

蛤蚧的视网膜电图 (ERG) 及其明、暗适应特性

马万禄 蔡浩然 张允芝

(中国科学院生物物理研究所)

蛤蚧是一种昼伏夜出的大壁虎,盛产于我国的广西、云南一带。牠的眼睛无眼睑,而由眼罩 (Spectacle)^[1] 所代替。瞳孔呈垂直窄缝形,收缩时在窄缝上可见四个小孔。其视网膜没有明显的中央凹,视细胞在与瞳孔垂直方向上排列成行。感受细胞层由纯视杆细胞构成,这些细胞在形态学上既具有视杆型的特征,又具有视锥型的特征^[1,2]。

视网膜电图 (ERG) 是视网膜内各种细胞 (除神经节细胞外) 的综合电反应。关于 ERG-b 波的起源,目前还有争论^[3],但 b 波能较好地反映视网膜的敏感性这一点已为大家所公认。因此,我们选择了 b 波为指标,对蛤蚧视网膜的某些功能特性进行了初步观察和分析。

材料与方法

1. 实验动物及记录装置: 蛤蚧 (*Gekko gekko*) 系从广西南宁附近捕获、航寄到北京后饲养,主要饲料是面包虫。实验前一夜,将少量 1% 的三碘季铵酚 (Flaxedil) 溶液注入蛤蚧的眼罩与角膜之间,扩大瞳孔。动物暗适应过夜,于次日上午开始实验。动物不再麻醉,先在暗红光下将眼罩剪一小口,或将眼罩全部去掉,再滴一滴 1% 的三碘季铵酚溶液于角膜上。接着用大头钉将动物固定在泡沫塑料板上,并置于刺激光源下,使角膜位于刺激光的中性毛玻璃片下 0.5 厘米处。记录电极为直径 0.1 毫米的钨丝,电极尖端卷曲与角膜接触。参考电极为银-氯化银丝,放入动物口腔内,动物体接地。ERG 经前放显示于示波器,摄影记录。这样记录到的 ERG 为弥散 ERG^[3]。

2. 光刺激系统: 光源为 250 瓦的钨卤素灯。光源发出的光,经隔热玻片、直角棱镜和透

镜系统,形成两束平行光。一束作为刺激光、另一束作为明适应时的背景光,或测定暗适应曲线时的前曝光。这两束光经混光立方体混合,最后通过中性毛玻璃片形成弥散光,光斑直径为 30 毫米。未衰减的刺激光与背景光的强度经标定,分别为 3994 微瓦/厘米² 与 341 微瓦/厘米²。刺激光的强度 ($\log I$) 和背景光的强度 ($\log I_B$) 以中性滤光片调节,未衰减时均以 0 表示,衰减以负对数单位表示。

实验结果

1. 暗视和明视 ERG 图 1 为在不同光强度刺激下记录到的一组暗视 ERG。当 $\log I > -1.5$ 时, b 波振幅渐趋饱和。继续增加刺激光的强度, a 波出现,在 b 波的顶端和下降相叠加

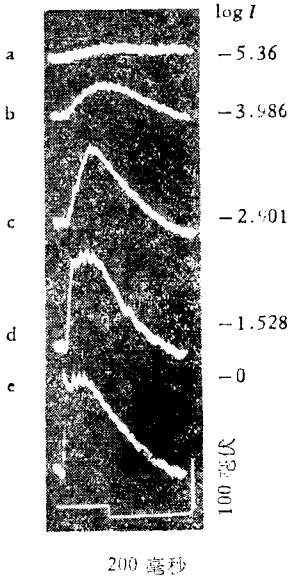


图 1 暗适应状态下蛤蚧 ERG 的波形

a. $\log I = -5.36$ b. $\log I = -3.986$
c. $\log I = -2.901$ d. $\log I = -1.528$
e. $\log I = 0$ 刺激时间为 200 毫秒,标准电压为 100 微伏。

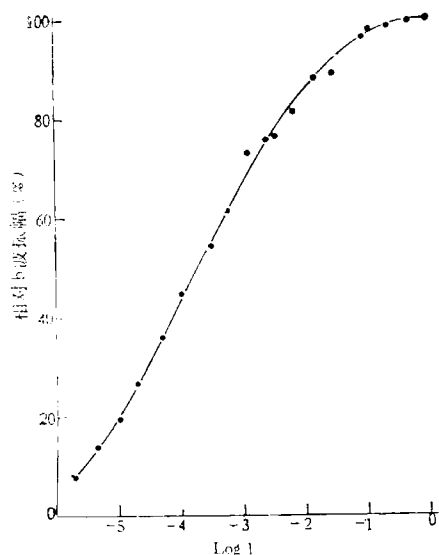
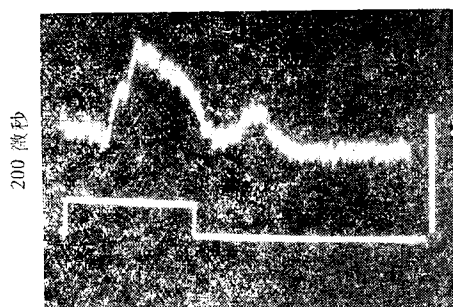


图2 蛤蚧暗视 ERG-b 波的振幅——强度曲线

纵坐标为任一光强度下的 b 波振幅相对于最大 b 波振幅的百分数, 即相对 b 波振幅, 用%表示。横坐标为 $\log I$ 。

有振荡电位 (Oscillatory potential)。但在撤光时, 未见 d 波。图 2 为暗视 ERG-b 波的振幅——强度曲线, 系 9 只标本 11 次实验所得结果的平均值。该曲线可近似地用双曲方程 $V/V_{\max} = I^n/I^n + \sigma$ 来描述。式中的 V 表示某一光强度所引起的 b 波振幅, $V_{\max}$ 表示最大的 b 波振幅, I 表示相对光强度, σ 为常数。根据上式计算得到 n 为 0.52。

明视 ERG、如图 3 所示。其特征是, 撤光



10) 毫伏

图3 明适应状态下蛤蚧 ERG 的波形

$\log I_B = -0.741$, 明适应 20 分钟以上。
 $\log I = -1.528$, 刺激时间为 200 毫秒。
标准电压为 100 微伏。

时出现一个明显的正相 d 波。

2. b 波的暗适应特性

用两种强度的适应光, 分别作前曝光持续 20 分钟, 然后测定 b 波的阈值在暗适应过程中的变化。结果是: 1) 用 $\log I_B = 0$ 作前曝光, b 波阈值约比暗视阈值高 3.5 对数单位, 之后阈值迅速变下降, 约 5—6 分钟就几乎恢复到暗视阈值。没有发现暗适应曲线有转折现象(图 4-I)。2) 用 $\log I_B = 0$ 与 $\log I = 0$ 的总和作前曝光, 在最初 5—6 分钟内 b 波阈值下降迅速, 之后渐趋缓慢(图 4-II)。从四次实验结果看到, 在暗适应进行到半小时左右时, 曲线似乎出现了不太明显的转折现象。在暗适应 45 分钟后, 阈值仍比暗视阈值约高 1.2

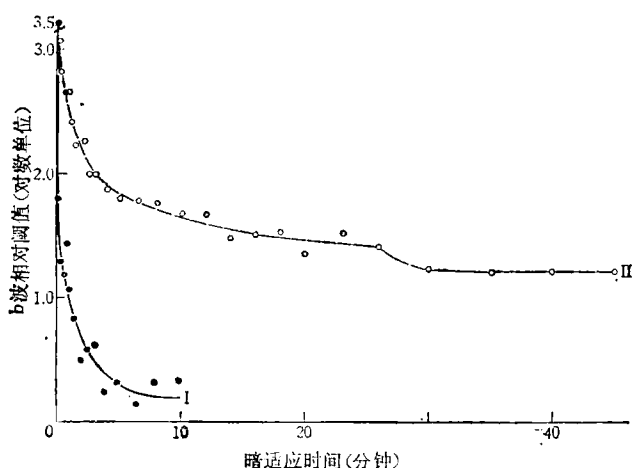


图4 蛤蚧 ERG-b 波阈值的暗适应曲线

纵坐标为 b 波的相对阈值 (规定充分暗适应状态下的 b 波阈值为 0), 以对数单位表示。横坐标为暗适应时间(分钟)。I 是以 $\log I_B = 0$ 为前曝光 (20 分钟) 的暗适应曲线, 是三次实验结果的平均值。II 是以 $\log I_B = 0$ 与 $\log I = 0$ 的总和为前曝光 (20 分钟) 的暗适应曲线, 是四次实验结果中的一例。

对数单位。

3. b 波的明适应特性

在三种不同强度的明适应过程中, b 波振幅变化的总趋势是: 在明适应一开始, b 波振幅急剧下降, 然后部分回升; 至 2.5 分钟以后, 振幅似乎不再变化, 逐渐趋于稳定状态。如图 5 所示。

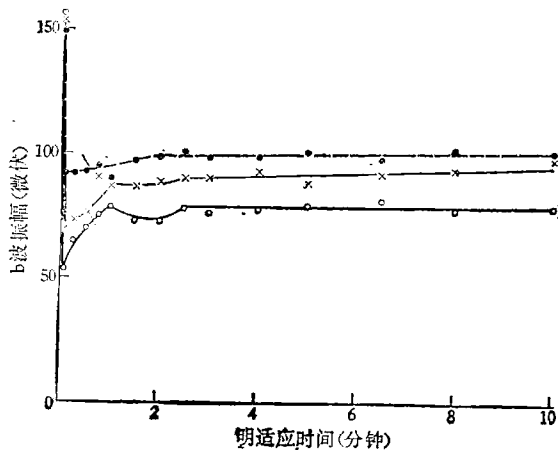


图5 蛤蚧 ERG-b 波振幅在明适应过程中的变化

纵坐标为 b 波振幅(微伏),横坐标为明适应时间(分钟)。曲线 I 的 $\log I_B = -3.452$, $\log I = -2.171$, 是四次实验结果的平均值。

曲线 II 的 $\log I_B = -0.741$, $\log I = -1.528$, 是四次实验结果的平均值。

曲线 III 的 $\log I_B = 0$, $\log I = -0.643$, 是三次实验结果的平均值。

讨 论

蛤蚧在明适应过程中,无论明适应光的强度如何,其视网膜的敏感度都先下降,而后又部分恢复。只是在弱明适应光的情况下,恢复不明显。关于这一恢复机制,杨雄里等^[4]认为在混合型网膜中是视锥细胞的适应特性,是视锥细胞在这种情况下从视杆细胞对其抑制中解脱出来所致。据 Kleinschmidt 等^[5]的推测,蛤蚧视网膜中那种比较小的视杆细胞,似具有视锥细胞的适应特性,如在高强度背景光时,辨增阈并无饱和的趋势。也有工作表明,这些细胞的一

部分所含视色素的吸收光谱峰值为 470—480 nm^[6],而在明视时,蛤蚧的 ERG-b 波光谱敏感度峰值确实有向短波方向位移的倾向^[7,8,9]。Dodt 等^[10]的工作也早已表明蛤蚧的 ERG 兼有暗视和明视系统的特征。Walls 提出的演变学说(transmutation theory)^[2]认为,夜行的壁虎是从昼行的祖先演变来的,其视细胞处于从视锥细胞向视杆细胞转变的一种中间状态,在形态学上兼有两种特征,这可能就是蛤蚧兼有明视、暗视特性的原因。

本实验得到章正廉、谈曼琪、齐翔林、刘宗汉、雷志才及洪善贤(昆明298厂)等同志帮助,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] Tansley, K.: *Vision Res.*, 4, 35, 1964.
- [2] Crescitelli, F.: *Handbook of Sensory Physiology*, Vol. VI/1, Springer-Verlag, New York, 1972, 245.
- [3] 杨振玉、杨雄里:《生物化学与生物物理进展》,1978年,5期,14页。
- [4] 杨雄里等:《生物化学与生物物理进展》,1978年,10卷,15页。
- [5] Kleinschmidt, J. and Dowling, J. E.: *J. Gen. Physiol.*, 66, 617, 1975.
- [6] 马万禄、蔡浩然、张允芝、赵东坡:《科学通报》,1975年,24期,1137页。
- [7] Crescitelli, F.: *Giba Foundation Symposium Colour Vision*, 1965, 301.
- [8] Crescitelli, F.: *Vision Res.*, 6, 129, 1966.
- [9] 马万禄、张允芝、蔡浩然:《蛤蚧视网膜电图b波的光谱敏感性》,待发表。
- [10] Dodt, E. and Jessen, K. M.: *J. Gen. Physiol.*, 44, 1143, 1961.

[本文于1980年2月5日收到]

蛋白质晶体结构测定通用程序之一

——差值帕特逊法确定蛋白质同晶型衍生物中重原子位置

宋时美 李 军

(中国科学院生物物理研究所)

多对同晶置换和反常散射法是目前测定生物大分子晶体结构的主要方法。这一方法可以概括为以下五个步骤;

1. 培养出适用于衍射的蛋白质晶体。
2. 制备两个以上与蛋白质母体同晶型的重原子衍生物。