

# 色彩背景对视觉认知任务的生理学及绩效影响研究

侯艳红<sup>1</sup>, 张林<sup>1</sup>, 苗丹民<sup>2</sup>

(1.解放军总医院第二附属医院, 北京 100091; 2.第四军医大学应用心理学教研室, 陕西 西安 710032)

【摘要】 目的: 对在不同色彩背景下视觉认知操作过程中的生理学指标及任务完成绩效进行比较研究。方法: 36 名青年男性, 完成不同色彩背景下的系列认知测验, 同时采用多导生理记录仪采集相关生理指标。结果: 生理学指标和认知任务绩效均受到了色彩背景的影响, 并且不同色彩背景之间统计学上存在差异( $P < 0.05$ )。综合生理指标和认知绩效, 短波长色彩(如紫、蓝色)背景下, 自主神经活动强度较小, 从生理指标上各项指标分值较低, 但是在作业的成绩较好。而在波长较长的色彩(如橙色、黄色)背景下, 各项生理指标较高, 自主神经活动较强, 但是作业成绩较差。结论: 色彩背景信息可以调节作业个体的生理状态, 并影响到认知任务的完成。在较短时间的简单认知任务中, 短波长更利于产生好的作业绩效。

【关键词】 色彩背景; 视觉; 认知; 生理

中图分类号: R395.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3611(2008)05-0506-03

## Physiological Influence in Vision Perception Tests with Different Color Background

HOU Yan-hong, ZHANG Lin, MIAO Dan-min

Second Affiliated Hospital, General Hospital of PLA, Beijing 100091, China

【Abstract】 **Objective:** To compare the cognitive test results and the physiology indexes of vision perception in different color background. **Methods:** 36 young males finished five cognitive tests in different color background; at the same time, their physiology indexes were collected by multichannel physiological recorder. **Results:** The cognitive tests and physiological indexes were influenced by different color backgrounds, and there were significant difference in statistics of the results of every cognitive test in different color background. To integrate the result of psychology and physiology, in short-wave background, the activity of autonomic nervous system was weaker than in the long-wave background, but the achievement of cognitive test was better than in the long-wave. **Conclusion:** The color background can adjust the individual physiology states, and influence the achievement of cognition. In a short time, the short-wave background is beneficial to simple cognitive test.

【Key words】 Color background; Vision perception; Cognition; Physiology

色彩在知觉上有不同水平的心理语义, 广泛地与环境因素相关联, 并且还会在生理上产生类似的作用。色彩调节直接作用于人类心理生理, 不受时间和空间的限制, 只要视线所及。在色彩的工程设计学上, 认为色彩调节有提高工作意欲与工作效率; 改善氛围、减轻疲劳; 提高安全性与减少事故发生率<sup>[1]</sup>等功能。以往的色彩心理学研究更多关注于色彩作为前景, 即作为刺激反应内容被研究, 而色彩作为大背景或背景平面对认知任务的影响的研究还很少<sup>[2-4]</sup>。国外研究表明<sup>[5,6]</sup>色彩对人体的生物节律可以产生影响, 从而影响了人的警醒程度, 而警醒程度的高低可以从个体的完成工作任务的难度水平和工作绩效来显示。本研究试图通过对不同色彩背景下不同视觉任务完成生理学指标变化和绩效评估, 论证不同色彩背景是否影响了认知功能以及任务的完成, 是否具有光线的波长效应。

【基金项目】 第四军医大学资助军事医学研究重点项目(05xjz001)

通讯作者: 侯艳红

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

36 名健康志愿者, 年龄  $22.5 \pm 0.75$  岁, 男性, 并符合下列标准: ①身体健康; ②色觉正常; ③既往无任何神经和精神系统疾患, 或其他眼科疾患。所有的参加者都被告知了基本的试验目的和试验要求, 并取得同意。

### 1.2 方法

1.2.1 微机配置 计算机: 联想 Intel® Pentium/256M / 40G / ATI 9600SE 128M / 15" LCD, 显卡: Inter (R) 82845G Graphics Controller, 分辨率 800\*600 像素, 彩深 32 位, 刷新率: 85 赫兹。

1.2.2 视觉认知系列实验<sup>[7-9]</sup> 本系列测验是国内外认可较为成熟的测评警醒状态的测验项目, 包括: 字母选择测验: 每次测验, 4 个反应目标字母(P、L、G、S)被呈现在终端机上, 成四方形, 两个在上两个在下。记录从探查字母出现到按下鼠标键的时间。及正确反应与否情况。探查字母呈现时间 1S, 反应项

在视角 30 度正方形的四个顶点(正常的识别区域)。线段视知觉测验:这一作业要求对线段长度做出判断。每次测验开始前呈现一个命令(长或短),呈现在屏幕的上部,1s 后,视觉显示出现,被试通过按压鼠标的左右键来说明左边或右边的线段较长或较短。要求被试既快又准作出反应。不提供反馈。数字记忆测验:呈现一系列数字串去记忆。每个数字呈现 1 秒,过 0.5 秒后,下一个数字被呈现。参与者的任务是记忆整个数字串,在最后一个数字呈现完后去回忆,通过鼠标点击屏幕上呈现的数字键盘。以相同或相反的顺序进行回忆,正确后增加一个数字,错误后回到原来的数字数目。连续相加测验:要求参加者相加 8 个随机排列的数字(1-16)。这些数字以每个呈现 2s 的速度显示在计算机屏幕上。随机序列,由一个视觉提示符提示终止。用数字键盘在屏幕上打出计算结果。持续注意测验:这是一个保持注意的任务。在测试开始,在 2 个目标数字(一个奇数、一个偶数)中随机选择一个。然后以每个 1 秒的速率呈现 300 个数字。要求被试在连续呈现的奇偶数间选择 18 个目标数字。记录平均反应时和正确率。

1.2.3 多导生理记录仪 研究采用由美国 BIOPAC 公司生产,MP150 型 16 通道多导生理记录仪,具有 16 位 A/D 转换,采样率为 400KHZ。采集的生理指标主要包括:指端体温,血氧饱和度,心率,呼吸幅度,呼吸频率,心率变异性等。

1.2.4 实验过程 被试在实验前一天进入实验室,熟悉实验环境并对测验任务作练习 12 次以上,达到一个稳定地测验结果,消除练习效应。正式测验过程中,室内保持恒定光照条件,双目与屏幕保持 60-65cm 的距离,在测试过程中,只需要点击鼠标。被试要求在 10 种色彩背景作出反应,每个被试色彩顺序随机,测验任务随机,为防止疲劳,每个色彩之间有 2-5 分钟的休息期,每次完成一个认知任务间隔 20

分钟,再进行下一个认知任务的测验。在对认知任务操作的过程中,同时采用多导生理记录仪采集指端体温,血氧饱和度,心率,呼吸幅度,呼吸频率,心率变异性等指标。

1.2.5 数据统计 SPSS11.0 统计软件,Multivariate Tests 分析。

2 结 果

2.1 色彩背景对完成认知任务时生理指标的影响

2.1.1 不同色彩背景下完成不同认知任务时生理指标多元方差分析 本次检验,以多元检验方法 Pillai's Trace 为标准。在认知测验(F=6.00,P=0.00)和色彩(F=6.74,P=0.00)的效应上均在统计学上有显著性差异,而认知测验和色彩对生理指标影响的交互作用(F=0.75,P=0.99)不显著。

2.1.2 组间比较 不同“色彩背景”的效应,在各项生理指标中显示出较为明确的统计学差异,在不同的“认知测验”效应中,同样也对生理指标产生了影响,但仅表现在呼吸频率、心率、rr 间期统计学上有显著性差异。见表 1。

表 1 不同色彩和不同认知任务的组间生理指标比较

生理指标		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
色彩	体温	690.26	9	76.70	4.94	0.00
	血氧饱和度	10710.24	9	1190.03	15.82	0.00
	皮肤电阻	140130.56	9	15570.06	3.79	0.00
	呼吸频率	180.24	9	20.03	2.94	0.00
	呼吸幅度	1237.87	9	137.54	13.49	0.00
	心率	2776.29	9	308.48	4.25	0.00
认知测验	RR间期	0.31	9	0.03	3.89	0.00
	体温	6.47	4	1.62	0.10	0.98
	血氧饱和度	1.96	4	0.49	0.01	1.00
	皮肤电阻抗	18917.58	4	4729.40	1.15	0.33
	呼吸频率	745.02	4	186.25	27.35	0.00
	呼吸幅度	14.99	4	3.75	0.37	0.83
	心率	1238.20	4	309.55	4.26	0.00
	RR间期	0.21	4	0.05	6.01	0.00

表 2 完成认知任务时不同色彩背景下生理指标比较排序

体温	排序 <sup>a</sup>	血 氧饱和度	排序	皮 电	排序	呼吸频率	排序	呼吸幅度	排序	心率	排序	rr 间期	排序
白	*26.68	蓝	*89.57	黑	*131.87	黑	*18.21	黑	*2.65	紫	*75.92	橙	*0.75
黄	*27.10	黑	97.47	绿	*138.58	蓝	*18.27	紫	2.86	黄	76.07	灰	*0.76
蓝	*27.73	橙	97.55	白	145.18	黄	*18.43	黄	3.07	蓝	76.16	绿	0.76
灰	28.19	青	97.56	红	145.34	灰	18.62	绿	*3.56	青	76.37	黑	0.77
绿	28.23	灰	97.61	灰	145.35	白	18.63	灰	3.73	白	76.88	红	0.78
青	28.26	白	97.68	青	153.87	紫	18.67	橙	3.80	红	77.50	白	0.78
红	28.36	紫	97.70	橙	154.81	橙	18.85	红	* 3.97	黑	77.64	青	*0.79
橙	28.37	红	97.82	紫	157.33	青	18.90	青	*4.03	绿	78.39	黄	0.79
紫	28.48	绿	97.90	蓝	*159.11	绿	19.10	蓝	*4.75	灰	*78.78	紫	*0.79
黑	28.76	黄	97.93	黄	*159.29	红	*19.22	白	*5.55	橙	*79.78	蓝	*0.79

注:a 排序为由高到低顺序;\* 表示该指标与其它色彩的生理指标在统计学上有显著性差异。

2.1.3 完成认知任务时不同色彩背景生理指标变化比较 完成认知任务时不同色彩背景引起的生理指标排序见表 2。

## 2.2 不同色彩背景对认知任务的绩效的影响

不同色彩背景下的认知任务的绩效见表 3。以多元检验方法 Pillai's Trace 为标准。在认知测验 ( $F=6441.00, P=0.00$ ) 和色彩 ( $F=4.10, P=0.00$ ) 的效应上均在统计学上有显著性差异, 而认知测验和色彩对认知绩效指标影响的交互作用 ( $F=3.65, P=0.00$ ) 显著。不同色彩背景下认知绩效比较, Homogeneous Subsets, 采用 Student-Newman-Keuls 法比较。见表 4。本研究主要分析色彩背景对认知任务完成中的绩效学影响, 不同认知任务的绩效之间存在显著性差异 ( $P<0.00$ )。

表 3 不同色彩背景下不同认知任务的绩效  
(单位时间正确数  $\bar{x} \pm s$ )

	字母选择测验	线段比较测验	数字记忆测验	连续相加测验	持续注意测验
白	0.72 $\pm$ 0.07	0.55 $\pm$ 0.07	0.11 $\pm$ 0.02	0.32 $\pm$ 0.10	0.83 $\pm$ 0.14
灰	0.72 $\pm$ 0.08	0.60 $\pm$ 0.11	0.10 $\pm$ 0.01	0.36 $\pm$ 0.15	0.79 $\pm$ 0.19
黑	0.71 $\pm$ 0.07	0.59 $\pm$ 0.10	0.11 $\pm$ 0.01	0.41 $\pm$ 0.10	0.82 $\pm$ 0.14
红	0.71 $\pm$ 0.07	0.58 $\pm$ 0.08	0.11 $\pm$ 0.02	0.34 $\pm$ 0.10	0.80 $\pm$ 0.14
橙	0.68 $\pm$ 0.10	0.55 $\pm$ 0.10	0.10 $\pm$ 0.021	0.34 $\pm$ 0.09	0.82 $\pm$ 0.16
黄	0.68 $\pm$ 0.07	0.59 $\pm$ 0.06	0.11 $\pm$ 0.02	0.33 $\pm$ 0.09	0.82 $\pm$ 0.18
绿	0.72 $\pm$ 0.06	0.59 $\pm$ 0.09	0.11 $\pm$ 0.02	0.33 $\pm$ 0.10	0.85 $\pm$ 0.12
青	0.73 $\pm$ 0.07	0.63 $\pm$ 0.09	0.10 $\pm$ 0.02	0.36 $\pm$ 0.13	0.84 $\pm$ 0.11
蓝	0.69 $\pm$ 0.11	0.55 $\pm$ 0.13	0.11 $\pm$ 0.02	0.34 $\pm$ 0.14	0.88 $\pm$ 0.06
紫	0.73 $\pm$ 0.08	0.56 $\pm$ 0.08	0.11 $\pm$ 0.02	0.35 $\pm$ 0.10	0.88 $\pm$ 0.10
Total	0.71 $\pm$ 0.08	0.58 $\pm$ 0.10	0.11 $\pm$ 0.02	0.35 $\pm$ 0.11	0.83 $\pm$ 0.14

表 4 不同色彩背景下认知绩效成绩比较排序<sup>a</sup>

色彩	Subset		
	1	2	3
橙	*0.50		
黄	0.50	0.50	
白	0.51	0.50	
红	0.51	0.51	
蓝	0.51	0.51	0.51
灰	0.51	0.51	0.51
绿	0.52	0.52	0.52
黑		*0.53	0.53
紫		*0.53	0.53
青			*0.53
Sig.	0.06	0.05	0.13

注: a 排序为由高到低顺序; \* 表示该指标与其它色彩的绩效指标在统计学上有显著性差异。

## 3 讨 论

色彩背景在本研究中作为一个非靶刺激因素进行研究。在本次研究中, 发现不同的认知功能均受到了色彩背景的影响。由于测验过程中, 被试的注视目标被控制在中央视野的测验内容上, 色彩背景处于非注意区, 色觉细胞集中在中央视野的较多, 外周存

在少量的感受细胞。所以认为色彩背景的知觉, 是通过色觉通道和非视觉信息的“其它”通道进入大脑。

### 3.1 不同色彩背景不同认知任务生理指标的变化

在认知任务操作过程中, 生理指标变化虽然与认知任务有关, 但受背景色彩的影响更大。在所有的认知测验中, 不同的色彩背景, 在体温、血氧饱和度, 呼吸频率和呼吸幅度, 心率和  $r-r$  间期均有显著性差异。表现白色、黄色体温高, 黑色、紫色体温低; 蓝色的血氧饱和度低, 而绿色、黄色和红色的血氧饱和度相对较高。呼吸幅度白色和蓝色较大, 而黄色和黑色、紫色的呼吸幅度较小。心率测量发现, 蓝色心率较低, 而橙色、绿色的心率较高。心率变异性指标之一,  $r-r$  间期显示蓝色背景下间期较橙色背景下间期长, 与心率的变化相一致。这些指标之间相互关联, 均与自主神经的活动有关。研究发现, 在较短时间内, 不同色彩背景下的认知作业过程中, 短波长色光的生理指标较低, 具有平静和放松的作用, 而长波长光如橙色, 具有生理指标较高, 具有兴奋的作用。这一结论与传统的冷暖色光对人体的作用得出较为相似的结论, 冷色调让人平静, 而暖色调让人兴奋。

3.2 不同色彩背景不同认知任务测试成绩的变化  
研究发现, 不同的色彩背景对认知任务的绩效影响是不同的, 不同任务的作业绩效可能更多与任务的难度和考察内容有关系, 但不作为本次研究主要的阐述内容, 将在后期的研究中进一步阐述。本研究把色彩作为非注意刺激来研究, 也验证了色彩对记忆、注意、逻辑能力等认知功能均产生一定影响。对比 Hanna<sup>[10]</sup>把色彩作为注意刺激来研究, 本文进一步验证了色彩对认知的影响作用。

通过对不同色彩背景下作业成绩的比较, 研究发现, 在五项目测验中, 不考虑非彩色, 作业绩效最高的色彩分别为紫, 青; 而作业绩效最差色彩分别为: 橙、黄。彩色背景之间, 短波长作业成绩相对较好, 而波长较长的色彩认知作业的绩效相对较差。非彩色之间白色-灰色-黑色, 依次绩效增加。

### 3.3 不同色彩背景下认知任务的综合比较

综合生理指标和作业成绩, 可以认为色彩背景的不同在测验中可以影响到自主神经的活动, 并影响到了作业绩效。短波长的色彩更利于保持一个好的警醒水平, 而波长较长的色光可以调动自主神经的活动, 但可能加重紧张程度, 反而减低了作业绩效。虽然这一结果并没有完全的验证了“蓝移效应<sup>[5,6]</sup>”, 但是部分反映了在短波长色光下可以保持更好的警醒状态和工作绩效。

(下转第 511 页)



但目前这些方面的研究还非常少。

### 参 考 文 献

- Gross JJ. Emotion regulation: Past, present, future. *Cognition and Emotion*, 1999, 13 (5):551-573
- Gross JJ. The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, 1998, 2:271-299
- Gross JJ. Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, 2002, 39:281-291
- Gross JJ. Antecedent- and response-focused emotion regulation: Divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1998, 74:224-237
- Ochsner KN, Gross JJ. The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 2005, 9 (5):242-249
- Gross JJ, Levenson RW. Emotion suppression: Physiology, self-report, and expressive behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1993, 64 (6):970-986
- Gross JJ, Levenson RW. Hiding feelings: The acute effects of inhibiting negative and positive emotion. *Journal of Abnormal Psychology*, 1997, 106:95-103
- Jackson DC, Malmstadt JR, Larson CL, et al. Suppression and enhancement of emotional responses to unpleasant pictures. *Psychophysiology*, 2000, 37:515-522
- 黄敏儿,郭德俊. 原因调节与反应调节的情绪变化过程. *心理学报*, 2002, 34(4):371-380
- Egloff B, Schmukle SC, Burns LR, et al. Spontaneous emotion regulation during evaluated speaking tasks: Associations with negative affect, anxiety expression, memory, and physiological responding. *Emotion*, 2006, 6 (3):356-366
- Ochsner KN, Bunge SA, Gross JJ, et al. Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002, 14:1215-1229
- Ochsner KN, Ray RD, Cooper JC, et al. For better or for worse: Neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *NeuroImage*, 2004, 23:483-499
- Kalisch R, Wiech K, Herrmann K, et al. Neural correlates of self-distraction from anxiety and a process model of cognitive emotion regulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2006, 18(8):1266-1276
- Quirk GJ, Beer JS. Prefrontal involvement in the regulation of emotion: Convergence of rat and human studies. *Current Opinion in Neurobiology*, 2006, 16:723-727
- Hajcak G, Moser JS, Simons R F. Attending to affect: Appraisal strategies modulate the electrocortical response to arousing pictures. *Emotion*, 2006, 6(3):517-522
- Hajcak G, Nieuwenhuis S. Reappraisal modulates the electrocortical response to unpleasant pictures. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 2006, 6 (4):291-297
- Ohira H, Nomura M, Ichikawa N, et al. Association of neural and physiological responses during voluntary emotion suppression. *NeuroImage*, 2006, 29:721-733
- Phan KL, Fitzgerald DA, Nathan PJ. Neural substrates for voluntary suppression of negative affect: A functional magnetic resonance imaging study. *Biological Psychiatry*, 2005, 57:210-219
- Moser JS, Hajcak G, Bukay E, et al. Intentional modulation of emotional responding to unpleasant pictures: An ERP study. *Psychophysiology*, 2006, 43(3):292-296
- Schaefer SM, Jackson DC, Davidson RJ, et al. Modulation of amygdalar activity by the conscious regulation of negative emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002, 14 (6):913-921
- Harenski CL, Hamann S. Neural correlates of regulating negative emotions related to moral violations. *NeuroImage*, 2006, 30(1):313-324
- 王力,陆一萍,李中权. 情绪调节量表在青少年人群中的试用. *中国临床心理学杂志*, 2007, 15(3):236-238
- John OP, Gross JJ. Healthy and unhealthy emotion regulation: Personality processes, individual differences, and life span development. *Journal of Personality*, 2004, 72 (6):1301-1334

(收稿日期:2008-03-09)

(上接第 508 页)

### 参 考 文 献

- 张宪荣,张萱. 设计色彩学(第一版). 北京:化学工业出版社, 2003. 68
- 张秀阁,杨丽,梁宝勇,等. 以图片为刺激材料的内隐完美态度研究. *中国临床心理学杂志*, 2007, 15(3):248-252
- 蚁金瑶,钟明天,罗英姿,等. 情绪图片的阈下启动效应. *中国临床心理学杂志*, 2007, 15(3):304-307
- 侯艳红,刘庆峰,倪安胜,等. 不同色彩背景对选择反应和运算能力的影响研究. *第四军医大学学报*, 2006, 27(22):2085-2088
- Thapan K, Arendt J, Skene DJ. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans *Physiol*, 2001, 535:261-267
- Brainard GC, Hanifin JP, Rollag MD, et al. Human melatonin regulation is not mediated by the three cone photopic visual system. *J Clin Endocrinol Metab*, 2001, 86(1):433-436
- Joseph V, Baranski, Valerie Gil, et al. Effects of Modafinil on Cognitive performance during 40Hr of sleep Deprivation in a warm Environment *Military psychology*, 2002, 14 (1):23-47
- Leonard C, Fanning N, Attwood J, Buckley M. The effect of fatigue, sleep deprivation and onerous working hours on the physical and mental wellbeing of pre-registration house officers. *Ire J Med Sic*, 1998, 167 (1):22-25
- Marshall E, Walker P. Visual memory for pictorial stimuli in a serial choice reaction-time task. *British Journal of Psychology*, 1987, 78:213-231
- Hanna A, Remington R. The representation of color and form in long-term memory. *Memory-and-Cognition*, 1996, 24:322-330

(收稿日期:2008-02-28)