

海军飞行员视觉对比敏感度相关因素的初步探讨

高原¹, 彭秀军², 杨利洁³, 崔蓓¹, 曹利群¹, 秦力维¹

基金项目: 2011 年度军队后勤科研重大项目计划资助 (No. AHJ2011Z001); 海军科研基金 (No. 06MA018)

作者单位: ¹(100048) 中国北京市, 海军总医院海空勤体检中心眼科; ²(100048) 中国北京市, 海军总医院眼科; ³(130022) 中国吉林省长春市, 空军航空大学

作者简介: 高原, 硕士, 海空勤体检中心主任, 研究方向: 准分子激光手术、屈光矫治术、视功能。

通讯作者: 彭秀军, 博士, 主任医师, 眼科主任, 博士研究生导师, 研究方向: 白内障超声乳化术。pxjl@vip.sina.com

收稿日期: 2013-01-28 修回日期: 2013-04-22

Analysis of contrast sensitivity on examination for pilots

Yuan Gao¹, Xiu-Jun Peng², Li-Jie Yang³, Bei Cui¹, Li-Qun Cao¹, Li-Wei Qin¹

Foundation items: Key Scientific Research Projects on Military Logistics in 2011 (No. AHJ2011Z001); Naval Research Fund (No. 06MA018)

¹Department of Sea - Air Examination Center, the Navy General Hospital, Beijing 100048, China; ²Department of Ophthalmology, the Navy General Hospital, Beijing 100048, China; ³Air Force Aviation University, Changchun 130022, Jilin Province, China

Correspondence to: Xiu-Jun Peng. Department of Ophthalmology, the Navy General Hospital, Beijing 100048, China. pxjl@vip.sina.com

Received: 2013-01-28 Accepted: 2013-04-22

Abstract

• **AIM:** To study the influential factors of the contrast sensitivity function (CSF), we tested and investigated the CSF of navy pilots.

• **METHODS:** Totally 58 pilots (116 eyes) were examined by CSF under the nighttime, nighttime & periglare, daytime, daytime & periglare conditions for 5 spacial frequencies with OPTEC6500 Vision Tester.

• **RESULTS:** From mean diagram of curves, the peak of CSF under the nighttime, nighttime & periglare conditions was at 3-6c/d, daytime, daytime & periglare conditions was at 6c/d.

• **CONCLUSION:** The distant CSF is better than the near CSF in navy pilots, the binoculus CSF is better than that of the single eye. The spatial characteristics of CSF in navy pilots were reflected by present study.

• **KEYWORDS:** contrast sensitivity; pilot; visual performance

Citation: Gao Y, Peng XJ, Yang LJ, et al. Analysis of contrast

sensitivity on examination for pilots. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2013;13(5):971-973

摘要

目的: 测试海军飞行员视觉对比敏感度函数 (contrast sensitivity function, CSF), 探讨对比敏感度的相关因素。

方法: 应用美国 Stereo Optical Co. 生产的 OPTEC6500 视觉检查仪对 58 例 116 眼飞行员进行明视、明视眩光、暮视、暮视眩光 4 种状态下 5 个空间频率的对比敏感度检查。

结果: 从均数曲线图中可见暮视和暮视眩光状态下 CSF 曲线的峰值在 3c/d; 明视和明视眩光状态下 CSF 曲线的峰值在 6c/d; 在各空间频率, 双眼 CSF 值均高于单眼, 差异有统计学意义 (均为 $P < 0.05$); 在各空间频率下, 远距离 CSF 值均高于近距离, 差异有统计学意义 (均为 $P < 0.05$)。

结论: 海军飞行员视觉对比敏感度远距离 CSF 优于近距离, 双眼 CSF 值高于单眼, 本调查客观反映了海军飞行员 CSF 的分布特征。

关键词: 对比敏感度; 飞行员; 视功能

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2013.05.39

引用: 高原, 彭秀军, 杨利洁, 等. 海军飞行员视觉对比敏感度相关因素的初步探讨. *国际眼科杂志* 2013;13(5):971-973

0 引言

目前, 海军飞行员医学鉴定过程中, 视力表因其测量简单、规范、准确, 仍广泛沿用至今, 视力仍是最重要的评价人眼视功能好坏的指标之一。实际上, 视力只是反映了黄斑中心凹对 100% 对比度条件下细小目标的空间分辨力。由于在日常生活中, 100% 对比度的物体很少见, 所以视力并不是实际生活中视觉空间分辨能力的客观反映。视觉对比敏感度函数 (contrast sensitivity function, CSF) 是在视标与背景明亮度对比变化下, 人的视觉系统对不同空间频率的正弦光栅视标的识别能力。视觉对比敏感度检查的优点就在于同时改变空间频率和对比度两个参数, 更接近人眼视觉的真实环境, 是比视力表视力更全面地评价视功能的指标。本研究初步探讨了海军飞行员 CSF 的分布特征和相关因素。

1 对象和方法

1.1 对象 选取男性海军飞行员 58 例 116 眼, 年龄 28 ~ 42 (平均 32 ± 2.1) 岁。双眼裸眼远视力均 ≥ 1.0 ; 采用徐广第《标准近视力表》测试双眼近视力, 于距离 33cm 时检测, 双眼近视力均 ≥ 1.0 。经裂隙灯、眼底镜检查排除眼部疾患, 亦排除患糖尿病、高血压等全身疾病。

表1 单眼四种状态下5个空间频率CSF的均值

			$\bar{x} \pm s$				
环境	眼别	n(例)	1.5c/d	3.0c/d	6.0c/d	12.0c/d	18.0c/d
明视	右	58	69±7.28	89±10.28	91±10.29	47±4.19	21±1.98
	左	58	69±6.87	89±10.11	91±10.08	46±4.02	21±1.02
明视+眩光	右	58	68±7.97	91±9.01	92±11.56	49±4.69	23±1.11
	左	58	68±7.82	91±9.96	93±11.26	48±4.62	23±1.05
暮视	右	58	63±5.77	75±7.87	55±4.58	31±2.98	16±1.85
	左	58	63±5.02	75±7.01	55±4.28	30±2.65	16±1.12
暮视+眩光	右	58	49±3.02	59±5.14	42±3.05	16±1.73	9±1.39
	左	58	49±3.69	59±5.88	41±3.79	16±1.02	9±1.28

表2 双眼四种状态下5个空间频率CSF的均值

		$\bar{x} \pm s$				
环境	n(例)	1.5c/d	3.0c/d	6.0c/d	12.0c/d	18.0c/d
明视	58	75±7.25	98±10.35	99±10.36	52±4.18	23±1.16
明视+眩光	58	76±6.87	99±10.01	102±11.16	54±4.69	25±1.12
暮视	58	69±5.27	82±7.23	61±4.26	34±2.63	18±1.25
暮视+眩光	58	54±3.58	65±5.24	46±3.56	18±1.53	10±1.12

表3 远和近距离四种状态下5个空间频率CSF的均值

			$\bar{x} \pm s$				
环境	远近	n(例)	1.5c/d	3.0c/d	6.0c/d	12.0c/d	18.0c/d
明视	近	58	67±7.28	88±10.28	90±10.29	46±4.19	20±1.98
	远	58	75±7.25	98±10.35	99±10.36	52±4.18	23±1.16
明视+眩光	近	58	68±7.97	90±9.01	90±11.56	48±4.69	22±1.11
	远	58	76±6.87	99±10.01	102±11.16	54±4.69	25±1.12
暮视	近	58	62±5.77	73±7.87	54±4.58	30±2.98	7±1.85
	远	58	69±5.27	82±7.23	61±4.26	34±2.63	8±1.25
暮视+眩光	近	58	48±3.02	58±5.14	41±3.05	16±1.73	4±1.39
	远	58	54±3.58	65±5.24	46±3.56	18±1.53	5±1.12

1.2 方法 采用美国 Stereo Optical 公司 OPTEC 6500 视功能检查仪在明视(光亮度为 85cd/m²)、明视眩光(眩光的光照度为 135 lux)、暮视(光亮度为 3cd/m²)、暮视眩光(眩光的光照度为 28 lux)四种条件下进行功能性视力对比敏感度测试(functional acuity contrast test, FACT), FACT 是在四种条件下通过 5 个幻灯片分别检查三个频区:低频区(1.5c/d, 3.0c/d)、中频区(6.0c/d)和 高频区(12.0c/d, 18.0c/d) 5 个空间频率的对比敏感度,每个幻灯片上有相应固定空间频率的 9 个不同对比度的光栅视标,按对比度由高至低,依次分两行排列,视标所对应的 CSF 值由 Stereo Optical 公司提供。本研究对受试者分别检测远距离 6m 和近距离 33cm、单眼和双眼、明视(光亮度为 85cd/m²)无眩光和有眩光、暮视(光亮度为 3cd/m²)无眩光和有眩光在上述 5 种空间频率的 CSF 值。以上检查均由同一医师完成。

统计学分析:实验数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 SPSS 11.0 统计学软件对数据进行统计学分析,左眼与右眼、明视无眩光与有眩光、暮视无眩光与有眩光、单眼和双眼、远距离和近距离在 5 种空间频率(1.5, 3.0, 6.0, 12.0, 18.0c/d)下的 CSF 值比较运用独立样本 *t* 检验进行分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 单眼四种状态下5个空间频率CSF的均值 海军飞行员 CSF 图形呈倒 U 形,单眼四种状态下 5 个空间频率

CSF 的均值见表 1。在不同条件、不同空间频率下右、左眼间 CSF 值分别采用独立样本 *t* 检验,差异均无统计学意义(均为 $P > 0.05$)。

2.2 双眼四种状态下5个空间频率CSF的均值 双眼四种状态下 5 个空间频率 CSF 的均值见表 2。双眼 CSF 均值 5 个空间频率均高于单眼 CSF 均值(分别对比右眼和左眼),分别采用独立样本 *t* 检验,差异均具有统计学意义(均为 $P < 0.05$)。明视和明视眩光状态下的 CSF 曲线的峰值在 6c/d,暮视和暮视眩光状态下的 CSF 曲线的峰值在 3c/d。明视和明视眩光状态下的 CSF 曲线高于暮视和暮视眩光状态下的 CSF 曲线,其中明视眩光状态下的 CSF 曲线最高,暮视眩光状态下的 CSF 曲线最低。

2.3 远距离和近距离四种状态下5个空间频率CSF的均值 远、近距离四种状态下 5 个空间频率双眼的 CSF 均值见表 3。在不同条件下远距离的 CSF 均值均较近距离 CSF 均值高,采用独立样本 *t* 检验,差异均具有统计学意义(均为 $P < 0.05$)。

3 讨论

目前,海军飞行员体检是使用 100% 对比度的“C”字形视标进行常规视力检查,人眼在低对比度环境下的分辨能力不能被客观反映。海军飞行员训练时,需在各种海天一色复杂的水文气象条件下飞行,对视功能的要求标准更高。视觉对比敏感度是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。它比视力表能更敏

感、真实地反映视功能情况^[1]。眩光对比敏感度是测定杂射光在眼内光散射所引起的对比敏感度下降效应。CSF是在不同空间频率上对比敏感度的反映。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^[2]。

我们采用美国Stereo Optical公司OPTEC6500视功能检查仪测定58例飞行员,结果表明海军飞行员视觉对比敏感度左、右眼没有显著差异,双眼CSF值高于单眼,远距离CSF优于近距离。不仅研究了背景亮度、眩光、空间频率对视觉对比敏感度的影响,在此基础上还重点研究了眼别、测试距离远近对视觉对比敏感度的影响,本调查客观反映了海军飞行员CSF的分布特征。作为调查对象的海军飞行员,年龄28~42(平均 32 ± 2.1)岁,按世界卫生组织年龄划分标准,15~44岁为青年组。有研究表明,伴随年龄增长视觉对比敏感度逐渐降低的趋势,以后我们还需扩大样本,分析研究海军飞行员视觉对比敏感度随年龄变化趋势。

双眼的明视和明视眩光状态下CSF曲线范围与孙保忱等引进的VCTS6000对比敏感度测试表^[3]以及朱超等^[4]应用OPTEC3500视功能检查仪所得出的正常人CSF范围极为相似,我们测出的四种状态(明视、明视眩光、暮视、暮视眩光)下的对比敏感度曲线和峰值均低于朱超等应用OPTEC3500视功能检查仪所得出的结果,其中暮视和暮视眩光状态下的视觉对比敏感度曲线下降明显,且峰值均在3c/d。暮视眩光状态下的视觉对比敏感度曲线下降明显可能与OPTEC6500眩光的光照度为135 lux远大于OPTEC3500的10 lux有关。

眩光光源加在不同的对比度背景下,即眩光对比敏感度。眩光状态分2种:明视眩光、暮视眩光。明视眩光状态下的视觉对比敏感度曲线最高,主要因为明视状态下,眩光光源由于瞳孔缩小减少了散射光线对视网膜成像的干扰;焦深的增加也使离焦物体在视网膜影像获得更好的清晰度。而暮视眩光状态下的视觉对比敏感度曲线最低,主要因为暮视状态下,瞳孔较明视时扩大,眩光光源造成大量散射光线通过眼内光学介质形成较强的光幕,干扰了视网膜物像的形成,以致视功能急剧下降,此种现象称为眩光失能^[5,6]。结果表明,视力良好人群在夜晚条件下也会导致眩光失能。本调查提示,为保证海军飞行员夜航安全,必须控制眩光亮度。此外,作为飞行员还应定期作眩光失能检测,以保证始终具有良好的视功能水平。

年龄、亮度、眩光、空间频率和屈光不正度5个因素均会在某些情况下不同程度地影响对比敏感度^[7,8]。本研究不但验证了视觉对比敏感度与亮度、眩光、空间频率相关,而且研究还发现双眼CSF均值5个空间频率均高于单眼CSF均值,远距离的CSF均值均较近距离CSF均值高,

差异均具有统计学意义(均为 $P<0.05$)。

各空间频率双眼CSF值要高于单眼,差异有统计学意义(均为 $P<0.05$)。研究发现双眼视觉由于弥补了视野盲点,获得较大的视野和较好的立体视,从而更准确地识别物体。另外,双眼视网膜成像较单眼清晰,是由于传入视中枢的等量神经冲动增加,刺激双眼运动性融像,改善了感觉性融像及立体视觉,提高双眼视功能^[9,10]。

我们的研究发现在各空间频率刺激下,远距离的CSF均值均较近距离CSF均值高,差异均具有统计学意义(均为 $P<0.05$)。这可能是由于正视眼看近处物体时会产生调节,此时的视力称为调节视力,由于调节增加引起视物模糊^[11]。由此可见,调节在一定程度上也可以影响近距离CSF的测试结果。

本研究分析了海军飞行员视觉敏感度的基本分布特点,初步探讨了视觉对比敏感度的影响因素,阐述了视觉对比敏感度较视力表视力更能真实地反映视功能状态。目前,虽然视觉对比敏感度在临床工作中得到广泛应用,但是由于检测设备不统一,检测标准不明确,使得先进的视觉对比敏感度检测技术没能较好地应用到海军招收飞行学员的医学选拔。虽然围绕眩光对视觉对比敏感度的影响做了大量的研究,但是眩光对海军飞行员暮视视觉工效的明显影响,仍然没有引起足够的重视。

参考文献

- 1 Nepomuceno RL, Boxer Wachler BS, Sato M, et al. Use of large optical zones with LADAR vision laser for myopia and myopia astigmatism. *Ophthalmology* 2003;110(7): 1384-1390
- 2 鲍连云, 何伟, 刘文辉, 等. 屈光性弱视与屈光参差性弱视对比敏感度变化的比较. *眼科研究* 2001;19:147-149
- 3 李军, 汤欣, 邢晓杰. 新标准下正常人眼对比敏感度的研究. *天津医药* 2010;38(7): 590-592
- 4 朱超, 宋跃, 刘妹, 等. 空军飞行员对比敏感度和立体视觉的临床研究. *中国实用眼科杂志* 2005;23:527-529
- 5 Amano S, Amano Y, Yamagami S. Age-related changes in corneal and ocular higher-order wavefront aberrations. *Am J Ophthalmol* 2004;137(6): 988-992
- 6 祁媛媛, 张丰菊, 于芳蕾, 等. 人眼对比敏感度的相关影响因素及评价分析. *眼视光学杂志* 2007;9(5): 328-331
- 7 Guirao A, Gonzalez C, Redondo M, et al. Average optical performance of the human eye as a function of age in a normal population. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40(1): 197-202
- 8 张艳龙, 李丽华, 高祥瑞. 对比敏感度的影响因素分析. *眼视光学杂志* 2009;11(3):221-226
- 9 Stanley PF, Tanzer DJ, Schallhorn SC. Laser refractive surgery in the United States Navy. *Curr Opin Ophthalmol* 2008;19(4):321-324
- 10 Mutyala S, McDonald MB, Scheinblum KA, et al. Contrast sensitivity evaluation after Laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology* 2000;107(10):1864-1867
- 11 Nakamura K, Bissen-Miyajima H, Toda I, et al. Effect of laser in situ keratomileusis correction on contrast visual acuity. *J Cataract Refract Surg* 2001;27(3):357-361