C2	0.283	0.696
PM2.5 年均浓度(μg/m ³)	≤16 D1	0.784	0.267
	>16 D2	0.216	0.733
LCA 概率(%)		29.30	70.70

变。另一方面,物质生活的丰富也带来了膳食结构的调整,蔬菜水果摄入量的增加在一定程度上增强了机体的抗氧化能力,但高糖、高脂饮食比例的上升又可能成为新的风险因素^[14]。这些物质文化生活的变化与环境因素交织在一起,共同构成了玉树地区年龄相关性白内障发病的复杂背景。

青海玉树藏族自治州地处青藏高原腹地,地势呈现南北高、中间低,西高东低的态势^[15]。本研究中,青海玉树地区各区县年龄相关性白内障时空分布地图显示,曲麻莱县和治多县发病率最高,称多县和玉树市发病率较高,囊谦县、杂多县发病率最低。空间分布呈“西北高、东南低”特征。时间分布上 2023 年 7-9 月和 2024 年 7-9 月确诊量最高占研究人数的 31.90%。玉树地区整体海拔较高,空气稀薄,对紫外线的吸收和散射作用较弱,紫外线更容易到达地面。曲麻莱县和治多县位于玉树地区西北部,平均海拔更高,紫外线辐射更强,所以白内障发病率最高;而囊谦县、杂多县位于东南部,海拔相对较低,紫外线辐射相对较弱,发病率也较低。值得注意的是,有研究表明青藏高原近年来呈现出“暖湿化”的气候变化趋势,夏季对流天气增多,虽然云量可能短暂遮挡紫外线,但整体紫外线强度因臭氧层变薄等因素依然维持在较高水平,甚至可能增强^[16]。这种气候背景下的夏季强紫外线暴露,仍然是

导致晶状体损伤和白内障发病风险升高的重要因素。全局自相关 Moran's I 系数显示,年龄相关性白内障在区县尺度上的空间分布特征呈现为双峰分布,历年年龄相关性白内障发病率都具有空间正相关性。其中,2023 年 7-9 月和 2024 年 7-9 月为波峰。有研究显示,青海地区白内障发病率具有空间正相关性。在一定的区县范围内,人口分布并非完全随机,存在聚集现象^[17]。老年人由于养老设施、子女陪伴等因素,可能会集中居住在某些区域,而年龄相关性白内障多见于 60 岁以上的老年人。这种人口聚集性使得病例也呈现聚集分布,同一区县内的不同区域可能具有相似的环境特征,从而导致空间正相关,使得 Moran's I 系数为正值。在 7-9 月,天气通常较为晴朗,阳光强烈,紫外线辐射达到一年中的较高水平。长时间的紫外线暴露会损伤晶状体,促使晶状体蛋白变性,增加年龄相关性白内障的发病风险^[18]。所以在这两个月发病率出现高峰。

多因素 Logistic 回归分析显示,紫外线辐射年均值、海拔高度、年平均气温、PM2.5 年均浓度均为年龄相关性白内障发生的影响因素。紫外线辐射年均值、海拔高度、PM2.5 年均浓度与年龄相关性白内障均呈正相关,年平均气温、年降水量与年龄相关性白内障均呈负相关。玉树的高海拔与强紫外线辐射,对年龄相关性白内障发病影响显著。据相关研究,海拔每升高 1 000 m,紫外线辐射强度约增加 10%-12%^[19]。强紫外线长期照射,可致晶状体氧化损伤,促使白内障形成。在高海拔地区,年龄相关性白内障发病率较平原地区高出 2-3 倍。高温环境会使人体新陈代谢加快,眼睛晶状体的代谢也受到影响。长期处于高温环境中,晶状体中的水分容易丢失,导致晶状体蛋白变性、凝聚,增加白内障的发病风险。此外,炎热的天气可能会使人出汗增多,体内电解质平衡容易失调,这也可能对晶状体的正常功能产生不良影响。当 PM2.5 这些污染物被吸入人体后,可能会随着血液循环到达眼睛,对晶状体等眼部组织产生损害^[20]。在玉树,因白内障致盲的患者不在少数,给当地老人生活带来极大不便。

与既往研究相比,本研究在方法学与视角上具有一定新颖性。相较于 Zhu 等^[21]对高海拔地区白内障手术预后的研究,本研究首次在县级尺度上揭示了玉树地区白内障发病的“西北高、东南低”的空间分布规律,并通过 Moran's I 指数证实其空间正相关性,填补了该地区白内障空间分布研究的空白。其次,与 Du 等^[18]的全国性 Meta 分析相比,本研究不仅聚焦于高原特殊环境,还引入了多因素 Logistic 回归和潜在类别分析,明确了紫外线辐射、海拔、气温和 PM2.5 浓度作为影响因素,并识别出两类环境风险模式(危险因素较少型与较多型),提供了更精细的环境-疾病交互作用证据。此外,本研究首次在玉树地区将时间序列与空间分析相结合,明确发现 7-9 月为发病高峰,且与夏季紫外线强度峰值显著相关,这一发现为高原地区白内障的季节性防控提供了直接的科学依据。

本研究的局限性:研究仅覆盖 2023 年 1 月至 2025 年 3 月的短期数据,难以全面反映玉树地区年龄相关性白内障的长期流行趋势。玉树州下辖 6 个市县,地形复杂,但论文仅基于县级统计数据,未细化到乡镇或村落层面。未来的研究应拓展数据时间跨度以反映长期流行趋势并细

化数据空间分辨率以提升分析精度。

综上所述,2023 年 1 月至 2025 年 3 月青海玉树地区年龄相关性白内障发病存在明显时空特征与分布规律。时间上,每年 7-9 月确诊量达到峰值,与高原夏季紫外线强度峰值相关;空间上,各区县发病率差异显著,呈现“西北高、东南低”的分布特征,且发病率在区县尺度上存在空间正相关性。紫外线辐射、海拔高度、气温及 PM2.5 浓度是影响青海玉树地区年龄相关性白内障发病的重要环境因素。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:郭婧论文选题,文献检索,实施研究,分析数据,撰写文章;才文多杰、才仁久美、才仁多加采集数据,统计分析;卓玛拉毛、白玛永吉、索昂才吉、徐军协助开展调查研究,资料收集,论文修改。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Yuan S, Wolk A, Larsson SC. Metabolic and lifestyle factors in relation to senile cataract: a Mendelian randomization study. *Sci Rep*, 2022, 12(1):409-414.
- [2] Huang J, Yu W, He Q, et al. Autophagy facilitates age-related cell apoptosis—a new insight from senile cataract. *Cell Death Dis*, 2022, 13(1):37-42.
- [3] Mi YZ, Zhu QN, Chen YX, et al. Impact of physical activity frequency, duration, and intensity on senile cataract risk: a mendelian randomization study. *Trans Vis Sci Tech*, 2024, 13(5):26-31.
- [4] 赵名茶, 张明. 青海南部地区生态环境质量评价模型. *资源科学*, 1999, 21(3):16-22.
- [5] Mirzaie M, Bahremani E, Taheri N, et al. Cataract grading in pure senile cataracts: pentacam versus LOCS III. *J Ophthalmic Vis Res*, 2022, 17(3):337-343.
- [6] 中华医学会眼科学分会防盲和流行病学组. 我国几种常见眼病的现场流行病学研究方法学标准专家共识(2016 年). *中华眼科杂志*, 2016, 52(11):805-811.
- [7] Koo H, Wong DWS, Chun YW. Measuring global spatial autocorrelation with data reliability information. *Prof Geogr*, 2019, 71(3):551-565.
- [8] 索南措, 王玉瑾, 张燕. 高原地区老年性白内障围术期用药与术后感染的相关性研究. *中华医院感染学杂志*, 2015, 25(9):2007-2009.
- [9] Mishra D, Kashyap A, Srivastav T, et al. Enzymatic and biochemical properties of lens in age-related cataract versus diabetic cataract: a narrative review. *Indian J Ophthalmol*, 2023, 71(6):2379-2384.
- [10] López-de la Rosa A, Díez-Montero C, Martínez-Plaza E, et al. Senile cataract formation does not affect crystalline lens thickness. *Ophthalmol Ther*, 2024, 13(3):819-830.
- [11] Magavern EF, van Heel DA, Team G&HR, et al. SLC01B1 * 5 is protective against non-senile cataracts in cohort prescribed statins: analysis in a British-South Asian cohort. *Pharmacogenomics J*, 2023, 23(5):134-139.
- [12] 余萍, 王青, 刘玲玲. 多焦点人工晶体治疗老年性白内障的安全性和有效性:随机对照临床试验方案. *中国组织工程研究*, 2016, 20(47):7139-7144.
- [13] 刘楠, 路秋玲, 赵力, 等. 青藏高原自然保护地与乡村社区耦合协调性评价研究—以青海省为例. *林业资源管理*, 2023, 5:9-19.
- [14] 闫佳, 孙文慧, 张迪, 等. 膳食宏量营养素摄入量与年龄相关白内障危险性分析. *中国全科医学*, 2012, 15(2):160-163.

[15] 文海. 青海省玉树地区地方病防治现状与对策. 中华地方病学杂志, 2000,19(3):230-231.

[16] 欧阳志云, 张观石, 应凌霄. 气候变化对青藏高原生态系统分布范围和生态功能的影响研究进展. 气候变化研究进展, 2024,20(6):699-710.

[17] Wang JD, Chen CX, Liu MR, et al. National-wide survey of ophthalmic human resources in China in 2021. BMC Health Serv Res, 2024,24(1):1490-1495.

[18] Du YF, Zhang Y, Bai WL, et al. Prevalence of cataract and cataract surgery in urban and rural Chinese populations over 50 years old: a systematic review and Meta-analysis. Int J Ophthalmol, 2022,15(1):141-149.

[19] 刘扬, 孙炜. 紫外线致白内障的流行病学研究现状. 中国公共卫生, 2002,18(1):109-110.

[20] Li XJ, Xie JY, Xu JH, et al. Long-term exposure to ambient PM_{2.5} and age-related cataracts among Chinese middle-aged and older adults: evidence from two national cohort studies. Environ Sci Technol, 2023,57(32):11792-11802.

[21] Zhu LL, Han Y, Tang YY, et al. High-altitude effect on corneal endothelial cells and prognosis in patients with cataract surgeries: a propensity score matched analysis. Int J Ophthalmol, 2025,18(3):409-414.

撤稿启事

《国际眼科杂志》2025 年第 9 期 1476-1483 页《点扩散光学技术镜片在近视控制领域的研究进展》(作者:何坤、潘冰心、杨苏云等)一文中因图 3 版权授权不完整及部分内容需修正,经作者申请,作者单位和编辑部审核,准予撤稿。特此告知并诚挚向读者致歉!

国际眼科杂志社
2025-10-23