

视频显示终端来源的蓝光对干眼影响的研究进展

孙莹莹^{1,2}, 彭健雄², 卢敏^{1,3}

引用: 孙莹莹, 彭健雄, 卢敏. 视频显示终端来源的蓝光对干眼影响的研究进展. 国际眼科杂志, 2025, 25(2): 255-258.

基金项目: 广州市卫生健康科技项目 (No.20231A041001)

作者单位: ¹(524023) 中国广东省湛江市, 广东医科大学; ²(510030) 中国广东省广州市越秀区妇幼保健院; ³(528100) 中国广东省佛山市, 佛山三水华夏眼科医院

作者简介: 孙莹莹, 在读硕士研究生, 副主任医师, 研究方向: 干眼。

通讯作者: 卢敏, 本科, 硕士研究生导师, 主任医师, 研究方向: 白内障、干眼. 1579128299@qq.com

收稿日期: 2024-07-27 修回日期: 2024-12-18

摘要

随着科技的发展, 电子设备在工作和生活中的使用日益增加, 人们对各种视频显示终端的依赖日趋增强。眼表是视觉系统抵抗外部环境损伤的第一道屏障, 长时间暴露于视频显示终端会引起畏光、异物感、眼干和眼疲劳等干眼症状, 其中视频显示终端所发出的可见光中又以波长在 400-500 nm 的蓝光能量最高, 可能是导致干眼的罪魁祸首。尤其近年所爆发的新冠疫情, 让各式各样的线上活动呈爆发式增长, 人们使用视频显示终端的频率和时间明显增加。这也促进了全球对视频显示终端发射的蓝光所致干眼的研究。文章就近年来长时间使用视频显示终端引起干眼的研究进展进行归纳, 并从发病情况、发病机制、预防和治疗等方面进行综述。

关键词: 蓝光; 干眼; 视频显示终端; 氧化应激; 炎症

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.2.14

Current developments in dry eye induced by video display terminals - derived blue light

Sun Yingying^{1,2}, Peng Jianxiong², Lu Min^{1,3}

Foundation item: Guangzhou Health Science and Technology Project (No.20231A041001)

¹Guangdong Medical University, Zhanjiang 524023, Guangdong Province, China; ²Guangzhou Yuexiu District Maternal and Child Health Hospital, Guangzhou 510030, Guangdong Province, China; ³Sanshui Huaxia Eye Hospital, Foshan 528100, Guangdong Province, China

Correspondence to: Lu Min. Guangdong Medical University, Zhanjiang 524023, Guangdong Province, China; Sanshui Huaxia Eye Hospital, Foshan 528100, Guangdong Province, China. 1579128299@qq.com

Received: 2024-07-27 Accepted: 2024-12-18

Abstract

• With the development of science and technology, electronic devices have become an inevitable part of our daily life and work. There has been an increase of interest in the use of various video display terminals (VDT). The ocular surface is the first barrier of the visual system to resist the damage of the external environment. In recent years, the number of patients with dry eye has consistently increased with the excessive use of VDT. Blue light produced by VDT, with wavelengths ranging from 400 to 500 nm, has a high energy in visible light. Therefore, blue light may also be an important risk factor for dry eye. In particular, the outbreak of COVID-19 has left people worldwide suffering from increased blue light, which promotes further research into dry eye caused by blue light emitted from VDT. In this review, we summarize the recent studies on the role of blue light produced by VDT in dry eye to provide reference for future related research.

• KEYWORDS: blue light; dry eye; video display terminal; oxidative stress; inflammation

Citation: Sun YY, Peng JX, Lu M. Current developments in dry eye induced by video display terminals - derived blue light. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025, 25(2): 255-258.

0 引言

随着信息和通信技术的发展, 人们在工作和生活环境中使用视频显示终端的频率和时间明显增加。视频显示终端是以发光二极管 (light emitting diode, LED) 作为光源的电子设备, 能够发射大量的蓝光。蓝光波长在 400-500 nm, 是可见光中能量最高的光, 可用于治疗痤疮、牛皮癣和慢性伤口等^[1]。然而, 视频显示终端所带来的蓝光污染问题越来越受到国际社会的广泛关注。多项研究结果表明, 长期暴露于蓝光中不仅会造成生物节律紊乱、睡眠障碍和皮肤老化, 甚至会引起寿命缩短^[2-4]。在眼部, 蓝光与干眼、白内障、年龄相关性黄斑变性以及视网膜色素变性等眼科疾病的发生发展密切相关^[5-12]。

眼表是视觉系统和外部环境之间的第一道屏障, 它可以保护眼睛免受损伤和感染^[13]。目前, 已有多项研究表明, 在过度使用视频显示终端人群中, 超过 70% 的使用者会出现眼部相关症状^[14-15]。干眼是眼科最常见的疾病之一, 代表日益严重的公共卫生问题, 其后果仍然被广泛低估。干眼是一种泪液和眼表的多因素疾病, 可导致不适症状、视觉障碍和泪膜不稳定, 并对眼表造成潜在损害。此外, 还伴有泪膜渗透压增高和眼表炎症^[9, 16]。干眼对视觉功能造成显著影响, 可能影响生活质量和工作效率。2020-03 所爆发的新冠疫情, 让各式各样的线上活动呈爆发式增长。目前, 在医院眼科门诊的患者中, 长时间使用

视频显示终端所导致的干眼患者所占比例也越来越高。视频显示终端来源的蓝光已成为干眼的重要危险因素之一。

1 视频显示终端所致干眼的流行病学调查

调查显示,在2018年,日本小学生的互联网使用率超过85%,平均上网时间比上一年每日增加约21 min。这些数据表明,小学生上网年龄越来越小,而上网时长也在增加^[17]。2020-03发生新冠疫情后,全球多个地区学校关闭,8.62亿学生转为线上授课,数字设备使用量明显增加。相关统计数据显示,40.5%的学生每天可以上网超过10 h^[18]。随着新冠疫情的全面流行,10-14岁的青少年平均每天在屏幕上花费7.70 h,而大流行前的估计为每天3.8 h,新冠疫情大流行增加了儿童使用视频显示终端的时长^[19]。一项针对德国4-17岁青少年($n=1\ 717$)的调查显示,新冠疫情期间,他们每天总娱乐时间增加61.2 min。在法国新冠疫情大流行期间的一项大型调查中,64%的受访者($n=11\ 391$)报告视频显示终端使用时长增加,在加拿大的一项调查中,超过60%的受访者($n=4\ 524$)报告称疫情期间互联网使用增加,24%的男性和16%的女性报告视频游戏使用增加^[20]。

目前,在全球范围内,一般人群的干眼患病率在5%-50%之间,其数据的波动较大,可能源于诊断标准的差异,以及被调查人群的特点和病因等因素的差异^[21]。据报道,在中国大陆地区,60岁以上老年人群的干眼患病率较高,约为34.4%,台湾地区老年人群的干眼患病率为33.7%,韩国和日本老年人群的干眼患病率分别为33.2%和21.6%^[22]。目前东南亚地区干眼患病率在20.0%-52.4%,西班牙和美国的干眼患病率分别为18.4%和14.5%。在气候干燥的中东阿拉伯地区,其干眼患病率为32.1%^[23-24]。

当前,视频显示终端来源的蓝光所造成的干眼已被世界各国科研人员重视,中国首个办公室职员干眼患病率的横断面研究表明干眼患病率为40.3%,平均年龄为34.6±9.7岁,其中,年龄在20-39岁的人群占研究人群的71.2%。不仅如此,干眼与多个危险因素相关,包括女性、年龄较大和长期使用视频显示终端。此外,本研究发现女性干眼的患病率(48.2%)高于男性(33.5%)^[25]。韩国Vehof等^[26]研究表明室内工作人员其干眼的患病率是户外工作人员的1.3倍,干眼患病率最高的是办公室专业文书人员,而农业工人的干眼患病率最低。同时,随着视频显示终端使用时长的增加,干眼的患病率也随之上升。活动度高的职业,如农业工人、个人服务工人、清洁工和助手,与较低水平的干眼之间存在联系。埃及Zayed等^[27]在2018年的一项研究报告称,文书工作人员中干眼的患病率为85.2%,工作场所环境是计算机用户干眼的重要决定因素。瞬目频率减少、瞬目间隔改变、不完全瞬目等因素,以及长时间的蓝光暴露,都可能会导致干眼患病率的增加。然而,这些研究并未详细分析蓝光的剂量和时间对干眼的影响,这可能是今后研究的重点方向。

2 蓝光所致干眼的相关机制

2.1 氧化应激

氧是人体中主要的氧化剂,为线粒体在代谢反应中氧化代谢各种有机分子提供细胞氧化剂。而活性氧(reactive oxygen species, ROS)是氧化代谢过程中产生的副产物,对组织具有潜在的损害作用^[28]。氧化应激是由于细胞内抗氧化系统和氧化系统之间的平衡被打破。

当机体的平衡系统被打破时,氧化系统产生的ROS通过损害脂质、蛋白质、碳水化合物和核酸,最终引起机体损伤^[25,29]。LED来源的蓝光不仅会引起眼底损伤,包括光感受器和视网膜色素上皮细胞的氧化应激反应,还会引起眼表的氧化应激反应。蓝光通过增加ROS的产生,减弱小鼠角膜上皮细胞的活力,最终损害眼表^[11]。Marek等^[9]研究发现,遮挡400-450 nm的光线能减轻蓝光的毒性作用。表明蓝光对细胞是一种有毒物质。关于蓝光诱导细胞毒性作用的潜在机制,ROS被认为参与其中。

LED发射的蓝光照射HCE细胞能激活应激反应信号通路。p38 MAPK通路被ROS激活后,改变了线粒体膜电位,导致机体氧化系统和抗氧化系统失衡,进而产生过多的游离氧化产物,致使内环境被损伤。蓝光照射后生成过量的羟自由基和超氧阴离子,可导致角膜上皮细胞受损,最终引起细胞凋亡^[9]。

2.2 炎症

干眼作为一种多因素的眼表疾病,其特征是泪膜内稳态丧失,并伴有眼部症状,包括泪膜不稳定和高渗以及眼表炎症和损害。Yamaguchi^[30]提出炎症的恶性循环是干眼驱动核心,炎症恶性循环包括泪膜不稳定、泪膜高渗、角膜或结膜细胞凋亡和眼表炎症,内在和外在因素对眼表造成损伤,进而加剧干眼症状,该理论为治疗干眼迈出重要的一步。

Jun等^[31]报道小鼠眼睛在LED发射的蓝光照射后,白细胞介素1 β (interleukin 1 β , IL-1 β)和白细胞介素6(interleukin 6, IL-6)表达显著增加。氧化应激与角膜和结膜炎症相关,可能导致干眼。白细胞介素8(interleukin 8, IL-8)是一种与氧化应激相关的促炎细胞因子,在干眼中发挥重要作用。检测LED来源的蓝光照射细胞后IL-8的表达水平,发现蓝光照射后,角膜和结膜上皮细胞的IL-8表达水平明显高于未照射的细胞。表明暴露在蓝光下能增加眼表氧化应激,进而引起干眼。

模式识别受体,如toll样受体(toll-like receptors, TLRs)和核苷酸结合寡聚化域样受体(nucleotide-binding oligomerization domain-like receptors, NLRs),是先天免疫反应受体,可以检测微生物入侵以及环境或内源性有害物质。TLRs具有细胞外或腔内结合域的跨膜蛋白,而NLRs是细胞内的胞浆蛋白,最近被确定为炎症和随后的免疫反应的关键介质^[32-33]。Li等^[34]研究蓝光照射对小鼠眼表核苷酸结合寡聚化结构域2(nucleotide-binding oligomerization domain 2, NOD2)表达的影响,NOD2是NLRs中的一种,对检测微生物产物和危险信号非常敏感。模式识别受体NOD2通过上调RIP2和NF- κ B,诱导眼表炎症因子和T细胞产生增加,导致角膜上皮细胞损伤和凋亡。有证据表明,NOD2直接参与克罗恩病的自噬和炎症反应,NOD2表达增加导致树突状细胞依赖NOD2的自噬反应受损。蓝光照射野生型小鼠后,角膜和结膜中观察到NOD2表达增加。结果表明,蓝光可引起角膜上皮损伤,诱导ROS和氧化应激,并触发眼表NOD2表达,NOD2能通过激活NF- κ B介导促炎反应^[34]。

此外,ROS是核苷酸结合寡聚化结构域样受体蛋白3(nucleotide-binding oligomerization domain-like receptor pyrin domain-containing 3, NLRP3)的一个关键激活因子,NLRP3一旦被激活,便会招募凋亡相关的speck样蛋白,这是一种桥接凋亡分子,包含CARD结构域和caspase-1,形成NLRP3炎症小体,进而使IL-1 β 前体转变为IL-1 β ,

从而具有生物活性的 IL-1 β 增加,提示 ROS-NLRP3-IL-1 β 信号通路可能在环境诱导的干眼进展中起启动作用^[35]。

2.3 其他 在使用视频显示终端时,眼睛的瞬目会随着注意力的集中而减少,导致眼表长时间暴露而得不到湿润,从而导致干眼加重^[36]。视频显示终端发射的蓝光通过角膜和晶状体进入视网膜,不仅可以减少主观和客观的困倦,延长睡眠起始潜伏期,并减少快速眼动睡眠和慢波睡眠。还能刺激大脑,抑制褪黑素分泌,并促进肾上腺皮质激素分泌,破坏激素平衡,直接影响睡眠质量^[37-38]。同时,研究表明睡眠剥夺通过抑制 PPAR α 功能,导致微绒毛异常形成,通过减少脂肪酸的可用性,破坏眼表泪膜黏附,降低 TRPV6 的表达和 Ezrin 磷酸化,最终导致干眼^[39]。有研究表明,长期暴露于蓝光中,抑郁症的概率会大幅增加^[40-41]。Ulusoy 等^[42] 研究表明干眼和抑郁存在相关性,这可能是蓝光导致干眼的另一种机制。此外,在蓝光所导致的干眼中,虽然男性使用视频显示终端时间长于女性,但干眼的发病率却低于女性患者,有可能是男性中的雄性激素起到了保护作用^[43]。

3 蓝光所致干眼的治疗及预防

由于蓝光暴露所致干眼的特殊性,在预防和治疗干眼时不能单独的从一个方面出发,更应该从系统、全面的角度去诊疗干眼,这样才能取得更好的疗效。

3.1 控制蓝光路径的预防和治疗 已有大量数据表明从源头上控制视频显示终端所释放蓝光的量可以减少干眼的患病率^[44]。可以通过控制视频显示终端的蓝光发射量或者视频显示终端的使用时间来减少眼表的蓝光暴露。此外,减少眼表对蓝光的接收是目前研究蓝光所致干眼的热门所在,其中以物理滤过为主,如防蓝光眼镜、防蓝光膜等,琥珀镜片作为可以降低蓝光透过率的有效方法目前已经开始逐步被社会所接受^[38]。

3.2 以泪膜为导向的预防和治疗 长时间的睁眼会降低视觉质量,足够的眨眼频率是稳定泪膜的关键。Kim 等^[45] 和 McMonnies^[46] 证实增加瞬目的次数,有助于机械地分泌和分配表面的泪膜,同时稳定泪膜,降低在非眨眼期间发生泪液蒸发,在长时间使用视频显示终端时可有效降低干眼的患病率。由南昌大学 Pang 等^[47] 报道的一种可以光热转换的水凝胶眼贴能稳定泪膜,有效降低长时间使用视频显示终端所带来的干眼。

Tan 等^[48] 利用红外眼热成像捕捉眼球表面温度变化,反映泪膜的性质及其稳定性,并可用于筛查干眼。当红光独立传递时,红光可以阻断蓝光所造成的影响,并增强线粒体功能。红光的作用机制是直接刺激线粒体功能,并能钝化多种死亡途径。同时红光也会减弱其毒性。预防性地保护角膜上皮,也能够抵消包括蓝光在内的各种潜在环境对组织的损害^[49]。

3.3 外用药物的预防及治疗 对于预防蓝光所导致的干眼,抗氧化应激已成为共识。研究证实,叶黄素、姜黄素、维生素 E 和夏枯草等抗氧化剂可以有效抑制氧化应激,减轻眼睛的损伤^[50]。对于营养素在眼睛中的作用,近些年来争议越来越大,包括口服维生素、类胡萝卜素等天然营养素。重视天然食品的潜力、医疗饮食的好处和适当的营养补充可能会导致眼部健康方面的高社会经济成本^[51]。据报道,omega-3 脂肪酸的摄入对于调节血管活动、免疫和神经系统功能以及全身脂质的平衡等均有非常

重要,增加 omega-3 脂肪酸的摄入量可以调节全身炎症,富含长链 omega-3 脂肪酸的饮食已在几种慢性眼部疾病中被推荐,包括干眼^[52-53]。

4 小结

视频显示终端发射的蓝光所带来的光污染问题已受到公众的普遍关注。虽然蓝光导致干眼已被多项研究证实,但是在目前的各项研究中,蓝光对眼表损伤的研究都是建立在高强度蓝光照射模型,到目前为止尚未见到切实可靠的低光照强度蓝光对眼表损伤的实验数据,在未来需要进一步研究。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 孙莹莹论文选题与修改,初稿撰写;彭健雄文献检索,数据分析;卢敏选题指导,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] Prado TP, Zanchetta FC, Barbieri B, et al. Photobiomodulation with blue light on wound healing: a scoping review. *Life*, 2023, 13(2):575.
- [2] Nash TR, Chow ES, Law AD, et al. Daily blue-light exposure shortens lifespan and causes brain neurodegeneration in *Drosophila*. *NPJ Aging Mech Dis*, 2019, 5:8.
- [3] O'Hagan JB, Khazova M, Price LL. Low-energy light bulbs, computers, tablets and the blue light hazard. *Eye*, 2016, 30(2):230-233.
- [4] An K, Zhao H, Miao Y, et al. A circadian rhythm-gated subcortical pathway for nighttime-light-induced depressive-like behaviors in mice. *Nat Neurosci*, 2020, 23(7):869-880.
- [5] Kuse Y, Ogawa K, Tsuruma K, et al. Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light. *Sci Rep*, 2014, 4:5223.
- [6] Chen WJ, Wu CY, Xu ZH, et al. Nrf2 protects photoreceptor cells from photo-oxidative stress induced by blue light. *Exp Eye Res*, 2017, 154:151-158.
- [7] Lin CH, Wu MR, Li CH, et al. Editor's highlight: periodic exposure to smartphone-mimic low-luminance blue light induces retina damage through bcl-2/BAX-dependent apoptosis. *Toxicol Sci*, 2017, 157(1):196-210.
- [8] Marek V, Potey A, Réaux-Le-Goazigo A, et al. Blue light exposure *in vitro* causes toxicity to trigeminal neurons and *Glia* through increased superoxide and hydrogen peroxide generation. *Free Radic Biol Med*, 2019, 131:27-39.
- [9] Marek V, Mélik-Parsadaniantz S, Villette T, et al. Blue light phototoxicity toward human corneal and conjunctival epithelial cells in basal and hyperosmolar conditions. *Free Radic Biol Med*, 2018, 126:27-40.
- [10] Lee JB, Kim SH, Lee SC, et al. Blue light-induced oxidative stress in human corneal epithelial cells: protective effects of ethanol extracts of various medicinal plant mixtures. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 55(7):4119-4127.
- [11] Lee HS, Cui L, Li Y, et al. Influence of light emitting diode-derived blue light overexposure on mouse ocular surface. *PLoS One*, 2016, 11(8):e0161041.
- [12] Ju YH, Tang ZM, Dai XC, et al. Protection against light-induced retinal degeneration *via* dual anti-inflammatory and anti-angiogenic functions of thrombospondin-1. *Br J Pharmacol*, 2022, 179(9):1938-1961.
- [13] DelMonte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the *Cornea*. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(3):588-598.
- [14] Larese Filon F, Drusian A, Ronchese F, et al. Video display operator complaints: a 10-year follow-up of visual fatigue and refractive

disorders. *Int J Environ Res Public Health*, 2019,16(14):2501.

[15] Li JO, Liu HR, Ting DSJ, et al. Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: a global perspective. *Prog Retin Eye Res*, 2021,82:100900.

[16] Diaz-Vega B, Rodriguez-Fabuel C, Vitores-Mate S, et al. Lid scrubbing with a gel combining natural extracts for dry eye treatment. *Int J Ophthalmol*, 2023,16(7):1053-1059.

[17] Mineshita Y, Kim HK, Chijiki H, et al. Screen time duration and timing: effects on obesity, physical activity, dry eyes, and learning ability in elementary school children. *BMC Public Health*, 2021,21(1):422.

[18] Barati M, Bashirian S, Jormand H, et al. Can substance abuse media literacy increase prediction of drug use in students? *BMC Psychol*, 2022,10(1):147.

[19] Charmaraman L, Cobas S, Weed J, et al. From regulating emotions to less lonely screen time: parents' qualitative perspectives of the benefits and challenges of adolescent pet companionship. *Behav Sci*, 2022,12(5):143.

[20] Al-Mohtaseb Z, Schachter S, Lee BS, et al. The relationship between dry eye disease and digital screen use. *Clin Ophthalmol*, 2021,15:3811-3820.

[21] Song PG, Xia W, Wang ML, et al. Variations of dry eye disease prevalence by age, sex and geographic characteristics in China: a systematic review and meta-analysis. *J Glob Health*, 2018,8(2):020503.

[22] Zhang XY, Wang LZ, Zheng YL, et al. Prevalence of dry eye disease in the elderly: a protocol of systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 2020,99(37):e22234.

[23] Luo YZ, Yang WJ, Qi MY, et al. Annual direct economic burden and influencing factors of dry eye disease in Central China. *Ophthalmic Epidemiol*, 2021;1-8.

[24] Binyousef FH, Alruwaili SA, Altammami AF, et al. Impact of dry eye disease on work productivity among Saudi workers in Saudi Arabia. *Clin Ophthalmol*, 2021,15:2675-2681.

[25] Hu JW, Zhu XP, Pan SY, et al. Prevalence and risk factors of dry eye disease in young and middle-aged office employee: a Xi'an study. *Int J Ophthalmol*, 2021,14(4):567-573.

[26] Vehof J, Utheim TP, Bootsma H, et al. Advances, limitations and future perspectives in the diagnosis and management of dry eye in Sjögren's syndrome. *Clin Exp Rheumatol*, 2020,38(4):301-309.

[27] Zayed HAM, Saied SM, Younis EA, et al. Digital eye strain: prevalence and associated factors among information technology professionals, Egypt. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2021,28(20):25187-25195.

[28] Zhang ZQ, Xie Z, Chen SY, et al. Mitochondrial dysfunction in glaucomatous degeneration. *Int J Ophthalmol*, 2023,16(5):811-823.

[29] Dogru M, Kojima T, Simsek C, et al. Potential role of oxidative stress in ocular surface inflammation and dry eye disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018,59(14):DES163-DES168.

[30] Yamaguchi T. Inflammatory response in dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018,59(14):DES192-DES199.

[31] Jun I, Han SJ, Shin HS, et al. Comparison of ophthalmic toxicity of light-emitting diode and organic light-emitting diode light sources. *Sci Rep*, 2020,10(1):11582.

[32] Li Y, Jin RJ, Li L, et al. Expression and role of nucleotide-binding oligomerization domain 2 (NOD2) in the ocular surface of murine dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019,60(7):2641-2649.

[33] Kim YH, Li ZR, Cui L, et al. Expression of nod-like receptors and clinical correlations in patients with dry eye disease. *Am J Ophthalmol*, 2019,200:150-160.

[34] Li Y, Jin RJ, Li L, et al. Blue light induces impaired autophagy through nucleotide-binding oligomerization domain 2 activation on the mouse ocular surface. *Int J Mol Sci*, 2021,22(4):2015.

[35] Zheng QX, Ren YP, Reinach PS, et al. Reactive oxygen species activated NLRP3 inflammasomes initiate inflammation in hyperosmolarity stressed human corneal epithelial cells and environment-induced dry eye patients. *Exp Eye Res*, 2015,134:133-140.

[36] Chidi-Egboka NC, Jalbert I, Golebiowski B. Smartphone gaming induces dry eye symptoms and reduces blinking in school-aged children. *Eye*, 2023,37(7):1342-1349.

[37] Zhao ZC, Zhou Y, Tan G, et al. Research progress about the effect and prevention of blue light on eyes. *Int J Ophthalmol*, 2018,11(12):1999-2003.

[38] Shechter A, Kim EW, St-Onge MP, et al. Blocking nocturnal blue light for insomnia: a randomized controlled trial. *J Psychiatr Res*, 2018,96:196-202.

[39] Tang L, Wang X, Wu J, et al. Sleep deprivation induces dry eye through inhibition of PPAR α expression in corneal epithelium. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018,59(13):5494-5508.

[40] Kaido M, Toda I, Oobayashi T, et al. Reducing short-wavelength blue light in dry eye patients with unstable tear film improves performance on tests of visual acuity. *PLoS One*, 2016,11(4):e0152936.

[41] Shahidi R, Golmohammadi R, Babamiri M, et al. Effect of warm/cool white lights on visual perception and mood in warm/cool color environments. *EXCLI J*, 2021,20:1379-1393.

[42] Ulusoy MO, İşık-Ulusoy S, Kıvanç SA. Evaluation of dry eye disease in newly diagnosed anxiety and depression patients using anterior segment optical coherence tomography. *Eye Vis*, 2019,6:25.

[43] Versura P, Giannaccare G, Campos EC. Sex-steroid imbalance in females and dry eye. *Curr Eye Res*, 2015,40(2):162-175.

[44] Moon JH, Lee MY, Moon NJ. Association between video display terminal use and dry eye disease in school children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 2014,51(2):87-92.

[45] Kim AD, Muntz A, Lee J, et al. Therapeutic benefits of blinking exercises in dry eye disease. *Cont Lens Anterior Eye*, 2021,44(3):101329.

[46] McMonnies CW. Diagnosis and remediation of blink inefficiency. *Cont Lens Anterior Eye*, 2021,44(3):101331.

[47] Pang YL, Wei CC, Li RL, et al. Photothermal conversion hydrogel based mini-eye patch for relieving dry eye with long-term use of the light-emitting screen. *Int J Nanomedicine*, 2019,14:5125-5133.

[48] Tan LL, Sanjay S, Morgan PB. Screening for dry eye disease using infrared ocular thermography. *Cont Lens Anterior Eye*, 2016,39(6):442-449.

[49] Núñez-Álvarez C, Osborne NN. Enhancement of corneal epithelium cell survival, proliferation and migration by red light: relevance to corneal wound healing. *Exp Eye Res*, 2019,180:231-241.

[50] Ouyang XL, Yang J, Hong ZX, et al. Mechanisms of blue light-induced eye hazard and protective measures: a review. *Biomedicine Pharmacother*, 2020,130:110577.

[51] Valero-Vello M, Peris-Martínez C, García-Medina JJ, et al. Searching for the antioxidant, anti-inflammatory, and neuroprotective potential of natural food and nutritional supplements for ocular health in the Mediterranean population. *Foods*, 2021,10(6):1231.

[52] Zhang AC, Singh S, Craig JP, et al. Omega-3 fatty acids and eye health: opinions and self-reported practice behaviors of optometrists in Australia and New Zealand. *Nutrients*, 2020,12(4):1179.

[53] Jo YJ, Lee JS. Effects of dietary high dose DHA omega-3 supplement in dry eye with meibomian gland dysfunction. *Int J Ophthalmol*, 2021,14(11):1700-1706.