

人脑颜色诱发电位分析

吴文灿 刘济英 郑忠良

(航天医学工程研究所,北京)

一些研究者发现用等亮度或等能量的不同波长的色光刺激引起的视觉诱发皮层电位(VECP)的波形,在某种程度上是不同的。可将它们分为三类,分别对应于红、绿、蓝色。他们认为这一现象支持在人脑的视皮层存在三色感受器机制的观点^[1-3]。另外,有人^[4]对VECP采用特征矢量的分析方法,从VECP曲线推出只有两种互相独立的色颧抗反应(R-G和Y-B反应),没有三色理论所期待的三种互相独立的光谱感受性传递,从而强烈地支持人脑的VECP曲线存在色颧抗反应。

本文的目的是研究分析颜色诱发电位的次反应成分,对色光刺激是如何反应的,与空间频率及对比度诱发电位相比较,有无什么特征和规律。

实验方法

颜色刺激由 $\phi 50$ 毫米的干涉滤光镜实现,波长分别为450、500、550、600、625和650毫微米,各种波长校正为等亮度。白光刺激,由丹麦产Kuisers闪光刺激器产生,经校正使其与颜色刺激等亮度。亮度的校正用中性滤光片实现。刺激显示器置屏蔽室窗口,全视野弥散刺激,距人眼40厘米。被试坐在屏蔽室内。由英产MS6视觉图象发生器产生对比度为100%、四种不同大小的方格图象,与人眼距离150厘米,分别为5、10、20和40弧分。为保持这个距离,被试下颌置在一托架上。对比度刺激为20弧分方格,对比度分别为2、5、10、20、50和100%六种。

记录电极位置,枕外粗隆上2厘米处,额前正中实际上2厘米处,顶、左右离中心线各2厘

米处,共四个有效电极。左耳作参考电极,右耳接地,作单极引导。通过电极盒连到日产脑电仪SAN-E1-12型,和英产电生理记录仪MS6。对额、枕两导作实时处理。并将四导脑电作磁记录,供进一步处理。低频滤波1.6赫兹,高频滤波为32赫兹。分析时间为500毫秒,累加128次。

实验时要求被试注意力集中,记住颜色。实验后说出颜色次序。每做完一种颜色,休息2分钟,避免视后像的影响。每种条件每人重复三次。

被试五名,男性,年龄19—22岁,无眼疾,视力1.5。色觉异常者五名,男性,年龄21—25岁,视力1.5(有的为戴镜视力)。

结果和分析

颜色对枕部诱发电位的影响

成人大脑视觉诱发电位可分为主反应、次反应和后反应三部分。被试之间的VECP波形有明显的个体差异。同一个体,尽管每次的幅度不尽相同,但不同颜色的VECP波形上有明显差别。在本实验条件下,次反应部分主要由两个正波组成,呈“M”形。一般可区分为三类:450毫微米波长,即蓝色;500—550毫微米波长,即绿色;600—650毫微米波长,即红色。从图1可以看到,对红色反应的 N_1 波的潜伏期最短,约为50—100毫秒;对绿色反应的 N_1 波的潜伏期约为70—120毫秒;对蓝色反应的 N_1 波的潜伏期最长约为90—140毫秒。与视神经和视射束中有三种粗细不同的传入纤维的结果是一致的^[5]。

图2为颜色诱发电位 N_1 波幅值(峰-峰值)/

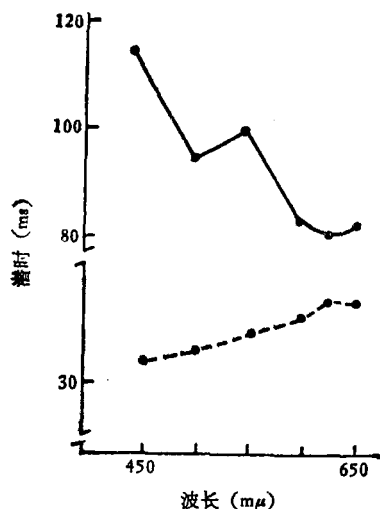


图1 N_1 波潜时随波长的变化
——枕 ---颞
五人十三次的平均结果

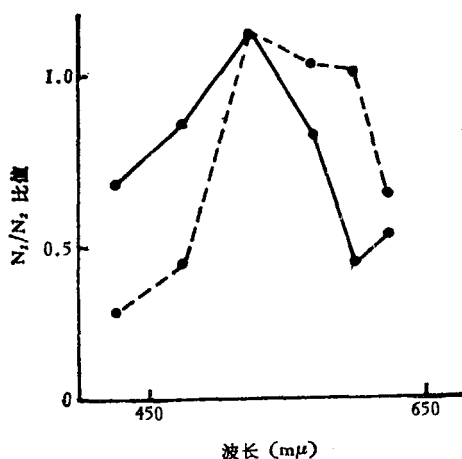


图2 视诱发电位两负波 (N_1/N_2) 比值与
色光波长的关系曲线

——三人九次的平均结果 ---二人六次的平均结果

N_2 波幅值(峰-峰值)比值随波长的变化。可以看到, 曲线成“乙”形或“J”形, 说明红-绿或红-蓝色互为颞抗。

方格图象刺激下的枕部诱发电位, 呈“W”形, 与颜色诱发电位比较, 有明显差别。方格图象诱发电位有两个较明显的负波峰, 不同空间频率的诱发电位波形只是幅度上有变化。图3是诱发电位幅度随不同空间频率的变化曲线, 呈“Λ”形。

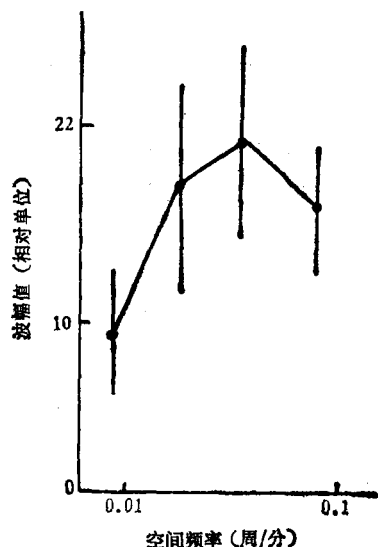


图3 方格图象诱发电位 N_2 波幅值与空
间频率关系曲线
七人二十一次的平均结果

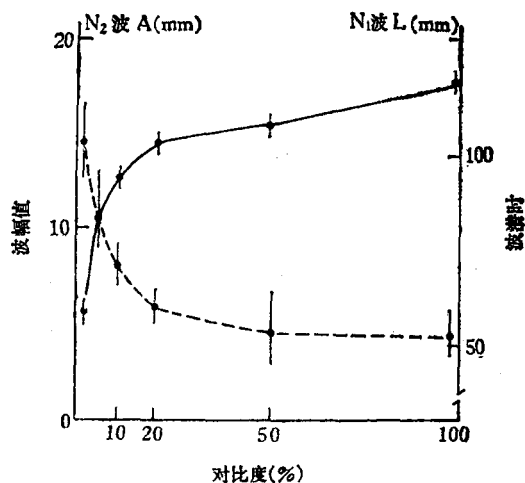


图4 N_1 波潜时 (L) N_2 波幅值 (A) 随不
同对比度的变化曲线

—— N_2 波 A --- N_1 波 L
七人二十一次的平均结果

不同对比度的方格刺激引起的枕部诱发电位的波形, 与枕部颜色诱发电位波形不同, 与对方格图象的反应一样呈“W”形。不同对比度诱发电位幅度有明显变化, 而且 N_1 波的潜时也不一样。图4是 N_1 波潜时, N_2 波幅值随不同对比度的变化曲线, 近指数函数的形式。在对比度为20%以下时, N_1 波的潜时随着对比度

增大而迅速缩短, N_2 波的幅值则迅速增大, 20% 以上, 两者变化趋慢, 不再有显著性差别。至 100% 对比度时, 潜时最短、波幅最大。

色觉异常者的枕部诱发电位

色觉异常者的颜色诱发电位次反应波形, 与前述色觉正常者的颜色诱发电位次反应成分不同, 不能区分为红、绿、蓝三类。五名色觉异常者的颜色诱发电位次反应波形, 有的略呈“M”形, 有的第一个正波很大, 后一个不明显; 有的第二个正波明显。对单色光刺激, 有的略有反应, 有的则没有反应。红、绿、蓝三种颜色引起的反应潜时各色觉异常者也不尽相同。图 5 是五名色觉异常者诱发电位波幅值与波长的关系曲线。从图可以清楚地看到, 他们的共同点是色觉抗不明显, 或根本没有色觉抗。颜色诱发电位测量与两种色盲检查法 (AH-59 型异色镜和色盲本) 检查结果基本符合。

颜色对额叶诱发电位的影响

用色光刺激, 额叶诱发电位的幅度比枕叶的小。它随波长也呈“ $\sim$ ”形变化, 红—绿色互为颞抗。但是, N_1 波的潜时的变化与枕部诱发电位的变化趋势恰好相反 (图 5a 虚线所示)。这似乎表明, 前额参与不同于枕部视区的色觉过程。

方格刺激下的前额诱发电位则不像枕部的诱发电位那样受不同大小方格 (空间频率) 调制。

额—枕颜色平均诱发电位的相关处理结果表明它们是正相关, 相关系数为 0.1—0.2, 相关显著。顶—枕颜色平均诱发电位则为负相关, 相关系数为 -0.10, 也具显著性。说明某种视觉刺激下, 在无其它环境因素影响, 人脑几个区域 (以至全部) 都处在活动状态。

讨 论

关于人脑诱发电位

从以上结果和分析可以看到枕部视诱发电位受刺激光波长、空间频率、亮度对比刺激的调制。但它们各有不同的规律。空间频率的诱发电位次反应的波形一般呈“W”形, 不同空间频

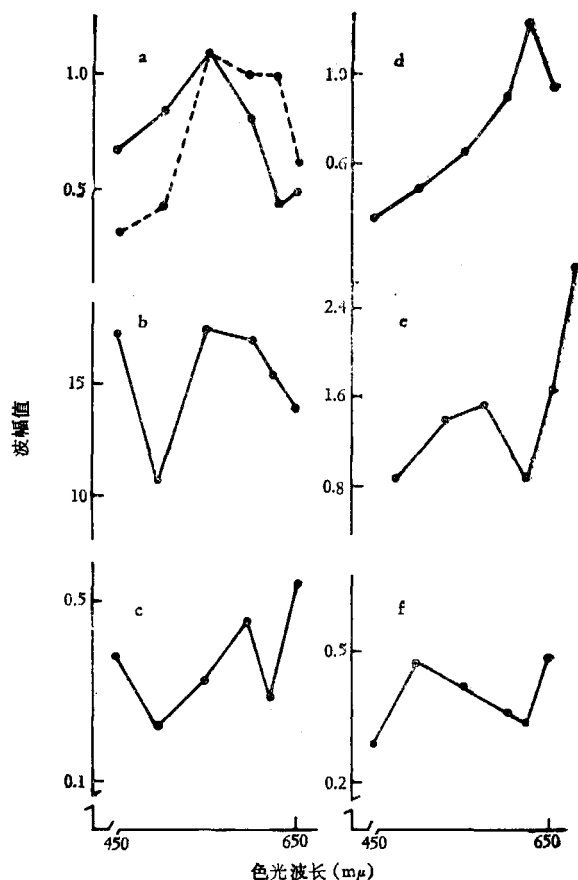


图 5 五名色觉异常者视诱发电位波幅值与色光波长关系曲线

a 色觉正常者平均曲线 b—f 色觉异常者平均曲线

率只对波形幅度有影响 (随空间频率呈“ $\wedge$ ”形变化)。亮度对比诱发电位的波形也明显地呈“W”形, 改变对比度, 不仅 N_2 波的幅值, 而且 N_1 波的潜时有明显变化 (近指数函数形式)。而颜色诱发电位波形呈“M”形, 随色光刺激, 两负波幅值之比呈“ $\sim$ ” (红—绿) 形或“ $\cap$ ” (红—蓝) 形, 表明互为颞抗。说明根据人脑诱发电位来客观地评定某些视功能是完全可能的。

额叶在颜色信息处理中的地位

近来的资料说明除枕叶外, 还有其它皮层中枢参与视觉信息的传递和处理。我们的研究表明, 不只枕部, 而且额部和顶部的诱发电位都受波长的调制, 前者为正相关, 后者为负相关。我们的实验还表明, 额叶颜色诱发电位也随波长呈“ $\sim$ ”形变化, 而且有额—枕颞抗的迹象。预

示着额叶在颜色信息处理中起着重要作用。

关于颞抗色

Hering 就颜色信息在视觉系统中的传递和处理提出了“四色颞抗”的色觉理论。但近年的资料表明,在视网膜上只存在对红、绿、蓝敏感的三种锥体细胞,在视觉通路各级水平上也只存在对红、绿、蓝敏感的细胞,它们的相互作用是颞抗的。我们诱发电位的研究也支持这一点。

本工作承蒙梅磊教授指导,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Shipley, T. et al.: *Science*, **150**, 1162, 1965.
- [2] Shipley, T. et al.: *Vision Res.*, **8**, 409, 1968.
- [3] Cignek, L. et al.: *Acta physiol. Scand.*, **76**, 82, 1969.
- [4] Yamanaka, T. et al.: *Vision Res.*, **13**, 1319, 1973.
- [5] 张香桐:《生理科学进展》, **2**, 124, 1958.

[本文于 1984 年 7 月 25 日收到]

多-ADP-核糖基化和 DNA 切除修复的关系

陈鸿书 彭家和 李蓉芬 苏礼民

(第三军医大学生化教研室,重庆)

早在三十年前就发现某些化学物质或电离辐射造成 DNA 损伤时,细胞内 NAD^+ 含量减少。现在证明, NAD^+ 除作为脱氢酶的辅酶外,还作为多-ADP-核糖合成酶的底物,用以合成多-ADP-核糖,从而修饰核蛋白发挥生物效应,如参与 DNA 的复制及修复等^[1,2]。多-ADP-核糖合成酶的活性是 DNA 依赖的,而且和 DNA 链上的切口数有关^[3,4],但多-ADP-核糖基化和 DNA 修复过程中的哪些反应步骤有关,目前尚无定论。

本文以人淋巴细胞为材料,紫外线(UV)照射造成 DNA 损伤,研究多-ADP-核糖基化和 DNA 切除修复的关系。

材 料 和 方 法

1. 淋巴细胞的培养及 UV 照射:

正常成人的静脉血以肝素抗凝,于 37℃ 直立静置 1—2 小时,待红细胞沉降后吸取富含白细胞的血浆层,移入另一试管中混匀备用。每培养瓶加入含 10% 小牛血清的 RPMI 1640 培养液 3ml, PHA 适量,青霉素及链霉素各 100u/ml 及细胞悬液 1×10^6 个/ml,置 37℃ 孵箱中培养。把需要照射的细胞离心除去上清液,仅剩 0.1 ml 培养液,转入直径为 2.5 cm 的广口玻

璃杯内,用波长为 253.7 nm 的 8W 消毒紫外灯距样品 40 cm 处进行照射。光照射的强度用草酸铁钾化学法测定。

2. NAD^+ 的测定:

(1) 细胞内 NAD^+ 的提取:按 Korp 等^[4]的方法略加改良。细胞用 0.9% NaCl 溶液洗一次,加 70% 乙醇(内含 0.01 M pH 7.0 磷酸钾缓冲液) 2 ml,混匀置冰水浴中。用 UR-200 P 型(20 kHz),ToMy 超声波发生器以 60 W 破碎细胞 30 秒钟,室温振荡 20 分钟后,于 4℃, $3000 \times g$ 离心 20 分钟。吸出全部上清液于刻度离心管中,置 80℃ 水浴用氮气吹至 0.6 ml。

(2) NAD^+ 的测定 参照 Nisselbaum 微量法的原理^[5],用本室建立的方法测定。反应混合物包含氯化硝基四氮唑蓝水溶液(2.5 mg/ml) 0.2 ml, 吩嗪硫酸甲酯水溶液(1mg/ml) 0.8 ml, 乳酸脱氢酶溶液(5 mg/ml) 0.1ml 及磷酸钠缓冲液(0.1 M, pH 7.4, 内含 0.5 M 乳酸钠及 0.02% Brij-35) 1.8ml。上述操作均在 10℃ 以下进行。将反应混合物置 37℃ 温育 10 分钟后转入冰水浴中。分别在测定管中加细胞提取液 0.2 ml,标准管中加 NAD^+ 标准 0.2 ml,空白管中加 pH 7.0 磷酸钾缓冲液 0.2 ml,摇匀后置 37℃ 保温 15 分钟,取出加 2M HCl 0.1 ml 终止反应。于