

无针乌贼视网膜电图适应特性电生理研究

郑微云 紫敏娟
(厦门大学海洋系)



乌贼是重要海洋水产资源之一,开展视觉生理研究是光诱乌贼渔业提出的迫切课题。又因头足类眼在构造上处于脊椎动物眼的过渡阶段,所以这种研究在理论上的意义是显而易见的。六十年代初对乌贼适应性问题开始研究。Бызов、Орлов和Утина (1962)^[6]以乌贼为对象作了网膜适应的研究,Daw和Pearlman (1974)则研究了枪乌贼(Loligo)网膜中色素迁移和视觉适应特点。但乌贼视网膜电图(下略称ERG)适应特性至今尚缺乏系统的研究。本文对无针乌贼(*Sepietta maindroni* da Rochebrune)完整眼ERG在暗视和明视条件下波形的变化和适应特性作了研究,现报道如下。

一、材料与方 法

无针乌贼在厦门集美海区捕获,胴长10—15cm,经室内水池饲养1—2天后,选生理状态良好的用2—3%的氨基甲酸乙酯麻醉,约5分钟后即进入麻醉状态。然后使其侧卧在悬浮于海水槽内的纱布垫上,一侧浸入海水,另一侧暴露于空气中。将软胶管插入乌贼的外套腔,连续通入含有饱和氧的新鲜海水。海水经鳃流入水槽后重新循环(速度450毫米/分)。随后去掉测定眼的眼睑。在此条件下,动物一般可在4—5小时内保持稳定的反应。

光源为30瓦显微镜灯(稳流),用两束光系统形成的两束平行光束分别作刺激光和背景光。光的颜色和强度分别用干涉滤色片和中性滤光片改变。两束光在瞳孔平面的功率密度是:背景光为3750微瓦/平方厘米(白光),刺激光为5460微瓦/平方厘米(白光)。为了叙述

和计算方便,光强($\text{Log} I$ —刺激光强, $\text{Log} I_0$ —背景光强),均以衰减的对数单位表示。

记录电极为直径0.2毫米绝缘银丝,尖端裸露成球状,直接和角膜接触。参考电极插在眼球后,鱼体由银片连同海水接地。ERG经前放直接显示于SBR-1示波器。由照相机摄影记录。

二、结果与讨论

(一) ERG的一般特性

图1是在暗视条件下一组典型的无针乌贼暗视ERG。在给光后是一个简单的角膜负波,负波后的正相偏转为撤光反应,负波最大振幅为8mv,随刺激光强而加强,负波振幅逐渐饱和。负波综合时间(Summation time)约为200毫秒。

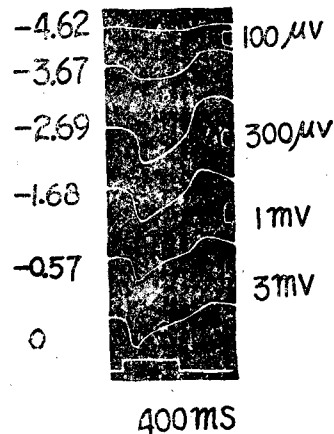


图1 无针乌贼暗视ERG波形
左边数字表示光刺激强度(对数)
右边为振幅标尺
下边表示刺激时程(毫秒)

图2为无针乌贼暗视负波完整的振幅—强度曲线。纵坐标以任一强度的反应振幅相对于最大振幅的百分数表示，横坐标为 $\log I$ ，两者关系可近似地用下列非线性方程描述：

$$\frac{v}{v_{\text{最大}}} = \frac{I_a}{I_a + k}$$

其中 v 为相当于光强 I 的ERG振幅， $v_{\text{最大}}$ 为最大振幅， k 为常数。

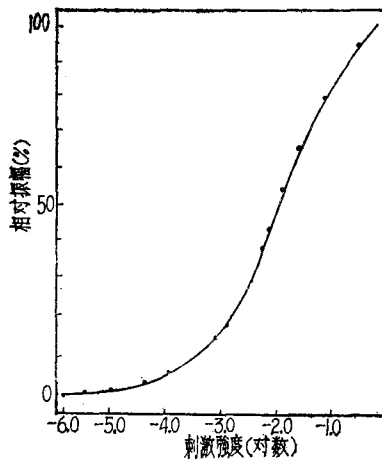


图2 无针乌贼暗视ERG负波完整振幅—强度曲线
横坐标为光强 ($\log I$)，纵坐标为任一强度反应相对于最大反应的百分数。
符号●—●表示五只乌贼平均值

在明视情况下，无针乌贼ERG波形没有明显变化，综合时间也基本不变（见图3）。

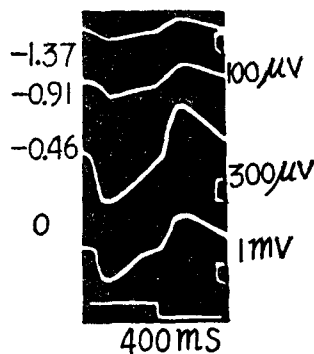


图3 无针乌贼明视ERG波形
左边数字表示光刺激强度（对数）
右边为振幅标尺
下边表示刺激时程（毫秒）

无针乌贼在明暗视下其波形与章鱼十分相似^[4,5,6]。这与脊椎动物有着明显的区别，显然与头足类网膜结构的排列同脊椎动物网膜恰好倒转有关^[2]。

（二）ERG暗适应特性

图4以背景光 $\log I_B = 0$ 作漂白光适应3分钟，刚撤光出现单一负相偏转，30秒后有一个正相偏转。图中清楚看出ERG振幅随着暗适应而迅速增大和敏感性增加的特性。

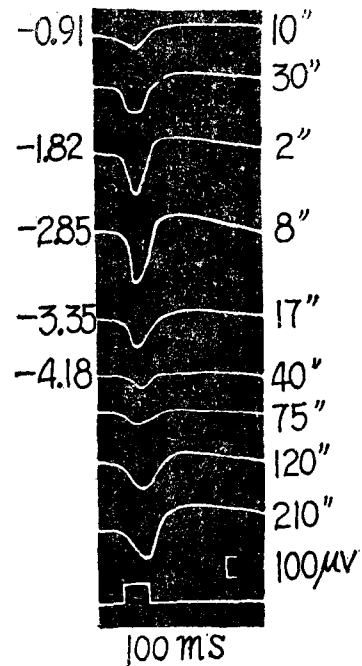


图4 无针乌贼暗适应波形变化
右侧数字为暗适应时间
左侧为刺激光强
右下侧为振幅标尺
左下侧为刺激时程

暗适应的进程随漂白光强有很大的不同。当 $\log I_B = -3.0$ ，无针乌贼阈值在暗适应30分钟后即恢复到暗视水平，阈值变化仅1.2对数单位（图5）。当 $\log I_B = 0$ 时，撤光初期阈值迅速下降，最初15分钟下降2.7对数单位。15分钟后阈值下降缓慢，在暗适应3.5小时阈值，仍比明适应前高。阈值变化约为3.6对数单位，曲线平滑、无明显的转折（图6）。当用 $\log I_B = 0$ 和 $\log I = 0$ 总和漂白时，用最强的光刺激

($\log I = 0$) 也不能记录到ERG, 直至30分钟, 这时能从对侧眼记录到ERG, 表明动物状态并未恶化。

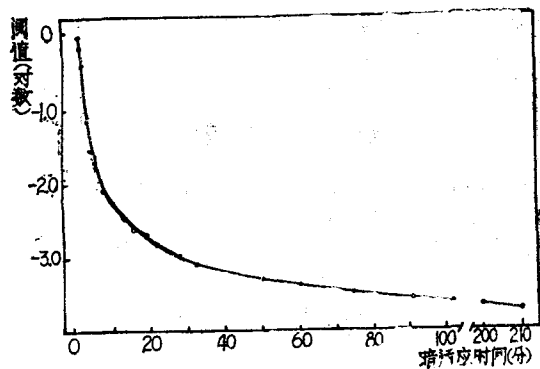


图5 无针乌贼暗适应曲线
适应光强 (白光) $\log I_B = 0$,
照射5分钟。

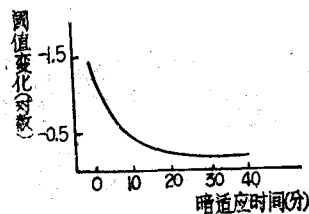


图6 无针乌贼暗适应曲线
适应光强 (白光) $\log I_B = -3.0$,
照射5分钟。

这暗适应进程的结果与 Daw 和 Pearlman 等在枪乌贼所得结果⁽⁴⁾ 相似。组织学研究表明, 强背景光照射使网膜色素颗粒向感受细胞顶端迁移, 历经几小时后仍有部份未返回原处。这些色素起了屏蔽光的作用, 是强光漂白后阈值长时间不能恢复的重要原因。在用更强光 ($\log I_B = 0$ 和 $\log I = 0$ 总和) 漂白后30分钟都不能记录到反应, 很可能是感受细胞受到强光的损伤所致。

(三) ERG明适应特性

图7表示无针乌贼在明适应过程中波形变化。它在明适应中网膜敏感性的下降和ERG负波振幅的缩小都很显著。

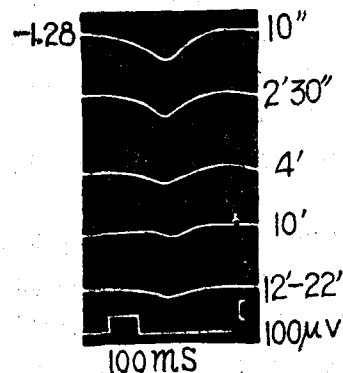


图7 无针乌贼明适应波形变化
右侧数字为明适应时间
左侧为刺激光强
右下侧为振幅标尺
左下侧为刺激时程

在明适应过程中, 网膜敏感度逐渐降低, 但适应光强不同, 显然进程也不相同。当 $\log I_i = -5.0$ 时, 明适应进程较短, ERG 仅在4分钟就达稳定, 阈值变化约0.2对数单位(图8); 而当 $\log I_B = -1.5$ 时, 明适应需10分钟左右才能完成, 阈值变化0.5对数 (图9)。

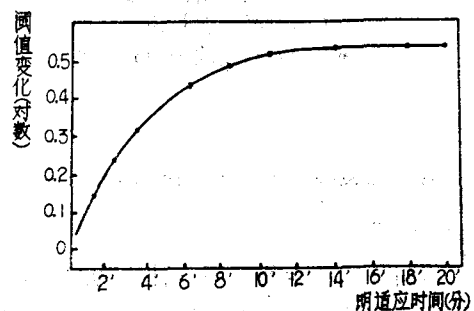


图8 无针乌贼明适应曲线
(背景光强 $\log I_B = -1.5$)

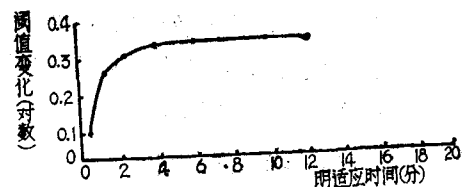


图9 无针乌贼明适应曲线
(背景光强 $\log I_B = -5.0$)

不同背景光强明适应过程结果表明,不论适应光的强弱,敏感度变化只有一种类型,即随明适应时间延长,敏感度逐渐下降,这相当于杨雄里等结果中的D型变化^[1]。这一结果为明适应过程中敏感变化的讨论提供了一些资料。

为了观察背景光对网膜敏感性的影响,测定了在不同强度背景光下引起振幅为50 μ v的反应的刺激光强,即辨增阈。刺激光波长为523毫微米和623毫微米,背景光为白光。图10表明,当 $\log I_B \leq -5.58$ 时,辨增阈随背景光增强变化不大; $\log I_B$ 从-7.43增至-5.58, 辨增

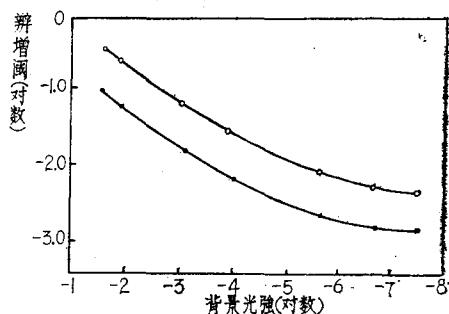


图10 无针乌贼辨增阈曲线
○—○表示刺激光波长为623nm
●—●表示刺激光波长为523nm

阈 $\log I_T$ 的变化仅为0.25—0.30对数单位。但当 $\log I_B > -5.58$ 时, $\log I_T$ 与 $\log I_B$ 的关系符合韦伯法则(Weber law), 即 $d(\log I_T) = \alpha d(\log I_B)$ 。常数 α 对于523毫微米和623毫微米均为0.6, 两曲线并无交叉的趋势。这结果提示乌贼的网膜可能只有单一的感受系统。

参 考 文 献

- [1] 杨雄里等, 1978, 生物化学与生物物理学报, 10 (1); 15—26。
- [2] 蔡浩然、马万禄编, 视觉分子生理学基础。27—31, 130—132。
- [3] Daw, N. W. and A. L. J. Pearlman, 1974 Gen. Physiol. p63, p22。
- [4] Hamasaki, D. I. 1968 Vision Res., 8: 246—258。
- [5] Бызов, А. А., Орлов, О. Ю., и И. А. Ртина, 1962. Биофизика 7 (3): 322—327。



(上接第23页)

应采用不同种类的生物或同一种生物的不同发育阶段或不同的生长期全面地测定,再确定安全浓度和排放标准,就更为准确。

从多次的实验结果看,DDNP的毒性比Hg、Cu等低¹⁾²⁾,不是剧毒药物,其毒性的表现主要是腐蚀作用,使动物的体表发生腐烂。DDNP对淡水鱼类的毒性也是腐蚀作用³⁾。其性质也不象DDT和六六六那样稳定。

参 考 文 献

- [1] Brown, B. E. and R. C. Newell, 1972. Mar. Biol. 16:108—118。

- [2] Bayne, B. L., 1976. Mar. Poll. Bull 7 (12):217—218。
- [3] Cunnigam, P. A. and M. R. Tripp, 1975. Mar. Biol. 31:311—20。
- [4] Dillon, T. M. and J. M. Neff, 1978. Mar. Environ. Res. 1:67—77。
- [5] Phillip, J. H., 1976. Mar. Biol. 38(1): 59—65。

- 1) 崔可铎, 吴玉霖等, 1979. 非洲鲫鱼对汞积累的实验研究(未刊稿)。
- 2) 吴玉霖, 崔可铎等, 1979. 毛蚶对汞积累和排出的实验研究(未刊稿)。
- 3) 曲年受, 崔可铎等, 1980. 二硝基重氮酚对淡水鱼类的毒性试验(未刊稿)。