

视频终端对视觉质量的影响及机制

袁野¹, 何书喜²

作者单位:¹(421001)中国湖南省衡阳市, 南华大学医学院眼科学专业;²(410005)中国湖南省长沙市, 湖南省人民医院眼视光学中心

作者简介:袁野,女,在读硕士研究生,研究方向:屈光学。

通讯作者:何书喜,主任医师,主任,硕士研究生导师,研究方向:屈光手术学. shuxi9918@163.com

收稿日期:2011-12-20 修回日期:2012-03-15

Influence and mechanism of video display terminal to visual quality

Ye Yuan¹, Shu-Xi He²

¹Major in Ophthalmology, Medical College of University of South China, Hengyang 421001, Hunan Province, China; ²Ophthalmic and Optometric Center of Hunan Provincial People's Hospital, Changsha 410005, Hunan Province, China

Correspondence to: Shu-Xi He. Ophthalmic and Optometric Center of Hunan Provincial People's Hospital, Changsha 410005, Hunan Province, China. shuxi9918@163.com

Received:2011-12-20 Accepted:2012-03-15

Abstract

• With the development of society, economy and culture video display terminal (VDT) is almost indispensable in our life. Related to long time computer use, people are experiencing a variety of ocular symptoms called the computer vision syndrome (CVS). It causes series of objective and subjective visual function changes, such as asthenopia and glare disability (GD). This article sums up researches in recent years to summarize the progress about visual quality and mechanism on VDT.

• **KEYWORDS:** video display terminal; visual quality; mechanism

Yuan Y, He SX. Influence and mechanism of video display terminal to visual quality. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2012; 12(5):891-895

摘要

随着社会经济文化的发展,视频终端(video display terminal, VDT)在我们生活中几乎不可缺少,而长时间使用引起的计算机视觉综合征(computer vision syndrome, CVS)使人眼发生视疲劳、眩光失能等一系列主、客观视功能的改变。本文归纳近年来 VDT 视觉质量及机制方面的研究进展做一综述。

关键词: 视频终端; 视觉质量; 机制

DOI:10.3969/j.issn.1672-5123.2012.05.25

袁野,何书喜. 视频终端对视觉质量的影响及机制. 国际眼科杂志 2012;12(5):891-895

0 引言

视频终端(video display terminal, VDT)综合征是指从事光学显示器终端(包括计算机终端显示器、阴极射线管、进行数据输入的键盘,以及电视机、电子游戏机之类)作业所引起的一系列症候群,也称计算机视觉综合征(computer vision syndrome, CVS)。美国视光学会(American Optometric Association)给 CVS 下的定义:在患者使用电脑过程中,由于近视力过度使用,而造成的复杂的眼部及视觉问题^[1]。长期(每天大于 6h)注视光学显示器终端后可以出现以视觉症状为主的一系列表现,如眼疲劳、干涩、刺痛、酸胀、畏光流泪、频繁眨眼、视物模糊、视力不稳、视物变形、复视、眼皮沉重感等,部分患者同时伴有头痛、眩晕、食欲不振、记忆力下降,以及颈肩腰背酸痛、关节功能障碍等全身症候群^[2]。视觉症状大体可分为四种:视觉疲劳、与眼表有关的症状、视觉及眼外症状^[3]。

眼部症状的出现主要和眼球功能改变、中枢神经系统疲劳和眼表干燥有关,其潜在性病因有 3 种,即调节机制、眼表机制和眼外机制。症状的严重程度与操作时间的长短密切相关。研究 VDT 综合征患者的眼部表现不能仅局限在视觉疲劳上的症状研究方面,更应该深入研究产生症状的原因以及 VDT 对视觉功能和视觉发展的影响。

1 视频终端对视觉质量的影响

1.1 视频终端致视疲劳和视力下降 视疲劳又称眼疲劳(eye-strain, eye fatigue),常以患者自觉症状为基础,包括视物模糊、流泪和眼胀等在内的眼部不适与全身疾病和精神(心理)因素交织在一起,所伴随出现的一系列症状,统称为眼疲劳综合征^[4]。长时间连续注视 VDT 者比阅读一般书本等界面更容易出现上述眼功能的改变。眼的调节功能是为保持接近正常的有效视力而进行的代偿活动,眼紧张持续一定时间及一定程度,由于不能满足进行正常视作业的需要,或眼紧张达到极限不能再坚持时,这种代偿可能会突然中断,眼紧张转变为松弛,以致出现视力模糊、眼胀不适、干涩、甚至头昏、烦躁等视疲劳症状^[5]。连续 2h 以上的近距离用眼,就可使视力下降,但休息 0.5h 后又可使视力恢复到正常水平,这一阶段的疲劳不会对眼健康构成威胁,但累积到一定程度,就会导致眼健康受到损害。长期操作 VDT 者视疲劳受诸多方面因素影响。

1.1.1 客观因素 (1) VDT 荧光屏由小荧光点组成,显示器对比度和分辨率不佳,图像质量差,刷新率低或字体细小、摇摆不定、移动迅速等,都使人眼看清目标需要更多的调节和辐辏运动^[6]。视网膜成像较小或模糊导致眼睛

相对调节能力和眼球转向能力减弱、调节近点远移,引起斜视及复视,出现视疲劳、眼胀痛^[3,7,9]。视近时间过长也使睫状肌收缩过度,以至痉挛,加重调节异常、视力下降。(2)不良的工作环境可导致使用者的烦躁与不适,如:显示器的放置高度、倾斜角度,电脑屏幕不适宜的反射光,异常字符与背景亮度对比。周边照明强度不够,光线分布不均或不稳定,采用有色光源的照明,或作业区与周围照明反差过大也可产生不利影响。(3)VDT室内空气流通不良,空气中CO₂浓度增加,操作人员长时间静坐,双目注视、精神集中,更容易导致视疲劳症状的出现。

1.1.2 主观因素 屈光不正、矫正不良或没有矫正、隐斜、调节功能不良、调节和集合功能不能协调一致、身体疲劳、缺少休息、营养不足以及身体虚弱或有全身性疾病等^[10]可引发视疲劳。屈光不正可能是最重要的主观因素。VDT与屈光不正、视疲劳互相影响形成恶性循环,导致电脑操作者眼部出现一系列不适症状^[11]。近视者的远点可能离近点很近,即调节区域很小,因而即使运用全部调节力,也只能看清很小一段范围内的物体,故易引起视疲劳。长期近距离用眼,在体力与心理条件影响下,视力负荷增加,调节不能完全放松,易出现调节紧张或痉挛,即假性近视。如果继续使眼睛过度疲劳,则会影响眼部组织的正常代谢机能,眼球前后径逐渐变长,而成为真性近视。睫状肌长期未能放松,即使过了发育期,也会使屈光状态改变^[12]。在18~45岁年龄阶段仍容易随之出现屈光不正。

1.2 VDT致眼干涩感 VDT作业时由于瞬目时间增长、眼球暴露面积增加等许多因素,可致泪液蒸发加强,泪膜稳定性改变,引起眼表干涩。角膜表面规则指数(surface regularity index, SRI)和表面不对称指数(surface asymmetry index, SAI)是TMS-1角膜地形图系统中反映角膜表面规则性的两个参数。二者均与最佳矫正视力呈反比。正常光滑的角膜表面其SRI及SAI值接近0,而不规则散光患者此参数明显升高^[13]。干眼病患者的SRI和SAI值升高及平均角膜预测视力(potential visual acuity, PVA)值降低这些数值的改变可能是此类患者临床上出现视力下降、视力波动及畏光等症状的原因。VDT综合征泪膜功能异常主要与以下因素有关。

1.2.1 瞬目次数减少 电脑操作时精力过于集中,加上计算机光刺激、VDT图像的稳定性、分辨率、色彩、亮度、对比度等,引起泪液质量和动力学异常,泪膜稳定性下降。瞬目次数由平时每分钟20~25次减少至5~10次,某些情况下注视率可达60%~80%^[14],增加了泪液的蒸发,引起眼表干燥、异物感、结膜充血,严重的损伤角膜^[15-17]。Ridder等^[18,19]报道泪膜层破裂可导致视敏度和空间对比敏感度(spatial contrast sensitivity, SCS)下降。泪膜破裂形成粗糙、不规则的光学表面,导致角膜表面不规则散光和光散射。对入射光线发生散射时,在眼内形成光幕,叠加于视网膜物像上,从而造成视网膜成像模糊,使患者视物的清晰度受到一定影响。

1.2.2 眼表暴露面积增加 向下看是读书的通常姿势,这种姿势导致眼睑大部分在眼睛前部,可使泪液的蒸发达到最小化。相反,电脑使用者常常是在水平线阅读资料,多数人注视屏幕时视线向上倾30°,使角膜暴露于空气中的时间延长,角膜暴露面积超过60%,影响了眼表面起润滑剂作用的泪液的分泌和分布、加速泪液的蒸

发^[15,16],这就导致了更宽的脸裂并且增加了眼球表面的蒸发。Izquierdo等^[20]调查发现,增大俯视角可以减少VDT综合征症状的出现。

1.2.3 性别及其他 女性出现眼表干燥较男性多见,绝经期后的女性发生概率更大,提示泪膜的功能可能与体内的激素水平有关。其他引起眼表干燥的因素包括:全身性疾病(包括Sjögren综合征及一些自身免疫性疾病^[21])、全身性药物(利尿剂、抗组胺药、抗精神病药和抗高血压药等)^[22]。

1.2.4 配戴角膜接触镜 使用VDT的女性上班族和角膜接触镜配戴者易患干眼。配戴角膜接触镜会破坏泪膜的稳定性,增加角膜与泪膜间的摩擦,加重VDT使用者眼部干燥的症状^[23]。Arita等^[24]发现30%~50%的角膜接触镜配戴者有干眼症状,配戴角膜接触镜可致功能性睑板腺的数量减少,且数量的减少与配戴持续时间成比例。

1.2.5 环境因素 角膜对环境因素的干燥和化学失衡很敏感,各种危险因素,如:干燥的空气、风扇、静止不动的建筑物、空中飘着的纸灰尘、激光和复印机的调色剂、建筑污染物。VDT操作者多在空调环境中,环境湿度低,加之计算机使周围空气变热也增加泪液的蒸发^[23]。

1.2.6 化妆品 低质量的化妆品将阻碍睑板腺的油脂分泌口,同样影响泪膜类水分的快速蒸发从而导致眼部不适。

1.2.7 长期频繁使用滴眼液 患者自行购买或违反医嘱长期频繁使用缓解视疲劳的滴眼液^[20],但长期使用并不能完全消除眼睛疲劳等症状,有人以为患了结膜炎,盲目使用抗生素滴眼液。眼液中的防腐剂及药物的毒性反应可对泪膜的稳定性造成影响,再加之频繁滴眼不断地冲刷、稀释泪液,影响泪膜的眼表黏附功能,使泪膜稳定性进一步下降^[25]。

1.2.8 精神状态 有报道认为,精神压力大的员工在操作VDT过程中比同等条件下其他员工更容易主观感觉到眼部不适^[9]。这些患者的自觉症状和实际眼部器质性病变不成比例,且难以用药物或矫正眼镜消除,属于神经性视疲劳^[26]。

1.3 眩光失能和光刺激对眼及视功能的影响 VDT阅读不同于一般的书本阅读,其显示因素如亮度、对比度、颜色、字体大小和间距,其物理特性如闪烁、清晰度不佳、亮度不均匀或不稳定等,都会对视觉系统产生不良影响。不合适的光照条件也会导致VDT操作者的眼部不适感^[27-30]。当人眼注视视频显示终端时,显示器本身发出的或反射附近过强的灯光或日光的光线构成视野内局部的强照射,即眩光(glare)现象,可引起图像衰减,对比度降低,眼睛难以聚焦及维持双眼视,出现暂时性视力障碍和眼部不适^[31,32]。眩光现象是影响视觉质量最重要的因素,它指当眼睛面对耀眼的光线时,视网膜的敏感性全部或部分降低,从而影响眼睛对目标分辨能力的一种现象,由散射光在眼内散射所引起。散射光在眼内形成较强的光幕,叠加于视网膜所成物像上,造成光幕性视网膜照明,干扰了视网膜物像的形成,使其对比度下降,以致视功能急剧下降,此种现象称为眩光失能(glare disability, GD)。当人眼受到高亮度眩光的刺激时,眼睛瞳孔缩小,顺应状态变差,眼睛会明显感到不舒适。如果光亮度达到或超过人眼所能承受的最大亮度(约为106cd/m²)时,还可能损伤人眼视网膜,而丧失明视能力。眩光的生理

性原因主要有:(1)瞳孔缩小、亮度过高;(2)角膜、晶状体对光线的散射在眼内形成了光幕;(3)视网膜受到高亮度的刺激适应状态遭到破坏;(4)暗适应状态下,即使光线不强也可能产生眩光^[33]。电脑荧光屏发出的各种射线也会对眼睛产生强烈的刺激,尤其是视屏的闪烁、眩光^[14,34,35]、字符、动画等的变幻致使眼球、视神经受到影响,进而对眼睛造成伤害。

眼部疾病如年龄相关性黄斑变性、视网膜色素变性等视网膜进行性变性等已成为视力损害和致盲的常见病因,实验证明其发病与长时间光辐射损伤有关^[36]。大众一直认为视频显示器终端的放射线对电脑使用者的危害影响负主要责任。电离子放射线是引起细胞变化的原因,并且它可以通过打破化学粘结对活性组织从而使中性(无电荷)分子充电^[37]。然而,视频显示器终端既不产生也不发射 α 、 β 、 γ 和猛烈的X射线。虽然会产生少量的X射线,但几乎所有这些射线都会被显示器的玻璃屏幕所抑制。此外,Oftedal等认为通过电子处理屏幕过滤器的使用而对VDT周围的电子的减少并不能显著减少眼睛的严重性症状^[38]。Kirsner和Federman最近发布的一篇文章说过去的资料要么是矛盾的,要么在方法是错误的。他们认为,应有持续的研究来继续深入解释和说明由VDT所产生的电磁射线的风险^[39]。可见光对人眼的损害应引起重视。过量光照可致视网膜光感受细胞和色素上皮(RPE)细胞损伤和老年黄斑变性^[40-42]。长期、低强度、间歇性的阳光辐射以及眼科常用诊疗器械的强光源照射都可造成视网膜光化学损伤,最终导致光感受器和视网膜色素上皮变性^[42],造成的视力障碍,如月/日食性视网膜病变。重复光照射可照成视网膜膜累积性损伤,长期低强度间歇性可见光照射加速视网膜黄斑的老化过程。视觉长期处在这种光环境下,即使很弱,日积月累也会使人经常感到轻度的头晕目眩,使视力逐渐下降。严重时便会引起眼睛酸痛、流泪、视力急速减退^[43]。可见光损伤所致的热和光化学作用可引起黄斑损伤,对视力有不同程度的影响^[44]。光损伤的动物模型一直被用来模拟老年性黄斑变性进行前期基础性研究^[45]。Hafezi等^[46]观察到光损伤时鼠的视网膜视细胞形态改变较DNA裂解早,色素上皮细胞的形态改变与DNA裂解同时发生。有报道支持光损伤时,氧化物的堆积损伤了视杆细胞线粒体DNA^[47],线粒体功能的失代偿最终导致了视杆细胞的死亡^[48]。

1.4 VDT致对比敏感度变化 对比敏感度(contrast sensitivity, CS)是一种形觉检查法,反映视觉系统在明亮对比变化下对不同空间频率的正弦光栅的识别能力,间接反映外界物体在视网膜上的光学成像质量,是视觉质量的评定指标之一。VDT作业后视觉引起电位的N75, P100和N145明显延长, P100波潜伏期延长,振幅下降^[49], CS及临界闪烁融合频率(critical flicker fusion frequency, CFF)下降,提示可能有视神经系统受损^[49-51]。对比敏感度函数(contrast sensitivity function, CSF)是在不同的空间频率(即1度视角所含条栅的数目)上CS的反映,又称调制传递函数(modulation transfer function, MTF)。正常人CSF曲线呈倒“U”形。即在中频区高,两头(低频、高频)低的形态特征。低频区主要是反映视觉对比度情况,高频区主要反映视敏度情况,而中频区是较为集中地反映了视觉对比度和中心视力综合情况。正常

人的中频区CS高是由于人的视觉系统活动主要依赖于CSF中频区所决定的。干眼致角膜变形使中、高频区CS下降,低频区无明显改变。Huang等^[52]研究了在伴有点状角膜上皮病的干眼症患者应用人工泪液1min后,由于角膜表面形态的改善而使CSF曲线各个频率得到明显提高。随年龄增大,泪液容量减少,泪膜破裂时间缩短,波阵面像差增大^[53],这也是CS下降的影响因素。屈光不正眼裸眼视力受到损害,CSF各个频率均有降低,且过矫眼比正视眼及未矫正眼比矫正眼的CSF均有降低。高度近视眼即使其正视力达1.0以上,但其CSF曲线在高频区明显下降,尤其是伴有黄斑病变者损害更严重,受损的规律是由高频向低频扩展,而且受损的程度与黄斑病变的进行密切相关^[54],这是由于黄斑部的解剖学特点,使黄斑区在形觉功能上具有高度敏感性和分辨性,故伴有黄斑病变的患者其视功能损害更加明显。

1.5 VDT致像差改变 目前临床上评价眼球屈光系统成像质量的指标除分辨率、CS外,波前像差也是重要指标之一。在理想成像的情况下,点光源经过光学系统后所成的像应是一个以理想像点为中心的球面理想波面。如存在几何像差,则对应的波面不再是一个以理想像点为中心的球面,理想波面 and 实际波面之间的光程差,即称为波阵面像差。它用彩色波前图和量化的相关像差的Zernike多项式来评价光学质量。眼像差的产生与角膜、晶状体、视网膜及泪膜性状有关^[55-57]。

邱新文等^[58]研究眼像差的改变,以离焦/球差与叶形像差增大为主,其根本原因在于泪膜干扰导致泪膜厚度减小、泪膜均一与完整性破坏、规则性以及对称性的改变,从而增加眼像差,降低眼视觉质量。泪膜干扰不但影响泪膜形态而且改变角膜形态与角膜像差,角膜形态与像差的改变导致眼像差增大、视觉质量下降。Montés-Micó等^[56]研究提示干眼患者的像差较正常人增加,BUT缩短、泪膜表面的不规则性是导致高阶像差的主要原因。瞬目间隔延长,眼前表面的像差增加,影响视网膜成像质量^[59,60]。使用人工泪液,改善泪膜表面形状后能明显降低像差。干眼症眼的总高阶像差较正常眼明显增高,原因在于泪膜在个体眼成像中具有重要的光学特性。泪膜本身的屈光力48.35D,与角膜耦合时为42.36D,泪膜屈光指数较空气高,因此对像差有明显影响^[61]。如果均匀地改变泪膜的厚度,对表面的屈光力改变甚少,而泪膜厚度不均匀增加将使局部曲率和屈光力发生很明显变化。干眼症的泪膜不规则可能是多方面原因的综合,如泪膜厚度、屈光指数、表面曲率等。无论4mm或6mm瞳孔直径,干眼症眼的彗差、三叶草散光及像散像差均较正常眼明显升高。从不同瞳孔直径下干眼症眼和正常眼高阶像差各阶的构成比也说明造成干眼像质下降的主要原因与彗差、三叶草散光及像散像差有关,其中彗差的形成可能与泪膜不稳定、重力效应使泪液在垂直向上分布不均有关^[60,62]而三叶草像散与泪膜总体分布不均所致不规则散光有关^[63]。

使用一段时间VDT后,角膜表面的屈光会发生一定改变。Collins等^[64]在阅读小说和使用VDT 60min前后分别进行角膜地形图测量,发现阅读后出现的角膜地形图改变范围较大且位于角膜靠中心的位置,两者的低阶像差和高阶像差都有所改变。目前考虑使用VDT后出现的角膜屈光功能改变主要与眼睑对角膜的压力有关。

高度近视比低中度近视有着更多的高阶像差,主要表现为球差和二次彗差,说明高度近视人群的成像质量因为受到像差的显著影响而大打折扣,光学缺陷可能随近视放大。因为近视眼的形态影响眼光学因素的排列,如眼轴长度、改变眼光学元素的曲率等^[65]。He等^[66]研究认为波前像差的大量产生可能在近视眼发展的视网膜成像衰退作用中起到一定作用,并认为当近视度数很高时(-7~-13D的超高度近视),均方根(root mean square, RMS)值与屈光不正相关。高阶像差的增加可影响视网膜成像并使CS下降,易出现夜间视觉干扰症状如暗视力下降、光晕、眩光失能、重影等。近视眼患者视物时调节反应落后于正视者可使CS受到影响;高度近视患者的心理因素亦致使其视觉功能下降^[67,68]。

1.6 VDT引发的颈椎病对视觉质量的影响 电脑使用者常为了舒适的面对屏幕而采用不舒适的坐姿,长期这些扭曲的坐姿会导致背部、脖子和肩膀的疼痛,还可伴随颈椎压迫症状,出现头痛、眩晕、食欲不振、记忆力下降,以及颈肩腰背酸痛、关节功能障碍等不适。颈椎骨赘激活邻近的神经血管引起一系列症状:(1)激压椎动脉引起脑、脊髓缺血缺氧,出现脑组织、脑神经功能障碍,大脑枕叶视中枢缺血,轻者出现视雾、一过性黑朦、眼前闪辉,或一过性幻视,重者可突然失明;(2)脑干内第三、四、六脑神经核缺血或内侧纵束缺血,可出现复视、眼肌麻痹,症状可短暂阵发性出现,亦可持续发生;(3)激压或反射性激压颈部交感神经,出现交感神经功能紊乱,可出现眼胀痛、眼干涩、视物模糊、易疲劳、眼裂增大和瞳孔扩大等交感神经兴奋症状。亦可出现流泪、眼睑下垂和瞳孔缩小等交感神经抑制症状。交感神经功能亢进可导致或加重椎动脉痉挛,导致或加重脑缺血症状,加重视觉障碍,且视觉障碍随颈椎病症状好转加重而出现,并随颈椎病症状好转而好转或消失,两者呈正相关,因而临床上称颈椎性视觉障碍^[69,70]。

若对本病缺乏认识,如视力减退、复视、头痛、头晕及共济失调等易诊为脑肿瘤,如视力减退、视朦、眼胀痛等易误诊为慢性青光眼。如单纯视力减退,则易误诊为慢性球后视神经炎或屈光不正等。如阅读疲劳、阅读困难、失眠、记忆力下降,易误诊为神经官能症。但本病常伴颈椎症状,且视力障碍加重与减轻随颈椎病呈正相关波动,颈椎X片、CT有颈椎病改变,脑CT及眼有关检查均无器质性病变而易与上述疾病鉴别。因此,凡视觉障碍伴颈椎病症状者,尤其视觉障碍的出现与消失,随颈椎病的症状加重与好转而变化者应考虑由颈椎病引起,及时拍颈椎X片,以便及早诊断与治疗,如按颈椎病治疗,视觉障碍好转或消失,更支持颈椎病视觉障碍的诊断^[71]。

综上所述,VDT带给人们方便的同时,亦带来了不可忽视的视觉质量问题。我们可以通过合理地安排工作和休息时间、质量可靠的视频显示器、设计良好的工作环境、屈光不正的矫正、干眼的预防及工作姿势的及时调整,尽可能的减轻、缓解或消除VDT作业引起的视觉质量问题^[72]。

参考文献

1 Barar A, Apatachioaie ID, Apatachioaie C, et al. Ophthalmologist and "computer vision syndrome". *Oftalmologia* 2007;51(3):104-109
2 Blehm C, Vishnu S, Khattak A, et al. Computer vision syndrome: A review. *Surv Ophthalmol* 2005;50(3):253-262

3 Bali J, Navin N, Thakur BR. Computer vision syndrome: a study of the knowledge, attitudes and practices in Indian ophthalmologists. *Indian J Ophthalmol* 2007;55(4):289-294
4 陈晓明. 眼科学. 北京:人民卫生出版社 2008;32-33
5 沈兰珂, 马雯. 施图伦治疗 VDT 视疲劳临床观察. *国际眼科杂志* 2005;5(6):1293-1294
6 Mclean L, Tingley M, Scott RN, et al. Computer terminal work and the benefit of microbreaks. *Appl Ergon* 2001; 32(3):225-237
7 顾力刚, 韩福荣. VDT 作业与视觉疲劳. *人类工效学* 2004;10(3):58-60
8 瞿小妹, 褚仁远, 汪琳, 等. 注视视频终端对视功能的影响. *中华眼科杂志* 2005;11(11):986-989
9 Rocha LE, Debert-Ribeiro M. Working conditions, visual fatigue, and mental health among systems analysts in São Paulo, Brazil. *Occup Environ Med* 2004;61(1):24-32
10 范景敏. 注视视频终端对青少年眼健康的影响. *广西医学* 2006;28(4):522-523
11 李尖. 视屏显示终端与视疲劳及屈光不正. *临床医药实践* 2006;15(8):589-591
12 余惜金, 何洁华, 温贤忠. 视屏终端作业对视疲劳影响的调查. *眼外伤职业眼病杂志* 2004;26(6):409-407
13 Wilson SE, Klyce SD. Advances in the analysis of corneal topography. *Surv Ophthalmol* 1991;35(4):269-277
14 瞿小妹, 褚仁远. 应该重视视频终端综合征的研究. *中华眼科杂志* 2005;41(11):963-965
15 甘世斌, 黄杜茹. 青少年视频终端性视疲劳的分析与健康干预. *眼外伤职业眼病杂志* 2006;28(6):431-432
16 任荣. 青少年计算机操作者的视疲劳调查和病因探讨. *眼外伤职业眼病杂志* 2007;29(7):487-488
17 田华, 余青, 杨玉兰. VDT 作业对眼与视觉功能的影响. *工业卫生与职业病* 2000;26(5):312-314
18 Ridder WH 3rd, Tomlinson A, Pauph J. Effect of artificial tears on visual performance in subjects with dry eye. *Optom Vis Sci* 2005;82(9):835-842
19 Ridder WH 3rd, Lamotte JO, Ngo L, et al. Short-term effects of artificial tears on visual performance in normal subject. *Optom Vis Sci* 2005;82(5):370-377
20 Izquierdo JC, Garcia M, Buxó C, et al. Factors leading to the computer vision syndrome: an issue at the contemporary workplace. *Bol Asoc Med PR* 2007;99(1):21-28
21 Liesegang T, Deutsch T, Grand M. External disease and cornea. Basic and clinical science course section 8. San Francisco; Am Acad Ophthalmol 2002:76-81
22 Fenga C, Cacciola A, Anzalone C, et al. Influence of microclimate factors on ocular discomfort in video display terminal workers. *G Ital Med Lav Ergon* 2005;27(4):417-421
23 Guillon M, Maissa C, Pouliquen P, et al. Effect of povidone 2% free eyedrops on contact lens wearers with computer visual syndrome: pilot study. *Eye Contact Lens* 2004;30(1):34-39
24 Arita R, Itoh K, Inoue K, et al. Contact lens wear is associated with decrease of meibomian glands. *Ophthalmology* 2009;116(3):379-384
25 刘晓宁, 周敏. 急性结膜炎愈后主诉干眼症状泪膜稳定性初探. *国际眼科杂志* 2009;9(1):169-171
26 李凤鸣. 中华眼科学(眼科全书). 第2版. 北京:人民卫生出版社 2005:2491-2493
27 Michaelides M, Hardcastle AJ, Hunt DM, et al. Progressive cone and cone-rod dystrophies: phenotypes and underlying molecular genetic basis. *Surv Ophthalmol* 2006;51(3):232-258
28 Kim H, Yang CS, Lee BW, et al. Alcohol effects on navigational ability using ship handling simulator. *Int J Industrial Ergonomics* 2007;37(9-10):733-743
29 Yao YJ, Chang YM, Xie XP, et al. Heart rate and respiration

- responses to real traffic pattern flight. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2008;33(4):203-209
- 30 Gu YH, Wang LF, Zhou J, et al. Mutation in Caenlf causes congenital stationary night blindness like phenotype in CSNB rat. *Mol Vis* 2008; 14:20-28
- 31 Harisinghani MG, Blake MA, Saksena M, et al. Importance and effects of altered workplace ergonomics in modern radiology suites. *Radiographics* 2004;24(2):615-627
- 32 雷蕾, 张建华, 郑磊, 等. 正视及低中度、高度近视人群明暗环境对比敏感度分析. *眼科新进展* 2008;28(8):604-609
- 33 唐萍. 眩光对视功能的影响. *中国眼镜科技杂志* 2004;6(1):7-9
- 34 Mandelbaum J. An Accommodation phenomenon. *Arch Ophthalmol* 1960;63(12):923-926
- 35 Gur S, Ron S, Heicklen-klein A. Objective evaluation of visual fatigue in VDT works. *Occup Med (Lond)* 1994;44(3):201-204
- 36 孟岩, 牛膺筠, 曲红. 重组人促红细胞生成素对人视网膜色素上皮细胞光化学损伤保护性作用的研究. *中华眼科杂志* 2008;44(1):50-55
- 37 Alexander JJ, Umino Y, Everhart D, et al. Restoration of cone vision in a mouse model of achromatopsia. *Nat Med* 2007;13(6):685-687
- 38 O'Hare D. Cognitive functions and performance shaping factors in aviation accidents and incidents. *Int J Avia Psych* 2006; 16(2):145-156
- 39 Ketola R, Toivonen R, Hakkanen M, et al. Effects of ergonomic intervention in work with video display units. *Scand J Work Environ Health* 2002;28(1):18-24
- 40 王雨生, 严密. 可见光对原代培养人视网膜色素上皮细胞的光化学损伤. *中华眼底病杂志* 1996;12(3):174-176
- 41 Pang J, Seko Y, Tokoro T, et al. Observation of ultrastructural changes in cultured retinal pigment epithelium following exposure to blue light. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1998;236(9):696-701
- 42 Gorgels TG, Van Norren D. Ultraviolet and green light cause different types of damage in rat retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995; 36(5):851-863
- 43 赵庶. 书写照明中反射眩光对视觉的影响. *企业标准化* 2008;2(5):33-34
- 44 赵堪兴, 杨培增. *眼科学*. 北京:人民卫生出版社 2008:292-293
- 45 Marc RE, Jones BW, Watt CB, et al. Extreme retinal remodeling triggered by light damage: implications for age related macular degeneration. *Mol Vis* 2008;42(14):782-806
- 46 Hafezi F, Marti A, Munz K, et al. Light-induced apoptosis: differential timing in the retinal and pigment epithelium. *Exp Eye Res* 1997;64(6):963-970
- 47 Godley BF, Shamsi FA, Liang FQ, et al. Blue light induces mitochondrial DNA damage and free radical production in epithelial cells. *J Biol Chem* 2005;280(22):21061-21066
- 48 Carmody RJ, McGowan AJ, Cotter TG. Reactive oxygen species as mediators of photoreceptor apoptosis *in vitro*. *Exp Cell Res* 1999;248(2):520-530
- 49 Zhang M, Bi LF, Ai YD, et al. Effects of taurine supplementation on VDT work induced visual stress. *Amino Acids* 2004;26(1):59-63
- 50 Niesluchowska M. Work with visual display units and its effect on the eye. *Kin Oczan* 2007;109(1-3):30-34
- 51 Murata K, Araki S, Kawakami N, et al. Central nervous system effects and visual fatigue in VDT workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1991;63(2):109-113
- 52 Huang FC, Tseng SH, Shih MH, et al. Effect of artificial tears on corneal surface regularity, contrast sensitivity, and glare disability in dry eyes. *Ophthalmology* 2002;109(10):1934-1940
- 53 Koh S, Maeda N, Kuroda T, et al. Effect of tear film break-up on higher-order aberrations measured with wave front sensor. *Am J Ophthalmol* 2002;34(1):115-117
- 54 黄小瑛, 黄仲委, 彭耀崧. 高度近视黄斑病变的对比敏感度. *中国实用眼科杂志* 1999;17(7):416-418
- 55 Montés-Micó R, Alió JL, Charman WN. Dynamic changes in the tear film in dry eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46(5):1615-1619
- 56 Montés-Micó R, Caliz A, Alió JL. Wavefront analysis of higher order aberrations in dry eye patients. *J Refract Surg* 2004;20(3):2432-2471
- 57 Huang B, Mirza MA, Qazi MA, et al. The effect of punctal occlusion on wavefront aberrations in dry eye patients after laser *in situ* keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2004;137(1):522-611
- 58 邱新文, 李定章. 泪膜干扰对角膜表面像差与眼像差的影响. *江西医药* 2009;44(2):101-102
- 59 Montés-Micó R, Alió JL, Munoz G, et al. Temporal changes in optical quality of air tear film interface at anterior cornea after blink. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45(6):1752-1757
- 60 Montés-Micó R, Alió JL, Munoz G, et al. Postblink changes in total and corneal ocular aberrations. *Ophthalmology* 2004;111(4):758-767
- 61 Thibos LY, Hong X. Clinical applications of the Shack-Hartmann aberrometer. *Optom Vis Sci* 1999;76(12):817-825
- 62 Buehren T, Collins MJ, Iskander DR, et al. The stability of corneal topography in the post-blink interval. *Cornea* 2001;20(8):826-833
- 63 贾丁, 李冰, 冯晓, 等. 眼干燥症的高阶像差分析. *中国实用眼科杂志* 2007;25(3):317-319
- 64 Collins MJ, Buehren T, Bece A, et al. Corneal optics after reading, microscopy and computer work. *Acta Ophthalmol Scand* 2006;84(2):216-224
- 65 朱映芳, 郭小健, 王华, 等. 中青年近视眼高阶像差分析. *中国实用眼科杂志* 2004;11(22):924-926
- 66 He JC, Sun P, Held R, et al. Wavefront aberrations in eyes of emmetropic and moderately myopic school children and young adults. *Vision Res* 2002;42(8):1063-1070
- 67 Villa C, Gutierrez R, Jimenez JR, et al. Night vision disturbances after successful LASIK surgery. *Br J Ophthalmol* 2007;91(8):1031-1037
- 68 Collins MJ, Buehren T. Retinal image quality, reading and myopia. *Vis Res* 2006;46(12):196-215
- 69 潘文清. *颈椎病*. 济南:山东科学技术出版社 1980:87-104
- 70 杨克勤. *颈椎病*. 北京:人民卫生出版社 1995:47-87
- 71 肖方庚, 谢锦祺. 颈椎性视觉障碍 28 例报告. *中国现代医学杂志* 2001;11(1):52-53
- 72 顾力刚, 郭宏伟. VDT 电磁辐射对作业者健康的影响. *职业与健康* 2008;24(17):1829-1831