

文章编号: 1000-0615(2003)03-0225-08

缢蛏消化盲囊的组织学与组织化学

许星鸿¹, 郑家声²

(1. 淮海工学院海洋与水产学学院, 江苏 连云港 222042;

2. 中国海洋大学海洋生命学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 运用光镜、透射电镜及组织化学方法研究了缢蛏消化盲囊的结构与功能。消化盲囊为复管泡状腺, 以导管与胃腔相通。腺上皮由胚性细胞(E-细胞)、纤维细胞(F-细胞)、吸收细胞(R-细胞)和分泌细胞(B-细胞)组成, 它们在分布位置、结构及功能等方面各有其特点: E-细胞主要存在于近端(与导管相连处), 体积较小、核质比大, 能分化为其它类型的腺细胞; F-细胞内含发达的粗面内质网和游离核糖体, 功能是合成、分泌消化酶; R-细胞以脂肪滴和糖原粒的形式储存丰富的能量; B-细胞只见于远端, 游离端具发达的微绒毛, 内含大量的次级溶酶体和消化残体, 有很强的吸收和细胞内消化功能; B-细胞和R-细胞消化脂类的能力较强。导管壁由单层短柱状纤毛细胞和丰富的粘液细胞构成, 纤毛柱状细胞能合成、分泌消化酶。消化盲囊参与无机盐代谢。

关键词: 缢蛏; 消化盲囊; 组织学; 组织化学

中图分类号: S917.4 文献标识码: A

Histological and histochemical studies on digestive diverticula of *Sinonovacula constricta*

XU Xing-hong¹, ZHENG Jia-sheng²

(1. College of Marine Science and Aquaculture, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222042, China;

2. College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: The structure and function of the digestive diverticula of *Sinonovacula constricta* were studied using light and transmission electron microscopy and histochemical methods. The digestive diverticula is the type of compound tubuloacinar gland which communicates with the stomach by a system of ducts. The glandular epithelium is composed of four types of cells: embryo cell (E-cell), fibrillar cell (F-cell), resorptive cell (R-cell) and secretory cell (B-cell). These cells are different from each other in distribution, structure and function. E-cells are mostly located at the proximate position of tubules connecting the duct and the big nuclear-cytoplasmic ratio shows that they may be involved in mitotic activity for production of other cell types which comprise the glandular epithelium. F-cells contain plenty of rough endoplasmic reticulum and free ribosome suggesting that they may synthesize and secrete digestive enzymes. Lipid and glycogen are abundant throughout R-cells suggesting that these cells are the sites of significant energy stores. B-cells distribute only in the distal end of alveoli and have their cytological features: congested microvilli on the free border, numerous secondary lysosome and residual body support the view that B-cells are capable of absorption and intracellular digestion of food. B-cells and R-cells have the strong function of digesting lipid. The duct is composed of simple ciliated columnar epithelium and abundant mucous cell, and the former can synthesize and secrete digestive enzymes. The digestive diverticula

收稿日期: 2002-08-13

作者简介: 许星鸿(1970-), 女, 江苏泰兴人, 讲师, 硕士, 主要从事海洋生物学研究。Tel: 0518-2316473, E-mail: xhxu119@163.com

may also participate in the metabolism of inorganic salt.

Key words: *Sinonovacula constricta*; digestive diverticula; histology; histochemistry

缢蛏 *Sinonovacula constricta* (Lamarck) 广泛分布于我国各海区, 被称为四大养殖贝类之一^[1], 是当今贝类鱼藻综合生态系养殖中的重要成员^[2], 然而对缢蛏消化系统尚缺乏系统的研究, 仅见有关其大体解剖的描述^[1,3]。本文运用光镜、透射电镜及组织化学等方法研究了缢蛏消化盲囊的结构, 并初步探讨了其功能, 以期对缢蛏的消化生理、组织病理等研究提供参考资料, 同时也可作为人工养殖的理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

缢蛏购自青岛市台东水产品市场, 共32个, 壳长45~71mm, 壳高15~28mm。所用材料均为鲜活的个体。

1.2 方法

1.2.1 石蜡切片

解剖取材, Bouin 氏液固定, 石蜡包埋, 切片厚6~7 μ m, 苏木精-伊红染色, Olympus BH-2 显微镜观察、照相。

1.2.2 透射电镜观察

取1mm³组织块, 用2.5%戊二醛预固定(4 $^{\circ}$ C), 1%锇酸后固定, 梯度乙醇脱水, Epon812 环氧树脂包埋。LKB-Nova 超薄切片机切片, 醋酸铀和柠檬酸铅双染色, 日立H-7000 透射电子显微镜观察、照相。

1.2.3 组织化学方法

根据需要, 组织块分别置于 Bouin 氏液或 Carnoy 氏液固定, 石蜡包埋, 切片厚5~7 μ m, 进行如下染色: 过碘酸席夫(PAS)反应显示多糖、粘多糖、粘蛋白; 爱先蓝(Alcian blue)-PAS 反应(AB/PAS)显示中性、酸性粘多糖; 硝酸银法显示钙; 滕氏蓝反应显示铁。酶制片材料用80%丙酮于4 $^{\circ}$ C下固定, 用 Gomori 氏钙钴法、硝酸铅法、醋酸 α -萘酯法、吐温-80 法分别显示碱性磷酸酶、酸性磷酸酶、非特异性酯酶和脂酶, 对照片用90 $^{\circ}$ C蒸馏水处理10min。

2 结果

2.1 显微结构

消化盲囊为复管泡状腺, 有导管通向胃腔。导管反复分支, 管径随着分支逐渐变细, 导管分支的末端膨大为数个泡囊状的腺泡。富含血管的疏松结缔组织填充在腺泡间和导管间。

导管壁为单层上皮, 由短柱状的纤毛细胞和丰富的粘液细胞构成。纤毛柱状细胞排列整齐, 高约12 μ m, 纤毛长3 μ m, 核偏于细胞基部, 顶端胞质嗜酸性较强; 粘液细胞多为杯状细胞, 呈空泡状或被染成浅蓝灰色。导管上皮基底面紧包着一层平滑肌。导管腔面平坦, 有时形成小的峭突, 导管腔中有吞噬细胞和一些嗜酸性的物质。

腺泡的连续切面观察可见, 处于近端(即与导管相连处)的腺腔直径较小且腔面光滑; 而处于远端的腺腔直径较大且腔面凹凸不平, 腺腔中经常可见吞噬细胞。整个腺泡外包绕着一层肌上皮细胞(图版I-1)。

腺泡上皮可分为以下4种类型细胞:

胚性细胞(E-细胞): 主要存在于近端的腔面光滑的腺上皮中。体积较小, 但核质比大, 核呈圆形, 内含1~2个核仁, 胞质轻微嗜碱性。

纤维细胞(F-细胞): 细胞质嗜碱性很强,被染成深蓝色而明显区别于其它细胞,核较小,位于细胞基部。

吸收细胞(R-细胞): 数量最多,体积较大,胞质中含数个小空泡或整个胞质呈空泡状,核圆形或卵圆形,核仁 1~2 个。

分泌细胞(B-细胞): 体积最大,只存在于远端的腔面凹凸不平的腺上皮中。游离面不规则,向腺腔突出,常出现释放细胞质团于腺腔中的现象,胞质嗜酸性,染成粉红色。

2.2 超微结构

透射电镜观察,导管纤毛柱状上皮细胞游离端除了具有纤毛外还形成发达的微绒毛(图版 II-1)。形态各异的线粒体密集于细胞的上部,内质网呈小管状或小泡状、数量较少,细胞内散布着电子密度较高的酶原颗粒和较多的游离核糖体。

E-细胞: 核内常染色质较多,核仁 2 个、较小;细胞质少,其中散布着少量的圆形或椭圆形的线粒体,粗面内质网不发达,但游离核糖体较多(图版 II-2)。

F-细胞: 胞质内粗面内质网很发达,呈管状或膨大的液泡状,密集地平行排列;游离核糖体丰富;线粒体内嵴丰富、数量较多,夹杂在内质网之间;核仁 1 个,异染色质较多(图版 II-3)。

R-细胞: 细胞内也具有发达的粗面内质网、游离核糖体及丰富的线粒体,与 F-细胞相比最大的区别在于 R-细胞内含有大量的脂肪滴和糖原粒。核仁不明显,染色质或凝集成块状紧贴核膜分布,或散布于核内(图版 II-4)。

B-细胞: 细胞内分布着很多形态各异、体积不等的液泡,占据了细胞大部分空间,其中电子密度较高的圆球体为次级溶酶体,而体积较大、形态不规则、内含少量颗粒物质的液泡为消化残体;液泡之间夹杂着线粒体和粗面内质网;细胞的游离端有细胞质团排放到腺腔中,而其基底端有新的具微绒毛的 B-细胞产生(图版 II-5,6)。

2.3 组织化学研究

钙钴法: 消化盲囊导管上皮的基底面和部分游离面及腺上皮的基底面呈现出很强的碱性磷酸酶活性,腺细胞、导管细胞及吞噬细胞内也含有散在的黑色或棕黑色颗粒,表明含有碱性磷酸酶(图版 I-1-2)。

硝酸铅法: 消化盲囊导管上皮和导管内含物具有较强的酸性磷酸酶活性,腺上皮和吞噬细胞的酸性磷酸酶活性稍弱(图版 I-3)。

醋酸 α -萘酯法: B-细胞、R-细胞和导管的纤毛柱状细胞顶部均含有较多的酯酶(图版 I-4)。

吐温-80 法: 消化盲囊腺上皮和导管上皮细胞内有细小的黑色或棕黑色颗粒,说明具较弱的脂酶活性。

PAS 反应: 消化盲囊腺上皮和导管上皮呈紫红色或淡紫红色,表明含多糖、粘多糖或粘蛋白。

AB/PAS 反应: 消化盲囊的部分腺上皮细胞中有蓝色或蓝紫色颗粒,表明含有酸性粘多糖。消化盲囊导管的粘液细胞数量多,多数含混合粘液,少数只含酸性粘多糖或中性粘多糖(图版 I-5)。

硝酸银法: 消化盲囊的结缔组织中有棕黑色颗粒,表明含有钙。

滕氏蓝反应: 只有部分腺上皮中含有微量的铁,但结缔组织中有成堆聚集的蓝色颗粒,表明铁在消化盲囊中的分布很不均匀(图版 I-6)。

3 讨论

缢蛏消化盲囊导管上皮中的纤毛柱状细胞游离端的纤毛能够将食物运往腺末房,密集于细胞上部的线粒体可为纤毛的摆动提供充足的能量;纤毛之间密布着微绒毛,而微绒毛的功能是增加吸收面积^[4,5],表明其具有一定的吸收功能;细胞内的游离核糖体发达,表明其合成蛋白质的能力较强^[4,5]。组

组织化学研究表明导管上皮中具有较强的碱性磷酸酶、酸性磷酸酶、非特异性酯酶活性和较弱的脂酶活性。碱性磷酸酶与物质的跨膜运输有关,它的存在表明活性区具有吸收功能^[4,6],丰富的酸性磷酸酶活性表明了细胞具活跃的吸收和细胞内消化功能^[4,7-10],非特异性酯酶和脂酶的存在表明该区域具有对脂类的消化能力^[11],因此盲囊导管纤毛柱状细胞能合成、分泌消化酶,这一结论同绳秀珍等对栉孔扇贝消化盲囊的研究结果相一致^[12]。导管内含物也具有较强的酸性磷酸酶活性,表明在导管中还进行着活跃的细胞外消化作用,导管腔中的消化酶有一部分来自纤毛柱状细胞,与对食用牡蛎^[10]和 *Arctica islandica*^[7]的研究结果一致。导管上皮中含丰富的粘液细胞,多数分泌中性和酸性混合粘液物质,可达到粘合食物颗粒、润滑腔面的作用^[13,14]。

甲壳类动物肝胰腺由 B, R, F, E 4 种细胞构成的观点已被大多数学者所认同^[15,16]。在多数贝类的消化腺中只发现 2 种^[9,12-14,17,18]或 3 种^[19]细胞类型,仅在瓣鳃类 *Cardium edule*^[8]和文蛤^[20]等的消化腺中发现类似于甲壳类的 4 种细胞,而 Rebecchi 等^[21]和 Morton^[22]则分别认为田螺 *Viviparus ater* 和瓣鳃类 *Lasaea rubra* 的消化腺中只有 1 种细胞类型,所观察到的不同细胞形态只是由于腺细胞处于消化过程的不同阶段而已。

实验发现缢蛏的消化盲囊腺上皮具有 4 种细胞类型: E-细胞(胚细胞)、F-细胞(纤维细胞)、R-细胞(吸收细胞)和 B-细胞(分泌细胞)。E-细胞是一种未分化的胚性细胞,核质比大,说明其具有分裂能力^[4];细胞器少,说明其分化程度低,不参与对食物的消化吸收作用,其主要功能是分裂、分化成其它类型的腺细胞。F-细胞内发达的粗面内质网和游离核糖体表明其具有很强的合成蛋白质的功能^[4],在细胞中未发现次级溶酶体和消化残体等结构,所以 F-细胞的功能是合成消化酶并释放到腺腔中进行细胞外消化。Al-Mohanna 等^[23]发现短沟对虾的 F-细胞是通过胞吐作用释放酶原颗粒于腺腔中,而刘晓云等^[24]认为 F-细胞还能以细胞死亡解体释放内含物,在本实验中由于未切到 F-细胞的游离面,所以关于缢蛏 F-细胞分泌消化酶的方式有待于进一步研究。R-细胞内发达的粗面内质网和游离核糖体表明其也具有很强的蛋白质合成功能,但与 F-细胞显著不同的是 R-细胞内含有大量的脂肪滴和糖原粒,说明 R-细胞进行活跃的细胞内合成,并以脂肪滴和糖原粒储存于细胞中。细胞内丰富的线粒体可以为细胞的主动吸收提供充足的能量。R-细胞内的脂肪滴在 H-E 染色的制片过程中被溶解掉而呈空泡状,所以在光镜下会发现 R-细胞内含数个小空泡或整个胞质呈空泡状。B-细胞游离端具发达的微绒毛表明其具有很强的吸收功能;B-细胞内含大量的次级溶酶体和消化残体表明具有很强的细胞内消化功能^[25,26],可溶性的消化产物扩散到溶酶体外,被细胞利用或者进入相邻的细胞中或者扩散到血淋巴中^[4]。消化残体通过胞吐作用排于细胞外,当 B-细胞内充满了大量的消化残体后,整个细胞将解体^[9,24]。组织化学研究表明 B-细胞外排的消化残体具有较强的酯酶活性和较弱的酸性磷酸酶活性,与 Robert^[7]的研究结果一致。B-细胞和 R-细胞的酯酶活性较强,表明其具有较强的消化脂类的能力。

腺上皮基底面的碱性磷酸酶活性很强,而碱性磷酸酶与物质的跨膜运输有关,说明腺细胞积极地把消化产物运输到结缔组织中,通过血液及淋巴循环供给机体生命活动需要。

唐敏等^[27]认为由于海洋贝类体内钙浓度低于海水中的钙浓度,钙有过剩的可能,所以海洋贝类把体内剩余的钙积极向外排放,不在组织中滞留。在栉孔扇贝^[12]、紫贻贝^[14]、长竹蛏^[17]等的消化系统中都未发现钙的存在,仅在栉江珧^[18]消化系统的结缔组织检测到钙。实验发现在缢蛏消化盲囊的结缔组织中有成堆聚集的铁和少量的钙,部分腺上皮中含微量的铁,表明缢蛏的消化盲囊参与无机盐代谢。

在消化盲囊腺腔和导管腔中都发现了吞噬细胞,而且具有碱性磷酸酶、酸性磷酸酶和酯酶活性。吞噬细胞是一种变形细胞,能伸出伪足,把食物颗粒包在细胞内,通过细胞本身分泌的消化酶进行细胞内消化作用^[28]。关于甲壳类动物肝胰腺细胞的分化问题,经过近 80 年的研究,已获得比较一致的意见,即 E-细胞的功能是分裂产生其它类型的细胞, E-细胞的分化有两个趋向:一部分分化为 F-细胞, F-细胞能够合成消化酶,由 F-细胞发育形成 B-细胞, B-细胞具有细胞内消化作用;另一部分分化为 R-细胞, R-细胞可以吸收和储藏营养物质。关于贝类消化腺的细胞分化问题的研究很少,只有 Boucaud-Camou^[29]在对乌贼肝脏的进一步研究中认为细胞分化程序为 E-细胞(增殖阶段)→F-细胞(成熟阶段)→B-细胞

(成熟阶段)→R-细胞(静止阶段)。本实验发现 E-细胞主要存在于腺泡的近端,其结构特征说明是一种未分化的细胞,能够分裂、分化成其它类型的细胞;B-细胞只见于盲端,F-细胞和 R-细胞在近端和盲端都有分布,但是 B-细胞和 F-细胞的结构和功能差异显著,B-细胞内含大量的液泡,主要进行细胞内消化,而 F-细胞内液泡很少,功能是进行细胞外消化,所以缢蛏消化盲囊的 B-细胞是否由 F-细胞分化而来有待于进一步研究。

中国海洋大学测试中心刘晓云、姜明老师对本工作给予大力支持和帮助,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Wang R C, Wang Z P, Zhang J Z. Marine mussel culture[M]. Qingdao: Ocean University of Qingdao Press, 1993. 72— 379. [王如才, 王昭萍, 张建中. 海水贝类养殖学[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993. 72— 379.]
- [2] Tian X L, Li D S, Dong S L, et al. Water quality of closed polyculture of penaeid shrimp with tilapia and constricted tagesu[J]. Chin J Appl Ecol, 2001, 12(2): 287—292. [田相利, 李德尚, 董双林, 等. 对虾—罗非鱼—缢蛏封闭式综合养殖的水质研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 287— 292.]
- [3] Cai Y Y, Zhang Y, Wei R F. Malacology summarize[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1979. 46— 64, 350— 364. [蔡英亚, 张英, 魏若飞. 贝类学概论[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979. 46— 64, 350— 364.]
- [4] Zheng G C. Cytobiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1992. 68—301. [郑国麟. 细胞生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992. 68— 301.]
- [5] Zhai Z H, Ding M X. Cytobiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1992. 50— 212. [翟中和, 丁明孝. 细胞生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995. 50— 212.]
- [6] Babula A, Skowon—Wondl D. Histological and histochemical studies of the digestive system of the slug *Deroceras reticulatus* [J]. Sciences Biologiques, 1985, 26: 65— 71.
- [7] Robert E P. A histological and histochemical study of digestion in the bivalve *Arctica islandica* [J]. Biol Bull, 1979, 156: 115— 129.
- [8] Owen G. The fine structure of the digestive tubules of the marine bivalve *Cardium edule* [J]. Phil Trans R Soc (B), 1970, 258: 245— 260.
- [9] Johnson M A, Pulet Y M, Donval A, et al. Histology, histochemistry and enzyme biochemistry in the digestive system of the endosymbiont—bearing bivalve *Loripes lucinalis* (Lamarck) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1996, 197: 15— 38.
- [10] Mathers N F. The tracing of natural algal food labelled with a carbon 14 isotope through the digestive tract of *Ostrea edulis* L [J]. Proc Malacol Soc Lond, 1972, 40: 115— 124.
- [11] Hirji K N, Courtney W A M. Non—specific carboxylic esterase activity in the digestive tract of the perch, *Perca fluviatilis* L [J]. J Fish Biol, 1983, 22: 1—7.
- [12] Sheng X Z, Liu X Y, Ren S L, et al. A histological and histochemical study on digestive diverticula of farreri's scallop, *Chlamys (Azumapekten) farreri* [J]. J Ocean Univ Qingdao, 2001, 31(3): 361—367. [绳秀珍, 刘晓云, 任素莲, 等. 栉孔扇贝消化盲囊的组织学和组织化学研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(3): 361—367.]
- [13] James O H, Christopher M B, Greg B M. Characterization of the digestive tract of greenlip abalone, *Haliotis laevigata* Donovan I . morphology and histology[J]. Journal of Shellfish Research, 1998, 17(4): 979— 988.
- [14] Cui L B, Ma S Y, Liu P, et al. Histological and histochemical studies on digestive system of *Mytilus edulis* L [J]. J Shanghai Fish Univ, 1999, 8(4): 316— 321. [崔龙波, 马圣媛, 刘萍, 等. 紫贻贝消化系统的组织学和组织化学研究[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(4): 316— 321.]
- [15] Caceci T. Ultrastructure of the hepatopancreas of the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda) [J]. J Mar Biol Ass UK, 1988, 68: 323— 327.
- [16] Li T W. Studies on structure of hepatopancreas in *Portunus trituberculatus* [J]. Oceanol et Limnol Sin, 1996, 27(5): 471—474. [李太武. 三疣梭子蟹肝脏的结构研究[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(5): 471—474.]
- [17] Cui L B, Zhou J M, Lu Y H. Histological and histochemical study on the digestive system of *Solen gouldii* Conrad [J]. Marine Fisheries Research, 2000, 21(2): 17— 21. [崔龙波, 周加敏, 陆瑶华. 长竹蛏消化系统的组织学和组织化学研究[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(2): 17— 21.]
- [18] Sheng X Z, Ren S L, Wang D X, et al. Histological and histochemical studies on digestive system of *Pinna (Ariana) pectinata* [J]. J Fish China, 2001, 25(4): 294— 297. [绳秀珍, 任素莲, 王德秀, 等. 栉江珧消化系统组织学和组织化学的研究[J]. 水产学报, 2001, 25(4): 294— 297.]
- [19] Li T W, Xu J L, Ding X, et al. Ultrastructure of digestive gland of disk abalone (*Haliotis discus hannai*) [J]. Acta Zool Sin, 2001, 47(5): 583— 588. [李太武, 徐吉林, 丁晓云, 等. 栉孔扇贝消化腺超微结构的研究[J]. 动物学报, 2001, 47(5): 583— 588.]

- 586 [李太武, 徐继林, 丁新, 等. 皱纹盘鲍消化腺的超微结构[J]. 动物学报, 2001, 47(5): 583—586.]
- [20] Ying X P. Ultrastructural studies on the hepatocyte of *Meretrix meretrix* L [J]. Fisheries Science, 2001, 20(4): 11—14. [应雪萍. 文蛤肝细胞超微结构研究[J]. 水产科学, 2001, 20(4): 11—14.]
- [21] Rebecchi B, Franchini A, Fantin A M B. The digestive gland of *Viviparuter* (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia): an ultrastructural and histochemical study [J]. Tissue and Cell, 1996, 28(6): 731—739.
- [22] Morton J E. The tidal rhythm and action of the digestive system of the lamellibranch *Lasaea rubra* [J]. J Mar Biol Ass UK, 1956, 35: 563—586.
- [23] Al-Mohanna S Y, Nott J A, Lane D J W. Mitotic E and secretory F cells in the hepatopancreas of the shrimp, *Penaeus semisukatus* (Crustacea, Decapoda) [J]. J Mar Biol Ass UK, 1985, 65: 901—910.
- [24] Liu X Y, Jiang M. Ultrastructural studies on the cells of the hepatopancreatic tubules wall of *Penaeus chinensis* [J]. J Ocean Univ Qingdao, 1997, 27(4): 515—520. [刘晓云, 姜明. 中国对虾 *Penaeus chinensis* 肝小管管壁细胞的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1997, 27(4): 515—520.]
- [25] Bush M S. The ultrastructure and function of the intestine of *Patella vulgata* [J]. J Zool Lond 1988, 215(4): 685—702.
- [26] Franchini A, Ottaviani E. Intestinal cell types in the freshwater snail *Planorbis ornatus*; histochemical, immunocytochemical and ultrastructural observation [J]. Tissue and Cell, 1992, 24(3): 387—396.
- [27] Tang M, Shi A J. Overview of studies on calcium metabolism in molluscs [J]. J Fish China, 2000, 24(1): 86—91. [唐敏, 石安静. 贝类钙代谢研究概况[J]. 水产学报, 2000, 24(1): 86—91.]
- [28] Owen G. Digestion [M]. Academic Press, London, 1966. 53—96.
- [29] Boucaud-Camou E. Fine structure and function of the digestive cell of *Sepia officinalis* (Mollusca; Cephalopoda) [J]. J Zool Lond, 1980, 191: 89—105.

图版说明 Explanation of Plate

图版 I

1. 消化盲囊切面, H—E, ×670; 2. 示消化盲囊的碱性磷酸酶活性(↑), 钙钴法, ×170; 3. 示消化盲囊的酸性磷酸酶活性(↑), 硝酸铅法, ×670; 4. 示消化盲囊的非特异性酯酶活性(↑), 醋酸α-萘酯法, ×670; 5. 示消化盲囊导管的中性(↑)和混合粘液(*), AB/PAS, ×670; 6. 示消化盲囊中的铁(↑), 滕氏蓝反应, ×670
- BC: B细胞; CC: 纤毛柱状细胞; Ci: 纤毛; CT: 结缔组织; D: 导管; EC: E细胞; FC: F细胞; GE: 腺上皮; MC: 肌上皮细胞; P: 吞噬细胞; RC: R细胞

Plate I

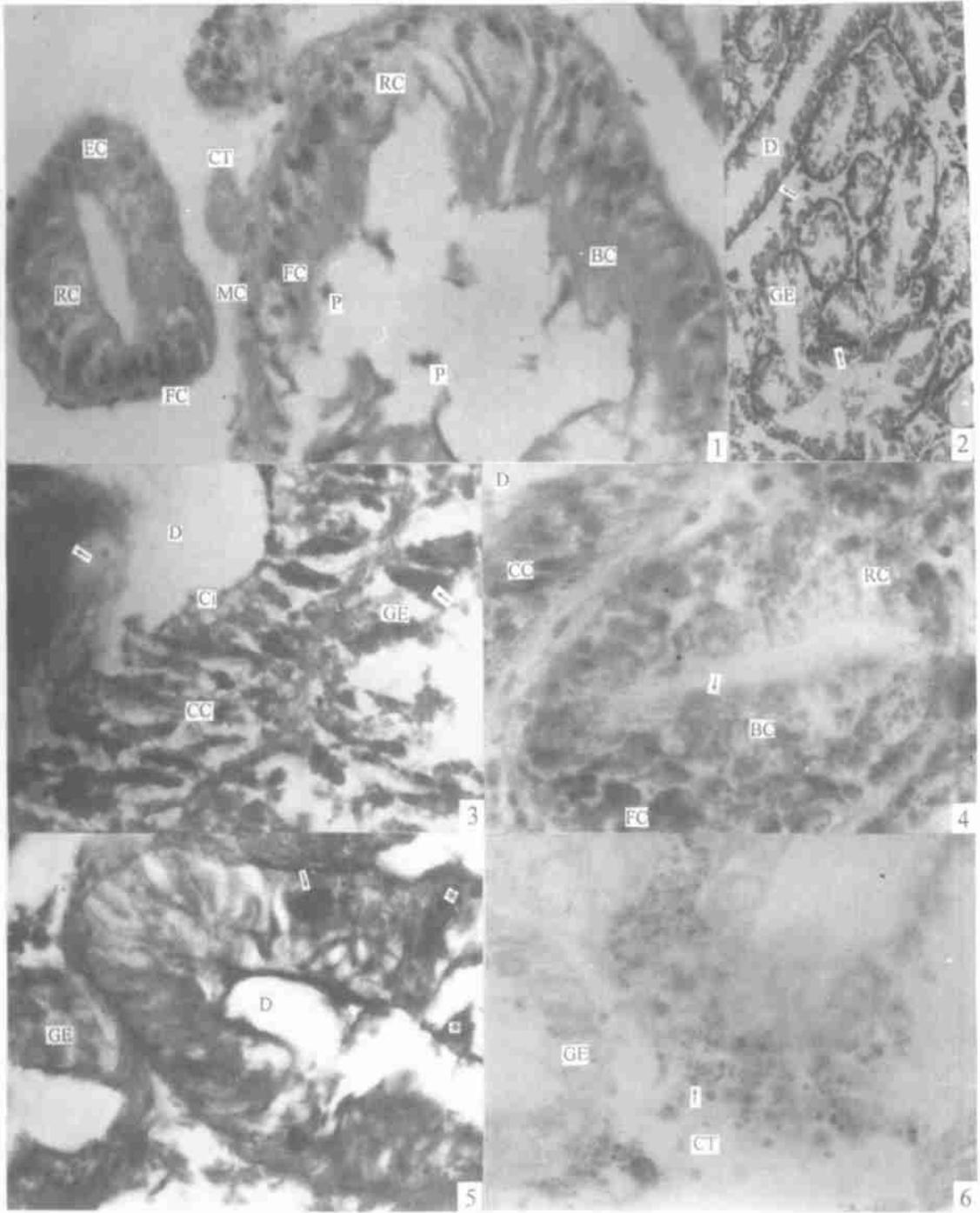
1. Section of the digestive diverticula, H—E ×670; 2. Showing alkaline phosphatase activity of the digestive diverticula (↑), ×170; 3. Showing acid phosphatase activity of the digestive diverticula (↑), ×670; 4. Showing non-specific esterase activity of the digestive diverticula (↑), ×670; 5. Section of the duct showing neutral (↑) and mixed (*) mucosubstances, ×670; 6. Section of the digestive diverticula showing iron (↑), ×670
- BC: B-cell; CC: Ciliated columnar cell; Ci: Cilia; CT: Connective tissue; D: Duct; EC: E-cell; FC: F-cell; GE: Glandular epithelium; MC: Myoepithelial cell; P: Phagocyte; RC: R-cell

图版 II

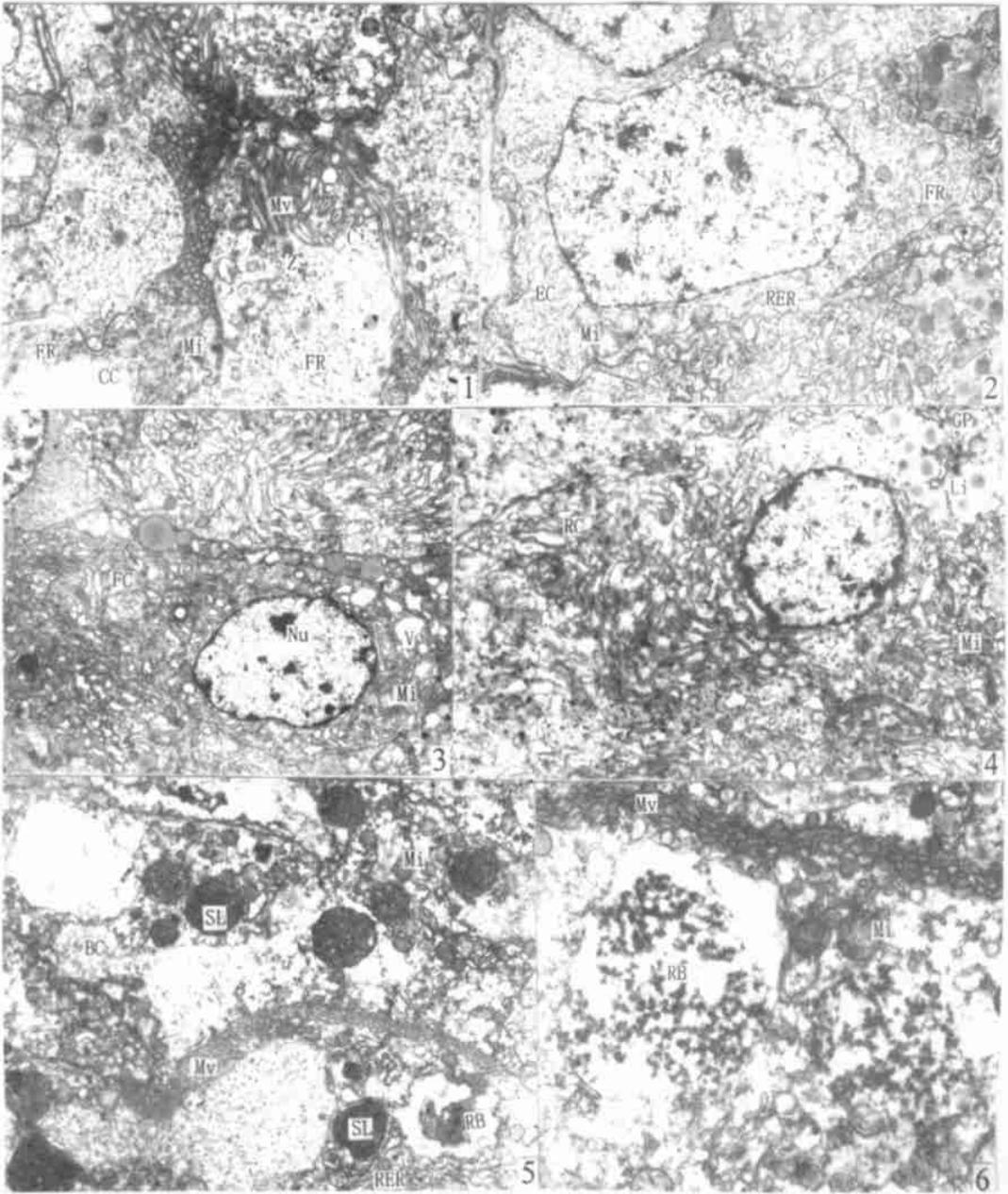
1. 导管纤毛柱状细胞游离端, ×7500; 2. E-细胞, ×6000; 3. F-细胞, ×3000; 4. R-细胞, ×3000; 5. B-细胞, ×2250; 6. B-细胞游离端, ×12000
- BC: B细胞; CC: 纤毛柱状细胞; Ci: 纤毛; EC: E细胞; ER: 内质网; FR: 游离核糖体; FC: F细胞; GP: 糖原粒; Li: 脂肪滴; Mv: 微绒毛; Mi: 线粒体; N: 细胞核; Nu: 核仁; RB: 消化残体; RC: R细胞; RER: 粗面内质网; SL: 次级溶酶体; V: 液泡; Z: 酶原颗粒

Plate II

1. Apex of the ciliated columnar cell, ×7500; 2. E-cell, ×6000; 3. F-cell, ×3000; 4. R-cell, ×3000; 5. B-cell, ×2250; 6. Apex of the B-cell, 12000
- BC: B-cell; CC: Ciliated columnar cell; Ci: Cilia; EC: E-cell; ER: Endoplasmic reticulum; FR: Free ribosome; FC: F-cell; GP: Glycogen particles; Li: Lipid; Mv: Microvilli; Mi: Mitochondrion; N: Nucleus; Nu: Nucleolus; RB: Residual body; RC: R-cell; RER: Rough endoplasmic reticulum; SL: Secondary lysosome; V: Vacuole; Z: Zymogen granule



图版I Plate I



图版 II Plate II