

基于 VR 技术的脑视觉训练对青光眼患者视功能缺损和视觉质量的影响

周 玉, 李 满, 冯 怡

基金项目: 2021 年四川科研课题(编号:S21034)

作者单位: 三六三医院眼科, 成都 610041

第一作者: 周 玉, 医学硕士, 主治医师, 研究方向: 青光眼、白内障等眼科疾病的诊治。E-mail: lzfq4221@21.cn.com

通信作者: 李 满, 医学博士, 主任医师, 研究方向: 青光眼、白内障等眼科疾病的诊治。E-mail: qyv285202@21.cn.com

[摘要] **目的** 探讨基于虚拟现实(VR)技术的脑视觉训练对青光眼患者视功能缺损和视觉质量的影响。**方法** 选取 2021 年 3 月至 2023 年 2 月于三六三医院就诊的青光眼患者 98 例, 按照随机数字表法将其分为观察组和对照组, 每组 49 例。对照组给予常规视功能训练, 观察组在对照组的基础上给予基于 VR 技术的脑视觉训练, 两组均连续训练 3 个月。比较两组视力、眼压、视功能缺损情况、视网膜神经纤维层(RNFL)厚度、视盘容积(DV)、视功能调查问卷(NEI VFQ-25)评分和青光眼生活质量调查问卷(GQL-15)评分。**结果** 训练 1 个月、3 个月后, 观察组的视力、RNFL 厚度、DV 以及 NEI VFQ-25 评分高于对照组, 眼压、GQL-15 评分低于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。训练前、训练 1 个月后, 两组抑制、知觉眼位、立体视、注视稳定、视觉噪声的缺损率比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。训练 3 个月后, 观察组抑制、知觉眼位、立体视、注视稳定、视觉噪声的缺损率显著低于对照组($P < 0.05$)。**结论** 基于 VR 技术的脑视觉训练可改善青光眼患者视力、视功能、RNFL 厚度、DV, 降低患者眼压, 提升患者视觉质量及生活质量。

[关键词] 虚拟现实技术; 脑视觉训练; 青光眼; 视功能

[中图分类号] R 775 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2024)06-0656-05

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2024.06.12

Effects of VR technology-based brain visual training on visual function defects and visual quality in glaucoma patients ZHOU Yu, LI Man, FENG Yi. Department of Ophthalmology, 363 Hospital, Chengdu 610041, China

[Abstract] **Objective** To explore the effects of virtual reality (VR) technology-based brain visual training on visual function defects and visual quality in glaucoma patients. **Methods** A total of 98 glaucoma patients treated in 363 Hospital from March 2021 to February 2023 were selected and divided into observation group and control group according to random number table method, with 49 cases in each group. The control group was given routine visual function training, and the observation group was given VR technology-based brain visual training on the basis of the control group. Both groups were continuously trained for 3 months. The visual acuity, intraocular pressure, visual function defects, retinal nerve fiber layer(RNFL) thickness, optic disc volume(DV), National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire-25(NEI VFQ-25) score, Glaucoma Quality of Life-15(GQL-15) score were compared between the two groups. **Results** After 1 month and 3 months of training, the visual acuity, RNFL thickness, DV and NEI VFQ-25 scores in the observation group were higher than those in the control group, while the intraocular pressure and GQL-15 scores in the observation group were lower than those in the control group, and the differences were statistically significant($P < 0.05$). Before training and 1 month after training, there were no statistically significant differences in the defect rates of inhibition, perceptual eye position, stereoscopic vision, fixation stability and visual noise between the two groups($P > 0.05$). After 3 months of training, the defect rates of inhibition, perceptual eye position, stereoscopic vision, fixation stability and visual noise in the observation group were significantly lower than those in the control group($P < 0.05$). **Conclusion** VR technology-based brain visual training can improve the visual acuity, visual function, RNFL thickness and DV of glaucoma patients, and reduce their intraocular pressure, and improve their visual quality and quality of life.

[Key words] Virtual reality(VR) technology; Brain visual training; Glaucoma; Visual function

青光眼的临床症状主要为视力下降、眼周疼痛和视功能损害等,严重影响患者日常生活^[1-3]。早期青光眼主要采用手术、药物等常规治疗方式,通过降低眼压防止视力、视野进一步受损^[4-6]。晚期青光眼可导致永久性视野损伤及视力丧失,常规治疗方法疗效欠佳。研究显示,脑视觉训练可通过对不同视野缺损区域给予不同大小、不同方位的视觉能量刺激,促进大脑视知觉学习,从而改善患者视功能^[7]。虚拟现实(virtual reality, VR)技术是一种多通道人机交互接口,可实现人体感觉与虚拟世界的交互,生动有趣,目前已应用于中枢神经损伤、精神病治疗等方面。国内外研究发现,基于 VR 技术的脑视觉训练在斜视、弱视等眼部疾病的治疗中可取得理想效果^[8-10]。但 VR 技术在青光眼的治疗中应用较少。鉴于此,本研究选取三六三医院 98 例青光眼患者,探讨基于 VR 技术的脑视觉训练在青光眼患者视功能康复中的应用效果。

1 对象与方法

1.1 样本量估算 按公式 $n = 2 \times [(u_{\alpha} + u_{\beta}) \times s \div \delta]^2$ 计算本研究所需最小样本量。其中 n 为样本量, u_{α} 和 u_{β} 分别为与检验标准 α 和 II 型错误概率 β 相对应的 u 值, δ 为两组平均数差值, s 为总体样本标准差。双侧检验 $\alpha = 0.05, \beta = 0.1$ 时,查表得 $u_{\alpha} = 1.96, u_{\beta} = 1.282$ 。根据上述公式,查阅青光眼视功能训练相关文献^[11],设 $\delta = 4, s = 3$,根据公式求得 $n = 37$,为减少误差,样本量扩大 15%,最终确定本研究最小样本量为 43 例。

1.2 研究对象 选取 2021 年 3 月至 2023 年 2 月于三六三医院就诊的青光眼患者 98 例,按照随机数字表法将其分为观察组和对照组,每组 49 例。两组基线资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1,具有可比性。本研究获三六三医院医学伦理委员会批准[(2020)伦审第(012)号],研究对象均签署知情同意书。

表 1 两组基线资料比较 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

组别	例数	性别		年龄(岁)	病程(年)	青光眼类型	
		男	女			闭角型	开角型
观察组	49	27(55.10)	22(44.90)	42.45 ± 0.61	2.41 ± 0.57	11(22.45)	38(77.55)
对照组	49	29(59.18)	20(40.82)	41.75 ± 4.72	2.45 ± 0.61	9(18.37)	40(81.63)
χ^2/t		0.167		1.030	0.335	0.251	
P		0.683		0.306	0.738	0.616	

1.3 纳入与排除标准 纳入标准:(1)年龄 > 18 岁。(2)符合《中国青光眼指南(2020 年)》^[12]中关于青光眼的诊断标准。(3)经眼部结构、眼压等检查确诊为青光眼。(4)原发性青光眼。(5)晚期青光眼。(6)病程 > 6 个月。(7)视功能存在不同程度的损伤。(8)认知功能正常。排除标准:(1)合并弱视、黄斑病变、斜视、视网膜脱落等其他眼部疾病者。(2)有精神病史者。(3)有除青光眼手术外的其他眼部手术史者。(4)伴有自身免疫性疾病者。(5)肝、肾、心功能不全者。(6)合并其他视神经疾病者。(7)存在影响视知觉检测结果的脑部疾病者。(8)依从性差者。(9)中途退出研究者。

1.4 治疗方法 所有患者接受眼压、屈光间质、眼球运动、最佳矫正视力、眼底、眼前节等常规检查,同时采用视感知觉检查评估系统(由国家医疗保健器具工程技术研究中心提供)检查患者的立体视功能。对于眼压异常者,及时给予盐酸卡替洛尔滴眼液等药物进行对症治疗。对照组给予常规视功能训练:(1)采用红蓝分视眼镜进行视觉训练,15 ~ 20 min/次,2 次/d。

(2)对患者进行健康宣教,嘱患者训练期间注意控制用眼时长,避免长时间盯视手机、电脑、平板等电子产品。观察组在对照组的基础上给予基于 VR 技术的脑视觉训练:根据患者视功能检测结果明确其视功能损害类型及损害程度,为患者制定个性化脑视觉训练方案。采用增视能 Galen RS20YY-JT 2005 治疗系统(由国家医疗保健器具工程技术研究中心提供)开展个性化脑视觉训练,训练时需佩戴 VR 头盔,严格按照训练方案进行训练,10 min/次,2 次/d。采用红蓝分视眼镜进行视觉训练后,患者可根据自身情况休息 5 ~ 10 min 后再进行脑视觉训练。观察组、对照组均连续训练 3 个月。

1.5 观察指标 (1)视力、眼压。分别于训练前、训练 1 个月、训练 3 个月后采用标准对数视力表检测两组患者的视力,采取 CT-800 型电脑非接触式眼压计(拓普康株式会社,国械注进 20152221952)检测两组患者的眼压。(2)视功能缺损情况。分别于训练前、训练 1 个月、训练 3 个月后采用视感知觉检查评估系统检测两组患者的注视稳定、知觉眼位、抑制、

视觉噪声、立体视等视功能的缺损率。(3)视网膜神经纤维层(retinal nerve fiber layer, RNFL)厚度、视盘容积(optic disc volume, DV)。分别于训练前、训练1个月、训练3个月后采用DRI OCT Triton型三维光学相干断层扫描仪(上海聚慕医疗器械有限公司)、NIKON A1型共聚焦激光扫描仪[北崎国际贸易(北京)有限公司]测定RNFL厚度、DV。(4)视觉质量。分别于训练前、训练1个月、训练3个月后采用视功能调查问卷(National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire-25, NEI VFQ-25)^[13]评估,包括一般健康及视力情况、活动时困难程度、视力问题的反映3个部分,共25个条目,每个条目分别为0~5分,总分0~125分。得分与视功能呈正相关。(5)生活质量。分别于训练前、训练1个月、训练3个月后采用青光眼生活质量调查问卷(Glaucoma Quality of Life-15, GQL-15)^[14]进行评估,共15个维度,每个维度1~5分,总分15~75分。得分与生活质量呈负相关。

1.6 统计学方法 应用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验,同组训练前后比较采用配对 t 检验。重复测量资料的组间比较采用重复测量方差分析。计数资料以例数(百分率)[$n(\%)$]表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组不同时间点视力、眼压比较 两组训练后视力呈上升趋势,且观察组上升幅度更大($P < 0.05$)。两组训练后眼压呈下降趋势,且观察组下降幅度更

大($P < 0.05$)。训练1个月、3个月后,观察组视力显著高于对照组,眼压显著低于对照组($P < 0.05$),见表2。

表2 两组不同时间点视力、眼压比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	时间	视力	眼压(mmHg)
观察组	49	训练前	0.15 ± 0.04	23.24 ± 1.14
		训练1个月	0.25 ± 0.03 ^{ab}	19.11 ± 0.31 ^{ab}
		训练3个月	0.33 ± 0.05 ^{ab}	16.22 ± 0.30 ^{ab}
对照组	49	训练前	0.16 ± 0.05	22.89 ± 1.25
		训练1个月	0.21 ± 0.02 ^a	20.87 ± 0.32 ^a
		训练3个月	0.28 ± 0.03 ^a	18.03 ± 0.33 ^a
$F_{组间}$			8.563	29.634
$F_{时间}$			15.247	58.411
$F_{组间 \times 时间}$			10.363	32.505
$P_{组间}$			<0.001	<0.001
$P_{时间}$			<0.001	<0.001
$P_{组间 \times 时间}$			<0.001	<0.001

注:与同组训练前比较,^a $P < 0.05$;与对照组同时时间点比较,^b $P < 0.05$

2.2 两组不同时间点视功能缺损情况比较 与训练前相比,训练1个月、3个月后,两组抑制、知觉眼位、立体视、注视稳定、视觉噪声的缺损率降低。训练3个月后,观察组抑制、知觉眼位、立体视、视觉噪声的缺损率低于训练1个月,对照组立体视、视觉噪声的缺损率低于训练1个月,差异有统计学意义($P < 0.05$)。训练前、训练1个月后,两组抑制、知觉眼位、立体视、注视稳定、视觉噪声的缺损率比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。训练3个月后,观察组抑制、知觉眼位、立体视、注视稳定、视觉噪声的缺损率显著低于对照组($P < 0.05$),见表3。

表3 两组不同时间点视功能缺损情况比较[$n(\%)$]

组别	例数	抑制			知觉眼位			立体视		
		训练前	训练1个月	训练3个月	训练前	训练1个月	训练3个月	训练前	训练1个月	训练3个月
观察组	49	34(69.39)	11(22.45) ^a	2(4.08) ^{ab}	15(30.61)	6(12.24) ^a	0(0.00) ^{ab}	41(83.67)	20(40.82) ^a	6(12.24) ^{ab}
对照组	49	36(73.47)	17(34.69) ^a	10(20.41) ^a	17(34.69)	13(26.53) ^a	7(14.29) ^a	40(81.63)	28(57.14) ^a	15(30.61) ^{ab}
χ^2		0.200	1.800	6.078	0.186	3.199	5.539	0.071	2.613	4.909
P		0.655	0.180	0.014	0.667	0.074	0.019	0.790	0.106	0.027

组别	例数	注视稳定			视觉噪声		
		训练前	训练1个月	训练3个月	训练前	训练1个月	训练3个月
观察组	49	30(61.22)	5(10.20) ^a	0(0.00) ^a	44(89.80)	15(30.61) ^a	3(6.12) ^{ab}
对照组	49	32(65.31)	10(20.41) ^a	6(12.24) ^a	43(87.76)	20(40.82) ^a	10(20.41) ^{ab}
χ^2		0.176	1.968	4.438	0.102	1.111	4.346
P		0.675	0.161	0.035	0.749	0.292	0.037

注:与同组训练前比较,^a $P < 0.05$;与同组训练1个月比较,^b $P < 0.05$

2.3 两组不同时间点RNFL厚度、DV比较 两组训练后RNFL厚度、DV呈上升趋势,且观察组上升幅度

更大($P < 0.05$)。训练1个月、3个月后,观察组RNFL厚度、DV显著高于对照组($P < 0.05$),见表4。

表4 两组不同时间点 RNFL 厚度、DV 比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	时间	RNFL 厚度(μm)	DV(mm^3)
观察组	49	训练前	80.86 ± 2.14	0.13 ± 0.04
		训练1个月	85.33 ± 1.02 ^{ab}	0.17 ± 0.03 ^{ab}
		训练3个月	87.11 ± 1.59 ^{ab}	0.20 ± 0.05 ^{ab}
对照组	49	训练前	81.17 ± 2.36	0.12 ± 0.03
		训练1个月	82.09 ± 1.32 ^a	0.14 ± 0.02 ^a
		训练3个月	83.14 ± 1.22 ^a	0.16 ± 0.04 ^a
$F_{\text{组间}}$			15.014	8.247
$F_{\text{时间}}$			21.338	14.337
$F_{\text{组间} \times \text{时间}}$			19.256	10.461
$P_{\text{组间}}$			<0.001	<0.001
$P_{\text{时间}}$			<0.001	<0.001
$P_{\text{组间} \times \text{时间}}$			<0.001	<0.001

注:与同组训练前比较,^a $P < 0.05$;与对照组同时间点比较,^b $P < 0.05$

2.4 两组不同时间点 NEI VFQ-25 评分比较 两组训练后 NEI VFQ-25 评分呈上升趋势,且观察组上升幅度更大($P < 0.05$)。训练1个月、3个月后,观察组 NEI VFQ-25 评分显著高于对照组($P < 0.05$),见表5。

表5 两组不同时间点 NEI VFQ-25 评分比较[$(\bar{x} \pm s)$,分]

组别	例数	训练前	训练1个月	训练3个月
观察组	49	94.22 ± 6.14	107.36 ± 5.14 ^{ab}	121.35 ± 1.11 ^{ab}
对照组	49	95.42 ± 7.03	102.20 ± 4.79 ^a	113.22 ± 2.03 ^a

注: $F_{\text{组间}} = 7.526, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 14.263, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 10.446, P_{\text{组间} \times \text{时间}} < 0.001$ 。与同组训练前比较,^a $P < 0.05$;与对照组同时间点比较,^b $P < 0.05$

2.5 两组不同时间点 GQL-15 评分比较 两组训练后 GQL-15 评分呈下降趋势,且观察组下降幅度更大($P < 0.05$)。训练1个月、3个月后,观察组 GQL-15 评分显著低于对照组($P < 0.05$),见表6。

表6 两组不同时间点 GQL-15 评分比较[$(\bar{x} \pm s)$,分]

组别	例数	训练前	训练1个月	训练3个月
观察组	49	72.33 ± 1.52	66.25 ± 0.42 ^{ab}	63.25 ± 0.47 ^{ab}
对照组	49	71.98 ± 1.49	68.87 ± 0.45 ^a	65.22 ± 0.49 ^a

注: $F_{\text{组间}} = 34.218, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 57.244, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 42.856, P_{\text{组间} \times \text{时间}} < 0.001$ 。与同组训练前比较,^a $P < 0.05$;与对照组同时间点比较,^b $P < 0.05$

3 讨论

3.1 青光眼是临床常见眼科疾病,可损伤患者视野及视功能,减弱患者对物体、空间场景的辨认和定位能力,严重影响患者生活质量^[15-16]。由于青光眼较为隐匿,患者早期难以及时察觉视功能减退,以致部分患者确诊时已为晚期青光眼。研究显示,手术或药物等常规治疗方式对晚期青光眼的治疗效果欠佳^[7]。手术仅能解决解剖层面的眼位,对于眼位稳定性、立体视觉等非器质性障碍,改善效果有限。因此,临床

应积极探讨有效治疗措施,改善患者视功能。

3.2 视觉是大脑功能之一,光线进入眼内可聚焦在视网膜,被转换为知觉冲动,通过视神经到达大脑视觉中枢皮质层,与其他外源信息结合,指导人们对外界环境作出反应。研究指出,青光眼与阿尔茨海默病等中枢神经系统疾病都属于神经退行性疾病,这表明视神经与中枢神经系统在结构及功能方面存在一定相关性^[17]。有研究证实,视网膜神经节细胞可通过自身修复能力恢复视觉功能^[18]。因此,临床上可尝试利用视神经的可塑性改善晚期青光眼患者的视功能。脑视觉训练通过构建知觉、视觉相关神经缺损训练平台,根据不同视功能缺损部位提供不同方位、不同大小的视觉刺激,利用大脑神经系统的可塑性和视知觉学习能力,改善视功能。目前,脑视觉训练已逐渐应用于弱视、斜视等眼部疾病的治疗,效果显著^[19-21],但在青光眼治疗中应用较少。鉴于此,本研究将其应用于青光眼患者的治疗中,结果显示,训练1个月、3个月后观察组视力及 NEI VFQ-25 评分高于训练前及对照组,眼压低于训练前及对照组;训练3个月后观察组抑制、知觉眼位、立体视、注视稳定、视觉噪声等视功能缺损改善情况优于训练前及对照组,提示基于 VR 技术的脑视觉训练可降低患者眼压,改善患者视力,促进患者视功能和视觉质量恢复,与贾明珍^[22]的研究结果相似。分析其原因可能在于:本研究根据青光眼患者的不同视功能损害类型为其制定针对性训练方案,符合机体需求,可有效保障训练效果。通过针对性视觉刺激,可激活视觉信号通路,调动大脑视觉潜能,激活大脑神经可塑性,增强神经系统对刺激信息的反应与识别能力,完成高级视觉通路向低级视觉通路的转换,促进患者视功能恢复。此外,采用 VR 技术进行脑视觉训练,趣味性强,利于患者长期坚持,且在脑视觉训练过程中无需额外手术及药物治疗,患者依从性高,可进一步保障训练效果,改善患者视功能。在训练期间,医师可通过网络后台查看患者训练频次及视功能变化情况,提醒患者积极参与训练,及时为其调整训练方案,进一步巩固及加强训练效果,改善患者视觉质量。

3.3 研究显示,青光眼患者体位变化可破坏血液动力学平衡,改变两眼间血管灌注,若头位长时间低于心脏位置,可引发眼压升高^[23-27]。本研究中,患者在进行脑视觉训练时取坐位,头位高于心脏位置,有助于降低患者眼压。本研究发现训练后观察组 RNFL 厚度、DV 显著高于对照组,提示基于 VR 技术的脑视觉训练可减轻青光眼患者视功能损伤,分析其原因可

能在于:青光眼患者视神经受损,周围供血量不足,各层视网膜神经纤维细胞排列紊乱、凋亡,以致纤维层厚度变薄。基于VR技术的脑视觉训练可降低患者眼压,改善视网膜周围血液循环,从而有效发挥视网膜保护作用,调节RNFL厚度、DV。此外,本研究发现训练后观察组GQL-15评分低于对照组,表明基于VR技术的脑视觉训练可有效改善患者生活质量,其原因可能在于患者视力、视功能的改善可减轻患者活动时的困难程度,从而提升患者生活质量。

综上所述,基于VR技术的脑视觉训练可改善青光眼患者视力、视功能、RNFL厚度、DV,降低患者眼压,提升患者视觉质量及生活质量,但本研究样本量较少,随访时间较短,可能存在一定的误差。今后将多中心、多渠道取样,延长随访时间,进一步探讨脑视觉训练对青光眼患者远期预后的影响。

参考文献

[1] Gazzard G, Konstantakopoulou E, Garway-Heath D, et al. Laser in glaucoma and ocular hypertension (LiGHT) trial: six-year results of primary selective laser trabeculoplasty versus eye drops for the treatment of glaucoma and ocular hypertension[J]. *Ophthalmology*, 2023,130(2): 139-151.

[2] 赵波,张勤,刘君.经小梁切除术、玻璃体腔内注射雷珠单抗联合治疗新生血管性青光眼临床效果及对视力和眼压的影响[J]. *解放军医药杂志*,2022,34(4):81-83.

[3] Ahmed IK, Fea A, Au L, et al. A prospective randomized trial comparing Hydrus and iStent microinvasive glaucoma surgery implants for standalone treatment of open-angle glaucoma: the COMPARE study[J]. *Ophthalmology*, 2020,127(1):52-61.

[4] 韩宝雁,米强,贾冠美,等.拉坦前列素、噻吗洛尔和曲伏前列素治疗原发性开角型青光眼的疗效观察[J]. *河北医药*,2020,42(9):1324-1327.

[5] 刘曦.双切口小梁切除联合超声乳化人工晶状体植入术治疗原发性闭角型青光合并白内障的效果分析[J]. *中国临床新医学*,2021,14(9):911-915.

[6] 张西,宋云河,高新博,等.微创青光眼手术在原发性闭角型青光眼联合手术中的应用研究进展[J]. *中华眼科杂志*,2022,58(1):63-68.

[7] 谭越月,吴峥峥.脑视觉在眼科临床应用的最新进展[J]. *实用医院临床杂志*,2021,18(3):204-206.

[8] Halička J, Sahatqija E, Krasňanský M, et al. Visual training in virtual reality in adult patients with anisometric amblyopia[J]. *Cesk Slov Oftalmol*, 2020,76(1):24-28.

[9] 韩立坡,王凤仙,张诚玥.精细训练联合虚拟现实视觉训练治疗弱视的疗效分析[J]. *国际眼科杂志*,2020,20(9):1649-1652.

[10] Li X, Yang C, Zhang G, et al. Intermittent exotropia treatment with dichoptic visual training using a unique virtual reality platform[J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2019,22(1):22-30.

[11] 袁青,范嘉豪,李白冰,等.视觉训练对改善青光眼患者立体视功能作用的初步探讨[J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*,2020,28(3):5-8.

[12] 中华医学会眼科学分会青光眼学组,中国医师协会眼科医师分会青光眼学组.中国青光眼指南(2020年)[J]. *中华眼科杂志*, 2020,56(8):573-586.

[13] Mangione CM, Lee PP, Gutierrez PR, et al. Development of the 25-item National Eye Institute Visual Function Questionnaire[J]. *Arch Ophthalmol*, 2001,119(7):1050-1058.

[14] 朱睿.三种视功能相关生活质量量表在青光眼中的测量特性比较研究[D].温州:温州医科大学,2016.

[15] Rasmuson E, Bengtsson B, Lindén C, et al. Laser trabeculoplasty in newly diagnosed multi-treated glaucoma patients[J]. *Acta Ophthalmol*, 2021,99(3):269-274.

[16] van Kleij JM, Islamaj E, Vermeer KA, et al. The long-term post-operative effect of the Baerveldt glaucoma drainage device and of a trabeculectomy on the corneal endothelium[J]. *Acta Ophthalmol*, 2022,100(2):212-217.

[17] Keenan TD, Goldacre R, Goldacre MJ. Associations between primary open angle glaucoma, Alzheimer's disease and vascular dementia: record linkage study[J]. *Br J Ophthalmol*, 2015,99(4):524-527.

[18] Rousseau V, Sabel BA. Restoration of vision IV: role of compensatory soma swelling of surviving retinal ganglion cells in recovery of vision after optic nerve crush[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2001,18(4):177-189.

[19] 韦仕岗,蓝剑青,谢文娟,等.虚拟现实视感知觉平台在近视性屈光参差性弱视患者立体视功能可塑性的临床应用研究[J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*,2019,27(4):13-15.

[20] Žiak P, Holm A, Halička J, et al. Amblyopia treatment of adults with dichoptic training using the virtual reality oculus rift head mounted display: preliminary results[J]. *BMC Ophthalmol*, 2017,17(1):105.

[21] 王炳,郅瑛,闫春妮,等.间歇性外斜视术后空间扭曲表现及视知觉训练[J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*,2018,26(3):35-37,34.

[22] 贾明珍.脑视觉训练在青光眼患者视功能和视野损害中的应用研究[D].成都:电子科技大学,2022.

[23] 张雅丽,张树洪,卞江华.体位改变对眼部生物学参数影响的研究进展[J]. *临床眼科杂志*,2021,29(3):272-277.

[24] 王晶雪,包琦,杜蕊,等.体位变化对行白内障摘除联合房角分离术患者术后眼压波动的影响[J]. *中华现代护理杂志*, 2020,26(35):4981-4983.

[25] 周玲玲,戈晓华,何艳,等.体位改变对眼内填充术后患者早期眼压影响的临床研究[J]. *解放军护理杂志*,2020,37(12):43-46.

[26] 汝佳丽,李金瑛,胡慧丽,等. POAG患者习惯性体位眼压及眼灌注昼夜波动趋势的研究[J]. *国际眼科杂志*,2016,16(5):890-893.

[27] 陈婷,张绍阳,韩光杰,等.可疑青光眼患者清晨起床前后的体位变化和日常活动对眼压的影响[J]. *国际眼科杂志*,2014,14(5):970-972.

[收稿日期 2024-01-29][本文编辑 余军 蒋龙艳]

本文引用格式

周玉,李满,冯怡.基于VR技术的脑视觉训练对青光眼患者视功能缺损和视觉质量的影响[J]. *中国临床新医学*,2024,17(6):656-660.