动物学报 47 (3)：324～338，2001
Acta Zoologica Sinica

皱纹盘鲍肠粘膜上皮的结构和功能*

崔龙波 刘传琳 刘 迅 陆瑶华

（烟台大学生化系，山东烟台 264005）

摘 要 以透射电镜和扫描电镜观察、组织化学及酶活性测定等方法研究了皱纹盘鲍的肠和直肠。肠和直肠粘膜上皮由5种细胞组成。具微绒毛的柱状细胞呈现吸收细胞的超微结构特征，纤毛柱状细胞参与运输食物颗粒和粪便，Ⅰ型腺细胞具蛋白酶、非特异性酯酶和脂酶活性，以顶浆分泌形式分泌消化酶，Ⅱ型腺细胞分泌物可能与包裹粪便有关，杯状细胞分泌酸性粘多糖。体外酶活性分析表明肠和直肠粘膜上皮分别只有4种和3种植物多糖酶。

关键词 皱纹盘鲍 肠 直肠 结构 功能 酶

皱纹盘鲍（*Haliotis discus hannai* Ino）隶属腹足纲、前鳃亚纲，是我国北方沿海人工养殖的一种珍贵的经济贝类，以褐藻、红藻等为食，也可吞食小动物。与食性相适应，其消化道甚长，约相当于体长的3倍，其中尤以迂曲的肠最长（Dales，1981）。刘传林等（2000）和崔龙波等（2001）分别对皱纹盘鲍齿舌和消化腺的结构与功能进行了研究。Boer等（1990）和Franchini等（1992）分别对腹足类动物 *Lymnaea stagnalis* 和 *Planorbarius corneus* 的肠的研究指出，这两种动物的肠粘膜上皮均由多种不同类型的细胞组成，肠不仅仅涉及机械消化的功能，还参与内吞、吸收、分泌等活动，其功能甚至比消化腺还复杂和重要。皱纹盘鲍肠和直肠粘膜上皮具有哪些特点，在机体消化过程中发挥什么作用？作者通过透射电镜和扫描电镜观察、组织化学及酶活性分析等方法以期解决上述问题，为皱纹盘鲍的消化生理研究提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

36只皱纹盘鲍于1996年5月取自烟台市芝罘区隆海海珍品养殖场，鲍壳长5.8～6.2cm，壳宽3.7～4.2cm，雌、雄个体分别为17只和19只。解剖取出肠（前、中、后段）及直肠后进行研究。

1.2 方法

1.2.1 透射电镜观察 组织块用2.5%戊二醛和1%锇酸双固定、梯度酒精脱水、Epon812环氧树脂包埋，切片厚50～70 nm，醋酸铀和柠檬酸铅双重染色。JEM-1200EXII型透射电镜观察。

1.2.2 扫描电镜观察 将肠和直肠粘膜上的粘液冲洗干净后，于2.5%戊二醛和1%锇酸双固定、梯度丙酮脱水、醋酸异戊酯置换、常规临界点干燥、离子镀膜。日立S-570型扫描电镜观察。

1.2.3 组织化学研究 依染色方法的不同，组织块分别置于10%福尔马林液、Bouin氏液、Zenker氏液或Carnoy氏液固定、石蜡包埋、切片厚5～8 μm。进行以下染色：PAS反应显示多糖、唾液消化后PAS反应显示糖原、Alcian蓝-PAS反应区分中性与酸性粘多糖、汞溴酚蓝法显示蛋白质、对二甲胺基苯甲醛-亚硝酸盐法显示色氨酸、Turnbull氏蓝法显示铁、以及茜素红S法显示钙。

新鲜组织块直接于恒冷冰冻切片机上切片，切片厚6～10 μm。切片分别进行以下染色：Cunnigham氏明胶薄膜法显示蛋白酶、Gomori氏吐温（40和80）法显示脂酶、酸性乙酸-α-萘酯-六偶氮对品红法显示非特异性酯酶、Gomori氏硝酸铅法显示酸性磷酸酶、Gomori氏钙钴法显示碱性磷酸酶、以及苏丹黑B法显示脂类。以上组织化学方法见Pearse（1983）。

1.2.3 酶活性测定 5只个体为一组，平行测定三组。肠和直肠粘膜上皮经匀浆后，进行以下4种多糖水解酶活性的测定：用3，5-二硝基水杨酸显色法测定淀粉酶、纤维素酶和海藻多糖酶的活性（Bernfeld，1955），以波长232 nm进行紫外光吸收

1999-04-27收稿，2000-05-30修回

* 国家自然科学基金资助项目（No. 39470351）

** 第一作者简介 崔龙波，男，37岁，硕士，副教授。研究方向：海洋软体动物的消化生理。E-mail：lbcui@163.com

测定褐藻酸酶活性（Boyd *et al*., 1977），以牛血清蛋白为标准，用考马斯亮蓝 G250 显色法测定蛋白质（Bradford, 1976）。

2 结　果

2.1 透射电镜观察

皱纹盘鲍的肠可均等地分为前、中、后三段。肠与直肠粘膜上皮由 5 种细胞组成：具微绒毛的柱状细胞、纤毛柱状细胞、Ⅰ型腺细胞、Ⅱ型腺细胞和杯状细胞。

具微绒毛的柱状细胞：是肠中、后段除肠沟外的主要组成细胞。细胞游离缘具密集的微绒毛（图版Ⅰ：1），微绒毛长约 2.0 μm，直径约 0.1 μm。游离端质膜常见内陷，质膜下方有大量直径为 0.05～0.1 μm 的胞饮泡（图版Ⅰ：2）。在细胞顶端，有许多线粒体和少量的多泡小体（图版Ⅰ：1），细胞之间通过桥粒等相互连接。在细胞中部，见数量不等的内含电子致密物质的次级溶酶体，高尔基体和内质网主要位于核的上方，许多大小不一的脂滴主要见于细胞中部（图版Ⅰ：3）。肠后段的具微绒毛的柱状细胞其基部质膜内折形成指状突起、深入细胞内部，指状突起之间含有大量的线粒体（图版Ⅰ：4）。在细胞基部与基底膜之间常见神经分布（图版Ⅰ：5）。

纤毛柱状细胞：是肠前段、肠沟和直肠的主要组成细胞。细胞游离缘具密集的纤毛，纤毛长约 9 μm，直径约 0.2 μm。基体与纤毛小根清晰可见，带横纹的纤毛小根深插入细胞内部，大量的线粒体分布于纤毛小根之间（图版Ⅰ：6）。细胞游离缘还有稀疏的微绒毛。纤毛柱状细胞的其它结构与具微绒毛的柱状细胞相似。

Ⅰ型腺细胞：在肠由前至后该细胞数量逐渐增多，在直肠则少量存在。该细胞游离端狭窄，游离缘有短的微绒毛。该细胞的显著特征是在细胞中部、特别是基部含有大量的分泌颗粒（图版Ⅰ：4，7）。分泌颗粒表面有被膜，小者直径约 0.05 μm，大者约 0.6 μm。大多数分泌颗粒的内容物均质、电子密度致密，少数颗粒由呈中等电子密度的细颗粒状物组成。在细胞基部、数十个或数百个分泌颗粒再由膜包围而集中在一起，挤压邻近细胞而使后者狭窄（图版Ⅰ：4，7）。在细胞中部，分泌颗粒多散在于细胞中。

Ⅱ型腺细胞：主要分布于直肠，肠沟也少量存在。该细胞的结构特征为细胞顶端和中部充盈大量的分泌颗粒（图版Ⅰ：8）。仅有内质网和高尔基体等少量细胞器被挤压于细胞基部。具被膜的分泌颗粒较大，平均直径 1.1 μm，内容物呈细沙状，电子密度致密。有的分泌颗粒破裂，内容物溢出。细胞游离缘有微绒毛。可见游离面质膜破裂，释放出分泌颗粒或其内容物（图版Ⅰ：8）。

杯状细胞：少量散在于肠，直肠数量较多。细胞内充满大量的分泌颗粒（图版Ⅰ：6）。

2.2 扫描电镜观察

肠前段内壁形成几条不规则的纵行褶皱，其上皮细胞为具纤毛的细胞，但纤毛较稀疏（图版Ⅰ：9）。至肠中段，纵行褶皱逐渐变小至消失，仅剩两条纵行褶皱形成了肠沟，其余部分的肠内壁则形成有规律的环行褶皱（图版Ⅰ：10）。肠沟的纵行褶皱的粘膜上皮主要为具纤毛的细胞，在纤毛细胞之间散在表面具球形分泌物的细胞。肠沟以外的粘膜上皮一类是表面具密集微绒毛的细胞，该细胞顶部较平整，形态不规则，直径大小不一，平均约 7.0 μm（图版Ⅰ：11）。另一类细胞散布于具微绒毛的细胞之间，细胞顶端直径明显小于具微绒毛的细胞，细胞表面有短而稀疏的微绒毛，许多细胞顶端细胞质向腔内凸出，形成大小不等的球形分泌泡（图版Ⅰ：11）。当其内容物排出后，细胞顶端则形成大小不等的孔洞。此类细胞为Ⅰ型腺细胞。

直肠内壁形成 3～4 条粗大的纵行褶皱。直肠粘膜上皮主要为具纤毛的细胞，纤毛密集。在纤毛细胞之间散在着顶端具大小不等的球形分泌物的细胞（图版Ⅰ：12），它们是杯状细胞或Ⅱ型腺细胞。

2.3 组织化学研究

PAS 反应：杯状细胞的细胞质呈阳性，具微绒毛的柱状细胞的微绒毛和Ⅱ型腺细胞的分泌颗粒呈弱阳性。唾液消化后 PAS 反应：粘膜上皮细胞均呈阴性，不含糖原。Alcian 蓝-PAS 反应：杯状细胞的细胞质呈蓝色。汞-溴酚蓝法：Ⅰ型腺细胞和Ⅱ型腺细胞的分泌颗粒分别呈蓝色和深蓝色。对二甲胺基苯甲醛-亚硝酸盐法：Ⅱ型腺细胞的分泌颗粒呈深蓝色，但Ⅰ型腺细胞的分泌颗粒呈阴性。Turnbull 氏蓝法：具微绒毛的柱状细胞和纤毛柱状细胞的顶端细胞质有细小的蓝色颗粒，肠腔与直肠腔中也有蓝色内容物。茜素红 S 法：粘膜上皮细胞均呈阴性。Cunnigham 氏明胶薄膜法：Ⅰ型腺细胞的顶端细胞质及游离缘呈透明空斑，显示蛋白酶活性（图版Ⅰ：13）。Gomori 氏吐温法：Ⅰ型腺细胞的细胞质有少量棕黑色颗粒，显示脂酶活性。酸性

乙酸-α-萘酯-六偶氮对品红法：Ⅰ型腺细胞、具微绒毛的柱状细胞和纤毛柱状细胞的顶端细胞质呈红棕色，显示非特异性酯酶活性，但肠沟处的细胞酶活性较弱（图版Ⅰ：14）。Gomori氏硝酸铅法：粘膜上皮细胞均呈阴性，不具酸性磷酸酶活性。Gomori氏钙钴法：具微绒毛的柱状细胞的游离端质膜呈黑色，显示碱性磷酸酶活性（图版Ⅰ：15）。苏丹黑B法：具微绒毛的柱状细胞和纤毛柱状细胞有黑色颗粒。

2.4 酶活性测定

三组15只个体肠与直肠粘膜上皮的淀粉酶、纤维素酶及海藻多糖酶平均比活力分别为253±95（15）与115±31（15）、145±65（15）与101±48（15）、以及85±5（15）与0，单位为1 μg葡萄糖/min/mg蛋白质；褐藻酸酶的平均比活力分别为0.79±0.23（15）与0.31±0.06（15），单位为1.0光密度/hr/mg蛋白质。

3 讨 论

本研究表明：皱纹盘鲍的肠和直肠不只是食物和粪便通过的管道，还具有更为复杂的功能。肠与直肠粘膜上皮由5种细胞组成，它们分别发挥着各自不同的作用。具微绒毛的柱状细胞游离面具密集而长的微绒毛，质膜内陷和细胞游离端出现大量的胞饮泡，细胞中部出现表明进行物质降解的次级溶酶体，细胞内含有贮存物质（脂滴），这些都是吸收细胞的超微结构特征（Boer *et al*.，1990；Bush，1988；Franchini *et al*.，1992）。组化研究亦表明，具微绒毛的柱状细胞的游离端质膜显示碱性磷酸酶活性，而碱性磷酸酶与物质的跨膜转运有关（Franchini *et al*.，1992）。因此，具微绒毛的柱状细胞具有从肠腔吸收养分的作用。此外，肠后段具微绒毛的柱状细胞的某部质膜形成内褶，内褶之间有许多线粒体，这是水和离子转运细胞的形态学特征（Boer *et al*.，1990；Payne *et al*.，1989），表明肠后段的具微绒毛的柱状细胞还可以从肠腔中吸收水和离子。

Ⅰ型腺细胞的结构特征是细胞内含有大量的分泌颗粒，组化研究表明具有蛋白酶、非特异性酯酶和脂酶活性，体外酶活性分析检测到肠和直肠上皮细胞具有四种和三种植物多糖酶活性，扫描电镜下观察到Ⅰ型腺细胞的顶端细胞质凸出，表明Ⅰ型腺细胞可能以顶浆分泌的形式分泌消化酶，从而在肠和直肠腔内进行细胞外消化。

Ⅱ型腺细胞亦含有大量的分泌颗粒。普通组织学检查很难分辨出Ⅰ型和Ⅱ型腺细胞分泌颗粒的差异，二者均嗜酸性，只是前者主要位于细胞的中基部、后者主要位于细胞的中上部（崔龙波等，1995）。本研究表明Ⅰ型和Ⅱ型腺细胞的分泌颗粒在大小、性质上均有不同。Ⅱ型腺细胞的分泌颗粒含色氨酸，但Ⅱ型腺细胞不具蛋白酶、非特异性酯酶和脂酶活性。Ⅱ型腺细胞与帽贝 Patella vulgata 肠棒状腺细胞的结构相似，其蛋白性分泌物可能起凝固剂作用而加固粪团（Bush，1988）。

纤毛柱状细胞亦具有像具微绒毛的柱状细胞类似的超微结构和组化性质，表面亦具一定的吸收作用（Boer *et al*.，1990）。但纤毛柱状细胞的主要结构特征是具纤毛及纤毛小根之间含有大量的线粒体，并且该细胞主要分布于肠沟及直肠，故纤毛柱状细胞的主要功能是依靠纤毛的摆动运送食物颗粒和粪便。

杯状细胞大量存在于其它腹足类动物如脉红螺（侯林等，1991）、*Lymnaea stagnalis*（Boer *et al*.，1990）和 *Planorbarius corneus*（Franchini *et al*.，1992）等的肠道中。组化研究表明皱纹盘鲍肠和直肠的杯状细胞分泌酸性粘多糖，故杯状细胞通过其分泌物而起润滑作用，使食物和粪便的运送更为容易，同时还起到粘合粪便的作用。

参 考 文 献 (References)

Bernfeld, P. 1995 Methods in Enzymes. New York : Academic Press, 149.

Boer, H. H. and K. S. Kits 1990 Histochemical and ultrastructural study of the alimetary tract of the freshwater snail *Lymnaea stagnalis*. *J. Morphol.* **205**: 99~111.

Boyd, J. and J. R. Turvey 1977 Isolation of a poly α-γ-guluruate lyase from *Klebsiella aerogenes*. *Carbohydr. Res.* **57**: 163~171.

Braford, M. M. 1976 A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram protein utilizing the principle of proteindye binding. *Anal. Biochem.* **72**: 248~254.

Bush, M. S. 1988 The ultrastructure and function of the intestine of *Patella vulgata*. *J. Zool. Lond.* **215**: 685~702

Cui, L, B., C. L. Liu, L. J. Wang and Y. H. Lu 1995 The histological studies on the alimentary tract of adult *Haliotis discus hannai* Ino. *J. Yantai University* **10** (4): 22~27. [崔龙波，刘传琳，王丽景，陆瑶华 1995 成年皱纹盘鲍消化道的组织学研究. 烟台大学学报 **10**

(4): 22~27.]

Cui, L. B., C. L. Liu, X. Liu and Y. H. Lu 2001 Cell types and secretion of the digestive gland of *Haliotis discus hannai* Ino. *Acta Zool. Sin.* **47** (1): 32~37. [崔龙波, 刘传林, 刘 迅, 陆瑶华 2001 皱纹盘鲍消化腺细胞类型和分泌产物. 动物学报 **47** (1): 32~37.]

Dales, R. P. 1981 Practical Invertebrate Zoology. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 155~159.

Franchini, A. and E. Ottaviani 1992 Intestinal cell types in the freshwater snail *Planorius corneus*: histochemical, immunocytochemical and ultrastructural observation. *Tissue and Cell* **24**: 387~396.

Hou, L., J. M. Cheng, S. T Hou, G. H. Li and Q. Y. Wang 1991 Morphology of the digestive system of *Rapana venosa* (Valenciennes) *Gastropoda*. *Acta Zool. Sin.* **37**(1): 7~15. [侯 林, 程济民, 侯圣陶, 李国华, 王秋雨 1991 脉红螺消化系统的形态学研究. 动物学报 **37**(1): 7~15.]

Liu, C. L., L. B. Cui and Y. H. Lu 2000 Radula formation of *Haliotis discus hannai* Ino. *Acta Zool. Sin.* **46** (2): 235~237 [刘传林, 崔龙波, 陆瑶华 2000 皱纹盘鲍齿舌形成的研究. 动物学报 **46** (2): 235~237.]

Payne, C. M. and M. Crisp 1989 Ultrastructure and histochemistry of the posterior oesophagus of *Nassarius reticulatus* (L.). *J. Moll Stud* **55**: 313~321.

Pearse, A. G. E. 1983 Histochemistry, Theoretical and Applied. 4th edtion. London: Churchill Livingstone.

外 文 摘 要 (Abstract)

STRUCTURE AND FUNCTION OF MUCOUS EPITHELIUM OF THE INTESTINE IN *HALIOTIS DISCUS HANNAI* *

CUI Long-Bo　LIU Chuan-Lin　LIU Xun　LU Yao-Hua

(*Department of Biochemistry, Yantai University, Yantai* 264005, *Shandong, China*)

Disk ablone (*Haliotis discus hannai* Ino) is one of the important marine cultivated species in North China. Brown algae and red algae are the chief foods of disk abalone. They can also swallow small animals. Adopting to their food habit, they have a very long digestive tract. It's about 3 times longer than their bodies. In previous years, studies on the digestion of disk abalone were mostly concentrated to the roles of the digestive glands and those of the digestive tract has been neglected. In this paper the intestine and the rectum of *Haliotis discus hannai* Ino were studied with TEM and SEM observations, histochemical methods and tests for some enzymatic activities. The intestine can be evenly divided into anterior, meddle and posteriov. The epithelia of the intestine and the rectum are composed of 5 types of cells: (1) The cells with microvilli were the main cell type in the mid and prointestine. Their free borders were closely aggregated of microvilli. They were 2.0 μm long and 0.1 μm in diameter. Under the cell membrane there were many pinocytic vesicles. On the top of the cell there were a lot of mitochondria and multivesicular bodies. In the middle of the cell some secondary lysosomes and many lipid drops of different size were found. In the postintestine at the basal part of the cells, the cell membrane went inward, deeply into the cell to form some finger-like protrusions. Among them, there were many mitochondria. Some nerves could be seen between the cell membrane and the basal membrane. (2) Ciliated cells' structures were similar to those of the microvilli cells. Instead of microvilli, the free border of the cell was aggregated of cilia. The basal bodies and the ciliary rootlets could be seen clearly. There were a lot of mitochondria among the rootlets. Ciliated cell was the main cell type in the prointestine, typhlosoles of intestine groove and rectum. (3) Gland cells I were distributed in the intestine. Its amount increased from the beginning to the end. There was only a small amount in rectum. The cells were narrow at top and there were some short microvilli on the free border. The striking character of these cells was that a large amount of secreting granules surrounded by membrane dispersed in the cells. At the basal part of the cells, tens or hundreds of granules were surrounded together

* This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (No.39470351)

by membrane again to form bulks which squeezed the neighbor cells and made them narrow in shape. Histochemical studies showed that the granules contained proteinase, nonspecific esterase and lipase, and there were 4 and 3 kinds of polysaccharide enzymes in intestine and rectum respectively. On the apices of many cells, there were swellings containing enzymatic secretion. (4) Gland cells Ⅱ were mainly distributed in the rectum and typhlosoles. The top and the middle part of the cells were full of secretary granules. The diameter of the granule was about 1.1 μm. The content looked like sand and dense in electron density. The results of the analyses of proteinase, nonspecific esterase and lipase were negative. (5) The goblet cells were distributed mainly in rectum. The histochemical test showed that the goblet cells secreted mucopolysaccharide, and a large amount of mucoprotein filled in the cells. The results showed that the intestine and the rectum of the *Haliotis discus hannai* Ino were not only tracts for passing food and feces, they also played important roles in digestion. The cells with microvilli exhibited the ultrastructure feature of absorptive cells. They can absorb nutrition and water from the lumen of the intestine. The activity of the alkaline phosphatase at the top region of the cells showed that transportation through cell membrane were carrying on. The gland cells Ⅰ may secrete digestive enzymes by the apocrine, so extracellular digestion could take place in the lumen. The secretion of the gland cells Ⅱ may be used to consolidate feces. The vibration of the ciliated cells can facilitate the movement of the food and feces. The mucopolysaccharide secrated by the goblet cells can lubricate the lumen and cement feces.

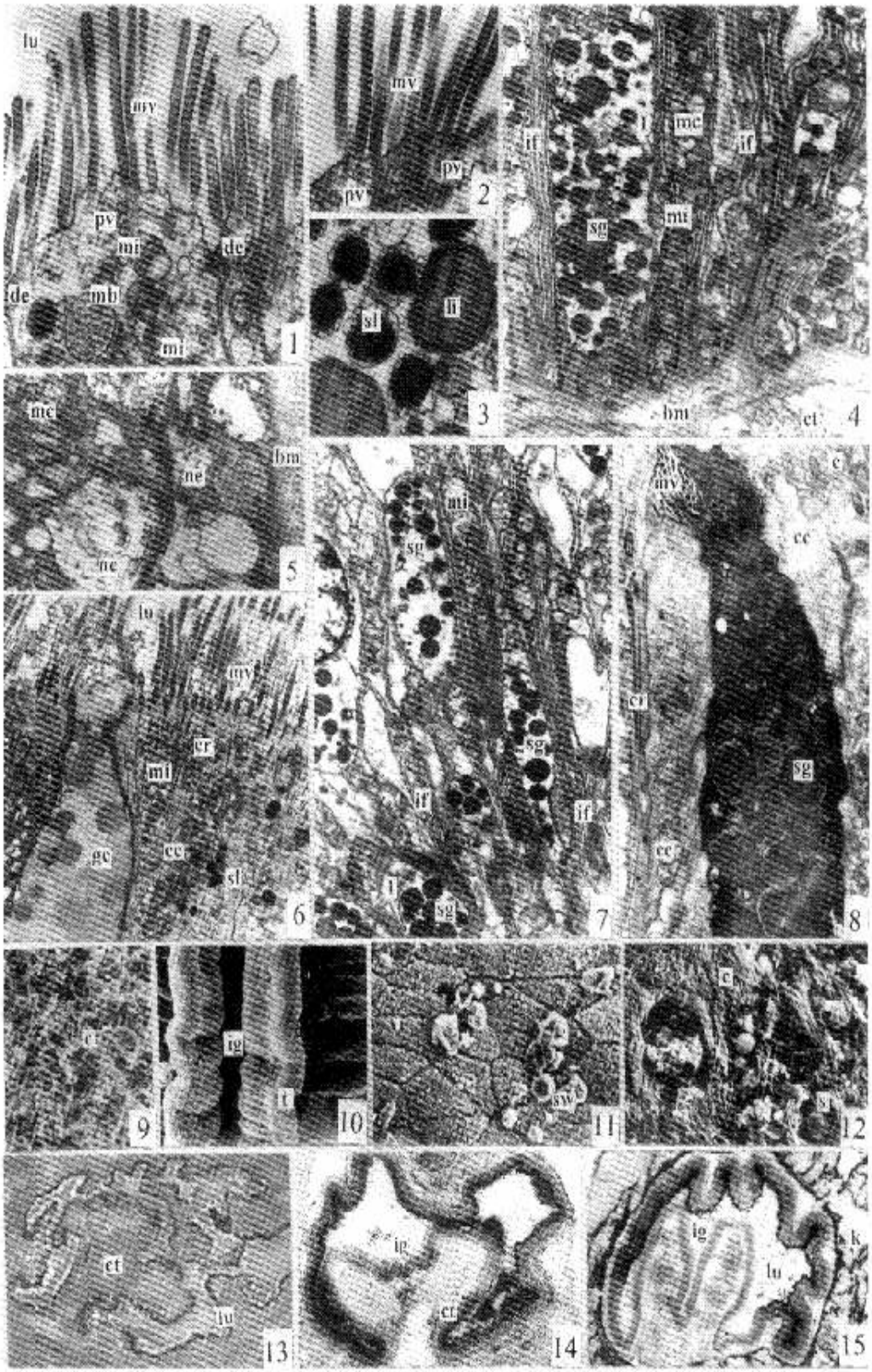
Key words *Haliotis discus hannai* Ino, Intestine, Rectum, Structure, Function, Enzyme

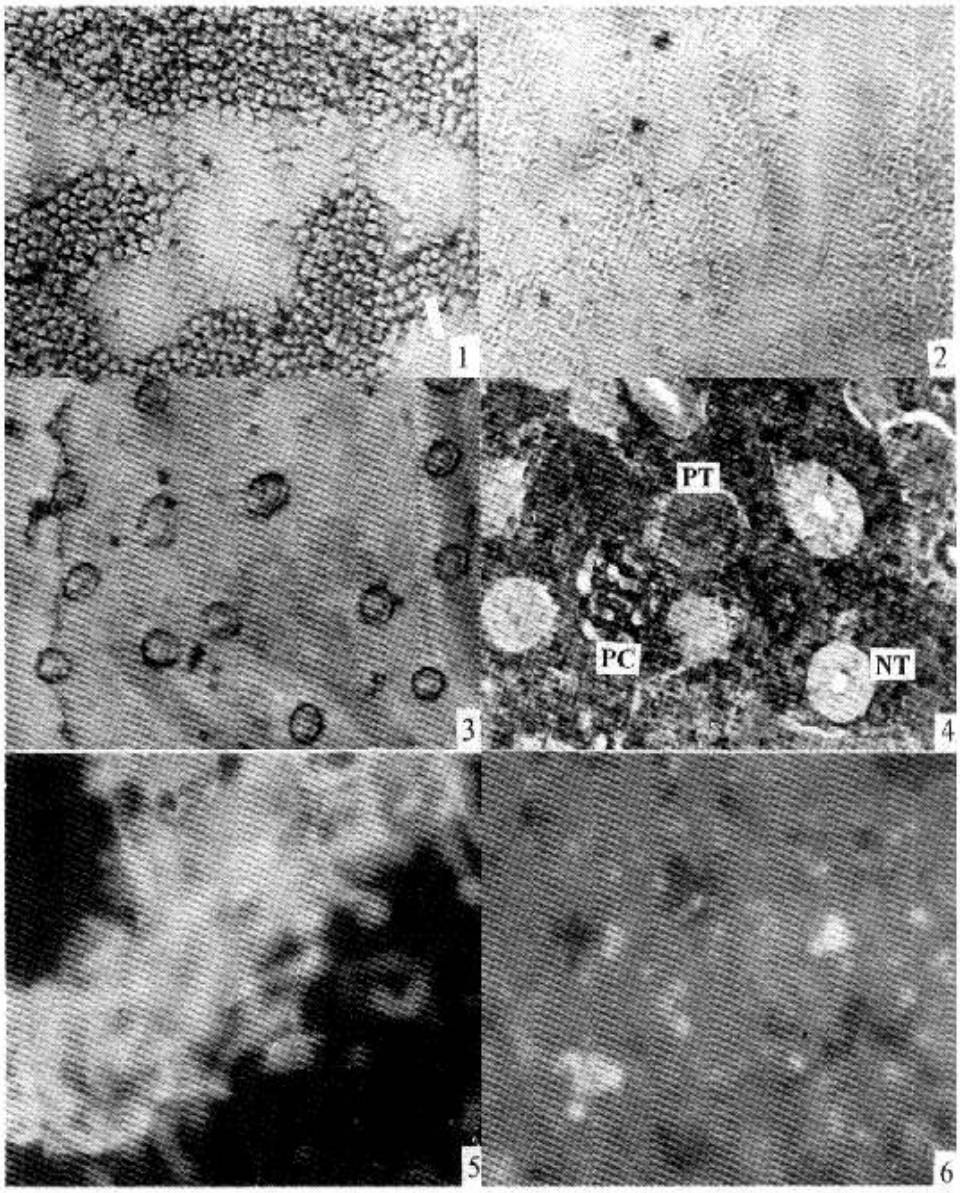
图 版 说 明 (Explanation of Plate)

图 版 Ⅰ (Plate Ⅰ)

1. 具微绒毛的柱状细胞游离端 (Apex of the columnar cells with microvilli) × 15 000
2. 具微绒毛的柱状细胞游离端 (Apices of the columnar cell with microvilli) ×12 000
3. 具微绒毛的柱状细胞中部 (Middle region of the columnar cell with microvilli) × 8 000
4. 肠后段粘膜上皮基部 (Basal region of epithelial cells in the postintestine) × 6 000
5. 具微绒毛的柱状细胞基部 (Basal region of the columnar cells with microvilli) × 6 000
6. 直肠粘膜上皮游离端 (Apex of the epithelial cells in the rectum) ×3 500
7. 肠后段粘膜上皮基部 (Basal region of epithelial cells in the postintestine) × 6 000
8. 直肠粘膜上皮游离端 (Apex of the epithelial cells in the rectum) ×6 000
9. 肠前段 (Prointestine) ×1 000
10. 肠中段 (Midintestine) ×40
11. 肠后段 (Postintestine) ×1 200
12. 直肠 (Rectum) ×700
13. 肠中段横切面 (Cross section of the midintestine) × 10
14. 肠后段横切面 (Cross section of the postintestine) × 25
15. 肠后段横切面 (Cross section of the postintestine) ×25

bm: 基底膜 (Basement membrane) c: 纤毛 (Cilia) cc: 纤毛柱状细胞 (Ciliated columnar cell) cr: 纤毛小根 (Ciliary rootlet) ct: 结缔组织 (Connective tissue) de: 桥粒 (Desmosome) gb: 高尔基体 (Golgi body) gc: 杯状细胞 (Goblet-cell) ig: 肠沟 (Intestinal groove) If: 内褶 (Infolding) k: 肾脏 (Kidney) li: 脂滴 (Lipid) lu: 腔 (Lumen) mb: 多泡小体 (Multivesicular body) mc: 具微绒毛的柱状细胞 (Columnar cell with microvilli) mi: 线粒体 (Mitochondrion) mv: 微绒毛 (Microvilli) n: 细胞核 (Nucleus) ne: 神经 (Nerve) pv: 胞饮泡 (Pinocytic vesicle) s: 分泌物 (Secretion) sg: 分泌颗粒 (Secretory granule) sl: 次级溶酶体 (Secondary lysosome) sw: 细胞顶端凸出 (Swelling of cell apices) t: 肠沟纵行褶皱 (Typhlosole) Ⅰ: Ⅰ型腺细胞 (Gland cell Ⅰ) Ⅱ: Ⅱ型腺细胞 (Gland cell Ⅱ)


lu
mv
pv
mi
de
mb
1
2
sl
li
3
if
me
sg
mti
bm
ct
4
ne
5
cr
gc
ccr
6
7
c
cc
8
tg
9
10
sw
11
12
13
ig
14
15



1. 中华鳖胸腺印片，示 ABC 法显示的 ConA 阳性标记的胸腺细胞（Thymic imprint of *T. sinensis*, showing the positive thymocytes bound to ConA by ABC method）×100
2. 中华鳖胸腺印片，示 ABC 法显示的 PWM 阴性标记的胸腺细胞（Thymic imprint of *T. sinensis*, showing the negative thymocytes bound to PWM by ABC method）×100
3. 草鱼胸腺印片，示 ABC 法显示的 ConA 阳性标记的胸腺细胞（Thymic imprint of *C. idellus*, showing the positive thymocytes bound to ConA by ABC method）×100
4. 草鱼肾脏，示 ABC 法显示的 PHA 阳性标记的肾小球（PC）和阳、阴性标记兼有的肾小管（PT、NT）（Kidney of *C. idellus*, showing positive renal corpuscle (PC) and positive / negative renal tubules (PT/NT) bound to PHA by ABC method）×200
5. 中华鳖胸腺冰冻切片，示 ConA 荧光标记的细胞群（Thymic section of *T. sinensis*, showing the thymocytes bound to FITC ConA）×100
6. 草鱼头肾冰冻切片，示 ConA 荧光标记的细胞（Head kidney section of *C. idellus*, showing the lymphocytes bound to FITC-ConA）×100