

文章编号 1006-8147(2016)04-0328-04

论 著

# 偏光 3D 显示器对视功能影响的研究

王彦君,高祥瑞,石浩森,张艳龙,王 琦,白 琰

(天津医科大学眼视光学院,天津 300070)

**摘要** 目的:研究不同眼位患者在观看偏光 3D 影像 0.5 h 和 1 h 后视功能参数的改变,探讨参数改变与视疲劳的关系。方法:选取志愿者 51 名,根据近距隐斜量分为 3 组:正位组、外隐斜组、内隐斜组。分别测量观看 3D 影像前、0.5 h 和 1 h 的视功能参数,使用视疲劳调查问卷进行视疲劳程度统计。结果:按眼位分,正位组和内隐斜组观看 3D 影像 0.5 h 和 1 h 相比于观看前调节反应增大,差异有统计学意义( $P=0.004$ ,  $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.001$ )。内隐斜组观看 0.5 h 和 1 h 立体视锐度值小于观看前,差异有统计学意义( $P=0.02$ ,  $P=0.03$ )。按时间分,观看 0.5 h 和 1 h,正位组和内隐斜组注视视差均小于外隐斜组,差异均有统计学意义( $P=0.03$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.02$ ,  $P=0.007$ )。观看 1 h 后,正位组和内隐斜组的注视视差斜率绝对值均小于外隐斜组,差异有统计学意义( $P=0.007$ ,  $P=0.013$ )。观看 0.5 h,外隐斜组视疲劳得分大于正位组和内隐斜组,差异均有统计学意义( $P=0.034$ ,  $P=0.015$ )。结论:不同眼位患者观看 3D 影像后,立体视锐度有所提升;调节反应增大、注视视差变大及其斜率的改变影响了双眼协调运动,最终导致视疲劳。

**关键词** 偏光 3D 显示器;视功能;视疲劳

中图分类号 R77

文献标志码 A

## Influence of polarized 3D displayer on visual function

WANG Yan-jun, GAO Xiang-lu, SHI Hao-miao, ZHANG Yan-long, WANG Qi, BAI Yan

(School of Optometry and Ophthalmology, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China)

**Abstract** **Objective:** To observe the change of visual function after viewing polarized 3D images for thirty minutes and an hour for patients with different phorias and explore the relationship between the visual function parameters' changes and visual fatigue. **Methods:** According to near phorias, 51 volunteers were divided into three groups: normal phoria, exophoria, esophoria. Visual function parameters were measured before viewing polarized 3D images, after viewing half an hour and an hour later. The degree of visual fatigue was measured based on visual fatigue questionnaire. **Results:** According to phorias, at 30 mins and 1 h after viewing the 3D images, the changes of accommodation response showed statistically significant difference ( $P=0.004$ ,  $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.001$ ). The accommodation response of the patients with normal phoria and esophoria, increased. At 0.5 h and 1 h, the changes of stereoacuity showed statistically significant difference ( $P=0.02$ ,  $P=0.03$ ). The stereoacuity of the patients with esophoria, decreased. According to the time point, at thirty minutes and 1 h, the changes of fixation disparity presented statistically significant difference ( $P=0.03$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.02$ ,  $P=0.007$ ). The fixation disparity of the patients with normal phoria and esophoria, increased. At hour, the absolute value of the slope of fixation disparity had statistically significant difference ( $P=0.007$ ,  $P=0.013$ ). The patients with normal phoria and esophoria was lower than those with exophoria. For the patients with exophoria, the visual fatigue score increased at 0.5 h than normal phoria and esophoria with significant difference ( $P=0.034$ ,  $P=0.015$ ). **Conclusion:** The stereoacuity improves in different phorias after viewing 3D images. The increasing of accommodation response, fixation disparity and the slope of fixation disparity which affect binocular coordinated movement, eventually contributing to the visual fatigue.

**Key words** polarized 3D displayer; visual function; visual fatigue

随着 3D 技术的日臻完善,偏光 3D 电视及 3D 显示器在普通家庭中已逐渐普及。观看 3D 影像诱发的眼部或非眼部症状如眼部不适、头疼、头晕、恶心等被称为 3D 视疲劳<sup>[1]</sup>。李小方等<sup>[2]</sup>研究了观看立体显示器瞳孔直径与视疲劳的关系,发现疲劳程度越严重瞳孔直径越大。Wook Wee 等<sup>[3]</sup>使用视觉质量分析仪测量观看 3D 影像后调节幅度和眼表稳定

性,发现调节幅度有所减小、眼表稳定性变差,推测均是引起视疲劳的因素。Chen 等<sup>[4]</sup>研究了在观看 3D 影像 40 min 后功能性磁共振成像与视疲劳的关系,发现长时间观看 3D 影像后大脑的活动并未受到影响。Chang 等<sup>[5]</sup>发现观看 3D 动画后,相比于 2D 睫状肌和眼外肌更疲劳。目前国内关于 3D 视疲劳在视功能方面的研究还鲜有研究文章。本文旨在研究观看偏光 3D 显示器对视功能的影响,探讨不同类型的隐斜视患者观看 3D 影像后视功能参数及视疲劳

作者简介 王彦君(1989-),男,硕士在读,研究方向:眼视光学理论与方法;通信作者:高祥瑞, E-mail: gaolianglu8@126.com。

程度的变化。

## 1 对象和方法

1.1 研究对象 随机抽取在校学生 51 名, 其中男 15 人, 女 36 人, 年龄 19~26 岁, 平均(21.04±1.36)岁。入选条件: 球镜度数 0~-6.00 DS, 散光度数 0~-1.00 DC, 每眼矫正视力均≥1.0, 且左右眼的最佳矫正视力差别小于一行。被检者调节幅度均不小于该年龄调节幅度最小值, 且无斜视、弱视、眼部器质性疾病, 也无影响眼屈光的全身性疾病。根据近距隐斜量(near phorias, NP)分为 3 组: 正位组( $-6^{\Delta} \leq NP \leq 0$ ) 20 例, 外隐斜组( $NP < -6^{\Delta}$ ) 16 例, 内隐斜组( $NP > 0$ ) 15 例。分组分别测量观看 3D 影像前、0.5 h 和 1 h 的视功能参数, 并使用视疲劳调查问卷进行视疲劳程度统计。文中受试者均知情同意, 符合医学伦理要求。

## 1.2 方法

1.2.1 实验设备 用拓普康 RM8800 电脑验光仪和 VT10 综合验光仪进行屈光及视功能检查; 用精工 Shin-Nippon WR-5100K 红外线开放视野全自动电脑验光仪进行调节反应的检查; 用 Wesson Fixation Disparity Card 进行注视视差的检查; 偏振式 3D 液晶显示器为冠捷 D2357P<sub>II</sub>, 23 英寸, 分辨率 1920×1080; 样片为《阿凡达》中剪辑的两段 0.5 h 影片。

1.2.2 实验步骤与方法 (1)使用电脑验光仪和综合验光仪对受试者进行屈光全矫。(2)使用遮盖-去遮盖法配合交替遮盖法对眼位进行定性, 再使用棱镜分离配合遮盖法对近见水平眼位定量<sup>[6]</sup>。(3)测量视功能参数: 双眼调节反应、注视视差及其斜率。(4)第一次填写视疲劳调查问卷<sup>[7]</sup>, 该问卷由 20 项眼部及身体症状组成, 每个症状分为 6 个等级并计分(完全没有感觉=0、隐约有一点=1、稍微有一点=2、有感觉=3、比较强烈的感觉=4、非常强烈的感觉=5)。(5)为避免因长时间连续观看 3D 影像出现视疲劳而非功能性的改变引起视疲劳, 故将样片分为两段。让受试者在显示器前约 50 cm 处观看第一段样片, 时间 30 min, 播放器为暴风影音 5, 播放方式为偏振 3D, 观看过程中受试者配戴全矫眼镜及偏振 3D 眼镜。(6)观看完毕后第二次测量视功能参数并填写视疲劳调查问卷。(7)继续观看第二段样片 30 min, 第三次测量视功能参数并填写视疲劳调查问卷。

1.3 统计方法 应用 SPSS 16.0 统计学软件处理数据。采用重复测量方差分析方法及 Spearman 相关分析对各项结果进行分析, 以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 调节反应重复测量方差分析 经组间两两比

较, 发现正位组和内隐斜组观看 0.5 h 和 1 h 相比于观看前调节反应增大, 差异有统计学意义( $P=0.004$ 、 $P<0.001$ 、 $P<0.001$ 、 $P=0.001$ ); 观看 1 h, 正位组调节反应大于外隐斜组, 差异有统计学意义( $P=0.017$ )。见表 1。

表 1 各时间点不同眼位调节反应比较( $\bar{x} \pm s, D$ )

Tab 1 Comparison of accommodation response between different groups at each time point ( $\bar{x} \pm s, D$ )

眼位	观看前	观看 0.5 h	观看 1 h	F	P
正位	-1.533±0.345	-1.758±0.353	-1.852±0.316	10.632	0.001
外隐斜	-1.255±0.802	-1.308±0.883	-1.622±0.223	2.712	0.104
内隐斜	-1.374±0.289	-1.592±0.213	-1.704±0.270	17.702	0.000
F	1.283	2.953	3.214		
P	0.287	0.062	0.049		

2.2 立体视锐度重复测量方差分析 经组间两两比较, 发现内隐斜组观看 0.5 h 和 1 h 立体视锐度小于观看前, 差异有统计学意义( $P=0.02$ 、 $P=0.03$ )。见表 2。

表 2 各时间点不同眼位立体视锐度比较( $\bar{x} \pm s$ , 弧秒)

Tab 2 Comparison of stereoacuity between different groups at each time point ( $\bar{x} \pm s$ , second of arc)

眼位	观看前	观看 0.5 h	观看 1 h	F	P
正位	44.900±32.479	39.700±30.960	41.050±38.488	2.202	0.139
外隐斜	38.750±19.988	33.750±14.517	32.000±14.665	2.296	0.137
内隐斜	53.000±35.331	37.800±20.761	30.800±8.082	5.526	0.012
F	0.871	0.281	0.846		
P	0.425	0.756	0.435		

2.3 注视视差重复测量方差分析 经组间两两比较, 发现观看 0.5 h 和观看 1 h, 正位组和内隐斜组注视视差均小于外隐斜组, 差异均有统计学意义( $P=0.03$ 、 $P<0.001$ 、 $P=0.02$ 、 $P=0.007$ )。见表 3。

表 3 各时间点不同眼位注视视差比较( $\bar{x} \pm s$ , ')

Tab 3 Comparison of fixation disparity between different groups at each time point ( $\bar{x} \pm s$ , ')

眼位	观看前	观看 0.5 h	观看 1 h	F	P
正位	-2.150±4.300	-2.580±5.107	-1.265±2.949	0.303	0.741
外隐斜	-2.688±6.256	-7.167±6.433	-5.836±5.746	2.546	0.098
内隐斜	-2.580±6.252	-1.147±6.595	-0.287±6.595	1.101	0.312
F	0.048	7.265	4.638		
P	0.953	0.002	0.015		

2.4 注视视差曲线斜率绝对值重复测量方差分析 经组间两两比较, 发现观看 1 h 后, 正位组和内隐斜组的注视视差斜率均小于外隐斜组, 差异有统计学意义( $P=0.007$ 、 $P=0.013$ )。见表 4。

表 4 各时间点不同眼位注视视差曲线斜率绝对值比较( $\bar{x} \pm s, ' / \Delta$ )Tab 4 Comparison of the slope of fixation disparity between different groups at each time point( $\bar{x} \pm s, ' / \Delta$ )

眼位	观看前	观看 0.5 h	观看 1 h	F	P
正位	0.824±0.668	1.075±0.637	0.843±0.579	0.809	0.464
外隐斜	0.940±0.933	1.147±1.042	1.843±1.558	2.901	0.094
内隐斜	0.908±0.994	1.147±1.175	0.908±0.504	0.367	0.699
F	0.089	0.034	4.878		
P	0.915	0.966	0.012		

2.5 视疲劳得分重复测量方差分析 经组间两两比较,发现正位组观看 0.5 h 视疲劳得分大于观看前,差异有统计学意义( $P=0.032$ ),观看 1 h 视疲劳得分大于观看 0.5 h,差异有统计学意义( $P=0.031$ );观看 0.5 h,外隐斜组视疲劳得分大于正位组和内隐斜组,差异均有统计学意义( $P=0.034$ 、 $P=0.015$ )。见表 5。

表 5 各时间点不同眼位视疲劳得分比较( $\bar{x} \pm s$ )Tab 5 Comparison of the vision fatigue score between different groups at each time point( $\bar{x} \pm s$ )

眼位	观看前	观看 0.5 h	观看 1 h	F	P
正位	1.300±2.598	4.800±5.317	7.300±5.564	5.568	0.013
外隐斜	1.375±1.746	8.438±6.132	11.125±6.632	0.390	0.684
内隐斜	0.267±0.1	3.933±2.463	8.600±7.008	0.155	0.858
F	1.641	3.701	1.634		
P	0.204	0.032	0.206		

2.6 经 Spearman 相关性分析 正位组观看前,注视视差与视疲劳得分呈负相关,差异有统计学意义( $P=0.017$ );观看 0.5 h,注视视差斜率绝对值与视疲劳得分呈正相关,差异有统计学意义( $P=0.019$ )。内隐斜组观看前和观看 0.5 h,调节反应与视疲劳得分呈正相关,差异均有统计学意义( $P=0.020$ 、 $P=0.035$ );观看前,注视视差斜率绝对值与视疲劳得分呈正相关,差异有统计学意义( $P=0.042$ )。见表 6。

表 6 视疲劳得分与各参数的相关性

Tab 6 Correlation between visual fatigue score and each parameter

视功能参数	观看时间	正位		外隐斜		内隐斜	
		r	P	r	P	r	P
调节反应	观看前	-0.085	0.721	-0.300	0.259	0.593	0.020*
	0.5 h	-0.251	0.286	0.248	0.354	0.548	0.035*
	1 h	0.003	0.991	-0.305	0.251	-0.042	0.883
注视视差	观看前	-0.571	0.017*	0.536	0.090	-0.456	0.117
	0.5 h	-0.321	0.194	-0.163	0.594	0.216	0.501
	1 h	-0.251	0.331	0.336	0.313	0.257	0.397
注视视差斜率绝对值	观看前	0.383	0.129	-0.380	0.248	0.570	0.042*
	0.5 h	0.545	0.019*	-0.053	0.864	0.112	0.715
	1 h	0.314	0.220	-0.359	0.279	0.028	0.928

“\*”代表有统计学意义

### 3 讨论

Tosha 等<sup>[8]</sup>测量了不同疲劳程度患者的调节反应,发现疲劳程度较高的患者,调节反应较低。Emoto 等<sup>[9]</sup>发现观看 3D 影像后只有部分受试者调节反应降低。本试验使用 Shin-Nippon WR—5100K 红外线开放视野全自动电脑验光仪测量了受试者在 50 cm 处观看 23 英寸 3D 显示器前后调节反应的变化,发现随观看时间的增长,正位组和内隐斜组调节反应增大;观看前与观看 0.5 h,内隐斜组调节反应与视疲劳得分呈正相关,说明内隐斜患者调节反应的增大可导致视疲劳。Yano 等<sup>[10]</sup>测量了受试者观看 4.5 m 处大屏幕 3D 影像前后调节反应的变化,发现调节反应变化无固定规律,说明调节反应对视疲劳的影响与观察距离有关。所以,在近距离观看 3D 显示器时,被检者需动用更多的调节,睫状肌需付出更多的力量,导致长时间观看 3D 影像出现视疲劳症状。

Wee 等<sup>[11]</sup>发现,受试者观看 3D 影像前后 40 cm 处立体视锐度有增大的趋势。本研究使用 STEREO FLY TEST 立体视图测量观看前后立体视锐度的变化,发现外隐斜组和内隐斜组均随着观看时间的增长,立体视锐度值变小,立体视锐度有增大的趋势,内隐斜组更为明显。内隐斜组观看 3D 影像立体视锐度小于观看前,差异有统计学意义( $P=0.02$ 、 $P=0.03$ )。而立体视锐度值越小代表立体视功能越好,说明观看 3D 影像对立体视功能有一定的提升作用。提示对一些立体视较差的人,可通过观看 3D 影像训练立体视功能。

本研究发现,外隐斜组观看 3D 影像 0.5 h 后相比于观看前注视视差有增大的趋势。而注视视差的变大更易诱发异常双眼视症状,发生视疲劳<sup>[12]</sup>。外隐斜组观看 3D 影像 0.5 h 后视疲劳得分最高,与 Kim 等<sup>[13-14]</sup>的研究结果一致。本研究还发现,观看 3D 影像 1 h 后,外隐斜组注视视差曲线斜率( $1.843 \pm 1.558' / \Delta$ )大于正位组和内隐斜组,观看 1 h 后的视疲劳得分外隐斜组也大于其他两组。所以,外隐斜组注视视差斜率及疲劳得分相对于其他两组都偏高。Sheedy<sup>[15]</sup>发现,注视视差曲线斜率为 $-0.96' / \Delta$ 可以对有无视疲劳症状进行区分,即斜率绝对值大于 $0.96' / \Delta$ 容易出现视疲劳。梅颖等<sup>[16]</sup>研究发现注视视差曲线坡度大于 $45^\circ$ (斜率大于 1)时较易出现视疲劳症状。本研究也发现,观看前内隐斜组注视视差斜率绝对值与视疲劳得分呈正相关,观看 0.5 h 正位组注视视差斜率绝对值与视疲劳得分呈正相关,说明内隐斜组和正位组随注视视差斜率的增大,视疲劳程度越严重。



综上所述,观看3D影像后,视功能参数发生改变,即双眼的协调运动被破坏或受到阻碍,这些功能的改变共同作用产生了3D视疲劳。正位组和内隐斜组的视疲劳是调节过强引起,外隐斜组调节反应增大、注视视差变大,注视视差斜率变陡都是造成疲劳的原因,故外隐斜在较短的时间内产生程度较大的疲劳感。另外,可通过观看3D影像训练立体视功能。

#### 参考文献:

- [1] 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
- [2] 李小方,王琼华,李大海,等. 柱透镜光栅3D显示器的视差范围与立体观看视疲劳的关系[J]. 光电子·激光, 2012, 23(5): 873
- [3] Wook Wee S, Moon N J. Clinical evaluation of accommodation and ocular surface stability relevant to visual asthenopia with 3D displays[J]. BMC ophthalmology, 2014, 14(1): 1
- [4] Chen C, Wang J, Li K, et al. Visual fatigue caused by watching 3DTV: an fMRI study[J]. Biomed Eng Online, 2015, 14(1): 1
- [5] Chang Y S, Hsueh Y H, Tung K C, et al. Characteristics of visual fatigue under the effect of 3D animation[J]. Technol Health Care, 2015, 24(1): 231
- [6] 崔耀珍,高祥璐,张艳龙,等. 不同隐斜测量方法可重复性的比较[J]. 天津医科大学学报, 2012, 18(1): 115
- [7] 李思思. 辐辏与焦点调节不一致所引发的立体影像视疲劳研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2012
- [8] Tosha C, Borsting E, Ridder W H, et al. Accommodation response and visual discomfort[J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2009, 29(6): 625
- [9] Emoto M, Niida T, Okano F. Repeated vergence adaptation causes the decline of visual functions in Watching stereoscopic television[J]. J Displ Technol, 2005, 1(2): 328
- [10] Yano S, Ide S, Mitsuhashi T, et al. A study of visual fatigue and visual comfort for 3D HDTV/HDTV images[J]. Displays, 2002, 23(4): 191
- [11] Wee S W, Moon N J, Lee W K, et al. Ophthalmological factors influencing visual asthenopia as a result of viewing 3D displays[J]. Br J Ophthalmol, 2012, 96(11): 1391
- [12] 王光霁. 双眼视觉学[M]. 第2版. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 75
- [13] Kim S H, Suh Y W, Yun C M, et al. 3D asthenopia in horizontal deviation[J]. Current Eye Research, 2013, 38(5): 614
- [14] Kim S H, Suh Y W, Song J S, et al. Clinical research on the ophthalmic factors affecting 3D asthenopia[J]. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 2012, 49(4): 248
- [15] Sheedy J E. Fixation disparity analysis of oculomotor imbalance[J]. Am J Optom Physiol Opt, 1980, 57(9): 632
- [16] 梅颖,吕帆,袁援生. 注视偏移分析在双眼视觉功能异常诊断和治疗中的作用[J]. 眼视光学杂志, 2004, 6(1): 35

(2015-07-22 收稿)

(上接第327页)

并使其罹患糖尿病、代谢综合征、子宫内膜癌的风险大大增加。因此,临床上对早期PCOS患者进行SHBG的检测,可对PCOS的预防与治疗提供有力的实验依据。

#### 参考文献:

- [1] Vrbíková J. Polycystic ovary syndrome[J]. Vnitř Lek, 2015, 61(10): 886
- [2] March W A, Moore V M, Willson K J, et al. The prevalence of polycystic ovary syndrome in a community sample assessed under contrasting diagnostic criteria[J]. Hum Reprod, 2010, 25(2): 544
- [3] Li R, Yu G, Yang D, et al. Prevalence and predictors of metabolic abnormalities in Chinese women with PCOS: a cross-sectional study[J]. BMC Endocr Disord, 2014, 14: 76
- [4] 李央,林金芳. 多囊卵巢综合征患者性激素结合球蛋白和总睾酮与胰岛素抵抗的相关性[J]. 中华糖尿病杂志, 2009, 1(6): 422
- [5] Lee D E, Park S Y, Park S Y, et al. Clinical and biochemical profiles according to homeostasis model assessment-insulin resistance (HOMA-IR) in Korean women with polycystic ovary syndrome[J]. J Menopausal Med, 2014, 20(3): 104
- [6] Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group. Reviser 2003 consensus on diagnostic criteria and long-term health risks related to polycystic ovary syndrome[J]. Fertil Steril, 2004, 81(1): 19
- [7] Muscogiuri G, Colao A, Orio F. Insulin-mediated diseases: adrenal mass and polycystic ovary syndrome[J]. Trends Endocrinol Metab, 2015, 26(10): 512
- [8] Cikim A S, Ozbey N, Sencer E, et al. Associations among sex hormone binding globulin concentrations and characteristics of the metabolic syndrome in obese women[J]. Diabetes Nutr Metab, 2004, 17(5): 290
- [9] 乐明山,杨俊丽. 腰臀比和体质指数与代谢综合征患病关系的临床研究[J]. 检验医学与临床, 2013, 10(23): 3167
- [10] Lin X F, Wu R R, Du J, et al. Exploring the significance of sex hormone-binding globulin examination in the treatment of women with polycystic ovarian syndrome (PCOS) [J]. Clin Exp Obstet Gynecol, 2015, 42(3): 315
- [11] 周斌,王薇薇,张文辉,等. 多囊卵巢综合征患者性激素结合球蛋白和硫酸脱氢表雄酮的相关性分析[J]. 中国实验诊断学, 2007, 11(6): 763
- [12] Maliqueo M, Bacallao K, Quezada S, et al. Sex hormone-binding globulin expression in the endometria of women with polycystic ovary syndrome[J]. Fertil Steril, 2007, 87(2): 321
- [13] Fan W, Li S W, Chen Q, et al. Association between the (TAAAA)n SHBG polymorphism and PCOS: a systematic review and meta-analysis[J]. Gynecol Endocrinol, 2013, 29(7): 645

(2015-08-17 收稿)