

正常人亮暗背景下不同对比度的视力变化

史 胜^{1,2}, 柳 林^{1*}, 周行涛³, 鲍 兰², 肖其瑞²

(1. 第二军医大学长海医院眼科, 上海 200433; 2. 解放军第 85 医院眼科, 上海 200052; 3. 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院眼科, 上海 200031)

[摘要] **目的:**观察正常人眼在亮、暗背景下不同对比度的视力变化。**方法:**54 例(108 眼)正常视力的成年男性,用多功能电子视力测量仪(MFVA-100)比较亮、暗背景下不同对比度(100%、25%、10%、5%)的 logMAR 视力,并分析亮、暗背景下视力的相关性。**结果:**背景亮度相同时,随对比度的下降各组视力呈下降趋势,低对比度组视力明显低于高对比度组($P < 0.001$);对比度相同时,暗背景组视力明显低于亮背景组($P < 0.001$)。亮背景 100%对比度组视力与暗背景各组视力之间均无线性相关,与亮背景 25%、10%、5%对比度组视力呈正线性相关($P < 0.001$);暗背景 100%对比度组与暗背景 25%、10%、5%对比度组视力呈正线性相关($P < 0.001$)。随着对比度的降低,各组视力的波动幅度增加,暗背景下对比度 5%时差异最大。**结论:**正常人眼亮背景下的视力优于暗背景,随着对比度降低,视力渐趋下降,个体差异增加,亮、暗背景之间的视力变化无线性相关。

[关键词] 背景; 视力; 对比度

[中图分类号] R 770.421 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2007)07-0714-04

Changes of visual acuity at different contrast levels under bright and dark backgrounds in healthy adults

SHI Sheng^{1,2}, LIU Lin^{1*}, ZHOU Xing-tao³, BAO Lan², XIAO Qi-ru² (1. Department of Ophthalmology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China; 2. Department of Ophthalmology, No. 85 Hospital of PLA, Shanghai 200052; 3. Department of Ophthalmology, Eye Ear Nose and Throat Hospital, Fudan University, Shanghai 200031)

[ABSTRACT] **Objective:** To investigate the variation of visual acuity (VA) at different contrast levels under bright and dark backgrounds in healthy adults. **Methods:** Fifty-four men (108 eyes) with normal VA were enrolled in this study. LogMAR VA was measured at 4 contrast levels (100%, 25%, 10%, and 5%) under bright and dark backgrounds with multi-functional visual acuity tester (MFVA-100). The relationship of VA between bright and dark backgrounds was analyzed. **Results:** (1) Subjects with lower contrast level had significantly worse VA than those with higher contrast level when the background was identical ($P < 0.001$); VA decreased gradually with the decrease of contrast level. At the same contrast level, the VA under dark background group was significantly worse than that under bright background group ($P < 0.001$). (2) The VA at contrast level 100% under bright background was not linearly related to those under dark background ($P > 0.05$), but was linearly related to those at other contrast levels under bright background ($P < 0.001$). Under dark background, the VA at contrast level 100% was linearly related to those at other contrast levels ($P < 0.001$). (3) The fluctuating differences (log unit) of VA increased with the decrease of contrast level, with the maximal difference found at contrast level 5% under dark background. **Conclusion:** The VA of healthy men under bright background is better than that under dark background. The VA decreases and individual variation increases gradually with the decrease of contrast level. There is no linear correlation of VA between the bright and dark backgrounds.

[KEY WORDS] background; visual acuity; contrast

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2007, 28(7): 714-717]

人类对视功能的评估通常用视力、视野、光觉、色觉等检查来完成。视力代表视觉系统对所视物体空间频率的辨别能力。视力表最早于 1862 年由荷兰眼科医生 Snellen 首先设计出 (Snellen 视力表), 自此以后视力测量作为人眼视觉功能最基本的测量手段之一, 广泛地应用于眼科诊断、验光配镜、职业选择和交通安全。但现行常规的视力测量通常只作了标准照明条件的测试, 而人眼视力会随视觉环境的变化而变化。因此人眼的视觉功能不应仅包括视力表视力, 还应包括视觉系统对所视物体与其背景

的亮度差(对比度)的分辨能力, 即对比敏感度(contrast sensitivity, CS)。本研究采用多功能电子视力测量仪测试正常人不同对比度的视力, 分析亮暗背景下不同对比度视力的变化规律。

1 材料和方法

1.1 检查对象 现役男性地勤人员, 年龄 18~24

[作者简介] 史 胜, 主治医师. E-mail: shisheng68@yahoo.com.cn
* Corresponding author. E-mail: linliu@sh163.com

岁,平均(20.7±1.9)岁,裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA) ≥1.0,无眼部疾病及外伤史、手术史及全身系统性疾病。

54例(108眼)按白色背景不同亮度(亮、暗)顺序进行不同对比度的视力测量,分成亮背景组、暗背景组,每组又按对比度分成100%、25%、10%、5%水平组。

1.2 检查设备 中国深圳亮睛公司和美国波士顿新英格兰视光学院合作生产的多功能电子视力测量仪(型号MFVA-100),该设备将计算机主机集成于彩色监视器,选定4个固定的对比度(5%、10%、25%、100%),通过应用程序的控制,在监视器荧光屏上改变空间频率产生不同的E型单个视标,以找到视力阈值,测试距离5.5m。屏幕背景亮度的定义是:亮背景表示屏幕亮度在260 cd/m²左右,暗背景表示屏幕亮度在26 cd/m²左右。

1.3 检查方法 由同一名检查人员在暗室(室内光

线照度在0 lx左右)实施检查,选择黑色视标,初始视力值设定为logMAR=0.1。被检者暗适应5min后开始,视屏白色亮背景下,依次测出100%、25%、10%、5%对比度的视力值,完成后休息3~5min,再在视屏暗背景下依次测出上述4种对比度的视力值。测量时,鼓励受试者尽快读出视标方向,由检查者通过键盘输入受试者的答案,MFVA自动计算出视力值。视力值采用logMAR记录法。

1.4 统计学处理 应用SPSS 11.5统计软件进行单因素方差分析、配对t检验及相关分析。

2 结果

2.1 不同对比度视力变化 背景亮度相同时,随着对比度的下降各组的视力呈显著下降趋势,低对比度组视力明显低于高对比度组(P<0.001);对比度相同时,暗背景组视力明显低于亮背景组(P<0.001)(表1、图1)。

表1 亮暗背景不同对比度视力的比较(logMAR)

Tab 1 Comparison of visual acuities at different contrast levels under bright and dark backgrounds (logMAR)

(n=108)

Background and contrast level	$\bar{x} \pm s$	95% confidence interval for mean		Minimum	Maximum	
		Lower bound	Upper bound			
Bright	100%	-0.160 3±0.095 1	-0.178 5	-0.142 2	-0.395 0	0.045 0
	25%	0.030 0±0.120 7	0.007 0	0.053 0	-0.300 0	0.365 0
	10%	0.208 1±0.130 9	0.183 1	0.233 1	-0.104 0	0.580 0
	5%	0.318 5±0.141 3	0.291 5	0.345 5	0.020 0	0.790 0
Dark	100%	-0.095 8±0.111 1	-0.117 0	-0.074 6	-0.330 0	0.170 0
	25%	0.103 7±0.104 8	0.083 7	0.123 7	-0.165 0	0.400 0
	10%	0.353 4±0.123 6	0.329 8	0.377 0	0.055 0	0.665 0
	5%	0.643 4±0.185 8	0.608 0	0.678 8	0.325 0	1.394 0

2.2 对比度100%、25%、10%、5%的视力波动 随着对比度的降低,各组视力的波动幅度增加,暗背景对比度5%时差异最大。其波动差值(对数单位):亮背景为0.45、0.67、0.68、0.81;暗背景为0.50、0.57、0.61、1.06(图1)。

2.3 相关分析与直线回归 亮背景100%对比度视力与暗背景各对比度视力之间均无线性相关(P>0.05),相关系数(r)为0.076、0.001、0.15、0.096(图2)。亮背景100%对比度视力与亮背景不同对比度视力均呈正线性相关(P<0.001),r为0.665、0.563、0.641;直线回归方程为y=0.165+0.844x、y=0.332+0.775x、y=0.471+0.952x(图3)。暗背景100%对比度视力与暗背景不同对比度视力呈正线性相关(P<0.001),r为0.617、0.434、0.412;直线回归方程为y=0.159+0.582x、y=0.4+0.483x、y=0.709+0.688x(图4)。其中x为

100%对比度视力,y分别为25%、10%、5%对比度视力。

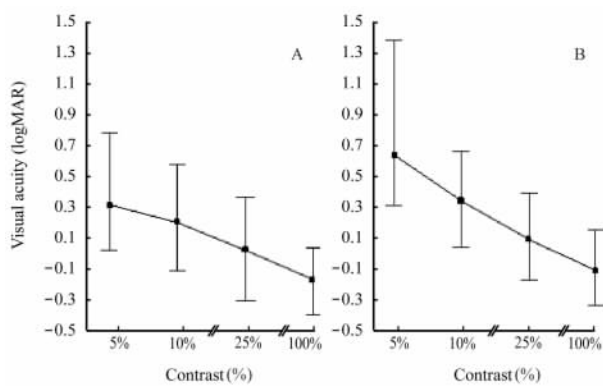


图1 亮(A)暗(B)背景不同对比度视力高低图

Fig 1 Visual acuity levels at different contrast levels under bright(A) and dark backgrounds(B)

n=108, $\bar{x} \pm s$

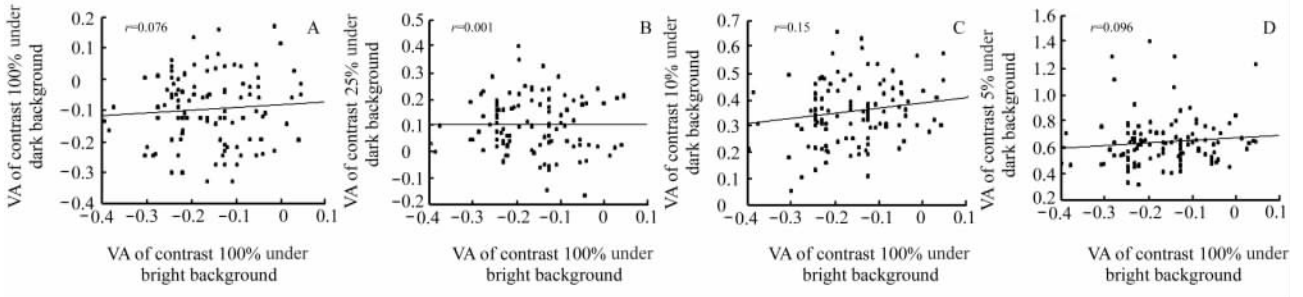


图 2 亮背景 100%对比度与暗背景 100%(A)、25%(B)、10%(C)、5%(D)对比度的视力关系

Fig 2 Correlation of visual acuity between contrast level 100% under bright background and levels 100% (A), 25% (B), 10% (C) and 5% (D) under dark background

VA: Visual acuity

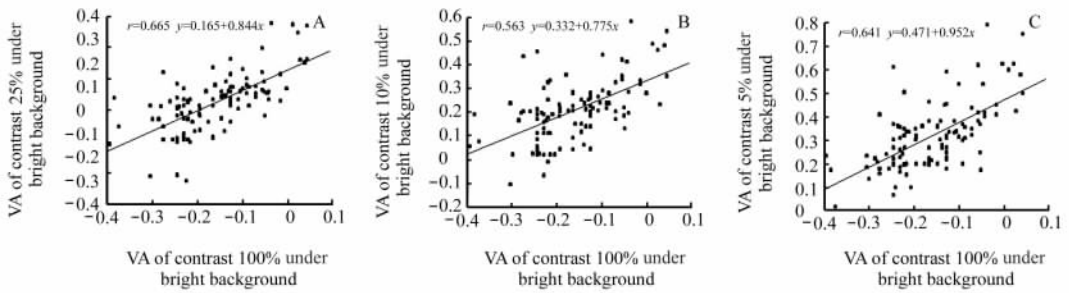


图 3 亮背景 100%对比度与 25%(A)、10%(B)、5%(C)对比度的视力关系

Fig 3 Correlation of visual acuities between contrast levels 100% and 25% (A), 10% (B), and 5% (C) under bright background

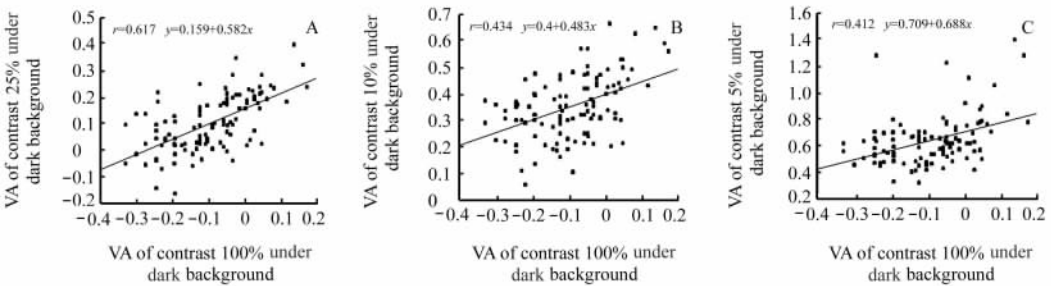


图 4 暗背景 100%对比度与 25%(A)、10%(B)、5%(C)对比度的视力关系

Fig 4 Correlation of visual acuity between contrast levels 100% and 25% (A), 10% (B), and 5% (C) under dark background

3 讨论

对比敏感度是一种形觉功能定量检查方法,临床上通常用心理物理学方法来进行测量,根据其检查的形式可分为 2 种:(1)保持空间频率不变,测定主观判断刚能看到某个空间频率图形的对比度阈值,如使用正弦波条纹的 Arden 光栅图片、VCTS 表、正弦波条纹显示器等^[1],由于是通过条纹的明暗对比变化来测量,不太容易使被检查者理解。(2)保持对比度不变,测定能辨识的空间频率的阈值,如王

光霁^[2]的对比度视力表、多功能电子视力测量仪^[3]等。本研究即采用后一种类型的检测仪器,其特点是:(1)采用 E 型视标,与日常视力表的辨认方法相似,易被检查者理解;(2)测试时单个视标出现,排除了拥挤现象,视标开口方向随机,减少记忆和猜测;(3)视标的大小由计算机程序控制,根据可分辨视角(A,单位:分)与空间频率(SF,单位:周/度)的换算公式 $A/60 = 1/(2 \times SF)$,本实验所测得的结果最高 logMAR 视力 -0.40,最低为 1.39,则空间频率最高为 74.4 c/d,最低为 1.2 c/d,测试空间频率以

中、高频为主,同时也涵盖了部分低频;(4)使用计算机显示屏,其背景和视标亮度稳定,测量结果可靠,重复性较好。

从图1我们可以看到,当背景亮度由亮至暗,对比度由高到低,各组视力呈下降趋势,该结果符合视觉生理的刺激空间总合(spatial summation)机制^[4]:当刺激时间不变,在视网膜一定刺激面积的范围内,刺激的强度变化可以由刺激面积的大小得到弥补,即当刺激(亮度和对比度)由强变弱,则刺激面积(视角)由小变大,视力降低。

图2~4显示,当背景亮度固定时,100%对比度和其他不同对比度视力之间存在正线性相关($P < 0.001$),而亮背景100%对比度和暗背景不同对比度视力之间无线性相关($P > 0.05$),由此推测对于不同特征(如背景亮度、对比度)的刺激信号,人的视觉系统存在着不同的感知、传导和处理机制。其可能的解剖和神经生理学基础包括:(1)视网膜的解剖基础。视网膜的视锥细胞主司明视觉,主要分布于中心凹,而视杆细胞主司暗视觉,分布于周边部,在亮背景时视力变化主要由中心凹视锥细胞起作用,在暗背景时感受野逐渐向中心凹旁及周边转移,视杆细胞对视力的作用逐渐加强。(2)视觉系统的平行通道理论。神经生理学研究认为视觉系统具有特异的视觉通道,而所有的CS功能正是每一通道的反映。对脊椎动物的研究^[5-6]发现,视网膜分布两种神经节细胞M细胞和P细胞,M细胞对高CS敏感,P细胞对低CS敏感。在不同视觉条件下,通过M细胞与P细胞通道竞争性开放或关闭而呈现出不同形态的CS函数曲线。外侧膝状体在视觉系统中是视网膜和初级皮质中枢的“中转站”,也包含M和P两种细胞层,Callaway^[7]的研究证实高CS型神经节细胞投射至外侧膝状体的M层,低CS型神经节细胞投射至P层。在视皮质中枢,Ferrera等^[8]通过分别阻断猴子外侧膝状体的M和P路径观察MT区(middle temporal area)和V4区(和MT区处于皮层的同一水平)神经元的反应,推断MT区主要接受M路径的传递,而V4区可能接受M路径和P路径的双重信息输入,但主要接受P路径的信息输入。不少其他研究^[9-11]亦证实猴子的MT区神经元CS与外侧膝状体的M层相似,对于低CS的敏感性较V4区细胞更

高。虽然皮质下的M和P路径传入并非一对一^[8],不同的解剖区域对于不同的刺激信息的反应存在相互作用和重叠现象,但每个区域的反应侧重点不同,分别与不同类型的反应信息相关联^[12]。

综上所述,当背景亮度和对比度发生改变时,正常人眼的视觉功能也随之产生变化,具体表现为随着亮度和对比度降低,视力渐趋下降,个体差异增加。客观世界纷繁复杂,五彩缤纷,人的视觉系统对不同特征的刺激信号所产生的反应也不尽相同,存在着不同的感知、传导和处理机制,具体的传导及处理机制尚有待于进一步的研究证实。

[参考文献]

- [1] 朱超,宋跃. 视觉对比敏感度的临床应用[J]. 眼科新进展, 2006, 26:466-469.
- [2] 王光霁. 不同对比度视力表及其临床应用[J]. 眼视光学杂志, 1999, 1:5-12.
- [3] 朱双倩,王勤美,贺极苍. 正视眼和近视眼在明暗环境中不同对比度的视力比较[J]. 眼科新进展, 2006, 26:529-531.
- [4] 李凤鸣. 眼科全书[M]. 北京:人民卫生出版社, 1996:369-376.
- [5] Kaplan E, Shapley R M. The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low contrast sensitivity[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1986, 83:2755-2757.
- [6] Lee B B, Silveira L C, Yamada E S, et al. Visual responses of ganglion cells of a New-World primate, the capuchin monkey, *Cebus paella*[J]. J Physiol, 2000, 528(Pt 3):573-590.
- [7] Callaway E M. Structure and function of parallel pathways in the primate early visual system[J]. J Physiol, 2005, 566(Pt 1): 13-19.
- [8] Ferrera V P, Nealey T A, Maunsell J H. Responses in macaque visual area V4 following inactivation of the parvocellular and magnocellular LGN pathways[J]. J Neurosci, 1994, 14: 2080-2088.
- [9] Sclar G, Maunsell J H, Lennie P. Coding of image contrast in central visual pathways of the macaque monkey[J]. Vision Res, 1990, 30:1-10.
- [10] Pack C C, Hunter J N, Born R T. Contrast dependence of suppressive influences in cortical area MT of alert macaque[J]. J Neurophysiol, 2005, 93:1809-1815.
- [11] Nassi J J, Callaway E M. Multiple circuits relaying primate parallel visual pathways to the middle temporal area[J]. J Neurosci, 2006, 26:12789-12798.
- [12] Ishai A, Ungerleider L G, Martin A, et al. Distributed representation of objects in the human ventral visual pathway[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1999, 96:9379-9384.

[收稿日期] 2007-02-09

[修回日期] 2007-06-06

[本文编辑] 贾泽军