

数码视疲劳的眼表参数变化及预防缓解措施

陈利群, 沙玛丽·哈力木别克, 王静, 王富江, 易湘龙
新疆医科大学第一附属医院 眼科, 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 数码视疲劳是应用数码设备引起的各种眼部不适, 常见症状包括视物模糊、结膜充血、视觉调节障碍等; 此外还包括一些眼外症状, 如头痛、颈部和背部肌肉疼痛等。目前该种现象普遍存在, 并对人们生活、工作造成了诸多不良影响, 因此, 正确认识、处理此类问题势在必行。本文归纳总结了近年来的多项相关研究, 探讨智能设备使用与视疲劳之间的关系, 并提出预防视疲劳的多项措施, 以期更好地为智能设备用户的眼部健康提供科学指导。

关键词: 视疲劳; 数字眼疲劳; 智能设备; 预防

中图分类号: R778 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3770(2025)03-0177-06

引用格式: 陈利群, 沙玛丽·哈力木别克, 王静, 等. 数码视疲劳的眼表参数变化及预防缓解措施[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2025, 39(3): 177-182. CHEN Liqun, HALIMUBIEKE Shamali, WANG jing, et al. Changes of ocular surface parameters of digital eye strain and its prevention and mitigation measures[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2025, 39(3): 177-182.

Changes of ocular surface parameters of digital eye strain and its prevention and mitigation measures

CHEN Liqun, HALIMUBIEKE Shamali, WANG jing, WANG Fujiang, Yi Xianglong

Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang, China

Abstract: Digital eye strain is a variety of eye discomfort caused by the application of digital devices, including blurred vision, conjunctival congestion, visual adjustment disorders, etc., as well as some extraocular symptoms, such as headache, neck and back muscle pain and so on. At present, this phenomenon is widespread, and it has caused many adverse effects on people's life and work. Therefore, it is imperative to correctly understand and deal with such problems. This paper summarizes a number of related studies in recent years, discusses the relationship between the use of intelligent devices and digital eye strain, and puts forward a number of measures to prevent digital eye strain, in order to better provide scientific guidance for the eye health of intelligent device users.

Key words: Visual fatigue; Digital eye strain; Intelligent devices; Prevention

数码视疲劳(digital eye strain, DES), 也称为计算机视觉综合征(computer vision syndrome, CVS), 是一种长期使用数码电子设备后产生的眼部、肌肉、骨骼等的症状。其中眼部症状最为常见, 主要包括视物模糊、结膜充血、复视、调节灵敏度下降以及对光的敏感度发生改变等; 肌肉、骨骼症状包括头痛、颈部和背部肌肉疼痛等。这些症状通常在充分休息后改善或消退, 并可以通过纠正不良使用习惯来预防。

随着数码电子设备如手机、电脑等日益普及, 各年龄段人群使用数码设备的时间均明显增加^[1]。研究表明, 智能设备的长时间使用与视疲劳症状之

间存在关联; 较近的使用距离以及使用中瞬目频率的减少^[2]不仅导致眼部肌肉疲劳, 还会增加泪液蒸发^[3]。智能设备使用引起的频繁视疲劳症状可能导致工作错误率增加、生产力下降、工作满意度下降, 甚至导致职业危害。正确认识智能设备使用对眼部参数的影响, 并由此提出合理的预防控制措施是解决 DES 的关键。本研究现对智能设备使用后眼部参数改变的情况作如下综述。

1 DES 患病率及研究现状

视疲劳是由于各种因素造成人眼视物超过其视觉功能所能承载的负荷, 出现伴或不伴全身症状的

视觉障碍、眼部不适的症候群,多以主观症状为主,眼部因素、全身因素及精神心理因素相互交织。视物后出现视觉障碍或者干涩、烧灼感、畏光、流泪等眼部不适症状即可诊断为视疲劳^[4]。作为一种主观症状,DES的具体表现因人而异,难以精确统计患病率,且可能因地区、年龄、职业、生活方式和研究方法等因素的不同而出现患病率的差异。

1995年,全世界互联网用户数量为1 600万(占全世界人口的0.4%)。截止到2023年,互联网用户数量上升到54亿(占全世界人口的67%)^[5]。全球数据显示,DES影响了近70%的计算机使用者,患病人数达6 000万^[6]。另有全球数据表明,儿童DES患病率为12.1%~94.8%,成人则为35.2%~97.3%^[7]。

2 智能设备使用对调节和集合的影响

2.1 对调节的影响

调节是眼睛改变焦点以保持清晰图像的过程。60岁以上人群的调节能力随年龄增长而发生变化,因此目前相关研究主要集中在18~44岁的人群。尽管如此,数码设备使用是否影响调节仍然存在争议。Hue等^[8]与Jaschinski等^[9]的研究结果表明,与计算机使用前的调节相比,计算机阅读30 min后调节滞后了0.93 D;与纸质阅读相比,调节滞后了约0.33 D。然而,Collier等^[10]的研究结果显示,电脑、iPad、纸质阅读后调节无明显改变。上述研究不一致的原因可能是,①受试者均为年轻人,视功能正常,样本代表性有限。②研究的干预时间较短,无长时间持续干预的证据支持DES影响调节能力的结论,需要更加深入的研究为二者之间是否存在关联提供理论支撑。

2.2 对集合的影响

集合是双眼同时注视一个目标时所产生的水平协同异向转动的过程。双眼注视近距离目标时,内直肌收缩引起双眼的集合。Watten等^[11]研究发现,8 h电脑工作(观看距离为40 cm)后,受试者的集合能力明显下降。受试者观看3D电影后,集合近点后移、立体视觉变差、眼部不适症状增加^[12]。然而有研究结果显示上班族使用电脑4 h后,集合近点没有发生显著变化^[13]。

3 智能设备使用对眼表生物学参数的影响

3.1 瞬目

瞬目不仅促进泪液排出、湿润眼表,还有助于睑板腺分泌脂质,保证泪液成分稳定^[14-15]。瞬目频率降低可导致泪液减少、泪膜破裂时间缩短,最终导致

干眼症发生^[1]。Kim等^[16]的研究发现,观看智能显示屏前瞬目频率为(18.05±2.56)次/min,观看中降低到(15.81±2.09)次/min,观看智能显示屏时瞬目频率低于放松状态。此外,Talens等^[17]记录了受试者分别使用笔记本电脑、台式电脑、电子阅读器和智能手机时瞬目频率的变化,发现使用后瞬目频率均减少了45%~55%。Lapa等^[18]通过构建回归预测模型发现,瞬目频率是DES的预测因子,每增加1次瞬目,DES评分降低1.26分。然而当智能设备的使用时间进一步延长时,受试者为减轻眼部不适症状,会通过频繁瞬目刷新泪膜,瞬目频率反而增加^[19]。

相比于瞬目频率降低,不完全瞬目增加与眼部不适症状及干眼症的发生具有更强的关联性。这是因为不完全瞬目既改变了黏蛋白在眼表的分布,使脂质层的完整性难以维持,又降低了泪膜厚度,使泪液蒸发增加,从而更易导致泪膜破裂^[20]。此外,不完全瞬目还会影响泪液引流,降低眼表泪液清除率,使炎症介质在结膜囊中不断积累^[21]。Chu等^[22]发现,电子设备阅读所致不完全瞬目较纸质书本更高,眼部不适症状与不完全瞬目率之间没有发现显著相关性。

3.2 泪膜

有研究显示使用数码设备后泪膜的稳定性显著降低^[23]。Uchino等^[24]调查了672例计算机用户的泪膜功能后发现荧光素染色泪膜破裂时间(fluorescein breakup time, FBUT)的平均值为4 s,其中78.6%的参与者FBUT<5 s。与每天使用计算机<4 h的受试者(FBUT为6.71 s)相比,使用时间>4 h(FBUT为4.92 s)的受试者的FBUT显著缩短^[25]。另外,Kim等^[26]发现即便是短暂的智能设备使用也会降低泪膜稳定性:非干眼症人群观看超高清电视10 min后,FBUT从(9.01±1.10) s下降至(6.63±1.91) s。智能手机使用对泪膜的影响与计算机类似:与基线相比,使用智能手机4 h后,FBUT显著减少^[27]。Moon等^[28]分析了916例样本后发现,停止使用智能手机4周后,FBUT显著改善。

3.3 对泪液分泌量的影响

3.3.1 泪液分泌试验(schirmer's test)

Yazici等^[29]分析了计算机用户在9 h工作结束时的Schirmer I试验结果,发现使用计算机后泪液分泌量与基线相比减少了约9%。为评估长期使用计算机对泪液分泌的影响,Nakamura等^[30]进行了一项涉及1 025例智能设备用户的大规模流行病学调查,发现与使用时间<2 h/d者和累计使用时间<4年者相比,使用计算机>2 h/d或累计使用时间>4

年的人群 Schirmer I 试验结果显著下降。

3.3.2 泪河高度

Chlasta 等^[31]发现使用计算机后泪河高度从 0.34 mm 下降到 0.29 mm, 因此认为智能设备使用会降低泪河高度。此外, Golebiowski 等^[32]发现, 纸质阅读与智能手机阅读后的泪河高度没有明显差异。但由于这两项研究的样本含量相对较小, 受试人群缺乏异质性, 其结论仍需进一步研究进行验证。

3.4 对眼表的影响

3.4.1 潜在的眼表炎症机制

泪液渗透压是判定干眼症 (dry eye disease, DED) 严重程度最可靠的标志, 可作为眼表损伤和炎症的指标^[27]。有研究^[33]显示, 使用计算机导致的泪液分泌量减少和泪液蒸发增加是泪液渗透压增加的原因, 9 h 工作结束时泪液渗透压显著增加。泪液渗透压与 FBUT 呈负相关, 而与角膜染色和睑板腺功能障碍 (meibomian gland dysfunction, MGD) 呈正相关^[25]。

计算机用户泪液中的白细胞介素-1 β 和白细胞介素-6 的水平显著高于非计算机用户^[34], 而且工作时间较长 (>7 h) 的计算机用户泪液中的平均黏蛋白 5AC (Mucin 5AC, MUC5AC) 浓度 < 工作时间较短 (<5 h) 的计算机用户; 有视疲劳症状参与者泪液中的 MUC5AC 浓度低于无症状参与者。Saavedra 等^[35]将受试者按使用计算机的时长分为 7~12 h 组和 2~6 h 组, 在 7~12 h 组中检测到了 MUC5AC 和过氧化氢酶的过表达。眼部不适症状的产生还可能与氧化应激机制有关。Choi 等^[27]检测 80 例受试者使用智能手机或电脑前后泪液中的氧化应激标志物, 发现与基线水平和使用 1 h 相比, 使用智能手机 4 h 后己基赖氨酸浓度增加; 同时, 结膜上皮细胞活性氧水平在使用智能手机和电脑后均有所增加。因此或可认为使用智能手机能诱导眼表氧化应激反应。

3.4.2 对眼表组织的影响

异常瞬目影响睑板腺的分泌功能, 最终导致睑板腺阻塞从而引发炎症。Mylona 等^[36]发现, 智能设备使用相关的瞬目异常 (如瞬目频率降低和不完全瞬目), 使 MGD 发生率升高。Wu 等^[25]发现, 不完全瞬目频率高的受试者睑板腺功能退化概率较高, 并且此类人群泪膜脂质层厚度变薄、泪膜稳定性变差, 更易引起蒸发过强型干眼。Doguizi 等^[37]分析了一组长 (>4 h/d) 和短 (<4 h/d) 时间使用智能设备人群的眼表功能, 发现: 智能设备使用时长与睑缘异常、睑板腺异常呈正相关, 使用时间越长, 睑缘异常与睑板腺异常的发生率越高。与 MGD 相关的睑缘异常还可导致泪膜扩散效率降低, 从而进一

步加重干眼症状。

眼表染色用于提示角膜-结膜上皮的损伤。Uchino 等^[24]发现, 使用计算机 7.9 h/d 的年轻办公室职员角膜染色阳性率增加, 这提示角膜上皮缺损率增加。Kojima 等^[38]也得到了相似的结论: 长期计算机工作者的角膜染色评分明显高于短期计算机工作者。此外, 随着智能设备使用时间的增加, 角膜染色阳性率也显著增加, 这可能与不完全瞬目率增加有关^[37]。但 Kojima 等^[38]却发现, 智能设备使用对眼表染色没有影响; 每天使用计算机工作时间 <4 h 和 >4 h 的受试者眼表染色评分无明显差异; Prabhawat 等^[39]到了与 Kojima 等^[38]相同的结论: 平板电脑或纸质阅读 20 min 前后, 角膜和结膜染色评分没有明显差异。由于上述眼表染色相关的研究参与者均为年轻人, 目前尚缺乏对全年龄段的研究, 结论的代表性较差。

3.5 对视功能的影响

泪膜是光线入眼的第一个界面, 由于空气和泪膜之间的折射率较大, 因此具有光学界面中最大的屈光率^[40]。泪膜的成分、分布改变均可能导致视觉功能的显著变化^[41]。Puell 等^[42]发现 DED 患者的视力 (visual acuity, VA) 下降、对比敏感性降低、眩光增加。Goto 等^[43]发现正常受试者连续注视 10~20 s 不瞬目后, VA 从 1.180 显著降低到 0.336, 对比敏感度显著降低, 高阶光学像差显著增加^[44]。

视觉障碍 (如模糊或眩光) 是智能设备用户常见的视觉症状。Portello 等^[45]进行的一项涉及 520 例办公室工作人员的调查显示, 36% 受试者自述看计算机屏幕时会出现视物模糊, 所有受试者的眼部不适症状评分均随着计算机使用时间的增加而增加。综上所述, 可以认为智能设备的使用造成了视功能的下降。

4 改善视疲劳的措施

4.1 人工泪液

人工泪液的主要功能是润滑眼表, 是缓解智能设备使用相关性干眼症状的主要措施^[46]。目前研制的人工泪液可模拟泪液成分, 稀释眼表的可溶性炎症介质, 降低泪液渗透压并减少高渗透压引起的眼表反应^[47]。补充水液层的人工泪液有玻璃酸钠、羟甲基纤维素、羟丙基甲基纤维素、聚乙烯醇等; 补充脂质层的人工泪液中含有脂类成分和模拟脂质结构, 可以防止泪液蒸发, 延长泪膜涂布时间, 维持泪膜稳定性。此外, 还有模拟黏蛋白结构、增加泪膜与角膜之间粘附性的含羟丙基瓜成分的人工泪液^[48]。与上述常规人工泪液相比,

高粘度滴剂(弹性粘性溶液)能更有效地调节瞬目间隔,缓解眼部不适症状^[49]。

4.2 脂肪酸

研究发现,患 DES 的女性血液 Ω -3 脂肪酸水平 < 未患 DES 女性^[50],膳食中补充 Ω -3 脂肪酸可以缓解眼部不适症状,降低 DES 风险。一项随机双盲试验对试验组和对照组分别应用 Ω -3 脂肪酸和安慰剂(橄榄油)6 个月,试验组受试者应用 Ω -3 脂肪酸后的干眼症状评分较应用前显著降低、Schirmer I 试验结果显著增加、泪膜破裂时间延长、泪液渗透压显著降低、结膜杯状细胞密度显著增加,而对对照组的上述指标在试验前后无显著差异^[51],表明 Ω -3 脂肪酸在缓解视疲劳症状方面的有效性。

4.3 瞬目训练

考虑到异常瞬目的不良影响,理论上或可通过瞬目训练缓解眼部不适症状。瞬目训练是通过简单的闭眼、用力眨眼动作,挤出睑板腺油脂,以改善眼部不适症状。Ashwini 等^[52]对瞬目提示软件(Blink-Blink 软件)的研究表明,试验组每 8 s 提示 1 次瞬目,对照组每 60 s 提示 1 次瞬目,使用该软件 15 d 后发现:试验组瞬目率显著提高、OSDI 评分显著低于对照组,并且上述效果可以维持 1 个月。此前该软件的相关研究也得到了相同的结论^[53],表明瞬目训练可有效改善眼部不适症状。

4.4 屏幕滤光器

屏幕滤光器如防眩光过滤器可以减少屏幕反射,提高对比度^[54]。优质的图像质量、屏幕眩光的减少使斜视发生率降低,并能改善不完全瞬目。Ranasinghe 等^[55]通过研究发现,使用滤光器后,智能设备使用者干眼症的发生率降低。

4.5 防蓝光镜片

除损伤视网膜之外,长期暴露于蓝光还会导致氧化应激损伤、眼表炎症和细胞凋亡,加重 DES 症状,促进 DED 的发生和发展^[56]。因此,使用防蓝光镜片可适当阻挡蓝光,减轻使用数码设备时的视疲劳症状。配戴防蓝光镜片后,不同距离及不同明暗环境下均可提高使用者的双眼对比敏感度,且长期配戴可改善近距离用眼后的调节功能,缓解视疲劳症状^[57]。陈冉冉等^[58]研究证实防蓝光镜片屏蔽力度在 20% 以上即可改善人眼调节能力,缓解视疲劳症状。尽管如此,实际应用之前仍需考虑如何能在缓解视疲劳症状的同时,不影响正常的色觉、暗视力和生物节律。

4.6 其他措施

如前所述,智能设备使用时间过长导致泪膜异常从而引起眼部不适。因此,智能设备使用过程中

定期休息是改善视疲劳的良好举措。合适的环境温度(20~22℃)、环境湿度以及没有直接的水平方向或上部空气流动(如空调吹风)的工作环境,更有助于保持正常瞬目频率,并减少泪膜变化,从而减少视疲劳的发生以及改善眼部不适症状^[59]。

5 小结

科技进步及智能设备使用率增加导致 DES 患病率逐年攀升,引起眼部参数改变包括瞬目减少、泪膜稳定性降低、泪液分泌减少以及睑板腺分泌受阻,从而出现视物模糊、结膜充血、调节能力下降等眼部不适症状,对眼表健康造成了严重损害。

局部应用人工泪液是被广泛认可的治疗方式,脂肪酸、防蓝光镜片以及瞬目训练是否有效仍然存在争议,需要进行更加长期、深入的研究论证其有效性。

参考文献:

- [1] Pavel IA, Bogdanici CM, Donica VC, et al. Computer vision syndrome: an ophthalmic pathology of the modern era[J]. *Medicina*, 2023, 59(2): 412. doi:10.3390/medicina59020412
- [2] Ganne P, Najeeb S, Chaitanya G, et al. Digital eye strain epidemic amid COVID-19 pandemic - A cross-sectional survey[J]. *Ophthalmic Epidemiol*, 2021, 28(4): 285-292. doi:10.1080/09286586.2020.1862243
- [3] Bahkir FA, Grandee SS. Impact of the COVID-19 lockdown on digital device-related ocular health[J]. *Indian J Ophthalmol*, 2020, 68(11): 2378-2383. doi:10.4103/ijo.IJO_2306_20
- [4] 中华医学会眼科学分会眼视光学组,中国医师协会眼科医师分会眼视光学组.中国视疲劳诊疗专家共识(2024年)[J].*中华眼科杂志*, 2024, 60(4): 322-329. doi:10.3760/cma.j.cn112142-20231226-00309
- [5] World Internet Users Statistics and 2023 World Population Stats (internetworldstats.com). Number of internet users worldwide 2023
- [6] Alamri A, Amer KA, Aldosari AA, et al. Computer vision syndrome: symptoms, risk factors, and practices [J]. *J Family Med Prim Care*, 2022, 11(9): 5110-5115. doi:10.4103/jfmpc.jfmpc_1627_21
- [7] Anbesu EW, Lema AK. Prevalence of computer vision syndrome: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2023, 13: 1801. doi:10.1038/s41598-023-28750-6
- [8] Hue JE, Rosenfield M, Saú G. Reading from electronic devices versus hardcopy text[J]. *Work*, 2014, 47(3): 303-307. doi:10.3233/WOR-131777
- [9] Jaschinski W. Fixation disparity at different viewing distances and the preferred viewing distance in a laboratory near-vision task[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1998, 18

- (1): 30-39. doi: 10.1046/j.1475-1313.1998.97000392.x
- [10] Collier JD, Rosenfield M. Accommodation and convergence during sustained computer work [J]. *Optometry*, 2011, 82(7): 434-440. doi:10.1016/j.optm.2010.10.013
- [11] Watten RG, Lie I, Birketvedt O. The influence of long-term visual near-work on accommodation and vergence: a field study [J]. *J Hum Ergol*, 1994, 23(1): 27-39. doi: 10.11183/jhe1972.23.27
- [12] Wee SW, Moon NJ, Lee WK, et al. Ophthalmological factors influencing visual asthenopia as a result of viewing 3D displays [J]. *Br J Ophthalmol*, 2012, 96(11): 1391-1394. doi:10.1136/bjophthalmol-2012-301690
- [13] Yeow PT, Taylor SP. Effects of short-term VDT usage on visual functions [J]. *Optom Vis Sci*, 1989, 66(7): 459-466. doi:10.1097/00006324-198907000-00009
- [14] Doane MG. Blinking and the mechanics of the lacrimal drainage system [J]. *Ophthalmology*, 1981, 88(8): 844-851. doi:10.1016/s0161-6420(81)34940-9
- [15] Weng HY, Ho WT, Chiu CY, et al. Characteristics of tear film lipid layer in young dry eye patients [J]. *J Formos Med Assoc*, 2021, 120(7): 1478-1484. doi: 10.1016/j.jfma.2020.10.028
- [16] Kim J, Hwang L, Kwon S, et al. Change in blink rate in the metaverse VR HMD and AR glasses environment [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(14): 8551. doi:10.3390/ijerph19148551
- [17] Talens-Estrelles C, Esteve-Taboada JJ, Sanchis-Jurado V, et al. Blinking kinematics characterization during digital displays use [J]. *Albrecht Von Graefes Arch Fur Klin Und Exp Ophthalmol*, 2022, 260(4): 1183-1193. doi:10.1007/s00417-021-05490-9
- [18] Lapa I, Ferreira S, Mateus C, et al. Real-time blink detection as an indicator of computer vision syndrome in real-life settings: an exploratory study [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2023, 20(5): 4569. doi:10.3390/ijerph20054569
- [19] Tsubota K, Nakamori K. Dry eyes and video display terminals [J]. *N Engl J Med*, 1993, 328(8): 584. doi:10.1056/NEJM199302253280817
- [20] McMonnies CW. Incomplete blinking: exposure keratopathy, lid wiper epitheliopathy, dry eye, refractive surgery, and dry contact lenses [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2007, 30(1): 37-51. doi:10.1016/j.clae.2006.12.002
- [21] Tsubota K. Tear dynamics and dry eye [J]. *Prog Retin Eye Res*, 1998, 17(4): 565-596. doi:10.1016/s1350-9462(98)00004-4
- [22] Chu CA, Rosenfield M, Portello JK. Blink patterns: reading from a computer screen versus hard copy [J]. *Optom Vis Sci*, 2014, 91(3): 297-302. doi:10.1097/OPX.0000000000000157
- [23] Bettach E, Zadok D, Abulafia A, et al. Influence of reading on smartphone screens on visual optical quality metrics and tear film stability [J]. *Cornea*, 2021, 40(10): 1309-1315. doi:10.1097/ICO.0000000000002656
- [24] Uchino M, Yokoi N, Uchino Y, et al. Prevalence of dry eye disease and its risk factors in visual display terminal users: the Osaka study [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 156(4): 759-766. doi:10.1016/j.ajo.2013.05.040
- [25] Wu HP, Wang YQ, Dong N, et al. Meibomian gland dysfunction determines the severity of the dry eye conditions in visual display terminal workers [J]. *PLoS One*, 2014, 9(8): e105575. doi:10.1371/journal.pone.0105575
- [26] Kim H, Yang HK, Seo JM, et al. Effect of ultra-high-definition television on ocular surface and fatigue [J]. *Korean J Ophthalmol*, 2020, 34(5): 367-374. doi:10.3341/kjo.2020.0032
- [27] Choi JH, Li Y, Kim SH, et al. The influences of smartphone use on the status of the tear film and ocular surface [J]. *PLoS One*, 2018, 13(10): e0206541. doi:10.1371/journal.pone.0206541
- [28] Moon JH, Kim KW, Moon NJ. Smartphone use is a risk factor for pediatric dry eye disease according to region and age: a case control study [J]. *BMC Ophthalmol*, 2016, 16(1): 188. doi:10.1186/s12886-016-0364-4
- [29] Yazici A, Sari ES, Sahin G, et al. Change in tear film characteristics in visual display terminal users [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2015, 25(2): 85-89. doi: 10.5301/ejo.5000525
- [30] Nakamura S, Kinoshita S, Yokoi N, et al. Lacrimal hypofunction as a new mechanism of dry eye in visual display terminal users [J]. *PLoS One*, 2010, 5(6): e11119. doi:10.1371/journal.pone.0011119
- [31] Chlasta-Twardzik E, Górecka-Nitoń A, Nowińska A, et al. The influence of work environment factors on the OcularSurface in a one-year follow-up prospective clinical study [J]. *Diagnostics*, 2021, 11(3): 392. doi:10.3390/diagnostics11030392
- [32] Golebiowski B, Long J, Harrison K, et al. Smartphone use and effects on tear film, blinking and binocular vision [J]. *Curr Eye Res*, 2020, 45(4): 428-434. doi: 10.1080/02713683.2019.1663542
- [33] Lemp MA, Bron AJ, Baudouin C, et al. Tear osmolarity in the diagnosis and management of dry eye disease [J]. *Am J Ophthalmol*, 2011, 151(5): 792-798. doi:10.1016/j.ajo.2010.10.032
- [34] Ribelles A, Galbis-Estrada C, Parras MA, et al. Ocular surface and tear film changes in older women working with computers [J]. *Biomed Res Int*, 2015, 10(18): 467039. doi:10.1155/2015/467039
- [35] Saavedra Morales A, González Díaz CA, Villanueva López GC, et al. Prolonged computer use by office workers induces ocular symptoms associated with tear film alterations and overexpression of mucin 5 AC and catalase [J]. *J Occup Environ Med*, 2023, 65(1): 34-38. doi:10.1097/JOM.0000000000002653
- [36] Mylona I, Glynatsis MN, Floros GD, et al. Spotlight on

- digital eye strain [J]. *Clin Optom*, 2023, 15: 29-36. doi:10.2147/OPTO.S389114
- [37] Doguizi S, Sekeroglu MA, Inanc M, et al. Evaluation of tear Meniscus dimensions using anterior segment optical coherence tomography in video terminal display workers [J]. *Clin Exp Optom*, 2019, 102(5): 478-484. doi: 10.1111/cxo.12872
- [38] Kojima T, Ibrahim OM, Wakamatsu T, et al. The impact of contact lens wear and visual display terminal work on ocular surface and tear functions in office workers [J]. *Am J Ophthalmol*, 2011, 152(6): 933-940.e2. doi:10.1016/j.ajo.2011.05.025
- [39] Prabhasawat P, Pinitpuwadol W, Angsriprasert D, et al. Tear film change and ocular symptoms after reading printed book and electronic book; a crossover study [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2019, 63(2): 137-144. doi: 10.1007/s10384-018-00648-1
- [40] Albarrán C, Pons AM, Lorente A, et al. Influence of the tear film on optical quality of the eye [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 1997, 20(4): 129-135. doi: 10.1016/s1367-0484(97)80011-2
- [41] Benito A, Pérez GM, Mirabet S, et al. Objective optical assessment of tear-film quality dynamics in normal and mildly symptomatic dry eyes [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(8): 1481-1487. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.03.036
- [42] Puell MC, Benítez-del-Castillo JM, Martínez-de-la-Casa J, et al. Contrast sensitivity and disability glare in patients with dry eye [J]. *Acta Ophthalmol Scand*, 2006, 84(4): 527-531. doi:10.1111/j.1600-0420.2006.00671.x
- [43] Goto E, Yagi Y, Matsumoto Y, et al. Impaired functional visual acuity of dry eye patients [J]. *Am J Ophthalmol*, 2002, 133(2): 181-186. doi: 10.1016/s0002-9394(01)01365-4
- [44] Liu HX, Thibos L, Begley CG, et al. Measurement of the time course of optical quality and visual deterioration during tear break-up [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010, 51(6): 3318-3326. doi:10.1167/iovs.09-4831
- [45] Portello JK, Rosenfield M, Bababekova Y, et al. Computer-related visual symptoms in office workers [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2012, 32(5): 375-382. doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00925.x
- [46] Coles-Brennan C, Sulley A, Young G. Management of digital eye strain [J]. *Clin Exp Optom*, 2019, 102(1): 18-29. doi:10.1111/cxo.12798
- [47] 李凤鸣, 谢立信. 中华眼科学 [M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2014
- [48] 亚洲干眼协会中国分会, 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学组. 中国干眼专家共识: 检查和诊断(2020 年) [J]. *中华眼科杂志*, 2020, 56(10): 741-747. doi:10.3760/cma.j.cn112142-20200714-00477
- [49] Acosta MC, Gallar J, Belmonte C. The influence of eye solutions on blinking and ocular comfort at rest and during work at video display terminals [J]. *Exp Eye Res*, 1999, 68(6): 663-669. doi:10.1006/exer.1998.0656
- [50] Wang WX, Ko ML. Efficacy of omega-3 intake in managing dry eye disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(22): 7026. doi:10.3390/jcm12227026
- [51] Bhargava R, Kumar P, Phogat H, et al. Oral omega-3 fatty acids treatment in computer vision syndrome related dry eye [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2015, 38(3): 206-210. doi:10.1016/j.clae.2015.01.007
- [52] Ashwini DL, Ve RS, Nosch D, et al. Efficacy of blink software in improving the blink rate and dry eye symptoms in visual display terminal users-A single-blinded randomized control trial [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2021, 69(10): 2643-2648. doi:10.4103/ijo.IJO_3405_20
- [53] Nosch DS, Foppa C, Tóth M, et al. Blink animation software to improve blinking and dry eye symptoms [J]. *Optom Vis Sci*, 2015, 92(9): 310-315. doi:10.1097/OPX.0000000000000654
- [54] Thomson WD. Eye problems and visual display terminals: the facts and the fallacies [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1998, 18(2): 111-119. doi: 10.1016/S0275-5408(97)00067-7
- [55] Ranasinghe P, Wathurapatha WS, Perera YS, et al. Computer vision syndrome among computer office workers in a developing country: an evaluation of prevalence and risk factors [J]. *BMC Res Notes*, 2016, 9: 150. doi:10.1186/s13104-016-1962-1
- [56] Cougnard-Gregoire A, Merle BMJ, Aslam T, et al. Blue light exposure: ocular hazards and prevention—a narrative review [J]. *Ophthalmol Ther*, 2023, 12(2): 755-788. doi:10.1007/s40123-023-00675-3
- [57] 郭瑛. 防蓝光镜片对人眼对比敏感度和视功能的影响 [J]. *中国眼镜科技杂志*, 2020(11): 125-127. doi:10.3969/j.issn.1004-6615.2020.11.049
- [58] 陈冉冉, 吴进忠, 吴子敬, 等. 不同力度屏蔽蓝光对正常成年人眼视功能的影响 [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2017, 19(11): 656-662. doi:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2017.11.004
- CHEN Ranran, WU Jinzhong, WU Zijing, et al. Effect of different intensities of blue light shielding on visual function of normal adults [J]. *Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science*, 2017, 19(11): 656-662. doi:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2017.11.004
- [59] Kaur K, Gurnani B, Nayak S, et al. Digital eye strain-A comprehensive review [J]. *Ophthalmol Ther*, 2022, 11(5): 1655-1680. doi:10.1007/s40123-022-00540-9