

中国鲎复眼的形态及超微结构研究

霍淑芳¹, 刘润中^{1,2}, 许华曦^{1,2,3}, 洪水根^{1,2}

(1. 厦门大学 生命科学院细胞与分子神经科学实验室, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 细胞生物学与肿瘤细胞工程教育部重点实验室, 福建 厦门 361005; 3. Center for Neurosciences and Aging, The Burnham Institute, CA 92037, USA)

摘要:应用光镜及电镜技术研究中国鲎(*Tachypleus tridentatus* (Lesch))复眼的形态和超微结构。结果表明,中国鲎复眼表面覆盖角膜层,外形呈半球形,由800~1200个小眼组成,组成复眼的小眼面均为椭圆形。每个小眼包括透光和感光两部分。透光部分由透光锥体和透光孔径组成;感光部分包括小网膜细胞及色素细胞。小网膜细胞分R-区和A-区,R-区是有感杆束分布的区域,A-区是没有感杆束分布的区域,但A-区的表面覆盖着色素细胞,色素颗粒主要分布于A-区和R-区的交界处。8个小网膜细胞排列成的花瓣状结构组成1个小眼的感光部分。[中国水产科学,2006,13(4):517~524]

关键词:中国鲎;复眼;小眼;小网膜细胞;感杆束;超微结构

中图分类号:Q959.225 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)04-0517-08

鲎(*Tachypleus tridentatus*)亦称马蹄蟹(horse-ho crab),属节肢动物门(Arthropoda),肢口纲(Merostomata),剑尾目(Xiphosura),鲎科(Limuloiden),是一种生活在海洋中的大型节肢动物,是世界上少数现存的珍稀“活化石”之一,具有重要的经济价值和科学意义^[1-3]。

节肢动物的复眼光感受器是仿生学的一种重要模型,很早就引起学者的兴趣,一直是人们研究的热点。而鲎的复眼是动物界中最大的,也是最复杂的。鲎的视神经系统结构微妙、功能奇特,是生理学和仿生学研究的重要模型,成为提供研究神经系统影响动物行为的典型例子,也是大脑能够调控视网膜敏感度的最佳模型。1967年美国科学家哈特莱恩(H.K. Hartline)等成功揭示鲎视神经功能而获得诺贝尔生理或医学奖^[4]。随着军事和航空航天科学的发展及对雷达和高清晰电视及深海摄像机的不断追求,科学家更加重视节肢动物复眼光感受器的研究。而在国内,对节肢动物复眼的研究主要集中在虾和蟹上,对鲎复眼的研究未见任何报道。目前,有关鲎复眼的研究,国外主要集中在美洲鲎(*Limulus polyphemus*)上,但对于美洲鲎小眼由几个小网膜细胞构成存在分歧^[4-6]。而对于中国鲎复眼的

形态和超微结构至今未见报道。本研究报道了中国鲎复眼的形态和超微结构,旨在比较中国鲎与美洲鲎复眼形态与超微结构的差别,以便为研究中国鲎的生活习性、视觉功能及仿生学提供有用的资料。

1 材料与方法

中国鲎成体购自厦门市第八水产品市场,从壳上取下复眼,分别进行以下处理。

(1)用于光镜的样品:采用4%戊二醛(pH 7.4磷酸缓冲液配制)固定2 d后,用Motic SME168-TL光学显微镜观察,Canon EOS300D数码相机拍照。

(2)用于扫描电镜的样品:在解剖镜下将复眼切成小块,用4%戊二醛(pH 7.4磷酸缓冲液配制)作前固定,然后用1%锇酸后固定2 h。经过梯度酒精(50%、70%、90%、100%)脱水,经酒精和纯醋酸异戊酯转换后,临界点干燥,喷金,LEO1530扫描电镜观察和拍照。

(3)用于透射电镜的样品:在解剖镜下,去除复眼上面的角膜层,并剔除小眼外围的结缔组织,用4%戊二醛作前固定,然后用1%锇酸后固定2 h,经过梯度酒精脱水(同上),然后经酒精和纯丙酮转换脱水后,用618[#]环氧树脂包埋,钻石刀超薄切片,醋

收稿日期:2005-11-10; 修订日期:2006-02-10。

基金项目:国家自然科学基金项目(30572077);2005年厦门市海洋与渔业局基金项目(k53008)。

作者简介:霍淑芳(1976-)女,硕士研究生,主要从事细胞与分子神经科学研究。E-mail:xiacfang2003100@scau.edu.cn

通讯作者:洪水根。E-mail:shghong@xmu.edu.cn

酸油和柠檬酸铅双染色, H600 投射电镜观察和拍照。

2 结果

2.1 复眼形态

中国蟹复眼一对, 外形呈半球形, 头胸甲背壳的两侧纵脊上各有1只复眼, 左右对称(图版 I-1), 表面覆盖1层厚约 $180\text{ }\mu\text{m}$ 的透明角膜层(cornea)(图版 I-3.5), 角膜层下有由 $800\sim 1\,200$ 个小眼(ommatidium)组成的感光器。复眼的表面积约为 38 mm^2 , 每个小眼面积约为 0.02 mm^2 , 小眼横切面呈近圆形, 各个小眼之间的间距约为 $24\text{ }\mu\text{m}$ (图版 I-2)。

2.2 复眼的超微结构

单个小眼(ommatidium): 每个小眼包括透光部分(transparency area)和感光部分(photomast area)(图1)。

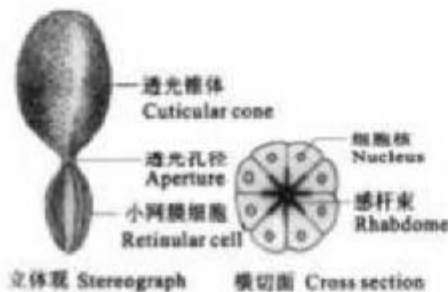


图1 中国蟹单个小眼结构示意图

Fig.1 Sketch of single ommatidium in *Tachyleus tridentatus*

2.2.1 透光部分(transparency area) 揭去蟹复眼最外层的角膜层, 可看到蟹小眼的透光部分。蟹单个小眼的透光部分包括透光锥体(Cuticular cone)见图版 I-3 中 CC 和透光孔径(aperture)见图版 I-3 中 A。透光锥体形似梨形, 其长径约 $245\text{ }\mu\text{m}$, 短径约 $145\text{ }\mu\text{m}$ (图版 I-3)。

透光锥体下方是狭长的透光孔径(图版 I-3 中 A), 起调节光子进入小网膜细胞(retinular cells)的作用。

角膜层呈现规则的片层状排列。角膜层的最外层与表面垂直, 排列紧密, 较坚硬, 角膜层下面是和表面平行呈瓦片状排列的内层。角膜层富有弹性, 具有很强的抗性, 可耐挤压, 起保护小眼的作用(图版 I-5)。

2.2.2 感光部分(photomast area) 小眼感光部

分由小网膜细胞和色素细胞组成。

(1)小网膜细胞(retinular cells): 紧接透光孔径的是小网膜细胞(图版 I-3 中 RC), 它是蟹复眼的主要光感受器。8 个小网膜细胞呈辐射状排列, 组成1个小眼感光单位, 形似陀螺(图版 I-3.4.6 和图版 II-1.2 中 RC), 其外有神经纤维组成的网格围绕(图版 I-4)。相邻2个小网膜细胞的细胞膜局部延伸, 形成无数的微绒毛, 排列整齐, 相互交汇, 在外观上呈现出明暗相间的带状结构, 这种结构称为感杆束(rhabdom), 每根微绒毛则称为感光杆(rhabdomere)见图版 I-6 和图版 II-2.3.4 中 Rh)。感杆束交汇于偏心细胞(eccentric cell)处, 并形成8条向下延伸的条辐, 每条感杆束长约 $26\text{ }\mu\text{m}$, 宽约 $6\text{ }\mu\text{m}$ (图版 I-6)。偏心细胞内含有大量的线粒体。在感杆束附近, 常见到大小不等的膜螺旋体(membrane whorls)、多泡体(multivesicular bodies)以及结合体(combination bodies)的存在见图版 II-3.4 中 MW、MB、CB, 这些结构与微绒毛膜的代谢有关。

根据有无感杆束分布, 把小网膜细胞分为 R-区(rhabdomeral-segment)和 A-区(arhabdomeral-segment)2 个不同部分。

R-区(rhabdomeral-segment): 是指小网膜细胞中有感杆束分布的区域。R-区细胞器丰富, 分布着很多线粒体, 内质网, 多泡体等(图版 I-6 和图版 II-3)。在 R-区的胞质部分, 感杆束中的感光杆一般呈平行整齐排列, 在不同生理状态下, 由感杆束微绒毛组成的感光杆会发生重排, 形成诸如多泡体一类的结构。图版 II-4 示一段感杆束中的感光杆大部分形成成团聚集的泡状结构, 并出现分区现象, 这些分区部分随后逐步形成多泡体。其中可观察到1个已经分化形成的多泡体。

A-区(arhabdomeral-segment): 是指小网膜细胞中没有感杆束微绒毛分布的区域。小网膜细胞的细胞核位于 A-区, 呈不规则圆形, 核径约 $14.6\text{ }\mu\text{m}$ 。细胞核中有1个圆形的核仁, 直径约 $4.78\text{ }\mu\text{m}$ 。A-区没有感杆束微绒毛分布, 但在 A-区的胞质中有很多的线粒体, 内质网, 高尔基体等, 还有糖原玫瑰斑(glycogen rosettes), 残留小体(residual bodies), 以及大量的脂肪滴(lipid droplets)存在(图版 II-5)。A-区的表面覆盖着色素细胞。在 A-区和 R-区的交界部分, 分布着大量的色素细胞和色素颗粒(图版 I-6 和图版 II-1.2)。

(2)色素细胞(pigment cell):色素细胞形状多数为棒状,长约 $12\mu\text{m}$,直径约 $4\mu\text{m}$,核则近于椭圆形,核周边有成块的异染色质分布,核仁1个,胞质中充满色素颗粒(图版Ⅱ-6和图版Ⅲ-1)。色素颗粒呈圆形或椭圆形,直径 $1-2\mu\text{m}$,外面皆有被膜包围。色素颗粒的形成与内质网和高尔基体有关。图版Ⅲ-2、3示内质网(ER)提供大量膜囊,色素蛋白随后在其中逐渐沉积,形成电子密度很高的色素颗粒(PG);而图版Ⅲ-4则示典型的高尔基体(GO)形成大量的空的膜囊(箭头),色素蛋白逐渐在膜囊中沉积形成电子密度不同的色素颗粒,最后形成电子密度高的成熟色素颗粒(PG),线粒体(M)则紧紧靠近在旁为色素颗粒形成提供能量。

3 讨论

多数甲壳动物具有1对复眼,位于头部两侧,中国蟹的复眼直接着生于头胸部的甲壳上,而很多高等甲壳动物的复眼则着生于眼柄上,如虾、蟹等。对甲壳动物复眼超微结构的研究结果表明,许多物种光感受器的整体结构基本相同,组成复眼的小眼感光部分一般有7~8个小网膜细胞组成,其中有些种类有1个细胞(R8)变小,位于感杆束的远端部位或在特殊位置上。但也有个别种类例外,如锯缘青蟹(*Scylla serrate* (Forsk.)^[7]、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus* (Miers))^[8]等有11个小网膜细胞。复眼的每个小眼由多少个小网膜细胞构成与甲壳动物的亲缘关系没有直接的联系。如中国对虾(*Penaeus chinensis*)^[9]、罗氏沼虾(*Palaeomon carcinus* de Man, 1888)^[10]等有7个小网膜细胞;中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)^[11]、刀额新对虾(*Penaeus incispes* Bata, 1888)^[12]等有8个小网膜细胞,R8变小并位于远端;锯缘青蟹^[7]、三疣梭子蟹^[8]等有11个小网膜细胞,其中4个位于感光部分的远端,7个位于感光部分的近端;对于蟹的小网膜细胞的多少现在尚有争议。Willam等^[4]认为美洲蟹的小眼由11个小网膜细胞组成,Jinks等^[5]认为美洲蟹的小眼由9~14个小网膜细胞组成,Steven等^[6]认为美洲蟹的小眼由8个小网膜细胞组成。本研究中观察到中国蟹复眼的小眼也有8个小网膜细胞组成,与Steven等^[6]观察的结果一致。

在研究中发现,美国学者在研究美洲蟹复眼时,采用酶处理的方法分离小网膜细胞^[3],在报道中看不到透光锥体的详细结构。本研究在制样过程中,

没有采用酶解方法而是应用解剖分离的技术,就可以使蟹复眼不受酶的影响,因此所观察的结构更能保留结构的自然状态(图版Ⅰ-3和图版Ⅱ-1)。从本研究中可以看出,蟹复眼中透光锥体像一个精密的透镜使蟹复眼具有强大的调节光的能力。

小网膜细胞膜外延形成的微绒毛组成感杆束,围绕着偏心细胞,偏心细胞中有大量的线粒体存在,这与Steven等^[6]观察到的结果一致。偏心细胞的轴突收集信息,它是复眼中唯一对光反应产生神经冲动的细胞,其周围有大量的色素颗粒和色素细胞分布。感杆束的形态随光照时间、长短及不同时段而变化,在黑暗中,感杆束变宽变短,以接受更多的光子,白天则相反,这表明它是调节小网膜细胞对光反应的一个重要调节器^[13]。

在小网膜细胞的细胞质中可以看到有大量的多泡体、膜螺旋体和结合体存在,这些结构的存在和感杆束的形成以及降解有密切的关系。Steven等^[6]认为大量的微绒毛膜环化成膜螺旋体,从感杆束转移到R-区的胞质中,膜螺旋体在感杆束附近形成许多小的、致密的多泡体,这些小的多泡体融合成大的多泡体,并从偏心细胞转移到A-区,当这些大的多泡体到达R-区和A-区交界处时,多泡体裂解形成结合体并进一步发育形成片层体(lamellar bodies),散布于A-区小网膜细胞的色素颗粒之间,片层体进一步向A-区迁移,最后片层体收缩,消失在众多的溶酶小体中,并参与色素颗粒和A-区其他结构的循环中^[13]。从本实验结果来看,观察到了膜螺旋体、多泡体、结合体等结构,初步证明了Steven的结论是正确的。

中国蟹复眼的角膜层由纵向排列的外层和横向排列的内层组成,外层排列紧密,内层的层与层之间的间隙稍大,这种结构就使得角膜层既可透光又坚硬而富有弹性,充分显示了其保护复眼的功能,这与中国蟹性喜在泥滩潜伏生活的习性有关。

蟹小网膜细胞有大量的色素颗粒,它起着遮挡光线,调节光量的作用,对调节光的强度起很大作用^[6]。

参考文献:

- [1] 洪永根,陈菲,李祺福,等.中国蟹复眼丁-1抗人早幼粒白血病HL-60细胞活性研究[J].厦门大学学报(自然科学版),1999,38(3):448-451.
- [2] 洪永根,陈菲,李祺福,等.中国蟹复眼抗凋亡活性[J].厦

- 大学学报(自然科学版), 1998, 37(6): 915-920.
- [3] 洪永根. 蟹——全身是宝的海洋珍贵活化石[J]. 厦门科技, 2004, 57: 55-58.
- [4] William H, Miller M D. Morphology of the ommatidia of the compound eye of *limulus*[J]. J Biophys Biochem Cytol, 1957, 3(3): 421-435.
- [5] Jinks R N, Hanna W J, Renninger G H, et al. Photoreceptor cells dissociated from the compound lateral eye of the horseshoe crab, *Limulus polyphemus*, 1: structure and ultrastructure[J]. J Visual Neuroscience, 1993, 10: 597-607.
- [6] Steven C, Chamberlain, Robert B, et al. Control of structural rhythms in the lateral eye of *Limulus*: interactions of natural lighting and circadian efferent activity[J]. J Neurosci, 1987, 7(7): 2135-2144.
- [7] 罗永祥, 袁维佳, 等. 侧缘背蟹复眼的形态和超微结构[J]. 动物学研究, 2003, 24(3): 220-226.
- [8] 袁维佳, 陈虹, 等. 三疣梭子蟹光感受器的形态和超微结构[J]. 动物学报, 2001, 47(5): 578-582.
- [9] 胡景杰, 陈宽智, 等. 中国对虾复眼的研究 I. 解剖与组织结构[J]. 海洋科学, 1997, (2): 30-34.
- [10] 张慧琦, 盛春, 袁维佳. 罗氏沼虾复眼的形态和超微结构研究[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 1999, 28(3): 75-83.
- [11] 邱高峰, 钱炳俊, 张爱萍. 中华绒螯蟹复眼的组织学结构及扫描电镜观察[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2002, 15(2): 195-221.
- [12] 袁丽娟, 盛春, 张慧琦. 刀额新对虾复眼的外部形态结构及光照适应对其超微结构的影响[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2004, 33(4): 78-83.
- [13] Steven C, Chamberlain, Robert B, et al. Transient membrane shedding in *limulus* photoreceptors: control mechanisms under natural lighting[J]. J Neurosci, 1984, 4(11): 2792-2810.

Morphology and ultrastructure of compound eye in horseshoe crab, *Tachypleus tridentatus*

HUO Shu-fang¹, LIU Run-zhong^{1,2}, XU Hua-xi^{1,2,3}, HONG Shui-gen^{1,2}

(1. Laboratory of Molecular and Cellular Neuroscience, School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. Key Laboratory of the Ministry of Education for Cell Biology and Tumor Cell Engineering Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. Center for Neurosciences and Aging, The Burnham Institute, CA 92037, USA)

Abstract: The morphology and fine structure of the compound eye in horseshoe crab, *Tachypleus tridentatus* was investigated by using light and electron microscopy. The results indicated that the compound eye of *Tachypleus tridentatus* consists of 800-1 200 ommatidia; the facet of the compound eye is oval. An ommatidium is composed of transparency area and photonasty area; the transparency area is made up of cuticular cone and aperture, but photonasty area includes reticular cells and a lot of pigment cells. Reticular cell divides into rhabdomeral-segment and arhabdomeral-segment. Rhabdom distributes in rhabdomeral-segment but not in arhabdomeral-segment, moreover pigment cells are covered with arhabdomeral-segment and the majority pigment cells distribute in the join point of rhabdomeral-segment and arhabdomeral-segment. Eight wedge-shaped retinula cells rank radially about the optical axis of the ommatidium like the segment of an orange, which are the morphological and functional units of a compound eye. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(4): 517-524]

Key words: *Tachypleus tridentatus* Leach; compound eye; ommatidium; reticular cell; rhabdom; ultrastructure

Corresponding author: HONG Shui-gen. E-mail: shghong@xmu.edu.cn

图版 I 说明

1. 中国蟹复眼光镜照片:示其蜂窝状结构。右上插图示复眼的位置。
2. 中国蟹扫描电镜(SEM)照片:示近圆形小眼,图中黑色箭头所指即是单个小眼。
3. 中国蟹复眼 SEM 照片:示小眼纵切面。
4. 中国蟹复眼 SEM 照片:示小网膜细胞横切面(白色箭头 RC)和纵切面(黑色箭头 RC)。右上插图是纵切面放大,可见其外表面上的精美神经纤维网络(图中箭头所示)。
5. 中国蟹复眼的 SEM 照片:示角膜层,左上为角膜外层的局部放大,右上为角膜内层的局部放大。
6. 中国蟹小眼透射电镜(TEM)照片:示呈放射状排列的 8 个小网膜细胞,图中数字 1~8 示 8 个小网膜细胞。

图版 II 说明

1. 中国蟹小眼 SEM 照片,示几个小眼的横切面,小眼之间界限明显,黑色箭头所示为小眼与小眼之间界限。
2. 中国蟹小眼 SEM 照片,示单个小眼放大,小网膜细胞呈放射状排列,1~8 示 8 个小网膜细胞。
3. 中国蟹小网膜细胞 TEM 照片:示小网膜细胞的 R-区结构。
4. 中国蟹感杆束 TEM 照片:示感杆束的感光杆排列发生的变化及与多泡体形成的关系。白色箭头所示为一正在形成的多泡体。
5. 中国蟹小网膜细胞 TEM 照片:示小网膜细胞的 A-区结构。
6. 中国蟹色素细胞的 TEM 照片。

图版 III 说明

1. 中国蟹色素细胞的 SEM 照片:小黑色箭头示色素颗粒,白色箭头示色素颗粒的膜,大黑色箭头示两个色素细胞之间的界限。
2. 中国蟹色素细胞的 TEM 照片:示色素颗粒在内质网(ER)中形成的过程。
3. 中国蟹色素细胞的 TEM 照片:示色素颗粒形成的不同阶段。白色箭头示成熟的高电子密度的色素颗粒,黑色箭头示色素蛋白在内质网膜囊中沉积的不同阶段。
4. 中国蟹色素细胞的 TEM 照片:示高尔基体与色素颗粒形成的关系。黑色箭头示典型高尔基基扁平囊,白色箭头示高尔基体膜囊,M 示线粒体,PG 示色素颗粒。

Plate I Explanation

1. The light micrograph of the compound eye in horseshoe crab, *Tachyplesus tridentatus*, showing its honey-comb structure, at upper right the arrow shows the location of the compound eye.
2. The scanning electron micrograph(SEM) of the compound eye in *Tachyplesus tridentatus*, showing oval-like ommatidium (black arrow).
3. The SEM photograph of the compound eye in *Tachyplesus tridentatus*, showing vertical section of ommatidia.
4. The SEM photograph of the compound eye in *Tachyplesus tridentatus*, showing the cross section (white arrow) and vertical section (black arrow) of retinular cell. Upper right is magnification of retinular cell and network of neurofibre on be seen (arrow).
5. The SEM photographs of the compound eye in *Tachyplesus tridentatus*, showing cornea, at upper left is magnification of the outer cornea, at upper right is magnification of the inner cornea.
6. The TEM photograph of ommatidia in *Tachyplesus tridentatus*, showing eight retinular cells arranged radially like the segment of an orange, 1~8 showing eight retinular cells.

Plate II Explanation

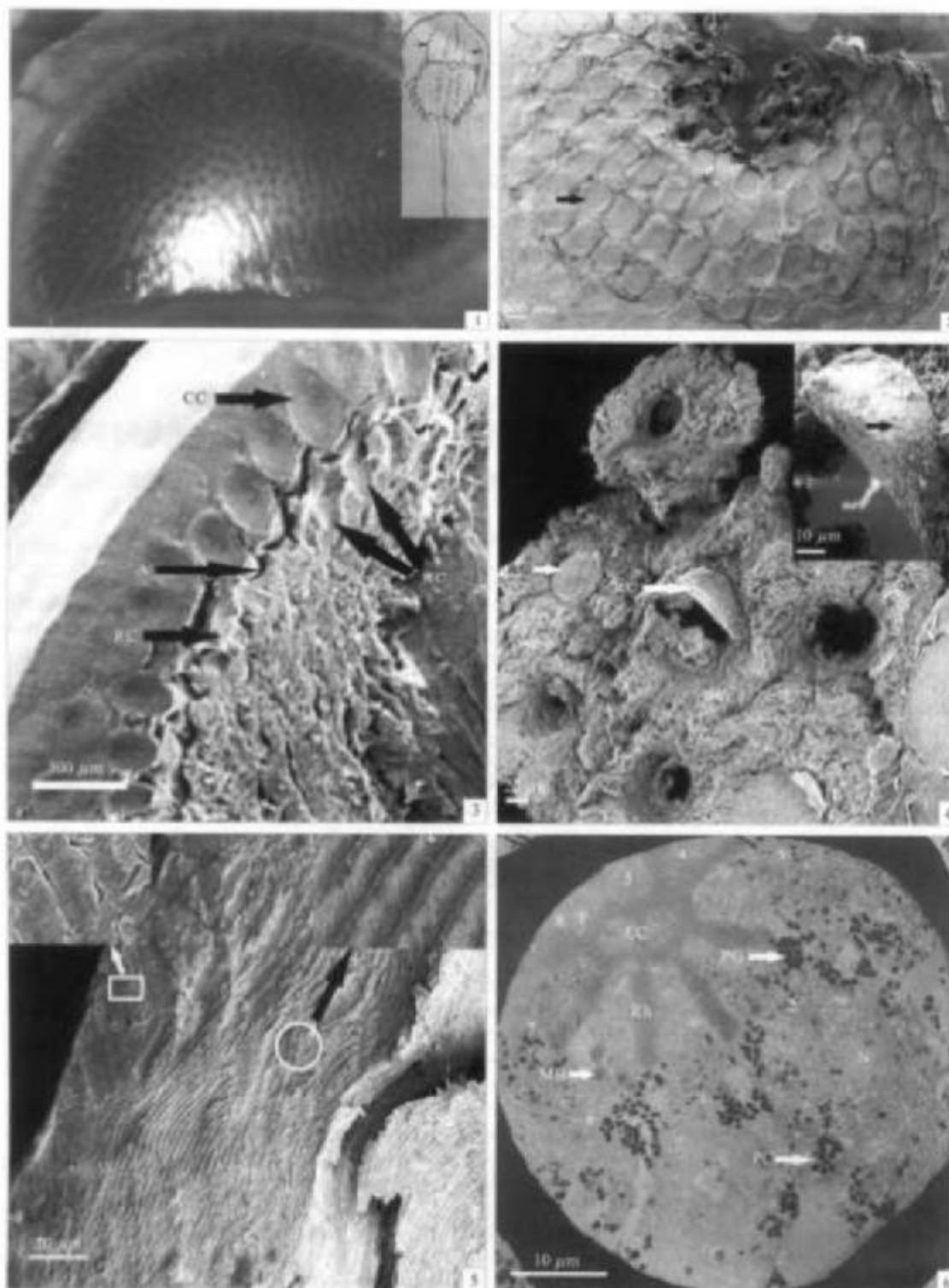
1. The SEM photograph of ommatidia in *Tachyplesus tridentatus*, showing a few enlarged ommatidia, the boundary between which is clear (black arrow).
2. The SEM photograph of an ommatidia in *Tachyplesus tridentatus*, showing retinular cells arranged radially like the segment of an orange, 1~8 showing eight retinula cells.
3. The TEM photograph of retinular cells in *Tachyplesus tridentatus*, showing the R-segment structure of retinular cells.
4. The TEM photograph of rhabdome in *Tachyplesus tridentatus*, showing the relationship between the arrangement of microvillus and formation of multivesicular body, a multivesicular body coming into being can be seen (white arrow).
5. The TEM photograph of retinula cells in *Tachyplesus tridentatus*, showing A-segment structure of retinula cells.
6. The TEM photograph of pigment cells in *Tachyplesus tridentatus*.

Plate III Explanation

1. The SEM photograph of pigment cells in *Tachyplesus tridentatus*, showing pigment granule (black arrow), the membrane of pigment cell (white arrow) and the boundary between pigment cells (large black arrow).
2. The TEM photograph of pigment cell in *Tachyplesus tridentatus*, showing the formation process of the pigment granules in ER.
3. The TEM photograph of pigment cell in *Tachyplesus tridentatus*, showing different moment of the pigment granule formation, a mature high density pigment granule (white arrow), different density pigment granule (black arrow).
4. The TEM photograph of pigment cell in *Tachyplesus tridentatus*, showing the relationship between the Golgi Apparatus and the pigment granule formation. The black arrow indicates Golgi cisterna and the white arrow is Golgi vacuole, M is mitochondria, PG is pigment granule.

霍淑芳等:中国蟹复眼的形态及超微结构研究

HUO Shu-fang et al: Morphology and ultrastructure of compound eye in horseshoe crab, *Tachyples tridentatus*

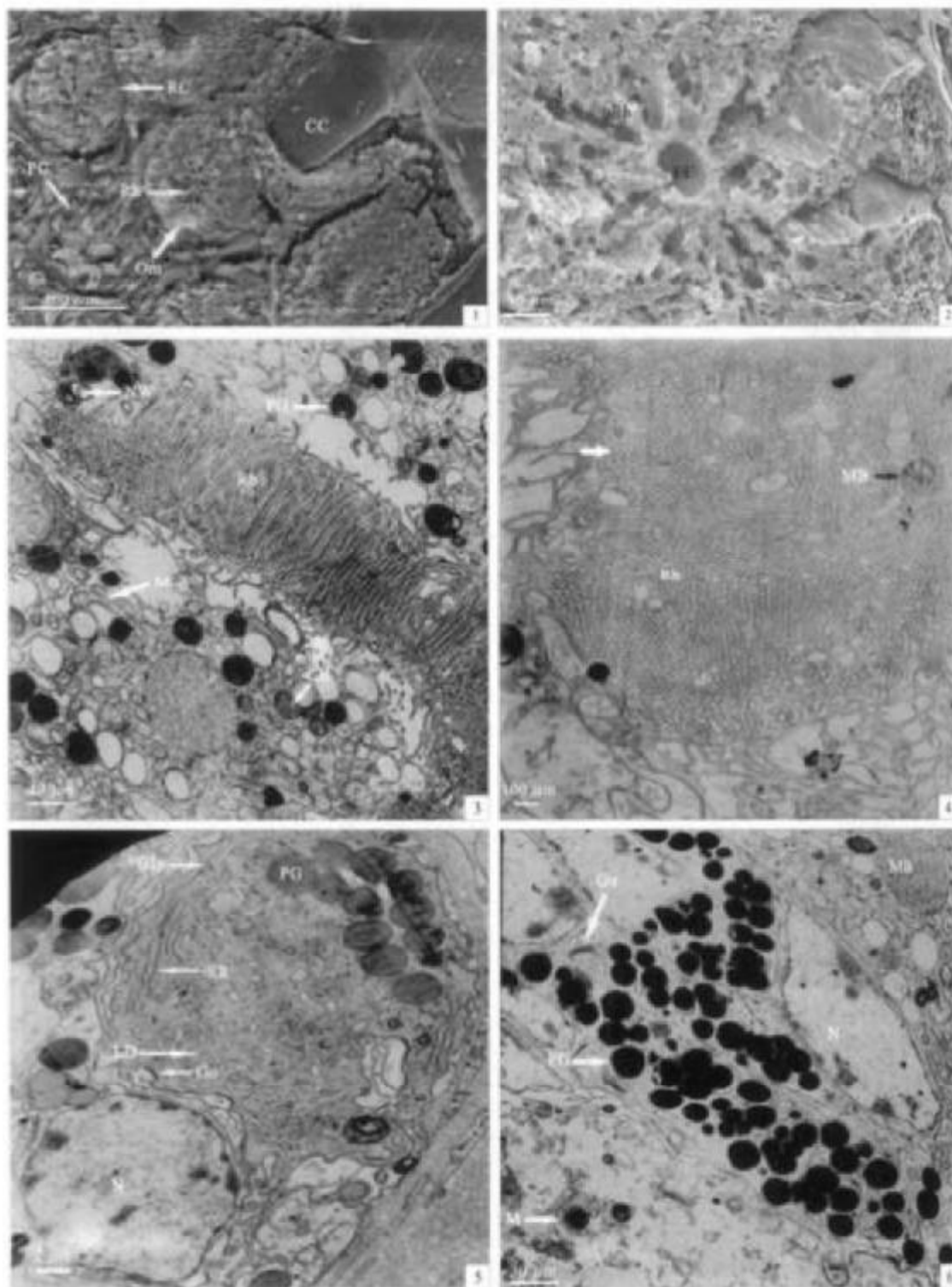


图版 I Plate I

(图版 I 说明见第 521 页 Explanation of Plate I at page 521)

霍淑芳等:中国螯复眼的形态及超微结构研究

HUO Shu-fang et al: Morphology and ultrastructure of compound eye in horseshoe crab, *Tachypleus tridentatus*

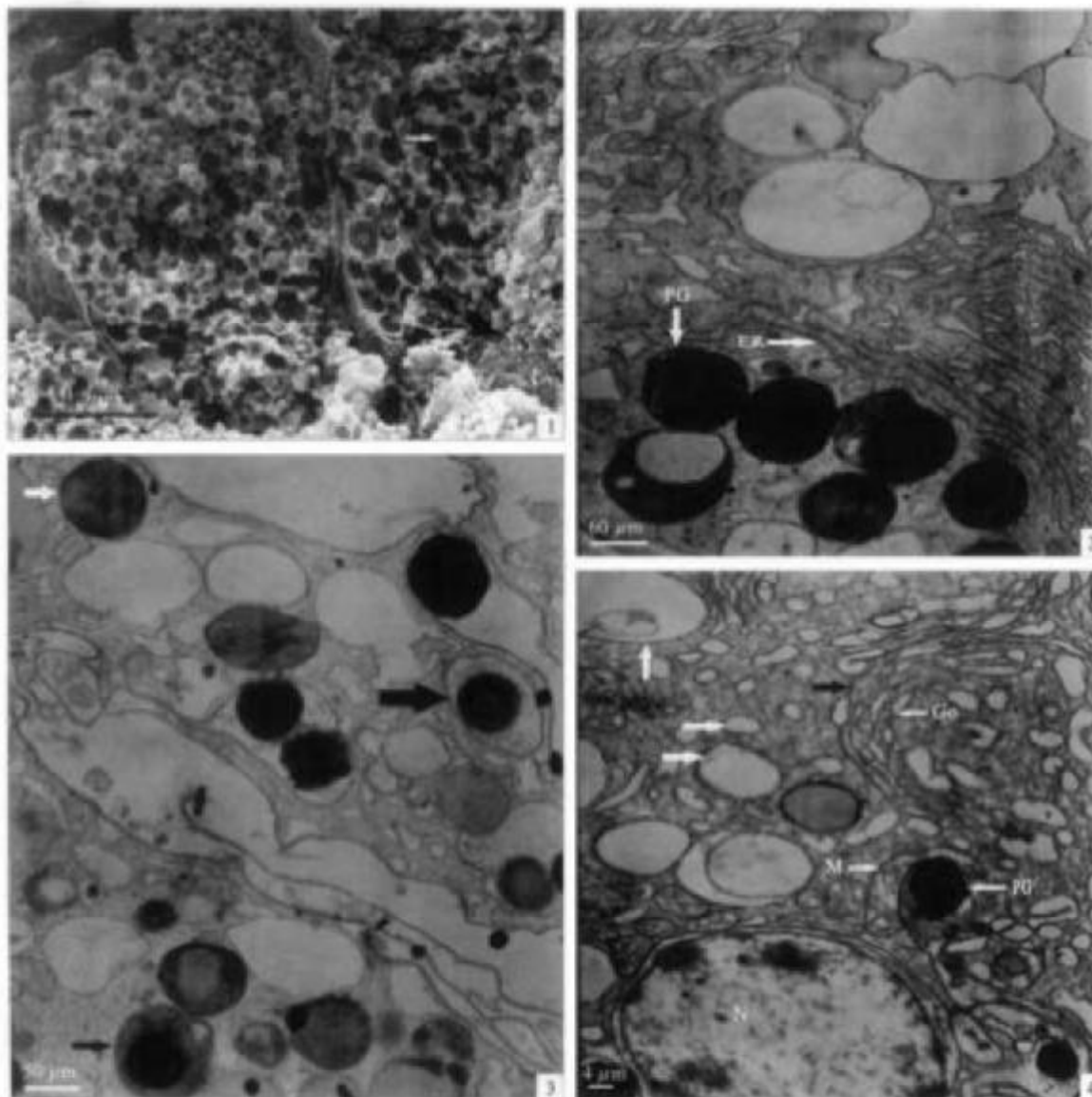


图版 II Plate II

(图版 II 说明见第 521 页 Explanation of Plate II at page 521)

霍淑芳等:中国螯复眼的形态及超微结构研究

HUO Shu-fang et al: Morphology and ultrastructure of compound eye in horseshoe crab, *Tachypleus tridentatus*



图版Ⅱ Plate II

(图版Ⅱ说明见第 521 页 Explanation of Plate II at page 521)

图中缩写意义

A—透光孔径;CB—结合体;CC—透光锥体;EC—偏心细胞;ER—内质网;Gly—糖原玫瑰斑;Go—高尔基体;LD—脂肪滴;M—线粒体;MB—多胞体;MW—膜螺旋体;N—细胞核;Om—小眼;PC—色素细胞;PG—色素颗粒;PP—色素蛋白;RC—小网膜细胞;Rh—感杆束。

Meaning of abbreviation

A—Aperture; CB—Combination Bodies; CC—Cuticular Cone; EC—Eccentric Cell; ER—Endoplasmic Reticulum; Gly—Glycogen Rosettes; Go—Golgi Apparatus; LD—Lipid Droplets; M—Mitochondria; MB—Multivesicular Bodies; MW—Membrane Whorls; N—Nucleus; Om—ommatidium; PC—Pigment Cell; PG—Pigment Granules; PP—Pigment Protein; RC—Reticular Cell; Rh—Rhabdome(Rh).