

· 标准与规范 ·

虚拟现实与增强现实设备基于视觉健康使用的专家共识(2022)

中国医学装备协会眼科专业委员会眼科检验检测学组联合中国医学装备协会眼科专业委员会眼科创新诊疗技术及装备学组

【摘要】 虚拟现实与增强现实(VR/AR)技术拓展了人类的感知能力,提供了更深的沉浸感、更多的想象性和更强的交互性。头戴显示设备不同于传统的纸质媒体、计算机屏幕及手机屏幕等呈现方式,它能在很大程度上改变用户的用眼习惯。如果不当使用,可能对眼健康乃至身心健康形成挑战。针对VR/AR设备可能引起的眼部异常表现,中国医学装备协会眼科专业委员会眼科检验检测学组联合中国医学装备协会眼科专业委员会眼科创新诊疗技术及装备学组共同汇集了眼科专家、光学仪器专家及VR/AR设备开发工程师的三方意见,对基于视觉健康使用VR/AR设备的硬件构建和软件功能参数的设置、佩戴的适应证和禁忌证、评估设备的眼部医学检查指标以及针对视疲劳的处理策略等达成了共识。

虚拟现实(virtual reality, VR)采用以计算机为核心的现代高科技手段生成逼真的视觉、听觉、触觉、嗅觉及味觉等多感官一体化的数字化人工环境。在这个基础上,用户借助一些输入与输出设备,采用自然的方式与虚拟世界的对象进行交互,相互影响,从而产生亲临真实环境的感觉和体验^[1]。VR具有沉浸性、交互性、多感知性、构想性及自主性五种特征。增强现实(augmented reality, AR)采用以计算机为核心的现代高科技手段生成的附加信息对使用者感知到的真实世界进行增强,将生成的信息以视觉、听觉、味觉、嗅觉及触觉等生理感觉融合的方式叠加至真实场景中^[1-2]。由于视觉占据人类获取外界信息的近80%,为用户提供视觉信息输入的头戴显示设备自然成为VR和AR的核心硬件载体。当下,元宇宙概念不断升温,而VR/AR是元宇宙的核心支撑技术。作为VR/AR核心设备,头戴显示设备是元宇宙发展和实现的重要平台,鉴于VR/AR头戴显示设备为用户提供视觉信息与现实的视觉信息有所差异,对视觉健康乃至身心健康均会产生一定程度的影响,特组织相关眼科及工科专家,拟定共识,为设计和正确使用VR/AR头戴显示设备提供参考和指导意见。

虚拟现实产业的蓬勃发展及其应用前景

VR和AR具备传统媒介无法比拟的视觉感、立体感和真实体验感,在军事、医疗、工业、文化、教育和展览等专业领域,以及游戏、影视、社交、购物、旅游及健身等日常生活领域都有广泛的应用。目前,VR/AR设备也逐渐应用在眼病治疗和教学方面。例如,VR训练方法有助于治疗弱视和视知觉缺损,可提升儿童的视敏度,亦有助于成年弱视患者双眼立体视的建立^[3-9]。儿童使用VR/AR的情况应该继续积极

探讨和优化,以往的研究表明VR/AR在治疗儿童弱视中具备潜在发展和应用前景。亦有文献研究结果表明,VR/AR在儿童中使用未见明显副作用^[10-12]。同时,VR/AR逐渐应于眼科教学和考核,如目前在眼科手术教学中使用的手术模拟器,有助于眼科年轻医师提高玻璃体手术的手术技巧^[13-16]。对复杂的眼眶肿瘤手术,首先可以借助电子计算机断层扫描、磁共振及眼底血管造影的检查结果来构建肿瘤与周边组织的3D模型,再通过VR/AR的方式进行术前模拟,了解其位置关系,为下一步更好地规划手术方案做准备^[17-18]。VR/AR在不同种类仿真手术领域的应用,将大力促进实习医师手术技巧的快速进步。同时,该技术有助于为眼科检查仪器提升便携性,可能为眼科医师提供创新的临床诊疗思路。此外,当前新型冠状病毒肺炎的爆发改变了人类的生活方式与习惯,在疫情爆发及后疫情时代或可发挥特别作用^[19-20]。

视觉成像原理

人眼类似于照相机,同时也是一个共轴光学系统,当观察远处物体时,物体上的光线依次经过角膜、瞳孔、房水、晶状体和玻璃体,然后抵达视网膜,物体在视网膜上成倒立、缩小的实像。该成像是实物成实像。再经过神经系统传输至大脑,经过大脑处理形成对外界物体正立、清晰且感观的认知。对于无散光的眼来说,这个像的清晰度由光学系统的屈光力与视网膜位置的匹配关系决定。眼球光学系统的光学像恰好在视网膜上时,视网膜像就是清晰的。同时,人眼有一定的视场(角)范围,最清晰的视场范围是在视轴周围 $6^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 。

VR/AR的光电原理和参数

1. 光电原理:头戴显示设备的光学结构主要包括显示引擎和光学目镜系统,人眼无法对于很近的图像平面进行清

DOI:10.3877/cma.j.issn.2095-2007.2022.02.012

主笔者:陶勇,袁进,边靖芳

通信作者:陶勇,Email:taoyong@bjcyh.com

晰呈现,头戴显示原理就是通过光学目镜将硅基液晶、液晶显示器、数字微镜器件、数字光处理、有机发光半导体及微米发光二极管等空间光调制器形成的图像呈现到远处。而AR相比VR主要区别在于是否可以通过光学透射,使人眼在能看到显示画面的同时还能看到外界环境,它实现的主要方法有镀半透半反膜和引入衍射光波导结构等。

2. 光电参数:VR/AR的光电参数主要包括3类。(1)与主要传统显示设备类似的亮度、对比度、均匀性、色域、色差、蓝光和闪烁等指标;(2)表征人眼观察特性的视场角(field-of-view angle, FOV)、眼盒(eye box)、像素角密度(pixel per degree, PPD)、分辨率(resolution)、光学目镜成像性能(modulation transfer function, MTF)、畸变(distortion)、虚像距(virtual image distance)、色差(chromatic aberration)和杂散光(stray light)等;(3)表征AR光学性能的透过率(transparency)。

VR/AR 影响视觉健康的临床表现及其潜在机制

1. 临床表现:过度使用VR/AR可能对眼健康造成一定伤害。主要表现为“VR晕”,类似晕车、晕船。具体临床表现为头痛、眩晕、恶心欲呕,同时伴有眼干涩、乃至复视、流泪、眼胀痛、眼疲劳及精力无法集中等症状,类似于视疲劳、干眼及视频终端综合征等功能性眼病^[21-23]。

2. 辅助检查:常表现为4种结果。(1)调节功能异常。可表现为眼部调节超前,同时调节性集合与调节的比值(accommodative convergence to accommodation ratio, AC/A)降低,调节近点增加;(2)双眼聚散功能异常。可表现为集合模糊范围增加,集合近点增加;(3)一过性调节性斜视,例如轻度隐斜视;(4)泪膜破裂时间缩短,可致丝状角膜炎,角结膜干燥症^[22-24]。

3. 潜在机制:主要为眼成像与内部神经系统感知的状况不一致所导致^[25-26]。其潜在机制主要包括3个方面。(1)虚拟图像质量差,如纱窗、拖尾、闪烁、延迟和高像素峰值亮度比等引发视觉疲劳进而引发眩晕;(2)视觉与其他感官通道的冲突,如前庭功能障碍和幽闭恐惧症;(3)辐辏调节冲突,佩戴VR/AR头戴显示设备后,由于目前绝大多数商业显示仅有单一虚拟深度,双眼在产生立体视觉的同时,会导致会聚和调节的失配,不符合人眼观察习惯而导致视疲劳^[27-28]。

VR/AR 基于视觉健康使用硬件参数的设定

设备的基本设计应符合人体工程学设计,重量相对轻便,以及为了适应儿童的佩戴,设备大小可以调节。基于视觉健康考虑的硬件参数设定包括5个方面。(1)适宜的视场角。正常人眼总视场在水平方向上的双目FOV近210°,垂直方向上近135°;中间部分有约120°是双目视觉重叠区域,两侧各40°是单眼视觉区域。所以要提供深度沉浸的效果,VR设备需要提供近似人眼的视场角。目前较好的VR头戴显示设备在水平方向可以达到90°~120°的视场角,但是视场角扩大会导致角分辨率降低,要重视视场角和角分辨率的平衡。(2)匹配立体视觉。建议虚拟显示平面和双目间距可调节,以适应最佳清晰度并匹配最佳立体视觉。虚拟显示深

度调节至少覆盖1~6 m,从而更好地匹配人眼调节功能,双目间距调节至少覆盖60~70 mm,从而更好地适应不同人眼瞳距的差异。(3)控制双目垂直视场差异。双目虚像在垂直方向位姿存在差异,可导致双目不能完成立体图像融合,因此在VR设备的组装过程中,应该严格执行双显示器组装的标定流程。(4)严格控制双目水平视场重叠。适当降低双目水平视场重叠度可以提高有效显示区域以保持立体视的舒适度,但应充分保证双目水平视场重叠角度以免引起不适感。(5)严格控制畸变。需要控制大视场图像信息和屏幕像素排列之间的对应关系以严格控制畸变。

VR/AR 基于视觉健康使用软件及画面参数的设定

VR/AR的基本光学性能评测方法和基本图像质量评测方法,可参考GB/T 38259-2019国家标准以及IEC63145-20-10和IEC63145-20-20等国际标准。近期亦有相关综述报道^[29]。基于视觉健康考虑的软件及画面参数设定包括7个方面。(1)显示高清晰度。设计人眼能够清晰对焦且图像显示清晰度接近人眼解析能力上限的光学系统,提高显示分辨率以努力达到人眼的解析能力,建议在60°视角内至少达到2K要求,最好可以实现4K单眼分辨率^[30]。(2)高响应时间和高刷新率。建议选用90-120 Hz的屏幕刷新率,有助于缓解视疲劳^[30]。(3)真实感三维呈现。建议发展变焦面、多焦面、体三维、光场或者全息头戴显示技术,缓解辐辏调节冲突。(4)光谱成分评估且通过蓝光加权辐射亮度比测试。不同波长的光可以对人体产生不同的生理影响^[31]。建议采用灯和灯系统的光生物安全性(CIE S 009/ E:2002)国际光生物安全评价标准。(5)屏幕亮度应可以调节。VR立体设备显示器亮度发生闪烁等快速变化可能会引起视疲劳,建议采纳ISO 9241-303标准^[32]。(6)通过无频闪测试。即产品无明显的可见和不可见的闪烁,避免频繁闪烁对人眼造成负担。(7)具备先进、精准的六自由度追踪功能。六自由度空间定位技术是支持VR/AR沉浸式体验的关键,应努力缩小感知延时,建议小于45 ms。

符合佩戴VR/AR设备的基本条件

1. 符合佩戴VR/AR设备的基本条件:(1)双眼矫正视力可以达到0.8或1.0及以上;(2)屈光度在-6.00 D~+6.00 D之间,双眼不存在屈光参差;(3)色觉测试正常;(4)双眼视功能正常。

2. 针对轻度视功能异常者佩戴VR/AR设备的建议:存在轻度视功能异常但又有特殊需求,建议由经验丰富的眼科医师和视光学医师酌情考虑,经与申请者充分沟通后,签署特殊知情同意书,并定期复诊评估其安全性^[14, 22, 33]。

不建议佩戴VR/AR的人群

此项内容,医疗专业人士用于治疗的情况除外。

1. 绝对禁忌证:(1)双眼中的任何眼别处于青光眼急性发作期或临床前期;(2)存在幽闭恐惧症或有精神分裂症、情感障碍及神经性障碍等精神科疾病病史者。

2. 相对禁忌证:(1)双眼有超过2.50 D屈光参差者;(2)既往有因闪光或图案引起的眼抽搐、肌肉抽搐或昏厥病

史者;(3)日常生活中有不明原因或不受控眩晕情况发生者;(4)双眼中的任何眼别存在活动期视网膜脱离和糖尿病视网膜病变等眼底疾病者;(5)双眼中的任何眼别存在显性斜视或者弱视者;(6)正在使用可能会导致干眼的药物者;(7)曾经有过癫痫发作或已诊断为癫痫者;(8)曾出现不明原因的肌肉震颤或眼球震颤者;(9)考虑到儿童存在视觉发育的情况,原则上不建议提供给13岁以下少年儿童使用。如果佩戴者年龄小于13岁,建议在监护人的陪伴下使用且建议限制在30 min以内。(10)VR/AR可导致部分人出现头晕、目眩及呕吐等类似“晕船症”的症状,重者可出现平衡失调有潜在跌伤的风险。因此,建议将孕期妇女、高龄、行动不便人士及严重偏头痛患者列为禁忌。若出现严重“晕船症”或平衡能力失调应停止使用VR/AR^[34-36]。

用于评估VR/AR设备的眼部医学检查指标

建议在佩戴VR/AR前和30 min后分别测量下述指标。

1. 核心指标:(1)屈光度。(2)眼调节功能的检查。调节反应检查,常用方法为FCC法;调节幅度检查,常用检查法为推进法和负镜法;调节灵活度检查,常用检查法为 ± 2.00 D透镜反转拍;单眼调节近点的测量,常用方法为移近法;选测正/负相对调节;(3)隐斜视检查,视近和视远的水平及垂直方向检查,常用方法为马氏杆法;(4)辐辏功能的检查:集合近点,常用方法为Donder's移近法^[24];AC/A,也就是1.00 D的调节需要引起多少棱镜度的调节性集合,可以通过AC/A计算公式得到AC/A的值。 $AC/A = IPD + 0.4 \times (H_n - H_f)$ 。其中,IPD代表远用(6 m)瞳距,计量单位为cm;H_n和H_f分别代表40 cm视近隐斜度和6 m视远隐斜度;水平方向聚散度检查,包括模糊点、破裂点和恢复点,常用检查法有阶梯三棱镜或者综合验光仪;(5)泪膜功能检查,主要包括泪膜破裂时间及泪液分泌试验检查。

2. 非核心指标:(1)视力。包括远视力、近视力、矫正视力、低对比敏感度视力和眩光视力。(2)眼压检查。(3)视疲劳症状评估。视疲劳,是指任何原因引起的眼部疲劳及不适等症状的一组症候群。目前尚无准确的定义及诊断标准且视疲劳症状受到主观因素影响较大。视疲劳问卷,应包含眼干涩、复视、流泪、眼胀痛、畏光、眼感觉疲劳、头痛、头晕、恶心欲呕、困倦及精力无法集中等条目。(4)视觉作业能力。此项反映视觉作业的能力及注意力的集中度,可采用评价观看三维视频后视觉作业能力的校对试验表或虚拟现实疾病问卷^[37-39]。

出现视疲劳后的处理对策

原则上是尽量找出病因,对因治疗为主,对症治疗为辅。出现视疲劳后的处理对策共有7项。(1)连续使用的时间不超过30 min为宜。(2)对于屈光不正矫正不准确导致的视疲劳,进行准确的光学矫正。(3)针对存在干眼的患者,进行规范的干眼治疗。(4)对于调节辐辏相关功能失常的视疲劳,可进行调节功能训练和辐辏功能训练。调节功能训练,包括推进法、远近文字法、反转拍训练法及电脑视觉训练等以提高其调节的幅度和调节的灵活度;辐辏功能训练,可通过偏振片立体图、孔径训练仪、Brock线法及电脑HTS视觉训

练等锻炼聚散功能;(5)在治疗病因基础上,也可以选用缓解视疲劳的滴眼液;(6)对于有精神心理因素问题者,可以转诊进行心理治疗和疏导;(7)对于有潜在其他全身因素的患者,可在眼科给予及时治疗转诊到其他科室或医院。

《虚拟现实与增强现实设备基于视觉健康使用的专家共识(2022)》编写委员会

主审:彭智培 李筱荣

编写委员会主任委员:陶勇 袁进

核心撰写小组:陶勇 袁进 宋维涛 朱正元 边靖芳

参与本共识讨论专家(按姓氏汉语拼音排列):

边靖芳 香港理工大学眼科视光学院近视研究中心
陈浩宇 汕头大学·香港中文大学联合汕头国际眼科中心
邓育明 香港理工大学工业及系统工程学系
蒯曙光 华东师范大学心理与认知科学学院
柯碧莲 上海市第一人民医院眼科
柯鑫 依未科技(北京)有限公司
雷博 河南省眼科研究所
李坚 杭州市第一人民医院眼科
陆方 四川大学华西医院眼科
牟同升 浙江大学光电学院激光生物医学研究所
邵天奇 北京智德医学检验所
宋维涛 北京理工大学光电学院
孙刚 苏州汉朗光电有限公司
陶勇 首都医科大学附属北京朝阳医院眼科
王斌 中国科学院微电子研究所
徐弛 优奈柯恩(北京)科技有限公司
汪东生 首都医科大学附属北京同仁医院眼科中心
王建民 河北医科大学第二医院眼科
王瑞峰 郑州市第二人民医院眼科
吴兆骏 香港中文大学眼科及视觉科学学系
肖鹏 中山大学中山眼科中心
熊思齐 中南大学湘雅医院眼科中心
余轮 福州大学数字媒体研究员
袁进 中山大学中山眼科中心
张贵森 内蒙古朝聚眼科医院
张岩 首都体育学院体医融合创新中心
朱丹 内蒙古医科大学附属医院眼科
朱正元 电子信息产品标准化国家工程实验室

参考文献

- [1] 国家标准化管理委员会. GB/T 38247-2019 信息技术-增强现实-术语[S]. 北京:中国标准出版社,2019.
- [2] Baber C. Fundamentals of wearable computers and augmented reality[J]. Ergonomics, 2003, 46(6):651-652.
- [3] Halicka J, Sahatqija E, Krasnansky M, et al. Visual Training in Virtual Reality in Adult Patients with Anisometric Amblyopia[J]. Cesk Slov Oftalmol, 2020, 76(1): 24-28.
- [4] Coco-Martin MB, Pinero DP, Leal-Vega L, et al. The Potential of Virtual Reality for Inducing Neuroplasticity in Children with Amblyopia[J]. J Ophthalmol, 2020: 7067846.
- [5] Ziak P, Holm A, Halicka J, et al. Amblyopia treatment of adults with dichoptic training using the virtual reality ocular rift head

- mounted display: preliminary results [J]. BMC Ophthalmol, 2017, 17(1): 105.
- [6] Rastegarpour A. A computer-based anaglyphic system for the treatment of amblyopia [J]. Clin Ophthalmol, 2011, 5: 1319-1323.
- [7] Eastgate RM, Griffiths GD, Waddingham PE, et al. Modified virtual reality technology for treatment of amblyopia [J]. Eye (Lond), 2006, 20(3): 370-374.
- [8] Cleary M, Moody AD, Buchanan A, et al. Assessment of a computer-based treatment for older amblyopes: the Glasgow Pilot Study [J]. Eye (Lond), 2009, 23(1): 124-131.
- [9] Ding J, Levi DM. Recovery of stereopsis through perceptual learning in human adults with abnormal binocular vision [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2011, 108(37): E733-741.
- [10] Tychsen L, Foeller P. Effects of Immersive Virtual Reality Headset Viewing on Young Children: Visuomotor Function, Postural Stability, and Motion Sickness [J]. Am J Ophthalmol, 2020, 209: 151-159.
- [11] Park S, Lee G. Full-immersion virtual reality: Adverse effects related to static balance [J]. Neurosci Lett, 2020, 733: 134974.
- [12] Ha SG, Na KH, Kweon IJ, et al. Effects of Head-Mounted Display on the Oculomotor System and Refractive Error in Normal Adolescents [J]. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 2016, 53(4): 238-245.
- [13] 邹绚, 睢瑞芳. 虚拟现实与增强现实技术在眼科教学中的应用现状 [J]. 基础医学与临床, 2020, 40(12): 1744-1748.
- [14] Sikder S, Luo J, Banerjee PP, et al. The use of a virtual reality surgical simulator for cataract surgical skill assessment with 6 months of intervening operating room experience [J]. Clin Ophthalmol, 2015, 9: 141-149.
- [15] Thomsen AS, Smith P, Subhi Y, et al. High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery [J]. Acta Ophthalmol, 2017, 95(3): 307-311.
- [16] Rasmussen RC, Grauslund J, Vergmann AS. Simulation training in vitreoretinal surgery: a systematic review [J]. BMC Ophthalmol, 2019, 19(1): 90.
- [17] Zhu M, Chai G, Lin L, et al. Effectiveness of a Novel Augmented Reality-Based Navigation System in Treatment of Orbital Hypertelorism [J]. Ann Plast Surg, 2016, 77(6): 662-668.
- [18] Khelemsky R, Hill B, Buchbinder D. Validation of a Novel Cognitive Simulator for Orbital Floor Reconstruction [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2017, 75(4): 775-785.
- [19] Hong YR, Lawrence J, Williams D, et al. Population-Level Interest and Telehealth Capacity of US Hospitals in Response to COVID-19: Cross-Sectional Analysis of Google Search and National Hospital Survey Data [J]. JMIR Public Health Surveill, 2020, 6(2): e18961.
- [20] Tewksbury C, Deleener ME, Dumon KR, et al. Practical considerations of developing and conducting a successful telehealth practice in response to COVID-19 [J]. Nutr Clin Pract, 2021, 36(4): 769-774.
- [21] Rebenitsch L, Owen C. Review on cybersickness in applications and visual displays [J]. Virtual Real, 2016, 20(2): 101-125.
- [22] Mohamed EZ, Batumalai UM, Azmi ANH. Virtual reality games on accommodation and convergence [J]. Appl Ergon, 2019, 81: 102879.
- [23] Godinez A, Harb EN, Grimes J, et al. Oculomotor changes after sustained Virtual Reality use [C]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2019, 60(9): 5924.
- [24] Yoon HJ, Kim J, Park SW, et al. Influence of virtual reality on visual parameters: immersive versus non-immersive mode [J]. BMC Ophthalmol, 2020, 20(1): 200.
- [25] Kennedy RS, Drexler J, Kennedy RC. Research in visually induced motion sickness [J]. Appl Ergon, 2010, 41(4): 494-503.
- [26] Moro C, Stromberg A, Raikos A, et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy [J]. Anat Sci Educ, 2017, 10(6): 549-559.
- [27] Hoffman DM, Girshick AR, Akeley K, et al. Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue [J]. J Vis, 2008, 8(3): 1-30.
- [28] Lambooi M, Ijsselstein W, Fortuin M, et al. Visual Discomfort and Visual Fatigue of Stereoscopic Displays: A Review [J]. J Imaging Sci Technol, 2009, 53(3): 1-14.
- [29] 刘旭辉, 边靖芳, 崔浩然, 等. 虚拟现实/增强现实设备在眼科的应用及其对眼健康影响的研究进展 [J]. 中华医学杂志, 2022, 102(2): 158-162.
- [30] 中国信息通信研究院. 虚拟(增强)现实白皮书 [R/OL]. 2021.
- [31] 柴颖斌. LED 光生物健康照明的研究 [D]. 上海: 复旦大学, 2012.
- [32] ISO/TC 159/SC 4 Ergonomics of human-system interaction. ISO 9241-303: Part 303: Requirements for electronic visual displays [S]. ISO, 2011.
- [33] 郭东煜. 虚拟现实镜对人眼视觉功能的影响 [D]. 浙江: 浙江大学, 2017.
- [34] Ong CW, Tan MCJ, Lam M, et al. Applications of Extended Reality in Ophthalmology: Systematic Review [J]. J Med Internet Res, 2021, 23(8): e24152.
- [35] Li T, Li C, Zhang X, et al. Augmented Reality in Ophthalmology: Applications and Challenges [J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 733241.
- [36] Gold JI, Annick ET, Lane AS, et al. "Doc McStuffins: Doctor for a Day" Virtual Reality (DocVR) for Pediatric Preoperative Anxiety and Satisfaction: Pediatric Medical Technology Feasibility Study [J]. J Med Internet Res, 2021, 23(4): e25504.
- [37] 王凤娇. 三维视觉视觉疲劳的研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2014.
- [38] Seguí MM, Cabrero-García J, Crespo A, et al. A reliable and valid questionnaire was developed to measure computer vision syndrome at the workplace [J]. J Clin Epidemiol, 2015, 68(6): 662-673.
- [39] Kim HK, Park J, Choi Y, et al. Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment [J]. Appl Ergon, 2018, 69: 66-73.

(收稿日期: 2022-03-10)

(本文编辑: 汪东生)

中国医学装备协会眼科专业委员会眼科检验检测学组联合中国医学装备协会眼科专业委员会眼科创新诊疗技术及装备学组. 虚拟现实与增强现实设备基于视觉健康使用的专家共识(2022) [J/OL]. 中华眼科医学杂志(电子版), 2022, 12(2): 125-128.