

文章编号: 1000-0615(2002)01-0007-08

皱纹盘鲍食道的结构与功能

崔龙波, 周雪莹, 陆瑶华

(烟台大学生物化学系, 山东 烟台 264005)

摘要: 以组织学、组织化学、扫描电镜和透射电镜观察及酶活性测定等方法研究了皱纹盘鲍的食道。食道可分为前、中、后三段, 中段又可分为食物通道和食道侧囊。食道粘膜上皮由纤毛柱状细胞、粘液细胞、颗粒状腺细胞、微绒毛细胞和分泌细胞组成。纤毛柱状细胞参与运输食物和分泌物, 并呈现吸收细胞的结构特征; 粘液细胞分泌中性和酸性粘多糖; 颗粒状腺细胞内充盈分泌颗粒; 微绒毛细胞呈现吸收细胞的特征; 分泌细胞具有很强的蛋白酶等酶活性, 能以顶浆分泌形式分泌消化酶, 该细胞还具有吸收和细胞内消化作用。食道中段还呈现 3 种植物多糖酶活性。

关键词: 皱纹盘鲍; 食道; 组织学; 组织化学; 酶

中图分类号: S917:Q954.58 文献标识码: A

The structure and function of the esophagus of disk abalone *Haliotis discus hannai*

CUI Long-bo, ZHOU Xue-ying, LU Yao-hua

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

Abstract: The esophagus of disk abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, was studied with histological and histochemical methods, scanning and transmission electron microscopic observation, and tests for some enzymatic activity. The esophagus is divided into anterior, mid and posterior partitions. The mid esophagus is again divisible into two structurally and functionally distinct regions, a central food channel and two lateral pouches. The epithelium of the esophagus consists of five types of cells, ciliated columnar cell, mucous cell, granular gland cell, cell with microvilli and secretory cell. Ciliated columnar cells participate mainly in transport of food and secretion, and show structural features of absorptive cells. Mucous cells secrete neutral and acid mucopolysaccharide. Granular gland cells contain a large number of secretory granules. Cells with microvilli also show the features of absorptive cells. Secretory cells, the main glandular cells in the lateral pouches, show strong activity of proteinase and non-specific esterase. They may secrete digestive enzymes by the apocrine. The secretory cells may also participate in absorption and intracellular digestion of food. The epithelium of the mid esophagus shows activity of three plant polysaccharide enzymes by tests *in vitro*.

Key words: *Haliotis discus hannai*; esophagus; histology; histochemistry; enzyme

收稿日期: 2001-02-26

基金项目: 国家自然科学基金资助(39470351号)

作者简介: 崔龙波(1962-), 男, 山东蓬莱人, 教授, 博士研究生, 主要从事海洋软体动物的消化生理研究。Tel: 0535-6903037,

E-mail: llxui@163.com

皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)隶属腹足纲、前鳃亚纲,是我国北方沿海重要的养殖贝类之一,以褐藻、红藻等为食,也可吞食小动物如有孔虫、多毛类和桡足类等。在前鳃亚纲,依动物种类和食性的不同,其食道的形态、结构及功能差异甚大^[1]。Campell^[2]报道了黑鲍(*Haliotis crachebodh*)食道的组织学结构。作为珍贵的养殖贝类,皱纹盘鲍的消化生理研究已日益得到重视,崔龙波等^[3,4]对皱纹盘鲍唾液腺、嗉囊和胃等的结构与功能进行了研究。本研究旨在探讨皱纹盘鲍食道的结构及在机体消化过程中的作用。

1 材料与方 法

1.1 材 料

皱纹盘鲍取自烟台市芝罘区隆海海珍品养殖场,33只4龄贝的个体平均壳长6.0cm、壳宽4.0cm。解剖取出食道后进行如下研究。

1.2 方 法

1.2.1 组织学研究

组织块置于 Bouin 氏液或 Zenker 氏液固定,石蜡包埋,作连续切片,切片厚 8 μm ,H. E 染色。

1.2.2 扫描电镜观察

将食道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 透射电镜观察

组织块用 2.5%戊二醛和 1%锇酸双固定,梯度丙酮脱水,Epon 812 环氧树脂包埋,切片厚 50~70nm,醋酸铀和柠檬酸铅双重染色。JEM-1200 EXII 型透射电镜观察。

1.2.4 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:过碘酸雪夫氏(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,以及甲基绿派洛宁法显示 DNA 和 RNA。

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。

1.2.5 酶活性测定

以 5 只个体为一组,平行测定三组。取食道中段粘膜上皮经匀浆后,进行以下几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^[5];以波长 232nm 进行紫外光吸收测定褐藻酸酶活性^[6];以牛血清蛋白为标准,用考马斯亮蓝 G250 显色法测定蛋白质^[7]。

2 结 果

根据 Graham 对前鳃亚纲动物食道的划分^[8],皱纹盘鲍的食道分为前、中和后三段。食道前段较短,与口相连,未发生扭转。食道中段前宽后窄,呈漏斗状,逆时针 180°扭转,由位于中央的食物通道和位于两侧成对的食道侧囊组成。食道后段为一短的狭窄管道,后接嗉囊。

2.1 组织学研究

食道管壁可分为三层:粘膜层、粘膜下层和肌层,粘膜层由单层粘膜上皮组成。食道前段的背壁向腔内凸出,形成两个大的纵行背褶;腹壁内凸形成一个宽而较低的纵行腹褶。食道前段背壁和腹壁的粘

膜上皮由纤毛柱状细胞和数量不等的粘液细胞组成, 而侧壁的粘膜上皮主要为粘液细胞。纤毛柱状细胞呈柱状, 细胞排列紧密; 粘液细胞胞质淡蓝色。在食道中段, 背褶和腹褶依然明显, 但发生了扭转。两个背褶和一个腹褶所围成的腔即食物通道, 而食道中段的侧壁向每一侧延伸、扩展, 其内表面形成乳头状的绒毛, 成为食道侧囊(图版 I-1)。食物通道的粘膜上皮除主要为纤毛柱状细胞和粘液细胞外, 还散在少量的颗粒状腺细胞, 后者胞质内充盈细小而均质的嗜酸性颗粒, 并见其外排。食道侧囊的粘膜上皮由四种细胞组成。微绒毛细胞: 仅位于绒毛的顶端, 细胞游离面有明显的微绒毛, 细胞排列整齐(图版 I-2)。分泌细胞位于绒毛侧壁及绒毛间的粘膜上皮, 细胞排列紧密, 界限不清, 胞核位于基部; 核上方细胞质丰满, 常含有许多大小不等、内含淡棕绿色内容物的球形囊泡, 并散在少量分泌颗粒(图版 I-2); 随着细胞质内物质的增加, 细胞明显增高, 细胞游离端常外凸、脱落, 食道侧囊内常见该细胞的碎片。颗粒状腺细胞较少, 散在于绒毛顶端及绒毛间的粘膜上皮。纤毛柱状细胞极少, 位于除绒毛顶端以外的粘膜上皮。在食道后段, 背褶、腹褶及食道侧囊消失, 食道内壁形成数条纵行皱褶(图版 I-3)。食道后段的粘膜上皮基本同中段的食物通道, 主要为纤毛柱状细胞以及数量不等的粘液细胞和散在的颗粒状腺细胞。

2.2 扫描电镜观察

食道前段和中段的两个背褶和一个腹褶的表面又形成许多迂回的小褶呈脑回状结构(图版 I-4)。纤毛柱状细胞具密集的纤毛, 见不到细胞的轮廓(图版 I-5)。粘液细胞或散在于纤毛柱状细胞间、或单独成片存在, 细胞界限清晰, 有的细胞游离面有条状分泌物(图版 I-5)。食道侧囊内壁形成众多高约 130 μm 、直径约 110 μm 的乳头状绒毛(图版 I-6)。微绒毛细胞位于绒毛的顶端, 细胞游离面布满了微绒毛, 细胞游离面多呈不规则的圆形, 细胞界限清晰(图版 I-7)。分泌细胞位于微绒毛细胞的下方, 细胞游离面呈圆形、大小不等, 有短而稀疏的微绒毛, 许多分泌细胞顶端膨胀、外凸, 其微绒毛消失(图版 I-8), 有的细胞游离端崩解、脱落, 留下孔洞(图版 I-9)。颗粒状腺细胞亦有稀疏的微绒毛, 细胞表面常见其外排的颗粒。纤毛柱状细胞散在于分泌细胞间, 因膨胀的分泌细胞的遮掩而见不到纤毛柱状细胞的轮廓, 仅见其长的纤毛(图版 I-8, 9)。食道后段的纵形褶皱其高度和宽度较一致, 褶皱表面较光滑(图版 I-10)。纤毛柱状细胞的纤毛密集(图版 I-11), 存在于纤毛柱状细胞间的粘液细胞和颗粒状腺细胞由于纤毛的遮掩而难以观察到它们的表面结构, 但这两种细胞无纤毛, 其表面常分别见到条状和细小颗粒状的分泌物(图版 I-11)。

2.3 透射电镜观察

位于食道前、中和后段的纤毛柱状细胞其超微结构基本一致, 细胞游离面具密集的纤毛, 纤毛长约 10 μm , 纤毛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; 细胞游离面还具微绒毛, 长约 2.0 μm ; 游离面质膜下有许多直径约 0.1 μm 的胞饮泡(图版 I-12); 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(图版 II-1)和少量的脂滴。位于食道前、中和后段的粘液细胞其超微结构一致, 细胞呈倒杯状(图版 II-1), 粗面内质网发达, 细胞内充盈大量的粘原颗粒, 粗面内质网、线粒体及细胞核被挤压于细胞基部(图版 II-2)。位于食道中段和后段的颗粒状腺细胞均呈现类似的超微结构, 细胞内充盈大量的分泌颗粒, 仅在细胞基部的周边见到粗面内质网和线粒体等细胞器; 分泌颗粒由膜包绕, 呈球形, 直径为 0.7~1.8 μm , 由细胞基部至顶端逐渐增大, 颗粒内容物电子密度致密(图版 II-3)。食道侧囊微绒毛细胞的游离面具密集的微绒毛, 微绒毛长达 3.0~5.0 μm (图版 II-4); 质膜下有大量的直径为 0.1 μm 的胞饮泡, 细胞中部见数量不等的内含电子致密物质的次级溶酶体; 大量的线粒体见于细胞的顶端和中部, 高尔基体见于细胞中部, 细胞中部的质膜常形成侧褶(图版 II-5)。食道侧囊的分泌细胞游离端膨大、凸出, 游离面有长约 1.2 μm 的微绒毛, 许多细胞的微绒毛崩解、脱落; 游离面质膜下方和细胞顶端有大量直径约 0.1 μm 的胞饮泡, 在细胞顶端和中部有许多直径 0.5~1.8 μm 的囊泡, 这些囊泡或聚集成堆或散在分布, 胞饮泡和囊泡的内容物呈中等电子密度(图版 II-6, 7); 在细胞顶端和中部, 还存在许多大小不等的分泌颗粒, 分泌颗粒均呈球形, 由膜

包绕,电子密度致密;分泌颗粒主要为直径0.2~0.5 μm 的小型颗粒,亦有直径为0.8~1.0 μm 的大型颗粒(图版II-6,7)。凸出、脱落的细胞质中含有分泌颗粒。

2.4 组织化学研究

皱纹盘鲍食道的组织化学结果如表1及图版II-8~12所示。

表1 皱纹盘鲍食道的组织化学分析
Tab. 1 The histochemistry of the esophagus of *Haliotis discus hannai*

细胞类型 cell types	多糖 ¹	糖原 Glycogen	中性与酸性粘多糖 ²	蛋白质 ³	色氨酸 ⁴	RNA	蛋白酶 ⁵	脂酶 Lipase	非特异性酯酶 ⁶	酸性磷酸酶 ⁷	碱性磷酸酶 ⁸	脂类 Lipide
纤毛柱状细胞 Ciliated columnar cell	-	-	-	c++	-	-	-	ac +++	ac+++	-	am+++	ac+
粘液细胞 Mucous cell	c+	-	c 紫红色 Purplish red	c+	-	bc+++	-	-	-	-	-	-
颗粒状腺细胞 Granular gland cell	sg+++	-	-	sg++++	sg++++	-	-	-	-	-	-	-
微绒毛细胞 Cell with microvilli	mv++	-	-	c++	-	-	-	ac +++	ac+++	-	am+++	-
分泌细胞 Secretory cell	sg++ v++++	-	v 紫红色 Purplish red	sg+++ v+/-	-	-	fm+++ sg++++	-	sg+++ v++++	v+++	-	-

注: ac. 顶端细胞质, am. 顶端质膜, bc. 基部细胞质, c. 细胞质, fm. 游离缘, sg. 分泌颗粒, mv. 微绒毛, v. 囊泡, 着色强度, +++++>++++>+++>++>+>-。

Note: ac. Apical cytoplasm, am. Apical membrane, bc. Basal cytoplasm, c. Cytoplasm, fm. Free margin, sg. Secretory granule, mv. Microvilli, v. Vesicles, Staining, +++++>++++>+++>++>+>-

1. Polysaccharides, 2. Neutral and acid mucopolysaccharides, 3. Protein, 4. Tryptophan, 5. Proteinase, 6. Nonspecific esterase, 7. Acid Phosphatase, 8. Alkaline phosphatase

2.5 酶活性测定

三组15只个体食道中段粘膜上皮淀粉酶、纤维素酶及海藻多糖酶的平均比活力分别为 341 ± 55 、 54 ± 12 以及0,单位为 $1\mu\text{g}$ 葡萄糖 $\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ 蛋白质;褐藻酸酶的平均比活力为 0.73 ± 0.34 ,单位为 1.0 光密度 $\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ 蛋白质。结果表明食道中段粘膜上皮含有三种植物多糖酶,其中以淀粉酶活性最高。

3 讨论

Graham^[8]在研究了各种前鳃亚纲动物的食道后,依据发育的特征建议食道分为三段:位于口球与扭转区域前的前段、包括扭转全部区域的中段以及与嚙囊相连的后段。本实验对皱纹盘鲍食道的研究表明,其食道的结构明显可区分出上述三段,它们分别具有各自特殊的功能。

食道前段粘膜上皮有两种细胞:纤毛柱状细胞和粘液细胞。纤毛柱状细胞具密集的纤毛及纤毛小根之间含有大量的线粒体,因此纤毛柱状细胞可依靠纤毛的摆动将摄入的食物与来自唾液腺的唾液和来自粘液细胞的粘液混合,并推进食物向后迁移。纤毛柱状细胞的游离面还具微绒毛,质膜下出现许多胞饮泡,细胞中部出现表明进行物质降解的次级溶酶体,细胞内含有储存物质(脂滴),这些都是吸收细胞的超微结构特征^[9-11]。组织化学研究表明,该细胞的游离面质膜显示碱性磷酸酶活性,而碱性磷酸

酶与物质的跨膜运输有关^[11]。因此纤毛柱状细胞还具有吸收的作用。由于皱纹盘鲍的食物中含有小的有机物以及鲍的齿舌可将藻类研磨成碎片,适于主动运输或物理方式的吸收,因此皱纹盘鲍在食道前段就发生了吸收。此外,纤毛柱状细胞的顶端细胞质还显示脂酶和非特异性酯酶活性,表明该细胞可能与脂类食物的消化有关。大量存在的粘液细胞含粘原颗粒,其分泌物为中性与酸性混合粘多糖。粘液细胞通过分泌粘多糖而润滑食道,使食物的运送更为容易,同时起到粘合食物的作用。

食道中段又可分为中央的食物通道及两侧的食物侧囊。食物通道的粘膜上皮亦主要为纤毛柱状细胞和粘液细胞,故食物通道的功能与食道前段一样,是运输食物的通道并具有一定的吸收作用。此外,在食物通道及其他部位的粘膜上皮出现少量的颗粒状腺细胞,细胞内充盈嗜酸性的、电子致密的分泌颗粒,组化研究显示颗粒内含色氨酸,但未显示有酶的活性,其功能有待于进一步研究。颗粒状腺细胞与帽贝(*Patella vulgata*)肠棒状腺细胞结构相似,后者的蛋白质分泌物可能起凝固剂作用而加固食物团或粪团^[10]。

食道侧囊是前鳃亚纲动物特有的结构。食道中段的侧壁向每一侧扩展、形成袋状的侧囊,其内表面形成指状突起(如对鳃超科、马蹄螺超科)或小瓣(如帽贝超科、滨螺超科),食道侧囊粘膜上皮都被覆腺性上皮,能够分泌消化酶,故食道侧囊又称食道腺^[1]。黑鲍的食道侧囊上皮由色素细胞和分泌细胞组成^[2];帽贝(*Patella vulgata*)的则由纤毛柱状细胞和淀粉酶分泌细胞组成^[12]。本研究表明皱纹盘鲍食道侧囊内壁形成乳头状绒毛,其粘膜上皮含有四种细胞:微绒毛细胞、分泌细胞、颗粒状腺细胞和纤毛柱状细胞,它们的分布部位、结构和功能各不相同。微绒毛细胞仅位于绒毛的顶端,其较长的微绒毛、大量的胞饮泡和次级溶酶体的出现,以及其游离面质膜具碱性磷酸酶活性,表明微绒毛细胞具有吸收功能。分泌细胞位于除绒毛顶端以外的粘膜上皮,细胞内含有大量大小不等的分泌颗粒,分泌颗粒属于糖蛋白,具有很强的蛋白酶和非特异性酯酶活性,蛋白酶活性还见于细胞游离缘及管腔。该细胞游离端常膨胀、凸出,微绒毛崩解,进一步发展则含有分泌颗粒的游离端细胞质脱落,故分泌细胞以顶浆分泌形式释放消化酶,再进入食物通道及胃、肠内进行消化。Bush^[12]指出帽贝(*Patella vulgata*)食道侧囊的分泌细胞能分泌淀粉酶,故名淀粉酶分泌细胞。本研究酶活性测定表明,食道中段还具有淀粉酶、纤维素酶及褐藻酸酶的活性,这些酶很可能来自分泌细胞。由于皱纹盘鲍的唾液无消化作用^[3],因此正常情况下食道侧囊分泌细胞的分泌物是食物在消化道中首次遇到的细胞外消化酶。皱纹盘鲍的分泌细胞不仅仅是腺细胞,它与帽贝(*Patella vulgata*)的淀粉酶分泌细胞一样^[12],还具有软体动物消化腺消化细胞相似的结构:具微绒毛、含有胞饮泡以及大的囊泡^[13,14],囊泡具酸性磷酸酶活性,表明分泌细胞还具有吸收食物并进一步进行细胞内消化的作用。少量的纤毛柱状细胞散在于食道侧囊,其主要作用是通过纤毛的摆动将分泌细胞的分泌物排入食物通道。

食道后段为一狭窄的管道,内壁形成平滑的纵行皱褶,其粘膜上皮与食物通道一样,由纤毛柱状细胞、粘液细胞和少量的颗粒状腺细胞组成,因此食道后段的功能除起有限的吸收作用外,主要是运送食物及食道侧囊分泌的消化酶的通道。

以往对鲍等前鳃亚纲动物消化系统的研究主要强调消化腺、胃、肠等的作用,本研究表明皱纹盘鲍的食道无论在结构上还是在功能上都是一个十分复杂和相当重要的器官。其主要功能至少有三个:由纤毛柱状细胞行使的运输食物和分泌物的功能,这是通常人们所认为的食道的唯一功能;由分泌细胞、粘液细胞和颗粒状腺细胞行使的分泌消化酶和粘液的功能,其中食道侧囊分泌细胞的分泌物是食物在鲍整个消化系统中首次接触的消化酶;由纤毛柱状细胞、微绒毛细胞和分泌细胞行使的吸收食物的功能,即皱纹盘鲍在食道便开始吸收经齿舌机械消化的或经食道水解酶消化的食物。

参考文献:

- [1] Fretter V, Graham A. British prosobranch mollusks[M]. London: Ray Society, 1962. 207- 222.
- [2] Campbell J L. The structure and function of the alimentary canal of the black abalone *Haliotis cracherodhi* Leach[J]. Trans Amer Micro Soc, 1965, 84: 376- 395.
- [3] Cui L B, Lu Y H, Liu C L, et al. Light and electron microscopic study on the salivary gland of *Haliotis discus hannai* Ino[J]. Acta Ocean Sin, 2000, 22(1): 141- 144. [崔龙波, 陆瑶华, 刘晨临, 等. 皱纹盘鲍唾液腺的光镜和电镜研究[J]. 海洋学报, 2000, 22(1): 141- 144.]
- [4] Cui L B, Liu C L, Liu X, et al. Ultrastructure and function of the crop and the stomach of *Haliotis discus hannai* Ino[J]. J Fish China, 2000, 24(1): 7- 10. [崔龙波, 刘传琳, 刘迅, 等. 皱纹盘鲍嗉囊和胃的超微结构与功能[J]. 水产学报, 2000, 24(1): 7- 10.]
- [5] Benfeld P. Methods in enzymes[M]. New York: Academic Press, 1995.
- [6] Boyd J, Turvey J R. Isolation of a poly- α - γ -glucuronate lyase from *Klebsiella aerogenes*[J]. Carbohydr Res, 1977, 57: 163- 171.
- [7] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Anal Biochem, 1976, 72: 248- 254.
- [8] Graham A. On the structure and function of the alimentary canal of the style-bearing prosobranch[J]. Proc Zool Soc Lond B, 1939, 109: 75- 112.
- [9] Bush M S. The ultrastructure and function of the intestine of *Patella vulgata*[J]. J Zool, 1988, 215: 685- 702.
- [10] Boer H H, Kits K S. Histochemical and ultrastructural study of the alimentary tract of the freshwater snail *Lymnaea stagnalis*[J]. J Morphol, 1990, 205: 99- 111.
- [11] Franchini A, Ottaviani E. Intestinal cell types in the freshwater snail *Planorbis cornuus*: histochemical, immunocytochemical and ultrastructural observation[J]. Tissue and Cell, 1992, 24: 387- 396.
- [12] Bush M S. The ultrastructure and function of the oesophagus of *Patella vulgata* L[J]. J Moll Stud, 1989, 55: 111- 124.
- [13] Owen G. The fine structure of the digestive tubules of the marine bivalve *Cardium edule*[J]. Phil Tran B, 1970, 258: 245- 260.
- [14] Cui L B, Liu C L, Liu X, et al. Cell types and secretion of the digestive gland of *Haliotis discus hannai* Ino[J]. Acta Zool Sin, 2001, 47(1): 32- 37. [崔龙波, 刘传琳, 刘迅, 等. 皱纹盘鲍消化腺的细胞类型及分泌物[J]. 动物学报, 2001, 47(1): 32- 37.]

图版说明 Explanation of Plate

图版 iv

1. 食道中段的左半部横切面 H. E $\times 13$; 2. 食道侧囊的绒毛 H. E $\times 120$; 3. 食道后段横切面 H. E $\times 20$; 4. 食道前段的背壁 $\times 50$; 5. 食道前段 $\times 1\ 000$; 6. 食道侧囊 $\times 150$; 7. 食道侧囊 $\times 800$; 8. 食道侧囊 $\times 1\ 000$; 9. 食道侧囊 $\times 1\ 000$; 10. 食道后段 $\times 60$; 11. 食道后段 $\times 500$; 12. 纤毛柱状细胞顶端 $\times 10\ 000$
- C. 纤毛 CC. 纤毛柱状细胞 CM. 微绒毛细胞 CR. 纤毛小根 DF. 背褶 H. 孔洞 FC. 食物通道 L. 腔 LP. 食道侧囊 MC. 粘液细胞 Mi. 线粒体 Mv. 微绒毛 P. 胞饮泡 SC. 分泌细胞 V. 绒毛 VF. 腹褶

图版 ㉔

1. 粘液细胞和纤毛柱状细胞顶端 $\times 6\ 000$; 2. 粘液细胞基部 $\times 12\ 000$; 3. 颗粒状腺细胞横切面 $\times 12\ 000$; 4. 微绒毛细胞顶端 $\times 8\ 000$ 5. 微绒毛细胞中部 $\times 12\ 000$; 6. 分泌细胞顶端 $\times 8\ 000$; 7. 分泌细胞顶端 $\times 8\ 000$; 8. 食道侧囊(黑色处为多糖阳性部位) PAS 反应 $\times 150$; 9. 食道侧囊(透明处为蛋白酶活性部位) 明胶薄膜法 $\times 100$; 10. 食道中段(黑色处为非特异性酯酶活性部位) 六偶氮对品红法 $\times 25$; 13. 食道侧囊(黑色处为非特异性酯酶活性部位) 六偶氮对品红法 $\times 70$; 14. 食道中段(黑色处为碱性磷酸酶活性部位) Gomori 氏钙钴法 $\times 15$
- C. 纤毛 CC. 纤毛柱状细胞 CM. 微绒毛细胞 FC. 食物通道 GB. 高尔基体 L. 腔 LP. 食道侧囊 MC. 粘液细胞 MF. 质膜侧褶 MG. 粘原颗粒 Mi. 线粒体 Mv. 微绒毛 N. 细胞核 P. 胞饮泡 rER. 粗面内质网 SC. 分泌细胞 SG. 分泌颗粒 SL. 次级溶酶体 Ve. 囊泡

Plate iv

1. Transverse section of left half of the mid-esophagus H. E $\times 13$; 2. Villi of the lateral pouch H. E $\times 120$; 3. Transverse section of the posterior esophagus H. E $\times 20$; 4. Dorsal wall of the anterior esophagus $\times 50$; 5. The anterior esophagus $\times 1\ 000$; 6. The lateral pouch $\times 150$; 7. The lateral pouch $\times 800$; 8. The lateral pouch $\times 1\ 000$; 9. The lateral pouch $\times 1\ 000$; 10. The posterior esophagus $\times 60$; 11. The posterior esophagus $\times 500$; 12. The apex of the ciliated columnar cell $\times 10\ 000$
- C. Cilia CC. Ciliated columnar cell CM. Cell with microvilli CR. Ciliary rootlet DF. Dorsal fold H. Hole FC. Food channel L. Lumen LP. Lateral pouch MC. Mucous cell Mi. Mitochondria Mv. Microvilli P. Pinocytic vesicles SC. Secretory cell V. Villi VF. Abdominal fold

Plate ㉔

1. The apex of the mucous cell and the ciliated columnar cell $\times 6\ 000$; 2. The basal region of the mucous cell $\times 12\ 000$; 3. Transverse section of the granular gland cell $\times 12\ 000$; 4. The apex of the cell with microvilli $\times 8\ 000$ 5. The mid-region of the cell with microvilli $\times 12\ 000$; 6. The apex of the secretory cell $\times 8\ 000$; 7. The apex of the secretory cell $\times 8\ 000$; 8. The lateral pouch, stained for polysaccharides by PAS reaction $\times 150$; 9. The lateral pouch, stained for proteinase by Cunningham's method $\times 100$; 10. The mid-esophagus, stained for non-specific esterase $\times 25$; 13. The lateral pouch, stained for non-specific esterase $\times 70$; 14. The mid-esophagus, stained for alkaline phosphatase by Gomori's method $\times 15$
- C. Cilia CC. Ciliated columnar cell CM. Cell with microvilli FC. Food channel GB. Golgi body L. Lumen LP. Lateral pouch MC. Mucous cell MF. Membrane fold MG. Mucigenous granule Mi. Mitochondria Mv. Microvilli N. Nucleus P. Pinocytic vesicles rER. Rough endoplasmic reticulum SC. Secretory cell SG. Secretory granule SL. Secondary lysosome Ve. Vesicles



