

中国对虾复眼的研究

I . 解剖与组织结构*

胡景杰 陈宽智 包振民

(青岛海洋大学生命学院 266003)

提要 中国对虾具一对有眼柄的复眼, 复眼约由 55 000 个小眼构成。每个小眼由角膜、成角膜细胞、晶状体、晶状体束、小网膜细胞及其细胞膜突出的微绒毛汇合而成的感杆束等部分组成。在复眼中还有起调节进入小网膜光量的远端色素和近端色素。小网膜细胞形成轴索, 穿过基膜上的网眼, 联系神经节瓣。

关键词 中国对虾, 复眼, 小眼, 组织结构

* 节肢动物分布极广, 种类多, 数量大, 生活方式多样, 由于生活方式及环境差异, 其视觉器官的结构与功能则各不相同。中国对虾 *Penaeus chinensis* (O'sbeck) 属甲壳动物, 有洄游习性, 但生殖与生长期均在浅海河口完成, 白昼常伏于泥沙中, 黄昏后出来觅食, 因此, 其复眼结构更有其特殊性。关于中国对虾复眼的研究, 迄今仅见吴友吕先生一文, 主要阐述得病个体与正常个体复眼超微结构的比较^[1]。对其解剖学、组织学以及亚显微结构的系统研究, 尚未见报道, 本文着重描述解剖与组织结构, 至于系统亚显微结构将另文记载, 供有关教学、科研及生产实践作参考。

1 材料与方法

中国对虾标本于 1990 年 10 月及 1991 年 10 月购于黄岛养殖场的人工养殖个体, 标本体长 12~14cm; 1992 年 4 月购买的海捕个体, 标本体长 20~22cm。1990 年 10 月的养殖个体和 1992 年 4 月的海捕个体用 5~10% 的甲醛溶液固定、保存。1991 年 10 月的养殖个体用 Bouin 氏液固定。组织切片采用乙醇逐级脱水、石蜡包埋, Weigert 氏铁苏木精及异染性染料染色。切片厚度 7~9 μ m, 光学显微镜观察并照相。

2 结果

中国对虾具一对复眼, 生长于身体前端, 额角之下两侧。复眼略呈蚕豆状, 具有能活动的眼柄。随着眼柄的活动, 有效地扩大视野范围。经测量, 体长 12cm 的个体(包括雄性和雌性的养殖个

* 国家自然科学基金 3870070 及青岛海洋大学青年基金资助项目。
收稿日期: 1996 年 5 月 3 日

体), 眼柄长 0.7cm, 眼的长径 0.6cm, 短径 0.4cm; 体长 22cm 的海捕个体, 眼柄长 1.0cm, 眼的长径 0.8cm, 短径 0.6cm。复眼由许多结构相同的小眼作扇形紧密排列而成。复眼所含小眼数目随着不同的发育阶段, 不同个体有所差异。成熟个体的复眼约由 55 000 个小眼构成。每个小眼由屈光系统、视网膜、色素细胞及其衍生物组成, 分述如下。

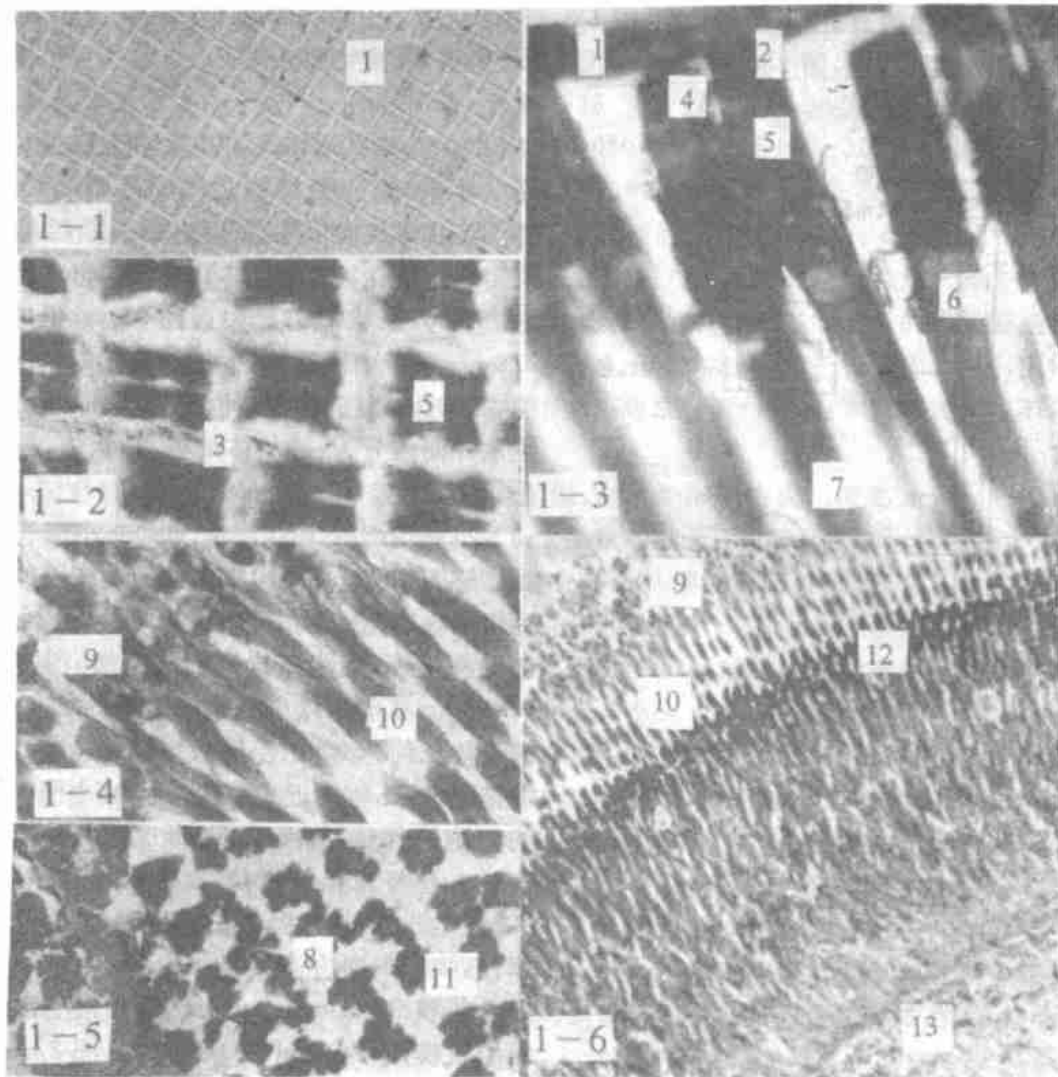


图 1 中国对虾复眼构造

Fig. 1 Structure of the compound eyes of the shrimp *Penaeus chinensis*

1-1 角膜的横切面× 125; 1-2 晶状体的横切面× 350; 1-3 晶状体的纵切面× 350; 1-4 小网膜部分的斜切× 500; 1-5 感杆束部分的横切× 500; 1-6 从小网膜到基膜部位的纵切× 125

(1)角膜; (2)成角膜细胞; (3)远端色素; (4)晶状体细胞; (5)晶状体; (6)晶帽; (7)晶状体束; (8)小网膜细胞; (9)小网膜细胞核; (10)感杆束; (11)近端色素; (12)基膜; (13)神经节瓣

角膜(Cornea) 角膜覆盖在小眼的外表面,匀质而透明。角膜厚约 $30\mu\text{m}$,切面略呈双凸形(图2)。每个小眼角膜的外表面称为小眼面(Facets)。中国对虾的小眼面为正方形,养殖个体小眼面边长约 $35\mu\text{m}$,小眼面之间的间隙约为 $1.5\mu\text{m}$;海捕个体小眼面边长 $45\mu\text{m}$,小眼面之间的间隙约为 $1.8\mu\text{m}$ (图1-1)。小眼面的大小随个体的增大而增大。角膜构成视觉系统的界限,其外是介质海水,向内是透明的晶状体。角膜是由其下方的三角形的成角膜细胞(Corneagenous cells)所分泌而形成的(图2)。

晶状体(Crystalline lens)和晶状体束(Crystalline tract) 晶状体和晶状体束在角膜之下,是角膜和感光器连接的通道,呈透明状态[图1-3,(5)(7),图2]。晶状体由4个细胞形成,其横切面为正方形[图1-2,(5),图2]。晶状体之下为晶状体束,其横切面为圆形

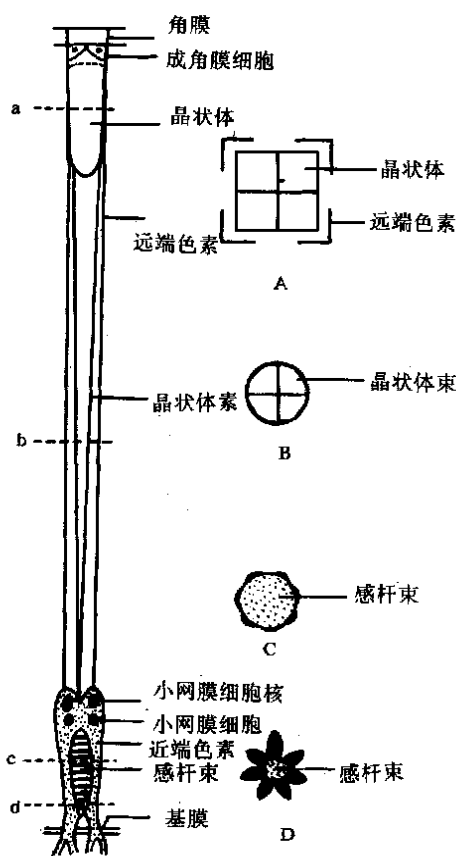


图2 小眼的结构

Fig. 2 structure of ommatidium

(图2)。无论是远体端的晶状体还是近体端的晶状体束,其4个细胞之间的界限是很清楚的。晶状体束向下逐渐变细,形成晶丝与感杆束相连。养殖个体晶状体其边长 $35\mu\text{m}$,其高度为 $175\mu\text{m}$,晶状体束最大直径 $35\mu\text{m}$,延伸约 $1375\mu\text{m}$;海捕个体远体晶状体边长 $45\mu\text{m}$,延伸约 $2260\mu\text{m}$ 。由于存在染色差异,这部分屈光系统从外向内分为:晶状体细胞、晶状体、晶帽和晶状体束[图1-3,(4),(6),图2]。

小网膜细胞(Retinular cells) 小网膜细胞是光感受细胞。每个小眼中由7个细胞放射排列组成玫瑰花结状[图1-5,(8),图2]。小网膜细胞细长形,细胞核位于细胞顶端[图1-4,1-6,(9)]。养殖个体小网膜细胞长约 $230\mu\text{m}$,海捕个体长约 $250\mu\text{m}$ 。小网膜细胞中分布有大量的棕色色素,称为近端色素(图2)。小网膜细胞的细胞膜外延,相互交汇,形成感杆束(Rhabdom)。感杆束呈纺锤状,短小,距离晶状体远[图1-4,1-6,(10),图2]。入射光经角膜、晶状体、晶状体束到达感杆束。

基膜(Basement membrane) 为小眼最里面的层膜,厚约 $5\mu\text{m}$ [图1-6,(12),图2]。小网膜细胞发出的轴索,穿过基膜上的网眼,进入神经节瓣[图1-6,(13)]。

3 讨论

多数甲壳动物种类成体具有复眼并成对,位于头部两侧。但也有例外情况,如小长臂虾 *Palaeomonetes* 除具有一对主复眼位于眼柄的顶端外,还有位于眼柄腹面的附属眼,与主复眼相

连,这种附属眼是独立的小复眼,约由20个小眼构成^[9]。端足类 *Amphipoda* 的 *Phronima* 具有两个侧生的复眼和两个位于头部中央的大复眼汇合在一起,占满整个头部^[4]。介形类 *Ostracoda*、鳃尾类 *Branchiura* 等足类 *Isopoda*、端足类等动物的复眼无眼柄,直接着生于头部。中国对虾无甲目 *Anostraca*、叶虾目 *Nebaliacea*、山虾目 *Anaspidacea*、糠虾目 *Mysidacea*、磷虾目 *Euphausiacea*、口足目 *Stomatopoda* 等动物一样,具有能活动的眼柄。由于眼柄肌肉的运动,产生了复眼的转动和眼柄的运动^[2],Dall 指出:食用对虾 *Penaeus esculentus* 每只复眼水平最大视角为 200°,2 只眼水平视野为 360°,并有部分重合。在垂直范围,2 只复眼的视野也有部分重合。当对虾栖息于海底时,它能够看到周围各个方向^[5]。

组成复眼的小眼数目各类群动物有所不同,可从几个到数万个。等足动物栉水虱 *Asellus aquaticus* 的复眼有 4 个小眼^[11],*Amadilidium* 为 20~25 个^[13],蜚虫 *Triops* 为 272 个^[13],虾蛄 *Squilla* 为 3 000 个^[13],南极超型磷虾 *Euphausia superba* 4 000 个^[7],一个体长 30cm 的螯龙虾 *Homarus* 为 14 000 个^[13],成熟的斑节对虾 *Penaeus monodon* 竟有 80 000 个小眼^[10]。根据成像原理,小眼数目越多,成像清晰度越高。本文按复眼表面积与小眼面面积之比计算,一尾体长 12cm 的中国对虾约有 55 000 个小眼。吴友吕在他的论文中描述中国对虾复眼中央部位的长正方形角膜表面面积约 $20\mu\text{m}^2$ ^[11],根据此数据,可算得边长约为 $4.5\mu\text{m}$ 左右。而本文测量的成体虾复眼的小眼方形角膜边长 $35\sim 45\mu\text{m}$,面积为 $1\,225\sim 2\,025\mu\text{m}^2$ 。两者相比,边长相差为 10 倍,面积相差近百倍。再者,文献[1]描述中国对虾复眼由数千个小眼聚合而成^[1],与本文的测量也有较大出入。

中国对虾的晶状体结构与多数甲壳动物相似,由 4 个细胞构成。卤虫 *Artemia* 的晶锥由 4 个细胞构成,但有时能够发现 5 个^[8]、3 个或 6 个晶锥细胞^[6]。而糠虾类、等足类、磷虾类、端足类等的晶锥由 2 个细胞构成,近来发现:许多具有 2 个晶锥细胞的种类,还有 2 个附属的晶锥细胞。Nilsson 在研究中发现:栉水虱 *Asellus* 的晶锥可以由 2 个、3 个或 4 个细胞构成;相应地,每个小眼中就有 2 个、1 上、0 个附属细胞^[11]。这正如 Parker 所指出:“组成甲壳动物晶锥的晶锥细胞的基本数目是 4 个。”^[12]

多数种类甲壳动物的小眼中有 8 个小网膜细胞,其中有 1 个细胞(R8)变小,位于感杆束的远体部位或在特殊位置上,而另外 7 个细胞较大,放射排列,组成玫瑰花状。用公式表示为:“7+1”。“7”表示正常的小网膜细胞,“1”表示特化的小网膜细胞。等足类海岸水虱 *Ligia oceanica* 的小网膜细胞分为三类:2 个(小细胞)+5 个(大细胞)+1 个(偏心细胞)。由于多了一类细胞,小网膜功能就有可能增加^[7]。中国对虾仅有 7 个小网膜细胞,本文未见 R8。

不同甲壳动物小眼面的形态各有不同。短尾类、口足类、寄居蟹类和磷虾类的小眼面呈六角形^[12],本文观察的中国对虾小眼面和长尾类、铠甲虾类一样,呈正方形^[12],作网格状排列。《普通动物学》描述中国对虾小眼面呈六角形^[3],与实际不符。

参考文献

- [1] 吴友吕,1986. 东海海洋 4: 63~72.
- [2] 卢建平、陈宽智,1994. 杭州大学学报(自然科学版) 21(3): 330~336.
- [3] 武汉大学等三校,1983. 普通动物学(第二版) 高等教育出版社,206.
- [4] Ball, E. E., 1977. *Tissue Cell* 9: 521-536.
- [5] Dall, W., Hill, B. J., et al., 1990. *The Biology of the Penaeidae*. Pr., London, San Diego, New York. 187-195.

- [6] Debaisieux, P. , 1944. *La Cellule* 550: 5-122.
- [7] Edwards, A. S. , 1969. *Tiss. Cell.* 1: 217-228.
- [8] Elofsson, R. and Odselius R. , 1975. *Acta Zool.* (Stockholm) 56: 141-153.
- [9] Itaya, S. K. , 1976. *Tissue Cell* 8: 593-590.
- [10] Nicol, J. A. C. and Yan, H. , 1982. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica (Taipei)*. 21: 27-50.
- [11] Nilsson, H. L. , 1978. *Acta Zool.* (Stockholm) 59: 69-84.
- [12] Shaw, S. R. and Stowe, S. , 1982. *The Biology of Crustacea* 3: 291-367.
- [13] Waterman, T. H. , 1961. *The Physiology of Crustacea* 2: 1-64.

A STUDY OF THE STRUCTURE OF COMPOUND EYES OF THE SHRIMP, *Penaeus chinensis* (O'sbeck) I . ANATOMY AND MICROSTRUCTURE

Hu Jingjie, Chen Kuanzhi and Bao Zhenmin
(Ocean University of Qingdao, Marine Life Sciences College 266003)

Received: May, 3, 1996

Key Words: *Penaeus chinensis*, Compound eyes, Ommatidium, Microstructure

Abstract

The two compound eyes of shrimp, *Penaeus chinensis* are situated at the end of the moveable eyestalk. Each eye consists of 55 000 ommatida which are the morphological and functional units of compound eye. There are several sorts of cells and their products in an ommatidium: cornea, corneagenous cells, crystalline lens, reticular cells, rhabdom, distal pigment, proximal pigment. Axons from the reticular cells penetrate the fibrillar network of the basement membrane, running into lamina ganglionaris.