

不同气象和空气质量下男性计算机从业人员干眼症状检出率及危险因素的调查

胡 轲*, 桂 煜*, 孔欢欢, 陈 鹏, 孙丽娟

引用: 胡轲, 桂煜, 孔欢欢, 等. 不同气象和空气质量下男性计算机从业人员干眼症状检出率及危险因素的调查. 国际眼科杂志, 2026, 26(9): 1670-1674.

基金项目: 西京医院医务人员培养助推计划项目 (No. XJZT26CX55); 西京医院医务人员技术提升项目 (No. 2025XJSD08)

作者单位: (710032) 中国陕西省西安市, 空军军医大学西京医院眼科 全军眼科研究所

*: 胡轲和桂煜对本文贡献一致。

作者简介: 胡轲, 在读硕士研究生, 研究方向: 眼表疾病诊疗; 桂煜, 在读博士研究生, 研究方向: 眼表疾病诊疗。

通讯作者: 孙丽娟, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 眼表疾病诊疗. sunlijuan777@126.com

收稿日期: 2026-04-15 修回日期: 2026-07-16

摘要

目的: 调查不同气候区计算机从业人员的干眼症状检出率, 并分析导致干眼发生的危险因素。

方法: 横断面研究。于2023年12月至2024年1月向3个不同气候区的6个地级市的计算机从业者发放调查问卷。使用混合效应 Logistic 回归分析, 探究环境因素与干眼严重程度的相关性。环境因素包括气象与空气污染物数据, 分别来源于国家气象信息中心和中国空气质量在线监测分析平台。以各类环境参数的年平均值为自变量, 参与者眼表疾病指数 (OSDI) 得分为因变量进行上述回归分析。

结果: 本研究最终纳入参与者364名, 年龄18-50岁, 均为男性, 出现干眼症状人数80例, 干眼症状检出率为22.0%。不同地区间干眼症状的检出率有显著差异 ($P<0.05$)。进一步混合效应 Logistic 回归分析提示, 干眼的危险因素有每日用眼时间 ($P<0.001$, $OR=1.669$)、相对湿度 ($P=0.047$, $OR=1.237$)、 NO_2 浓度 ($P=0.042$, $OR=1.283$)、 $PM_{2.5}$ 浓度 ($P=0.006$, $OR=1.485$)、CO 浓度 ($P=0.018$, $OR=1.388$)、保护因素有气温 ($P=0.003$, $OR=0.701$)。

结论: 气象条件和空气质量对于男性计算机从业者干眼症状的发生有着显著影响, 应当针对不同地区环境特征展开干眼的预防和治疗, 为相关从业人员的眼表健康提供保障。

关键词: 干眼; 环境因素; 计算机从业者; 横断面研究

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.9.28

Prevalence and risk factors of dry eye disease in male computer professionals under different meteorological and air quality conditions

Hu Ke*, Gui Yu*, Kong Huanhuan, Chen Peng, Sun Lijuan

Foundation items: Xijing Hospital Medical Staff Training Boosting Program (No. XJZT26CX55); Xijing Hospital Medical Staff Technical Improvement Program (No. 2025XJSD08)

Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Eye Institute of PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

* Co-first authors: Hu Ke and Gui Yu

Correspondence to: Sun Lijuan. Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Eye Institute of PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China. sunlijuan777@126.com

Received: 2026-04-15 Accepted: 2026-07-16

Abstract

• **AIM:** To investigate the prevalence of dry eye symptoms among computer professionals in different climate zones and to identify the risk factors associated with dry eye disease.

• **METHODS:** A cross-sectional study was conducted by distributing questionnaires from December 2023 to January 2024 to computer professionals in six prefecture-level cities located in three distinct climate zones. Mixed-effects logistic regression analysis was employed to explore the relationship between environmental factors and the severity of dry eye disease. Environmental factors, including meteorological parameters and air pollutant concentrations, were obtained from the National Meteorological Information Center and the China Air Quality Online Monitoring and Analysis Platform, respectively. The annual mean values of environmental parameters served as independent variables, while the participants' Ocular Surface Disease Index (OSDI) scores were used as the dependent variable in the regression analysis.

• **RESULTS:** A total of 364 male participants aged 18-50 y were enrolled in this study. Among them, 80 participants presented with dry eye symptoms, corresponding to a detection rate of 22.0%. There was a significant difference in the detection rate of dry eye symptoms across different

regions ($P < 0.05$). Mixed - effects logistic regression analysis identified the following risk factors: daily eye use time ($P < 0.001$, $OR = 1.669$), relative humidity ($P = 0.047$, $OR = 1.237$), NO_2 concentration ($P = 0.042$, $OR = 1.283$), $PM_{2.5}$ concentration ($P = 0.006$, $OR = 1.485$), and CO concentration ($P = 0.018$, $OR = 1.388$). Temperature was found to be a protective factor ($P = 0.003$, $OR = 0.701$).

• **CONCLUSION:** Meteorological conditions and air quality significantly influence the occurrence of dry eye symptoms in male computer professionals. Prevention and treatment strategies for dry eye diseases should be tailored to the environmental characteristics of different regions to protect the ocular surface health of this occupational group.

• **KEYWORDS:** dry eye disease; environmental factors; computer professionals; cross-sectional study

Citation: Hu K, Gui Y, Kong HH, et al. Prevalence and risk factors of dry eye disease in male computer professionals under different meteorological and air quality conditions. *Guoji Yanke Zazhi* (Int Eye Sci), 2026,26(9):1670–1674.

0 引言

干眼是一类由多种致病因素导致的眼表疾病,以眼部干涩、烧灼感、异物感、酸胀感为主要临床表现,我国干眼发生率约为 21.0%–52.4%^[1]。干眼如不规范治疗,其眼表损伤或将加重,进而发展为角膜溃疡、穿孔,乃至危害视力。泪液高渗环境和泪膜不稳定被认为是干眼发病和进展的关键因素^[2]。影响泪液环境和泪膜质量的原因很多,年龄、性别、用药史、全身性疾病以及社会心理因素、环境因素都与之密切相关^[1,3–5]。随着工业化进程加速和全球极端气候频现,环境变化对于眼表健康的威胁也日渐显现。一项在中国东北大城市开展的观察期 6 a 的交叉研究指出,空气污染物(PM_{10} 、 NO_2)和气象参数(气温、气压)对干眼的发生有综合影响^[6]。此外,在大型城市的临床研究提示:短期暴露于 $PM_{2.5}$ 、 NO_2 、 O_3 和 SO_2 等空气污染物与干眼门诊就诊的危险呈正相关^[7–8],而低温和低相对湿度环境也与参与者的眼表疾病指数(ocular surface disease index, OSDI)量表的较高得分相关^[9],此得分反映了参与者的干眼严重程度。这些研究为环境因素与眼表疾病的关联提供了证据。我国幅员辽阔,可分为五大气候类型区域(温带季风气候、亚热带季风气候、热带季风气候、温带大陆性气候、高山高原气候),不同地区的气象条件和空气污染情况相差较大,对于眼表环境具有复杂且持久的影响。因此,探究眼表疾病的环境危险因素对于拓展疾病的流行病学资料和指导预防具有重要意义。本次研究对象是来自 3 个主要气候区的计算机从业者。此类人群的特点为:(1)城市工作为主,居住地稳定;(2)长时间使用电子终端,干眼患病率高^[10–11],作为干眼的环境危险因素研究对象,具有混杂因素少,暴露因素与疾病关联强度高的优势。考虑到可实施性,本研究以横断面调查的方式展开,向上述人群发放问卷,获得干眼症状检出率,将问卷采集前一定时间段的气象和空气污染物参数和其他相关因素(年龄、每日用眼时间等)进行多水平 Logistic 回归分析,旨在通过调查计算机从业者的干眼症状和环境因素

的联系,探寻可能的致病因子,为后续进一步针对性干预提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究为横断面研究,以调查问卷的方式开展,全部问卷于 2023 年 12 月至 2024 年 1 月发放并回收完毕。参与者为生活在我国 3 个主要气候区(温带季风气候、亚热带季风气候、温带大陆性气候)6 个城市(哈密、张掖、哈尔滨、忻州、芜湖、贵港)的企业和高校信息技术从业人员。此类人群长期生活地点及工作模式较为固定,且上述城市分属 3 大气候区,年均气象参数差异较大,适合作为环境危险因素的研究群体。纳入标准:(1)18–60 岁,在问卷填写地区(地级市)连续居住时间 1 a 以上;(2)计算机从业者(定义:以计算机科学、信息技术或相关领域为核心职业方向,从事与计算机系统的研究、设计、开发、测试、部署、运维、管理、教学或咨询等工作的专业人员)。排除标准:(1)近 6 mo 内影响眼表健康状况的手术史;(2)患有翼状胬肉、急性结膜炎、睑板腺炎、眼外伤等眼表疾病;(3)糖尿病、干燥综合征等全身疾病史;(4)近 2 wk 使用过影响泪液分泌的药物。本研究严格遵循《赫尔辛基宣言》要求,并通过空军军医大学西京医院伦理委员会批准(KY20242117),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法 问卷由一般信息采集表和 OSDI 量表构成。一般信息包括:年龄、性别、常住地、每日用眼时间、眼部手术/外伤/疾病情况、全身疾病史、药物史等。OSDI 量表由 12 个条目组成,从三个维度反映参与者近 1 wk 的干眼症状,根据国际常用标准,OSDI 得分 < 13 分为正常,13 分及以上代表干眼^[12–13]。经过规范化培训的调查员发放纸质问卷并说明注意事项,确保调查对象独立填写。问卷回收后由双人进行初步核对,剔除未完成问卷,录入 Excel 后再次核对,剔除无效问卷。本次研究使用的环境参数分别为气象数据和空气污染物数据。气象数据包括:10 m 平均风速、2 m 平均相对湿度、日照时数、短波辐射总量、2 m 平均气温、降雨总量。空气污染数据包括: $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、CO、 O_3 浓度。气象数据均来源于国家气象信息中心,空气污染物数据来自中国空气质量在线监测分析平台,上述气象与空气污染物数据为此类研究的常用环境参数,具有较高的可靠性^[14–18]。环境因素对干眼的影响具有累积效应与滞后性,且各项环境参数存在显著的日间波动、季节变化和年际变异,短期测量结果易受随机因素影响。然而,受限干横断面研究,无法动态追踪两者的关联,故使用 2019 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日连续 5 a 的环境参数的均值替代调查期间(2023 年 12 月至 2024 年 1 月)的实际环境参数,较为接近真实情况,可减小误差。

统计学分析:使用 R4.5.2 对数据进行统计分析,GraphPad Prism 10.1 用于统计图绘制。计数资料用例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用方差分析(F 检验),不符合正态分布的数据使用 Kruskal–Wallis H 法。按照评估标准把 OSDI 得分转化为分类变量,用以表示参与者的干眼情况(OSDI 得分 < 13 分为健康,OSDI ≥ 13 分为干眼),并作为因变量;年龄、每日用眼时间、环境参数作为自变量,采用混合效应 Logistic 回归进行多水平的干眼相关影响因素分析。以 $P <$

0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 问卷回收率 本研究共回收调查问卷 452 份,其中 28 份因部分信息缺失、明显逻辑错误予以删除,共收集有效问卷 424 份,有效率为 93.8%。参与者年龄 18-50 岁。其中,收集女性问卷 12 份。因为性别是干眼的重要影响因素,而本案例中,因群体特点导致女性样本量严重不足,为避免偏倚,故剔除女性调查问卷。根据纳入和排除标准最终确定参与者 364 名。

2.2 干眼人群调查结果 此次研究 364 名男性计算机从业人员中,年龄 18-50 岁,干眼人数 80 例(OSDI 得分 ≥13 分),检出率为 22.0%。因数据不符合正态分布,以 OSDI 得分进行非参数检验(Kruskal-Wallis H 法)显示:不同地区间 OSDI 得分的中位数分布具有显著差异($\chi^2=23.81, P<0.001$),即不同地区间干眼人数差异具有统计学意义($P=0.030$),见表 1,图 1。本案例结果表明:各地区男性计算机从业人员的干眼严重程度显著不同。这可能与不同地区环境指标的差异或其他因素有关,在此基础上选取当前认为可能影响眼表健康状况的环境参数、年龄和每日用眼时间做进一步回归分析。

2.3 干眼相关危险因素的混合效应 Logistic 回归分析 以 OSDI 分级(健康/干眼)为因变量,年龄、每日用眼时间和环境参数为自变量,进行多水平的 Logistic 回归分析,水平 1 为个体间差异,嵌套于地区(水平 2)。结果显示,随机效应: $\sigma^2=0.203, SD=0.451$,组内相关系数(ICC)=0.058, 95%CI:0.012-0.124,提示约 5.8%的干眼风险变异由地区差异解释。干眼的危险因素有每日用眼时间($P<0.001$,

$OR=1.669$)、相对湿度($P=0.047, OR=1.237$)、 NO_2 浓度($P=0.042, OR=1.283$)、 $PM_{2.5}$ 浓度($P=0.006, OR=1.485$)、 CO 浓度($P=0.018, OR=1.388$),保护因素有气温($P=0.003, OR=0.701$),见表 2。

3 讨论

随着不断地探究,环境致病因素与眼表状态的关系逐渐明晰起来。多个城市的临床试验都表明,空气污染物对于干眼的发生有促进作用。本例调查分析发现,长期暴露于较高浓度 $PM_{2.5}$ 、 CO 、 NO_2 的空气中,是导致干眼的一个危险因素,这与以往的研究结果相符合^[8,19-22]。 $PM_{2.5}$ 通过诱导炎症和氧化应激反应,破坏人角膜上皮细胞的屏障功能,是导致干眼的重要机制^[23],而 CO 、 NO_2 可能通过调节干眼的关键基因,影响脂质代谢、激素调节、氧化应激和炎症反应等生物过程,从而导致角膜的损伤^[24]。气象因素方面,较高的相对湿度对于干眼的发生有着显著促进作用,而较高的气温具有保护作用。在既往研究中,相对湿

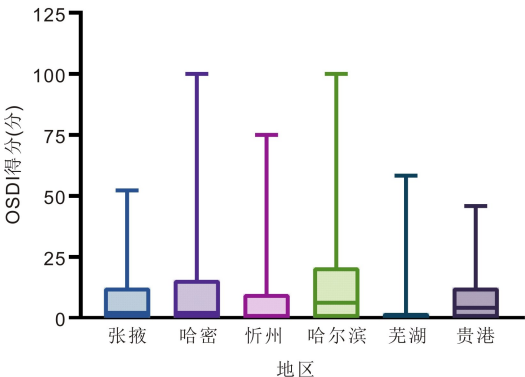


图 1 各地级市 OSDI 得分情况。

表 1 男性计算机从业者 364 名一般资料

参数	哈尔滨(n=47)	忻州(n=76)	哈密(n=77)	张掖(n=62)	芜湖(n=55)	贵港(n=47)	F/χ²/H	P
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	26.361±5.272	26.331±5.182	26.493±4.960	24.561±4.231	28.803±6.342	36.212±7.221	79.721	<0.001
每日用眼时间(名)							6.473	0.263
≤8 h/d	1	0	3	0	1	0		
>8 h/d	46	76	74	62	54	47		
OSDI 得分[$M(P_{25}, P_{75})$,分]	6.25(0,19.27)	2.08(0,10.42)	2.08(0,14.58)	3.13(0,12.50)	0(0,5.21)	4.17(0,12.50)	23.81	<0.001
干眼人数(例,%)	16(34.0)	13(17.1)	22(28.6)	13(21.0)	5(9.1)	11(23.4)	12.413	0.030

表 2 干眼危险因素混合效应 Logistic 回归分析

影响因素	系数(β)	标准误	Z	P	OR	95%CI
年龄	-0.039	0.076	-0.513	0.608	0.962	0.829-1.116
每日用眼时间	0.512	0.121	4.231	<0.001	1.669	1.312-2.123
风速	0.018	0.109	0.165	0.869	1.018	0.822-1.261
相对湿度	0.213	0.107	1.991	0.047	1.237	1.002-1.528
气温	-0.356	0.12	-2.967	0.003	0.701	0.552-0.890
日照	0.089	0.113	0.788	0.431	1.093	0.877-1.362
短波辐射	0.009	0.117	0.077	0.939	1.009	0.803-1.268
降雨	0.176	0.102	1.725	0.085	1.192	0.976-1.456
PM2.5	0.395	0.143	2.762	0.006	1.485	1.120-1.969
PM10	0.179	0.129	1.388	0.165	1.196	0.929-1.540
SO₂	0.092	0.116	0.793	0.428	1.096	0.874-1.375
NO₂	0.249	0.122	2.041	0.042	1.283	1.008-1.633
CO	0.328	0.138	2.377	0.018	1.388	1.057-1.823
O₃	-0.171	0.108	-1.583	0.113	0.843	0.682-1.042

度与干眼的发生密切相关^[25-26],一项多气候区的临床研究显示:干眼患者较大的角膜荧光素染色面积与较低的相对湿度相关,泪膜破裂时间与空气相对湿度正相关^[27],即空气相对湿度越低,患者的干眼症状越严重。而此次结果却支持相反的结论,分析可能的原因:相对湿度与空气污染物的交互作用会加重干眼症状。一项室内人群的研究显示,高相对湿度环境使得 PM2.5 这类细颗粒物更容易附着在眼表,高相对湿度的保护效应则会被 PM2.5 的致病效应减弱,甚至呈现出与干眼严重程度正相关的结果^[28]。计算机从业人员长期活动范围为室内环境,上述交互效应的影响更为显著。因此,此次结果中相对湿度与干眼的正相关应当认为是特定人群(室内工作者)的特征表现。温度与干眼的相关性,目前研究结果尚不一致,有研究报告,温度与干眼就诊率正相关^[5],而另一些研究提示,低温与较高的干眼症状得分相关^[8,29]。本次结果支持后者,即低温是干眼的危险因素。此外,每日用眼时间作为干眼的显著危险因素,符合计算机从业人员的工作特性。此类人群每日使用信息化终端的时间较长,注视电子屏幕会导致瞬目频率下降,泪液蒸发过快,同时不规律的作息也会导致泪膜稳定性下降,从而引起干眼的发生。

此次数据处理使用了多水平 Logistic 回归分析,具有下列优势:(1)正确处理数据的层次结构,避免了统计偏倚。同一地区内的个体在环境暴露方面具有相似性,导致观测值不独立,使用传统 Logistic 回归会增加假阳性风险,多水平模型引入地区随机截距,明确建模组内相关性,使得结果可靠性增加;(2)同时估计固定效应和随机效应。既评估了潜在影响因素对所有地区的平均效应,也估计了每个地区独有的基线风险;(3)处理不平衡数据,提高统计效能。本研究中各地区样本量不完全相等,多水平模型能有效利用不同大小的组别信息,对样本量较小的组仍能提供较为可靠的估计,减少了传统方法在小样本中出现极端估计值的情况。

相较于既往单一城市研究,支撑本次结论的空气质量与气象数据来源相对广泛,一定程度上避免了数据偏倚,提升了结果的可靠性,但研究仍存在不足之处。此次分析以 OSDI 量表得分为参考诊断干眼,该量表反映近 1 wk 内参与者的主观干眼程度,还需要进一步的干眼体征(角膜荧光素染色、泪膜破裂时间、Schirmer 试验等)的客观检查来确诊。同时由于人群特殊性,只观察了男性参与的干眼情况,缺少对性别因素的探究。因此,本研究所得结论仅可反映空气质量和气象因素对于特定范围人群(男性室内工作者)干眼症状的影响,尚不足以推广至全体人群。在方法上,受制于横断面研究,使用一次 OSDI 得分结果和环境参数的多年均值进行分析,存在暴露窗口与结局窗口的时间错位。环境因素对于干眼的影响具有累积效应,且环境参数存在周期性,不同季节和年度的空气质量与气象条件有明显差异,若使用问卷收集前的短期数据进行分析会造成较大偏差,故将年均值纳入回归模型以降低误差,但此法得出的结果仅可反映各影响因素的长期效应,与实际情况仍有差距,后续条件允许,使用时间序列分析则更为准确。

综上所述,本次调查研究结果提示:男性计算机从业者的干眼症状检出率为 22.0%。长期作用条件下,部分空气污染物(PM2.5、CO、NO₂)、相对湿度、每日用眼时间是男性计算机从业人员罹患干眼的危险因素,气温是干眼的

保护因素。应当认识到环境因素对眼表的影响,尤其应重视极极端气候区(高原、沙漠、寒冷等地区)的严峻环境对于人体眼部的危害,在专科疾病管理中,要结合地域和职业特征做好相应预防和治疗措施,如安装净化器降低空气污染物浓度,保持适宜的室内湿度,避免长时间使用电子屏幕等,为特定职业人群的眼部健康提供专业化保障。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:胡轲、桂煜论文选题,初稿撰写;孔欢欢数据收集与整理;陈鹏数据分析;孙丽娟选题指导,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] 中华医学会眼科学分会角膜病学组,中国医师协会眼科医师分会角膜病学组.中国干眼临床诊疗专家共识(2024年).中华眼科杂志,2024,60(12):968-976.
- [2] Wolffsohn JS, Benítez-Del-Castillo JM, Loya-García D, et al. TFOS DEWS III: diagnostic methodology. Am J Ophthalmol, 2025,279:387-450.
- [3] 亚洲干眼症协会中国分会,海峡两岸医药卫生交流协会眼科学专业委员会眼表与泪液病学组,中国医师协会眼科医师分会眼表与干眼症学组.中国干眼症专家共识:免疫性疾病相关性干眼症(2021年).中华眼科杂志,2021,57(12):898-907.
- [4] 亚洲干眼症协会中国分会,海峡两岸医药卫生交流协会眼科学专业委员会眼表与泪液病学组,中国医师协会眼科医师分会眼表与干眼症学组.中国干眼症专家共识:药物相关性干眼症(2021年).中华眼科杂志,2021,57(10):734-742.
- [5] 何绪琦,张怡,翟耀华,等.基于医疗大数据的全球干眼研究热点及趋势可视化分析.国际眼科杂志,2026,26(2):228-236.
- [6] Lu CW, Fu J, Liu XF, et al. Impacts of air pollution and meteorological conditions on dry eye disease among residents in a northeastern Chinese metropolis: a six-year crossover study in a cold region. Light Sci Appl, 2023,12(1):186.
- [7] Cao F, Chen Y, Gui YC, et al. Association between traffic-related air pollution and risk of outpatient visits for dry eye disease in a megacity along the subtropical coast in South China. BMC Public Health, 2025,25(1):151.
- [8] Yu DH, Deng QL, Wang JW, et al. Air pollutants are associated with dry eye disease in urban ophthalmic outpatients: a prevalence study in China. J Transl Med, 2019,17(1):46.
- [9] Ho WT, Chiu CY, Chang SW. Low ambient temperature correlates with the severity of dry eye symptoms. Taiwan J Ophthalmol, 2022,12(2):191-197.
- [10] Fjaervoll H, Fjaervoll K, Magno M, et al. The association between visual display terminal use and dry eye: a review. Acta Ophthalmol, 2022,100(4):357-375.
- [11] Yang L, Jin X, Huang W, et al. Epidemiological investigation of asthenopia and dry eye among visual display terminal workers. Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban, 2025,57(3):554-561.
- [12] Schiffman RM, Christianson MD, Jacobsen G, et al. Reliability and validity of the ocular surface disease index. Arch Ophthalmol, 2000,118(5):615-621.
- [13] Hashmani N, Mustafa FG, Tariq MA, et al. Distribution and Correlation of Ocular Surface Disease Index Scores in a Non-Clinical Population: The Karachi Ocular Surface Disease Study. Cureus, 2020,12(7):e9193.
- [14] Duarte B, Xavier E, Nunes HC, et al. Environmental drivers of dry eye disease: a narrative review of pollutants, climate, and indoor exposures with practice recommendations. Ophthalmol Ther, 2026,15(2):547-567.

[15] Chu DD, Chen J, Yang CL, et al. Associations between air pollution and daily outpatient visits for dry eye disease and the effect modification of temperature. BMC Public Heal, 2025,25(1):1163.

[16] Choi YH, Song MS, Lee Y, et al. Adverse effects of meteorological factors and air pollutants on dry eye disease: a hospital – based retrospective cohort study. Sci Rep, 2024,14(1):17776.

[17] Zhou HZ, Liu XF, Zhou DD, et al. Effects of air pollution and meteorological conditions on DED: associated manifestations and underlying mechanisms. Klin Monbl Augenheilkd, 2024, 241 (9): 1062–1070.

[18] Al-Dossary S. Environmental and occupational triggers of dry eye symptoms in the ahsa region of Saudi Arabia: a cross – sectional study. OPTH, 2024,18:2427–2438.

[19] Kai JY, Wu YB, Dong XX, et al. Association between ambient air pollution and dry eye symptoms among Chinese individuals during the COVID–19 pandemic: a national–based study. Sci Total Environ, 2024, 935:173386.

[20] Jing DL, Jiang XD, Zhou P, et al. Evidence of air pollution – related ocular signs and altered inflammatory cytokine profile of the ocular surface in Beijing. Sci Rep, 2022,12(1):18359.

[21] Hao SJ, Chen ZJ, Gu YZ, et al. Long – term PM_{2.5} exposure disrupts corneal epithelial homeostasis by impairing limbal stem/progenitor cells in humans and rat models. Part Fibre Toxicol, 2023, 20(1):36.

[22] Duarte B, Xavier E, Nunes HC, et al. Environmental drivers of dry eye disease: a narrative reviewof pollutants, climate, and indoor exposures with practice recommendations. Ophthalmol Ther, 2026, 15(2):547–567.

[23] 刘莹, 张婕, 刘小毛, 等. PM2.5 对人角膜上皮细胞屏障功能、氧化应激反应以及自噬的影响. 现代生物医学进展, 2024,24(22): 4207–4213,4236.

[24] Wu YT, Jiao ZM, Liu YX, et al. Associationbetween air pollution and dry eye: insights from network toxicology and molecular docking analysis. BMC Pharmacol Toxicol, 2025,26(1):182.

[25] Shin D, Ahn H, Cho Y, et al. The cumulative impact of air pollution on dry eye disease: Evidence from the Koreanational health and nutrition examination survey (2017 – 2020). Ocul Surf, 2026, 40: 254–263.

[26] Xu YM, Zhang LW, Yang Y, et al. Delayed effects of the relative humidity on the outpatient visits of dry eye disease in Shanghai, China: effect modification by green and blue space. J Glob Health, 2025, 15:04142.

[27] Berg EJ, Ying GS, Maguire MG, et al. Climatic and environmental correlates of dry eye disease severity: a report from the dry eye assessment and management (DREAM) study. Transl Vis Sci Technol, 2020,9(5):25.

[28] Huang A, Janecki J, Galor A, et al. Association of the indoor environment with dry eye metrics. JAMA Ophthalmol, 2020,138(8): 867–874.

[29] Song MS, Lee Y, Paik HJ, et al. A comprehensive analysis of the influence of temperature and humidity on dry eye disease. Korean J Ophthalmol, 2023,37(6):501–509.