

杂色鲍鳃的显微与亚显微结构

李娜^{1*} 石和荣^{2,3*} 李海云¹ 柯浩^{2,3}

(1. 华南农业大学动物科学学院, 广州 510642; 2. 广东省农科院兽医研究所, 广州 510640;

3. 广东省兽医公共卫生实验室 广州 510640)

摘要: 本文采用光镜和电镜方法, 研究了杂色鲍 (*Haliotis diversicolor*) 鳃的显微和亚显微结构。结果表明, 杂色鲍的鳃为一对不等大的双栉状鳃, 各鳃由鳃轴和两侧列生的栉状鳃叶组成, 鳃叶上皮为单层上皮组织结构, 细胞类型主要为: 纤毛细胞、立方细胞、腺细胞; 鳃轴上皮为鳃叶上皮的延伸, 亦是单层上皮组织, 细胞类型主要有: 纤毛细胞、微绒毛立方细胞和腺细胞等; 鳃叶远轴端游离缘表皮之下, 含有几丁质杆支撑的血腔, 血腔内可见血细胞及未分化的间充质细胞, 血腔之间有平滑肌纤维束和疏松结缔组织, 疏松结缔组织内含胶原纤维、纤维细胞、成纤维细胞、脂肪细胞及未分化的间充质细胞等; 鳃轴的皮下组织也含有几丁质杆、平滑肌纤维、疏松结缔组织及其间的血腔结构。

关键词: 杂色鲍; 鳃; 显微结构; 亚显微结构**中图分类号:** Q945.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2007)04-0516-08

杂色鲍 (*Haliotis diversicolor*) 隶属软体动物门, 腹足纲, 前鳃亚纲, 原始腹足目, 鲍科, 鲍属, 是我国南方沿海暖水域重要的养殖经济贝类之一。有关软体动物鳃的组织细胞学方面, 国内有对缢蛏 (*Sinonaculina constricta*)^[1]、中国哈蚶 (*Mactra chinensis*)^[2]、皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai Ino*)^[3]、褶纹冠蚌 (*Cristaria plicata Leach*)^[4]、大连湾牡蛎 (*Ostrea talienwhanensis Crosse*)^[5] 等经济养殖贝类鳃的显微、超微结构方面的一些研究报道; 国外对软体动物鳃的研究报道有耳鲍 (*Haliotis asinina Linnaeus*)^[6,7] 鳃的组织学研究及与鲍同属前鳃亚纲的滨螺 (*Littorina littorea*)^[8] 鳃的显微和超微结构方面的研究。杂色鲍鳃的研究未见有报道。本文利用光镜、扫描和透射电镜技术, 观察了杂色鲍鳃的显微与超微结构, 为进一步研究杂色鲍的呼吸生理及病理诊断奠定形态学基础。

1 材料和方法

杂色鲍于2005年6月取自深圳西涌南门头村委鲍鱼场, 鲍壳长4—5.1cm, 壳宽2.5—3.2cm。

石蜡切片样品的制备: 取鳃, 用10%中性福尔马林固定, 石蜡包埋, AO切片机制片, 切片厚5 μ m,

Harris 苏木素-伊红染色, 光镜观察并拍照。

扫描电镜样品的制备: 取鳃, 放入0.1mol/L磷酸缓冲液中迅速冲洗3次, 2.5%戊二醛固定, 磷酸缓冲液, 1%四氧化锇后固定, 梯度酒精脱水, HCP-2临界点干燥仪干燥, IB-5离子溅射仪喷金, XL30环境扫描电子显微镜观察并拍照。

透射电镜样品的制备: 取鳃, 经2.5%戊二醛和1%四氧化锇双固定后, 梯度酒精脱水, Epon 812环氧树脂包埋, Leica UCT超薄切片机制片, 切片厚90nm, 切片经醋酸铀和柠檬酸铅双重染色, TECNAI G² 12分析型透射电子显微镜观察并拍照。

2 结果

杂色鲍的鳃为一对双栉状鳃, 淡黄色, 位于外套腔内的左右两侧, 左鳃略大于右鳃。鳃由鳃轴与多数栉状鳃叶构成, 鳃叶平行排列于鳃轴的两侧, 鳃的游离端方向与外套腔开口方向一致, 基部与心脏相连。

2.1 光镜观察

杂色鲍鳃的鳃轴为长条状, 两端渐尖, 端部占鳃轴的一小部分, 无鳃叶, 其他部分都着生众多鳃叶, 整齐有序地排列着; 鳃叶表面为单层上皮组织, 其细

收稿日期: 2006-01-19; 修订日期: 2006-11-29

基金项目: 广东省自然科学基金(编号: 032248); 广东省科技计划项目(编号: 2003C200322); 华南农业大学大型仪器使用基金资助

作者简介: 李娜(1981—), 女, 汉族, 海南人; 硕士; 从事水产动物组织学与细胞学研究。E-mail: lina19810411@scau.edu.cn

通讯作者: 李海云, E-mail: hyl@scu.edu.cn * 具有同等贡献

胞形态依离轴远近程度不同而有所改变:高柱状、柱状、方形或略为扁平的低柱状细胞(图版 I:3);鳃轴表面为鳃叶单层上皮组织的延伸(图版 I:1—2)。石蜡切片苏木精曙红(HE)染色样品中可见鳃叶远轴游离端表皮层之下为两根相互成倒 V 型排布、均质红染的几丁质杆,杆内侧支撑起的是血管(或称为血窦)(图版 I:3)。鳃表皮层之下,含平滑肌纤维、疏松结缔组织及分布其间的血管(图版 I:1)。鳃叶游离缘前端及两侧可见有大量纤毛分布,以侧方纤毛较长(图版 I:4)。

2.2 扫描电镜观察

扫描电镜下,楯状鳃叶相互平行有序地列生在鳃轴的两侧,每一片鳃叶形态类似,长短大致相等,个别鳃叶稍长或略短。鳃叶游离缘表面布满纤毛(图版 I:5—6)。鳃叶中部,占鳃叶的大部分区域,具有独特的波浪形褶皱结构(图版 I:6),褶皱表面起伏不平,有内陷的沟壑及少量腺细胞开口(图版 I:7)。鳃轴的表面具纤毛和大量腺细胞开口(图版 I:8)。

2.3 透射电镜观察

透射电镜下,鳃的各型细胞游离面都有微绒毛结构,鳃叶的表皮细胞,主要有三种类型:纤毛细胞、立方细胞和腺细胞。纤毛细胞除具大量纤毛外,尚有密集的微绒毛结构,纤毛中纵行的微管和基体清晰可见,还可见带横纹的、发达的小根深入细胞内部(图版 II:9),纤毛细胞的胞质内线粒体丰富,尤其在胞质顶端分布较密集,呈圆形或卵圆形(图版 II:9),细胞质内除含线粒体外,还含高尔基体等结构(图版 II:10)。纤毛细胞主要分布在鳃叶游离缘。鳃叶游离缘的前区,切片上多见纤毛细胞相互交错(图版 II:10);游离缘两侧区的纤毛细胞,整齐地排布,呈很明显的高柱状(图版 II:11)。在鳃叶游离缘前区的纤毛细胞之下,有一种不规则的细胞,其细胞质内含有丰富的粗面内质网,还可见发达的高尔基体和较多线粒体,核位于细胞基部。(图版 II:12)。立方细胞广泛分布于鳃叶中部区域,游离面具密集的微绒毛,细胞质内含线粒体和高尔基体等,细胞核较大,占据细胞的大部分(图版 II:13)。腺细胞主要有四种类型:Ⅰ型腺细胞内含有透明空泡,核居细胞基部(图版 II:14);Ⅱ型腺细胞充塞着近圆形的电子致密颗粒,核居细胞基部(图版 III:15);Ⅲ型腺细胞开口与外界相通,细胞质内含有透亮的物质,其内可见絮状结构,细胞核、高尔基体和粗面内质网被挤居细胞基部(图版 III:16);Ⅳ型腺细胞内含近圆形

的囊泡,囊泡内充满较高电子密度的均一物质,细胞质内还含高尔基体、溶酶体等,核居细胞基部(图版 III:17)。腺细胞在鳃上皮的各部分都有分布。但数量及类型随鳃的区域不同而有变化。Ⅰ、Ⅳ型腺细胞在纤毛细胞和立方细胞之间都有分布;Ⅱ型腺细胞主要分布在微绒毛立方细胞之间;Ⅲ型腺细胞数量最多,主要分布在纤毛细胞之间。

鳃叶表皮细胞之下,含有几丁质杆支撑的血管,血管内可见有血细胞(图版 III:18)、鳃叶不同位置表皮之下的几丁质杆厚度不一样,以近鳃叶游离缘处为最厚,血管外壁与表皮之间有少量平滑肌纤维束(图版 III:19)和疏松结缔组织分布,疏松结缔组织内含胶原纤维、成纤维细胞(图版 III:19)、脂肪细胞(图版 III:20)和未分化的间充质细胞等成分。鳃叶中部血窦附近细胞内发现有血蓝蛋白分子(图版 IV:21—22)。

鳃轴的上皮组织为鳃叶上皮组织的延伸,亦由多种类型的细胞组成,主要也为立方细胞、纤毛细胞和腺细胞。立方细胞略呈方形,细胞游离面具微绒毛,胞质内含线粒体、高尔基体、粗面内质网,细胞核较大(图版 IV:23)。纤毛细胞游离端除具微绒毛外还具纤毛,细胞质内线粒体丰富(图版 IV:24)。腺细胞仅发现一型,与鳃叶上皮的Ⅰ型腺细胞一致。在鳃轴的立方细胞之间,分布着类似鳃叶纤毛细胞之下的不规则富含粗面内质网的细胞。鳃轴上皮细胞内,常可见膨大的粗面内质网池;上皮细胞之间有许多大小不一的空腔,或空腔内含无定型絮状物质(图版 IV:23—24),这在鳃叶上皮细胞之间较少见。

鳃轴的上皮组织之下为几丁质杆,几丁质杆之下为大量疏松结缔组织和平滑肌纤维(图版 IV:25)。疏松结缔组织内,含有纤维细胞、成纤维细胞和间充质细胞等细胞结构和大量的胶原纤维及血管结构(图版 IV:26)。

3 讨论

3.1 软体动物鳃的结构与功能关系初论

鳃是软体动物重要的呼吸器官,它由外套腔内壁的突起物构成,最原始的鳃是羽状的,包括由外套腔前壁向后伸展成的鳃轴及鳃轴两侧交互着生的三角形鳃丝(鳃丝内有几丁质杆支撑)。鳃轴的腹方有纤毛带或膜联系着外套腔的侧腹壁,这样鳃就把外套腔分为上下两室。由于外套腔内壁及鳃丝纤毛带的打动,使水流由外界进入下室,经过鳃丝完成气体交换再进入到上室。软体动物的鳃,在这原始构造上还进化成栉鳃、丝鳃和瓣鳃等^[9]。尽管这些

进化的鳃在外形上与原始的羽状鳃有所区别,但它们都有着相似的主要内部组织结构——纤毛带和呼吸区,以完成相应的生理功能^[1-9]。

纤毛带 纤毛带的组织结构为纤毛柱状上皮组织,其纤毛柱状上皮细胞近游离面的胞质中分布有大量线粒体,线粒体这样的分布无疑是为纤毛的运动提供能量的。人们根据纤毛带在鳃叶(鳃丝或鳃片)上的分布区域将纤毛带分为前纤毛带、侧纤毛带和后纤毛带等,并对各纤毛带纤毛主要功能进行过一些研究,在滤食性的瓣鳃类,前纤毛带主要是与摄食有关,而侧纤毛带是产生呼吸水流的主要动力来源。有后纤毛带的种类,后纤毛带也能产生一定的水流以辅助完成呼吸作用^[1-9]。

呼吸区 呼吸区占居鳃叶(鳃丝或鳃片)的大部分区域,是进行气体交换的部位,这一区带的表面及内部构造明显适应于气体交换。表面凹凸不平或具有波浪形褶皱结构,使呼吸表面积明显增大。此外,呼吸区的上皮细胞游离面密布微绒毛,更为有效地增大了气体交换面;而呈现为立方或略为扁平的形状呼吸上皮细胞,使气体扩散距离变短。同时,鳃轴与鳃叶(鳃丝或鳃片)内有大量的毛细血管(血窦)分布,血窦周围的一些细胞中存在有血蓝蛋白分子。血蓝蛋白是一种含铜离子的蛋白质,能与氧结合,是绝大多数软体动物重要的呼吸蛋白^[10,11]。呼吸区这些结构上的特征均为呼吸功能的顺利完成提供了重要保证。

3.2 软体动物腺细胞及其分类

杂色鲍鳃叶各部位都有腺细胞的分布,且以鳃叶游离缘的前区和两侧区较多,这两区纤毛密集,是受水流冲击较大的部位,此部位腺细胞的大量分布,有可能一方面起润滑作用,另一方面可能是黏着鳃上的有毒物质或异物,结合纤毛的摆动,将黏附住的异物顺水流排除出鳃外,起清洁鳃的作用。作者没有对杂色鲍的鳃进行组织化学及免疫细胞化学等方面的研究,以确定其腺细胞分泌物的性质,只根据细胞微形态结构将在杂色鲍鳃结构中观察到的腺细胞分为四类,这些类型的腺细胞与作者在杂色鲍头触角^[12]中观察到的五型腺细胞中的四型类似,也与作者在杂色鲍足上皮^[13]中观察到的三类腺细胞类似。关于贝类“黏液细胞”的研究,孙虎山等^[14]曾采用阿新兰-过碘酸席夫(AB-PAS)反应染色,并根据着色情况将栉孔扇贝外套膜和鳃的“黏液细胞”分为四型:红色为I型,蓝色为II型,紫红色为III型,蓝紫色为IV型,并对各型“黏液细胞”的形态及分布进行了

研究;崔龙波等^[3]在对皱纹盘鲍鳃研究中亦有报道鳃上皮中有黏液细胞和颗粒状腺细胞。作者不赞同将贝类所有的腺细胞都当作“黏液细胞”,腺细胞的分类应根据分泌方式或分泌物的性质来定,仅根据一些染色反应是很难定性的,因而对腺细胞的确切分类仍需借助免疫细胞化学等方法。

3.3 鲍鳃的外部形态与鲍的分类关系初探

作者的研究表明:杂色鲍的鳃为一对双栉状鳃,左鳃略大于右鳃,鳃叶为楯状;而崔龙波等对皱纹盘鲍鳃的研究结构表明:皱纹盘鲍具有一对鳃,左鳃较小。鳃为楯状,即在鳃的中轴两侧列生上百片近似三角形的扁平鳃叶^[3]。此两项结果表现出杂色鲍的鳃与皱纹盘鲍的鳃在外部形态上有明显的差异。Wanichanon C 等对耳鲍鳃的研究结果表明耳鲍的鳃为双栉状^[6],Ragg NLC 与 Taylor HH 在对虹鲍呼吸生理的研究中也提到虹鲍为双栉状鳃^[15,16],但对其鳃叶的形态没有具体描述。柯才焕等^[17]曾比较过杂色鲍、盘鲍与皱纹盘鲍精子的超微结构,结果发现,杂色鲍的精子与盘鲍和皱纹盘鲍的精子在超微结构有显著差异。正如精子的形态差异可作为动物系统进化研究的辅助依据一样,鲍鳃的外部形态与鲍的系统进化也应有一定关系,其关联程度有待于进行比较研究。

参考文献:

- [1] Cui L B, Hou Z M, Zhou X Y. Light and electron microscopic observation of gill in *Sinonvaculina constricta* [J]. *Fisheries Science*, 2006, 3 (25): 129—132 [崔龙波, 侯竹美, 周雪莹. 缢蛏鳃的光镜与扫描电镜研究. 水产科学, 2006, 3(25): 129—132]
- [2] Cui L B, Kong J, Zhou X Y. Observation on the gill of *Maetra chinensis* with optical and scanning electron microscopes [J]. *Marine Fisheries Research*, 2006, 26(4): 60—63 [崔龙波, 孔俊, 周雪莹. 中国哈蜊鳃的光镜与扫描电镜观察. 海洋水产研究, 2006, 26(4): 60—63]
- [3] Cui L B, Zhou X Y, Lu Y H. Light and electron microscopic study on the gill of the disk abalone *Haliotis discus hannai* Ino [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2004, 26(1): 83—87 [崔龙波, 周雪莹, 陆瑶华. 皱纹盘鲍鳃的光镜和电镜研究. 海洋学报, 2004, 26(1): 83—87]
- [4] Deng D G, Li R Z. Histological and scanning electron microscopic observations on the gill of *Cristaria plicata* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2002, 26(4): 302—306 [邓道贵, 李瑞芝. 褶纹冠蚌鳃的组织学和扫描电镜观察. 水产学报, 2002, 26(4): 302—306]
- [5] Cui L B, Liu C L, Lu Y H, Chang G Q. Studies on the gill of *Ostrea talienwhanensis* Crosse with optical and scanning electron microscopes [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1998, 22: 2—6 [崔龙波, 刘传琳, 陆姚华, 常国全. 大连湾牡蛎鳃的光镜和扫描电镜研究. 水

- 产学报,1998,22:2—6]
- [6] Wanichanon C, Laimek P, Linthong V, et al. Histology of hypobranchial gland and gill of *Haliotis asinina* Linnaeus [J]. *Journal of Shellfisheries Research*, 2004, 23(4): 1107—1112
- [7] Yaowaluk P C, Maleeya K, E Suchart U, et al. The Pallial Organs of *Haliotis asinina* Linnaeus (Gastropoda: Haliotidae) [J]. *Science Asia*, 2002, 28: 17—23
- [8] Cajaville M P, Marigomez J A, Angulo E. Light and electron microscopic study of the gills epithelium of *Littorina littorea* (gastropoda: prosobranchia) [J]. *Biological Structures and Morphogenesis*, 1990, 1(3): 1—12
- [9] Albrecht U, Keller H, Gebauer W, et al. Rhogocytes (pore cells) as the site of hemocyanin biosynthesis in the marine gastropod *Haliotis tuberculata* [J]. *Cell Tissue Res.*, 2001, 304: 455—462
- [10] Pechenik J A. Biology of the invertebrates [M]. Fourth Edition, McGraw Hill Higher Education. 2000, 203—259
- [11] Gebauer W, Albrecht U, Keller H, et al. The site of hemocyanin biosynthesis in the prosobranch gastropod *Haliotis tuberculata* [J]. *Zoology Suppl.*, 2000, III: 57
- [12] Li N, Shi H R, Li H Y, et al. Microstructure and ultrastructure of the cephalic tentacle of *Haliotis diversicolor* [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2006, 52(4): 755—764 [李娜, 石和荣, 李海云, 等. 杂色鲍头触角]的显微与亚显微结构. *动物学报*, 2006, 52(4): 755—764]
- [13] Li N, Shi H R, Li H Y, et al. Microstructure and ultrastructure of the foot of variously colored abalone *Haliotis diversicolor* [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2006, 52(5): 959—963 [李娜, 石和荣, 李海云, 等. 杂色鲍足的显微与超微结构研究. *动物学报*, 2006, 52(5): 959—963]
- [14] Sun H S, Wang Y Y, Wang P, et al. Types and distribution of mucous cells in mantle and gill of *Chlamys farreri* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2002, 9(4): 315—317 [孙虎山, 王宜艳, 王平, 等. 栉孔扇贝外套膜和鳃黏液细胞的类型与分布. *中国水产科学*, 2002, 9(4): 315—317]
- [15] Ragg N L C, Taylor H H. Oxygen uptake, diffusion limitation, and diffusing capacity of the bipectinate gills of the abalone, *Haliotis iris* (Mollusca: Prosobranchia) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2006, 143(Part A): 299—306
- [16] Taylor H H, Ragg N L. The role of body surfaces and ventilation in gas exchange of the abalone, *Haliotis iris* [J]. *J Comp Physiol*, 2005, 175(7B): 463—478
- [17] Ke C H, Zhou S Q, Tian Y, et al. Ultrastructural comparison of the spermatozoa in three species of abalone [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2003, 3(25): 138—142 [柯才焕, 周时强, 田越, 等. 三种鲍精子超微结构的比较. *海洋学报*, 2003, 3(25): 138—142]

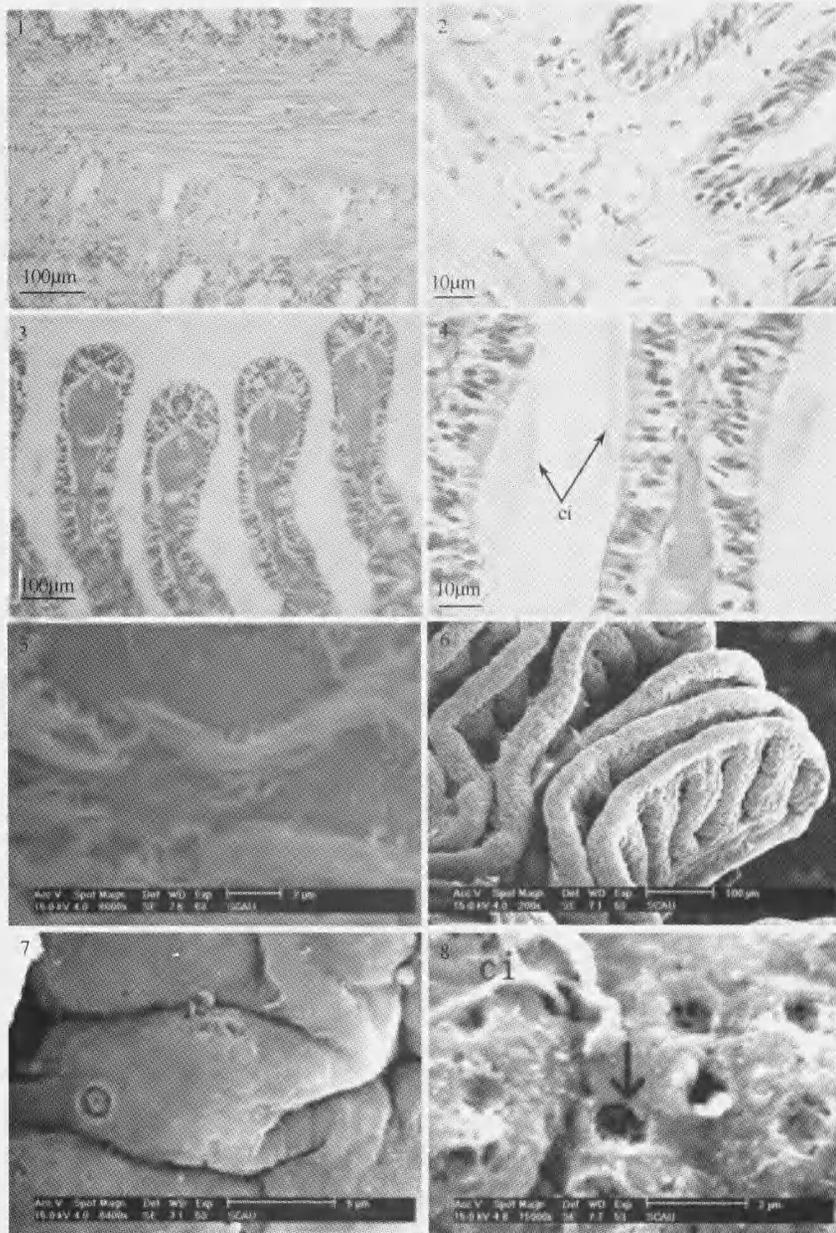
MICROSTRUCTURE AND ULTRASTRUCTURE OF THE GILL OF *HALIOTIS DIVERSICOLOR*

LI Na¹, SHI He-Rong^{2,3}, LI Hai-Yun¹ and KE Hao^{2,3}

(1. College of Animal Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642; 2. Veterinary Medicine Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640; 3. Guangdong Key Laboratory of Veterinary Public Health, Guangzhou 510640)

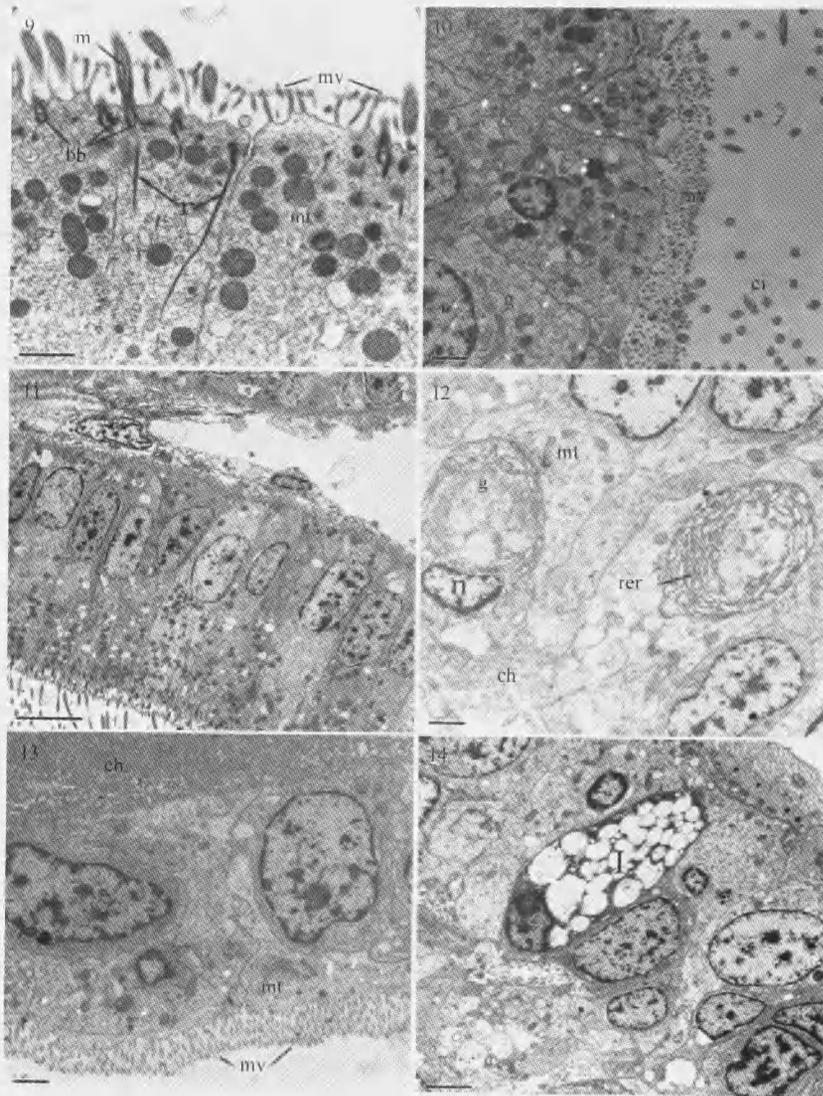
Abstract: Microstructure and ultrastructure of the gill of *Haliotis diversicolor* have been studied by light and electron microscopy. This was done to clarify cytological details of the gill and to provide data for functional considerations of the gill. The results showed that *Haliotis diversicolor* has bipectinate paired gills. They are located along the right and left walls of the mantle cavity, the left gill was a bit larger than the right one. Gills are the main organs for respiration in this kind of animal. A gill is composed of one gill axis and numerous gill filaments which showing basic similarities, each gill filament has a blunt free tip and is corrugated in the middle. All filaments are positioned parallel to each other. Three cell types have been distinguished in the epithelium of the gill. There are ciliated cells, cuboidal cells and gland cells. All of the epithelial cells bear microvilli. Ciliated cells are equipped with cilia, mitochondria and Golgi bodies are interspersed in the cytoplasm, most of which are grouped in the apical cytoplasm. Cuboidal cells bear no cilia, and have less mitochondria than ciliated cell's. Four types of gland cells were distinguished, and each type is with a different distribution through the epithelium. Type I cells with transparent vacuoles, type II cells contain electron dense granules, type III cells contain electron-lucent and low electron dense amorphous flocculent materials, type IV cells contain round vacuoles filled with low electron dense materials. Beneath the epidermis, opaque chitinous rod, muscle fibers connective tissue and hemocoelic space were found. The chitinous rod may form a basal support to keep gill filaments erect. In the connective tissue, there are collagenous fibers, fibrocytes, fibroblasts, fat cells, undifferentiated mesenchymal cells. Blood cells were found in hemocoelic space and some hemocyanin molecule particles, the respiratory protein were found in some connective tissue cells.

Key words: *Haliotis diversicolor*; Gill; Microstructure; Ultrastructure



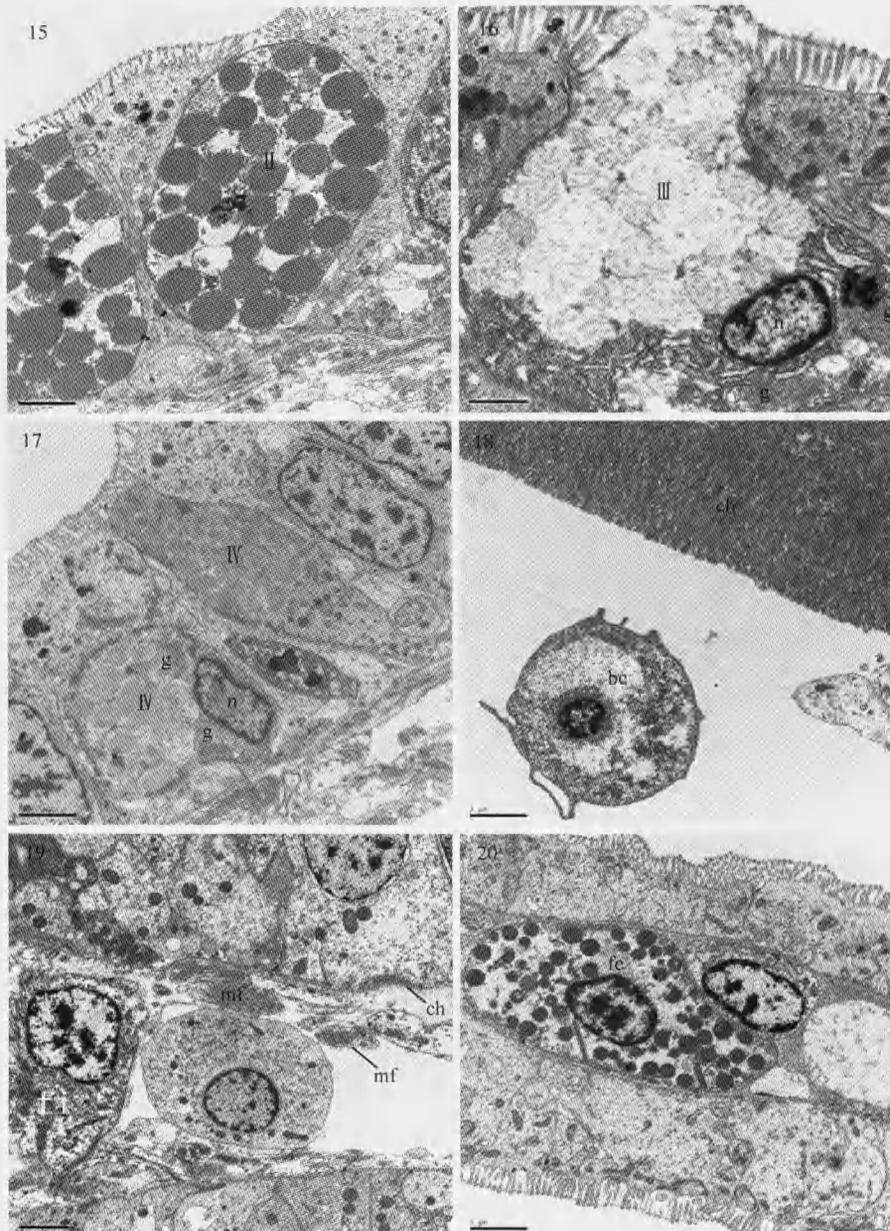
图版 I

1. 鳃轴及侧分出的鳃丝基部 $\times 400$; 2. 鳃叶基部放大 $\times 1000$; 3. 鳃叶游离端示几丁质杆(ch) $\times 400$; 4. 鳃叶侧面示纤毛(ci) $\times 1000$; 5. 鳃叶侧面示纤毛(ci) 比例尺 = $2\mu\text{m}$; 6. 鳃叶示游离端表面扫描结构 比例尺 = $100\mu\text{m}$; 7. 鳃叶中部放大 比例尺 = $5\mu\text{m}$; 8. 鳃轴表面扫描结构示纤毛和黏液腺开口 比例尺 = $2\mu\text{m}$
1. Gill axis and base parts of leaflets giving out of the axis $\times 400$; 2. Amplification of the base part of a leaflet $\times 1000$; 3. The free sides of the gill leaflets, showing chitinous rods (ch) $\times 400$; 4. The lateral bands of the gill leaflets, showing cilia (ci) $\times 1000$; 5. The lateral band of a gill leaflet, showing cilia (ci), bar = $2\mu\text{m}$; 6. The free sides of the gill leaflets, showing the scanning surface structure, bar = $100\mu\text{m}$; 7. Enlarged middle part of one gill leaflet, bar = $5\mu\text{m}$; 8. Surface scanning structure of a gill axis, showing cilia (ci) and special openings of gland cells (arrow), bar = $2\mu\text{m}$



图版 II

9. 鳃叶纤毛细胞切面: 示纤毛 (ci)、纤毛微管 (m)、纤毛基体 (bb)、纤毛小根 (r)、微绒毛区 (mv)、线粒体 (mt), 比例尺 = $1\mu\text{m}$; 10. 鳃叶游离缘前区纤毛细胞的交错排布: 示高尔基器 (g)、细胞核 (n)、纤毛 (ci)、微绒毛区 (mv)、线粒体 (mt), 比例尺 = $1\mu\text{m}$; 11. 鳃叶侧面的纤毛细胞 (cc), 比例尺 = $5\mu\text{m}$; 12. 粗面内质网丰富的细胞: 示粗面内质网 (rer)、线粒体 (mt)、高尔基器 (g)、细胞核 (n)、几丁质杆 (ch), 比例尺 = $1\mu\text{m}$; 13. 鳃叶立方细胞: 示细胞核 (n)、微绒毛区 (mv)、线粒体 (mt)、几丁质杆 (ch), 比例尺 = $1\mu\text{m}$; 14. I 型腺细胞, 比例尺 = $2\mu\text{m}$
9. Ciliated cells at a gill leaflet, showing cilia (ci), microtubule (m), basal body (bb), rootlet (r), microvillous border (mv), mitochondria (mt), bar = $1\mu\text{m}$;
10. Interlaced arranged ciliated cells at the front part of a free gill leaflet, showing golgi apparatus (g), nucleus (n), cilia (ci), microvillous border (mv), mitochondria (mt), bar = $1\mu\text{m}$;
11. Ciliated cells at the lateral band of a gill leaflet, bar = $5\mu\text{m}$;
12. The rer-ricbed cells, showing rough endoplasmic reticulum (rer), mitochondria (mt), golgi apparatus (g), nucleus (n), chitinous rod (ch), bar = $1\mu\text{m}$;
13. Cuboidal cells at a gill leaflet, showing nucleus (n), microvillous border (mv), mitochondria (mt), chitinous rod (ch), bar = $1\mu\text{m}$;
14. Type I gland cell (I), bar = $2\mu\text{m}$

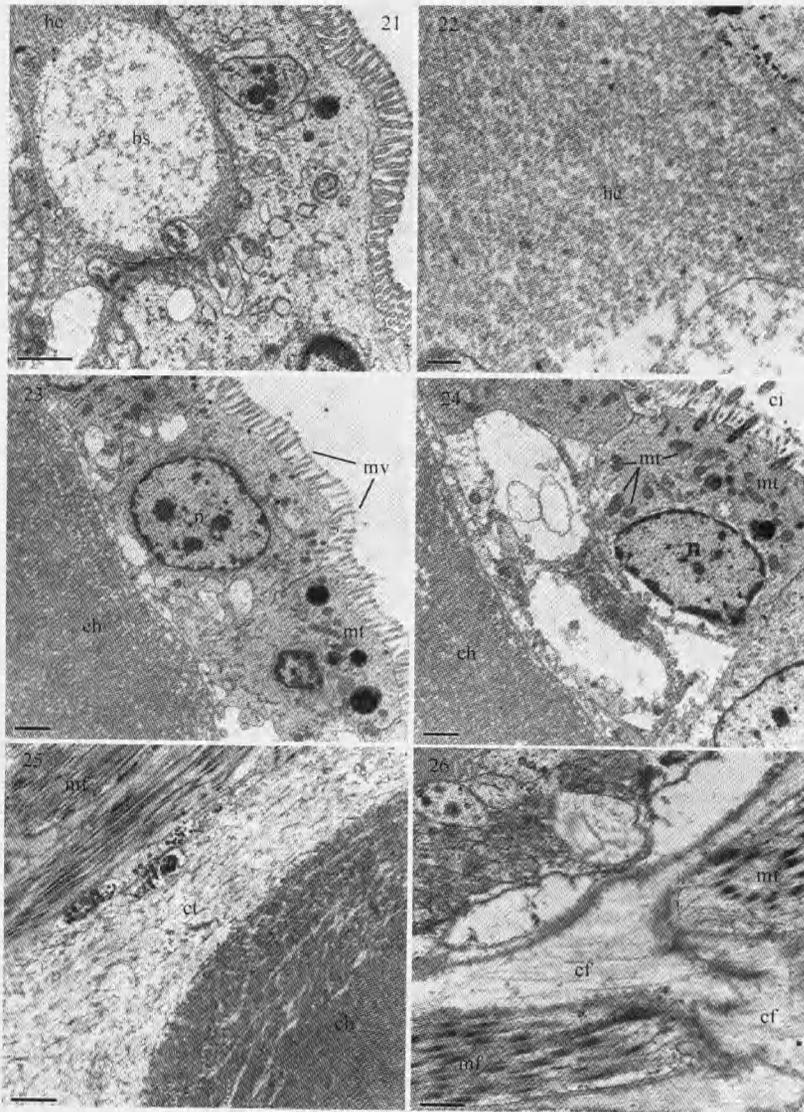


图版 III

15. II型腺细胞, 比例尺 = $2\mu\text{m}$; 16. III型腺细胞: 示细胞核(n)、高尔基器(g), 比例尺 = $1\mu\text{m}$; 17. IV型腺细胞: 示细胞核(n)、高尔基器(g), 比例尺 = $2\mu\text{m}$; 18. 血细胞(bc)和几丁质杆(ch), 比例尺 = $2\mu\text{m}$; 19. 鳃叶表皮下的血腔: 示肌纤维(mf)、成纤维细胞(f)、几丁质杆(ch), 比例尺 = $2\mu\text{m}$;

20. 鳃叶表皮下的血腔: 示脂肪细胞(fc), 比例尺 = $2\mu\text{m}$

15. Type II gland cell (II), bar = $2\mu\text{m}$; 16. Type III gland cell (III) showing nucleus (n), golgi apparatus (g), bar = $1\mu\text{m}$; 17. Type IV gland cell (IV) showing nucleus (n), golgi apparatus (g), bar = $2\mu\text{m}$; 18. Blood cell (bc) and chitinous rod (ch), bar = $2\mu\text{m}$; 19. Hemocoelom beneath epidermis of gill leaflet, showing smooth muscle fibers (mf), fibroblast (f) and chitinous rod (ch), bar = $2\mu\text{m}$; 20. Hemocoelom beneath epidermis of a gill leaflet, showing fat cell (fc), bar = $2\mu\text{m}$



图版 IV

21. 鳃叶表皮下的腔隙:示血窦(bs)、血蓝蛋白(hc),比例尺 = $1\mu\text{m}$; 22. 放大的血蓝蛋白分子(hc),比例尺 = $0.2\mu\text{m}$; 23. 鳃轴立方细胞:示细胞核(n)、微绒毛区(mv)、线粒体(mt)、几丁质杆(ch),比例尺 = $1\mu\text{m}$; 24. 鳃轴纤毛细胞:示细胞核(n)、纤毛(ci)、线粒体(mt),比例尺 = $1\mu\text{m}$; 25. 鳃轴表皮下组织:示几丁质杆(ch)、疏松结缔组织(ct)、肌纤维(mf),比例尺 = $2\mu\text{m}$; 26. 鳃轴表皮下组织,示胶原纤维(cf)纵切面和平滑肌纤维(mf),

比例尺 = $0.5\mu\text{m}$

21. Subepidermal lacuna of a gill leaflet, showing blood sinusoids (bs), hemocyanin (hc), bar = $1\mu\text{m}$; 22. Amplified hemocyanin molecules (hc), bar = $0.2\mu\text{m}$; 23. Cuboidal cells at gill axis, showing nucleus (n), microvillous border (mv), mitochondria (mt), chitinous rod (ch), bar = $1\mu\text{m}$; 24. Ciliated cells at gill axis, showing nucleus (n), cilia (ci), mitochondria (mt) and chitinous rod (ch), bar = $1\mu\text{m}$; 25. Subepidermis tissue of gill axis, showing chitinous rod (ch), loose connective tissue (ct), smooth muscle fibres (mf), bar = $2\mu\text{m}$; 26. Tissue beneath epidermis of the gill axis, showing collagenous fibers (cf) and smooth muscle fibres (mf), bar = $0.5\mu\text{m}$