

日本七鳃鳗消化系统显微与超微结构

孙婴宁^① 马 飞^① 邵淑娟^② 于丽君^② 赵瑾瑶^② 李庆伟^{①*}

(^①辽宁师范大学生命科学学院 大连 116029; ^②大连医科大学组织学与胚胎学教研室 大连 116000)

摘要:采用光镜和电镜技术研究日本七鳃鳗(*Lampetra japonica*)消化系统的组织结构。结果显示,日本七鳃鳗食道褶皱处黏膜上皮为复层立方上皮,褶皱基部为变移上皮。由于生活方式的特化,其胃退化。前肠、中肠和后肠黏膜上皮均为单层柱状上皮,其中并未发现杯状细胞,有肠腺,肠上皮有密集的纤毛,上皮细胞内各种细胞器均较丰富,肌纤维斜行。肝小叶界限不清,肝内无胆管。内分泌性腺由若干个大小不等和形状不定的细胞团组成。口腔腺上皮细胞高柱状,游离端充满酶原颗粒和微管泡系,细胞间有分泌小管。日本七鳃鳗消化器官的组织结构特点与其特殊的取食方式和进化地位密切相关。

关键词:日本七鳃鳗 消化系统 显微结构 超微结构 口腔腺

中图分类号:Q954 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)06-14-09

Microstructure and Ultrastructure of the Digestive System in Lamprey *Lampetra japonica*

SUN Ying-Ning^① MA Fei^① SHAO Shu-Juan^② YU Li-Jun^② ZHAO Jin-Yao^② LI Qing-Wei^①

(^① College of Life Sciences, Liaoning Normal University, Dalian 116029;

^② Department of Histology and Embryology, Dalian Medical University, Dalian 116000, China)

Abstract: The histological structure of digestive tract of *Lampetra japonica* was studied by light and electronic microscopy. Stratified cuboidal epithelium in the fold of oesophagus mucosa and transitional epithelium in the bottom of the fold were observed. Because of the life style specialization *L. japonica* lost its stomach. The fore-, mid- and hind-intestines were characterized by single-layered columnar epithelium and there were numerous dense cilia and abundant cell organelles in the epithelial cells. The muscle fibers distributed obliquely. The lobules were not distinctly observed and there was no bile duct in the liver. The endocrine pancreas consisted of cell mass in different sizes and various shapes. The secretory epithelium of the buccal glands consisted of high columnar cells which contained numerous granules and tubular vesicles, some of which were zymogen-like. There were many tubular vesicular systems among these cells. In summary, there is a close correlation between the histology structure characteristic of digestive system and particular feeding behavior in this species.

Key words: *Lampetra japonica*; Digestive system; Microstructure; Ultrastructure; Buccal glands

日本七鳃鳗(*Lampetra japonica*)系圆口纲(Cyclostomata)七鳃鳗目(Petromyzoniformes)七鳃鳗科(Petromyzontidae)七鳃鳗属(*Lampetra*)动物,是我国现存惟一的海淡水洄游七鳃鳗,在海水中的营半寄生生活,以吸食宿主血肉为食。由于七鳃鳗特殊的生态特性和进化地位,在世界动物学研究史上一直占据着重要地位。近几

年来,日本七鳃鳗在营养、药用等方面的价值也

基金项目 辽宁省重点科学研究计划资助(No. 2004C053),大连市优秀青年科技人才基金(No. 60575005);

* 通讯作者, E-mail: liqw@263.net;

第一作者介绍 孙婴宁,女,硕士研究生,研究方向 细胞生物学, E-mail: progress123@163.com。

收稿日期 2006-05-15, 修回日期 2006-09-11

开始受到国内外学者的广泛关注^[1,2]。

在国外对七鳃鳗消化系统组织学的研究中,有关海七鳃鳗(*Petromyzon marinus*)的比较多,而对于日本七鳃鳗消化系统的研究较少见。1965年,Yamamoto首次对日本七鳃鳗肠上皮的组织结构进行研究^[3],但是由于当时实验条件的局限和现有知识的缺乏,使实验结果有一定的局限性。1984年,Ishikawa等用扫描电镜观察了日本七鳃鳗肠腔表面^[4];1987年,Wake等研究了日本七鳃鳗肝脏内星状细胞贮存维生素A的情况^[5];1988年,Yui等用抗脑肠肽和胺的血清进行了日本七鳃鳗免疫组化方面的观察^[6]。尽管上述研究使我们对于日本七鳃鳗消化系统的组织结构有了一个初步的了解,但是并没有对日本七鳃鳗消化器官的组织结构进行全面系统地阐述。而国内对于日本七鳃鳗消化系统组织学的研究则是空白。

消化系统与动物的生长发育、营养、食性及摄食密切相关,本文采用光镜和电镜技术对日本七鳃鳗消化系统进行组织学研究,以探讨其消化与吸收机理,进一步研究日本七鳃鳗适应其半寄生生活和进化地位的消化系统结构特点,并期望为七鳃鳗消化系统的研究提供科学依据和参考。

1 材料与方法

实验用日本七鳃鳗于2004年12月中下旬捕自黑龙江省松花江流域同江地区。取其中身体健康状况良好,个体较大的4条,雌雄各半,全长为395~465 mm。全长为体高的12.6~14.5倍,为头长的4.5~4.7倍。头长圆筒形,头长为吻长的2.8~3.2倍。

取食道、肠(前肠、中肠、后肠)、肝脏、胰、口腔腺,制作常规石蜡切片^[7]。另取后肠上皮细胞、肝脏、口腔腺上皮褶皱顶端制作超薄切片^[8]。

2 结果与分析

2.1 显微结构

2.1.1 食道 食道管壁分为黏膜层、黏膜下

层、肌层。黏膜层向食管腔内突起形成许多纵行褶皱(图版I:1),褶皱处上皮多为两层立方上皮,褶皱基部为变移上皮,上皮细胞间有分泌细胞,细胞质被染成浅粉色(图版I:2)。上皮深部为固有膜,此层为致密结缔组织构成,纤维细而排列紧密,在固有膜中缺乏黏液腺。无黏膜肌层(图版I:2)。

黏膜下层为疏松结缔组织。固有膜和黏膜下层这两层组织连续延绵不断,二层之间的分界极不明显(图版I:2)。

肌层为平滑肌,肌纤维为梭形,集合成束,细胞轮廓不清。每个梭形肌纤维的宽部与另一肌纤维的尖细部镶嵌。肌纤维斜行(图版I:2)。

日本七鳃鳗食道前段较平坦,皱褶较少,后段皱褶较多(图版I:3)。有关其他种类七鳃鳗食道组织结构的研究目前尚未检索到。本文将日本七鳃鳗食道的组织结构与鱼类的进行比较。首先上皮结构与鱼类不同,鱼类食道上皮为复层扁平上皮。有些鱼类如虹鳟(*Salmo gairdneri*)、在固有膜中含有腺体,青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)等鱼类缺乏这种腺体^[9]。很多真骨鱼也缺乏黏膜肌层。黏膜下层与大多数鱼类情况相同。鱼类肌层发达,多为平滑肌,内环行外纵行。鱼类食道有外膜,在日本七鳃鳗的食道结构中并未发现。

2.1.2 肠

前肠:前肠分为黏膜层、黏膜下层、肌层和外膜(图版I:4)。黏膜层形成许多褶皱(图版I:5),褶皱基部具有少量的分泌细胞(图版I:6)。上皮细胞核椭圆形,位于细胞中下部,基膜明显,上皮细胞游离面有密集的纤毛(图版I:6,7)。黏膜上皮由单层矮柱状细胞构成,未见杯状细胞(图版I:4)。固有膜由致密结缔组织构成,内含有毛细血管、淋巴管、神经及肌纤维,在固有膜内有时可见到弥散或聚集的淋巴细胞(图版I:4)。未见黏膜肌层(图版I:4)。

黏膜下层由疏松结缔组织构成(图版I:

4)。内含有较大的血管和淋巴管,有时可以看到神经丛。

肌层薄。肌层纤维斜行(图版 I : 48)。

外膜由一薄层结缔组织及其外周的间皮构成(图版 I : 4)。

中肠:中肠肠壁比前肠薄,褶皱多(图版 I : 9)。肠壁结构与前肠相同(图版 I : 10)。肠腺是长而直的单管腺,开口于褶皱的基部(图版 I : 10)。

后肠:后肠肠壁较前肠、中肠薄,褶皱多(图版 I : 11)。肠壁结构与前肠中肠相同(图版 I : 12)。大量单管腺密集排列于后肠的固有膜中,开口于褶皱的基部(图版 I : 13)。

鱼类黏膜上皮为单层柱状上皮,包含杯状细胞,上皮游离面有小肠绒毛,无纤毛,这与日本七鳃鳗的黏膜上皮情况不同。日本七鳃鳗固有膜和黏膜肌层情况与大多数鱼类相同,黏膜下层和外膜情况也与鱼类相同。鱼类肌层内环行、外纵行,与日本七鳃鳗肌层纤维斜行的情况不同。绝大多数真骨鱼类没有肠腺,而鲑科鱼类等具有肠腺,鲑鱼的肠腺是单管腺,开口通于皱褶间的肠腺中^[9],这与日本七鳃鳗情况不同。

2.1.3 肝脏 表面是一薄层结缔组织被膜(图版 II : 1),被膜在肝门处显著增厚,伸入肝内形成小叶间结缔组织。小叶间结缔组织不发达,肝小叶的界限不清(图版 II : 2)。肝细胞索放射状排列不十分明显,肝细胞成不规则的多边形,圆形细胞核位于细胞的中央(图版 II : 3)。肝脏最外面是浆膜层。肝实质主要由肝细胞索及窦状隙构成(图版 II : 2)。肝细胞彼此相连,排列成索状。肝细胞索之间为窦状隙,窦状隙与中央静脉相通。肝细胞体积较大,成不规则的多边形,胞浆丰富,胞核大而圆,位于细胞中心附近(图版 II : 3)。在日本七鳃鳗成体的肝脏中缺乏胆管的存在。在海七鳃鳗和其他一些种类的七鳃鳗成体内,同样缺乏胆管的存在^[10,11]。虽然七鳃鳗的成体肝脏内缺乏胆管,但是幼体情况却不同,Peek 等发现在海七鳃鳗体内肝脏是一个围绕大的胆管成放射状排列的腺体,肝细胞成圆锥形,并且锥形的顶点朝向胆管^[12]。

日本七鳃鳗肝脏的组织结构除了胆管退化外,其他特征与真骨鱼类完全相同^[9]。

2.1.4 胰 包括内分泌和外分泌两个组成部分。内分泌部由若干个大小不等和形状不定的细胞团组成,着色淡(图版 II : 4)。胰岛周围包裹着薄层结缔组织,胰岛细胞数量的多少不定,排列成不规则的细胞索,细胞的界限不清楚,故辨别其形状是困难的,有少量结缔组织伴随着丰富的毛细血管穿入小岛盘绕在细胞索之间,便于细胞的分泌物进入血液(图版 II : 5)。大多数北半球七鳃鳗胰的外分泌部结构都是如此^[13]。但是南半球的物种有些不同,如南半球的短头袋七鳃鳗(*Mordacia mordax*),它的体内有一个肠扩张出的支囊,酶原细胞就散布在这些支囊处^[14]。七鳃鳗胰的外分泌部应为一些在肠壁处的弥散细胞,由于本实验并未使用胰的特殊染色方法进行染色观察,因此肠壁起外分泌作用的胰腺细胞还有待进一步的实验研究。鱼类的胰腺多是与肝脏一起形成肝胰脏^[9]。

2.1.5 口腔腺 口腔腺位于眼下,左右两侧各一个。口腔腺由内向外依次为上皮层、结缔组织层、肌肉层和外膜(图版 II : 6~9)。上皮层由紧密排列的一层长柱状细胞组成,细胞核圆形,位于细胞基部,口腔腺两端的细胞较大,中央较小,细胞质内充满了粉红色的酶原颗粒,不同部位的酶原颗粒形状不同(图版 II : 10~12)。上皮层形成很多褶皱,褶皱在口腔腺两端显著增多,有的甚至连在一起形成一些管泡状结构(图版 II : 7,9)。上皮外侧为一层疏松结缔组织(图版 II : 6)。

肌肉层较发达,由骨骼肌构成,分为内、外两层,为环形肌(图版 II : 7,8)。肌肉层的主要作用是促进口腔腺的分泌(图版 II : 10)。

外膜为致密结缔组织,只分布在靠近腹面的一侧(图版 II : 6,12)。在口腔腺的中段,上皮层直接与结缔组织层相连,中间没有内层环形肌。

日本七鳃鳗口腔腺上皮外有一层骨骼肌包围,这与海七鳃鳗和澳洲囊口七鳃鳗(*Georgia*

australis) 的情况相同^[15,16]。而在短头袋七鳃鳗的口腔腺外并没有发现骨骼肌的包围^[17]。

2.2 超微结构

2.2.1 肠 细胞为单层柱状,核为椭圆形,位于细胞基部,上皮细胞游离面有密集的纤毛,其形状和大小颇为一致,纤毛内有纵行排列的微管,具有一定的排列位置,即中央有 2 根单独的微管,周围有 9 组成对的微管,为 9+2 结构,肠上皮纤毛的超微结构与高等脊椎动物纤毛结构相同^[4](图版 III:1)。胞质内滑面内质网和线粒体丰富,滑面内质网成小泡状,主要位于终末网与高尔基复合体之间;线粒体主要位于细胞顶部及核周,多为椭圆形,嵴为板状嵴。上皮细胞质上方有散在分布的溶酶体,溶酶体大小不一。核周和细胞基部有粗面内质网、高尔基复合体分布(图版 III:2)。

2.2.2 肝脏 肝细胞卵圆形,核仁明显,核周隙发达,核孔清晰可见;线粒体发达,多分布于核周隙附近,圆形、椭圆形或棒状,嵴长管状,排列紧密;粗面内质网长管状,主要位于细胞核的周围,滑面内质网管泡状,多见于细胞边缘;可观察到形状各异的次级溶酶体,内含各种形状的消化物,糖原颗粒丰富(图版 III:3)。

偶见双核肝细胞,细胞核卵圆形,2 个,核仁居中,核孔清晰可见,核周隙明显;线粒体发达,多分布于核周、狄氏隙附近,圆形、卵圆形或棒状,粗面内质网发达,呈板层状绕核排列,滑面内质网少见;次级溶酶体常见;糖原颗粒丰富,核糖体发达(图版 III:4)。

2.2.3 口腔腺 褶皱顶端细胞为长柱形,细胞内有相当多酶原颗粒和着色暗点,布满整个细胞质,酶原颗粒多为圆形、椭圆形(图版 III:5)。日本七鳃鳗细胞内充满大量的微管泡系,胞间有分泌小管。分泌方式为局部分泌型。细胞在分泌时,本身不受到任何损伤,分泌颗粒以外倾作用的方式排出,以后又重新形成新的分泌颗粒(图版 III:6)。

日本七鳃鳗口腔腺内含有相当多的酶原颗粒和着色暗点,这与在海七鳃鳗和澳洲囊口七鳃鳗口腔腺上皮细胞的超微结构研究中发现的

结构相同^[15,16]。短头袋七鳃鳗的口腔腺上皮内充满另外两种颗粒,其中一种与鱼类胰中的酶原颗粒非常相似,另一种呈螺旋状^[17]。

3 讨 论

日本七鳃鳗消化系统的特殊结构有:食道上皮为复层扁平 and 变移上皮。肠的肌层极薄,分不出环肌和纵肌,肌纤维斜行,肠上皮游离面充满纤毛。肠道黏膜层形成许多纵行褶皱,肠内具有大量的肠腺。肝脏内缺乏胆管。口腔腺外包被骨骼肌,腺上皮细胞内含有丰富的酶原颗粒和微管泡系,胞间有分泌小管。

低等无脊椎动物的食道上皮多为单层柱状上皮^[18,19],鱼类和其他脊椎动物的食道上皮为复层扁平上皮^[21~23],而日本七鳃鳗的食道主要为复层立方上皮。这可能是因为在不断的进化中,越高等的动物,食物的组成越复杂,对于食道上皮的磨擦力就越大,因此,鱼类和高等的脊椎动物食道上皮为耐受强力磨擦的复层扁平上皮。另外,日本七鳃鳗的食物为宿主的血肉,并且,日本七鳃鳗的口腔中有能够分泌黏液的口腔腺,这些都可能导致了日本七鳃鳗的食物对食道的磨擦力相对较小,因此食道的上皮没有形成复层扁平上皮。食道上皮除复层立方上皮外,还有一些变移上皮区域,这应当是由于当大量的食物通过时,食道上皮需要改变形状来使管腔扩大,而这些褶皱和变移上皮区域恰好行使了这一功能。

日本七鳃鳗食道和肠的肌层极薄,分不出环肌和纵肌,肌纤维斜行,它不能使肠蠕动,食物在消化道内的移动主要依靠上皮游离面纤毛的摆动^[23]。肠上皮游离面密集的纤毛推动食物移动,在脊椎动物中十分少见^[20~22],而在低等无脊椎动物中却是广泛存在^[18,19],这说明,虽然成年七鳃鳗以宿主血肉为食,但是仍旧保留了与低等无脊椎动物相同的食物运动方式,并且成为日本七鳃鳗为了适应寄生生活方式的一种特化。从这一点也可看出七鳃鳗低等的进化地位。另外,日本七鳃鳗肠道黏膜层形成许多纵行褶皱,使肠道的吸收面积增加。

本实验结果发现,日本七鳃鳗肠内具有大量的肠腺,肠腺(又称李氏隐窝)是由小肠上皮凹陷在固有膜中形成的单管腺,其分泌液构成了小肠液的主要部分,含多种酶,如淀粉酶、肽酶、肠致活酶等^[24]。在无脊椎动物肠内不具有肠腺,它们只有一些单细胞腺行使消化功能^[18,19],绝大多数鱼类缺乏肠腺,而鳕科鱼类等具有肠腺^[9],哺乳动物的小肠上皮向固有膜下陷形成肠腺^[22]。因此,肠腺并不是脊椎动物一出现就产生的,而是进化的鱼类中较为高等的一些类群才产生的,但是日本七鳃鳗体内出现了肠腺,说明作为进化盲支的日本七鳃鳗可能已经具备了脊椎动物特有的与鱼类中的高等类群相同的消化能力。

肝脏为动物体内最大的消化腺体,日本七鳃鳗肝脏结构除了缺乏胆管外,其他结构与鱼类基本相同。进一步说明日本七鳃鳗的消化能力比无脊椎动物有了一个质的飞跃。虽然七鳃鳗的成体肝脏内缺乏胆管,但是幼体情况却不同,Peck等发现在海七鳃鳗体内肝脏是一个围绕大的胆管成放射状排列的腺体,肝细胞成圆锥形,并且锥形的顶点朝向胆管^[12]。Sidon和Youson对海七鳃鳗变态前后体内胆管结构进行了研究,结果发现在变态时所有的胆管都发生了退化,肝细胞进行了重新的改组形成新的肝细胞,至变态结束后其肝内所有胆管全部消失^[10,11]。在有胆管的动物体内,胆汁由肝细胞分泌,经毛细胆管流入肝管,再经总胆管流至十二指肠,亦可转入胆囊管而贮存于胆囊^[25]。胆汁中除胆盐与脂肪的消化与吸收有关外,胆汁在消化中无重要机能^[24]。而七鳃鳗的胆汁主要由血液运输,由此可以推测,变态后的日本七鳃鳗营半寄生生活,其胆管的退化,可能是对于半寄生生活适应的一种简单化。

Potter等在短头袋七鳃鳗的口腔腺外并没有发现骨骼肌的包围,短头袋七鳃鳗口腔腺的分泌可能是由舌像泵一样的运动挤压导致的^[17]。但是本研究发现日本七鳃鳗口腔腺外包有骨骼肌,这与海七鳃鳗和澳洲囊口七鳃鳗的情况相同^[15,16]。因此推测海七鳃鳗、澳洲囊

口七鳃鳗和日本七鳃鳗口腔腺的分泌可能是由骨骼肌的收缩引起。

在日本七鳃鳗口腔上皮超微结构的研究中发现,口腔腺上皮内含有大量的着色暗点和酶原颗粒。这与在海七鳃鳗和澳洲七鳃鳗口腔腺的上皮细胞的超微结构研究中发现的结构相同^[15,16]。澳洲短头袋七鳃鳗的口腔腺上皮内充满另外两种颗粒,其中一种与鱼类胰中的酶原颗粒非常相似;另一种呈螺旋状^[17]。这与日本七鳃鳗的情况不同。另外,通过对日本七鳃鳗的口腔腺上皮细胞的超微结构的研究还发现,口腔腺上皮细胞间充满发达的微管泡系,口腔腺正处在分泌时期,分泌颗粒以外倾作用的方式排出。这些都说明日本七鳃鳗口腔腺上皮可能能够产生和分泌一些酶状的物质。这可能也是日本七鳃鳗适应寄生生活的一种特化。

参 考 文 献

- [1] 李泽鸿,姚玉霞,钟岩等.日本七鳃鳗肉的营养成分分析.经济动物学报,2002,6(3):55~57.
- [2] 李旭霞,逢越,肖蓉等.日本七鳃鳗(*Lampetra japonica*)唾液腺cDNA文库的构建.辽宁师范大学学报(自然科学版),2004,27(1):72~76.
- [3] Yamamoto T. Some observations on the fine structure of the epithelium in the intestine of Lamprey(*Lampetra japonica*). *Okajimas Folia Anat Jpn*, 1965, 40: 691~713.
- [4] Ishikawa K, Ono K, Matoba M, et al. Scanning electron microscopic observation on the luminal surface of the intestine in lamprey (*Lampetra japonica*) during upstream migration. *Z Mikrosk Anat Forsch*, 1984, 98(5): 699~704.
- [5] Wake K, Motomatsu K, Senoo H. Stellate cells storing retinol in the liver of adult lamprey, *Lampetra japonica*. *Cell Tissue Res*, 1987, 249(2): 289~299.
- [6] Yui R, Nagata Y, Fujita T. Immunocytochemical studies on the islet and the gut of the arctic lamprey, *Lampetra japonica*. *Arch Histol Cytol*, 1988, 51(1): 109~119.
- [7] 杜卓民.实用组织学技术.北京:人民卫生出版社,1998,176~189.
- [8] 孟云莲.现代组织学与细胞学技术.武汉:武汉大学出版社,2004,243~253.
- [9] 楼允东,郑德崇.组织胚胎学.北京:中国农业出版社,1995,127~143.
- [10] Sidon E W, Youson J H. Morphological changes in the liver of the sea lamprey, *Petromyzon marinus* L., during

metamorphosis :[. Atresia of the bile ducts. *J Morphol* ,1983 ,
177(1) :109 ~ 124.

[11] Eng F ,Youson J H. Morphology of the bile ducts of the brook lamprey ,*Lampetra lamottenii* (Le Sueur) before and during infection with the nematode , *Truttaedacnitis stelmioid* (Vesschelli ,1910) (Nematoda :Cucullanidae). *Anat Rec* , 1992 **234**(2) 201 ~ 214.

[12] Peek W D ,Sidon E W ,Youson J H ,*et al* . Fine structure of the liver in the larval lamprey ,*Petromyzon marinus* L , hepatocytes and sinusoids. *Am J Anat* ,1979 **156**(2) 231 ~ 250.

[13] Youson J H ,Mahrouki A A. Ontogenetic and phylogenetic development of the endocrine pancreas(Islet Organ) in fishes. *General and Comparative Endocrinology* ,1999 **116** :303 ~ 335.

[14] Strahan R ,Maclean J L. A pancreas – like organ in the larva of the lamprey *Mordacia mordax* . *Sci* ,1969 **32** 54 ~ 55.

[15] Lennon R E. Feeding mechanism of the sea lamprey and its effect on host fishes. *Fish Bull US Fish Wildlife Serv* ,1954 , **56** 247 ~ 293.

[16] Cook R D ,Potter I C ,Hilliard R W. Morphology and innervation of the buccal glands of the southern hemisphere lamprey ,*Geotria australis* . *Morphol* ,1990 **206** :133 ~ 145.

[17] Potter I C ,Thomson R D ,Cook J D ,*et al* . Buccal glands of adults of the Lamprey *Mordacia mordax* including comparisons with other species. *Journal of Morphology* ,1995 **226** :33 ~ 349.

[18] 方之平 潘黔生 ,黄凤杰等. 中华绒螯蟹消化道组织学及扫描电镜研究. 水生生物学报 2002 **26**(2) :136 ~ 141.

[19] 周永灿 曾水香 ,苏永全. 毛嵌线螺的研究. 海洋学报 , 2001 **23**(3) :100 ~ 104.

[20] 林树根 陈文烈 ,钟秀容等. 大黄鱼消化道器官显微与亚显微结构. 水产学报 2002 **26**(5) 396 ~ 401.

[21] 曲秋芝 华玉平 ,曾朝辉等. 史氏鲟消化系统形态学与组织学观察. 水产学报 2003 **27**(1) :1 ~ 6.

[22] 刘玉堂 田秀华 ,于学伟等. 大鸨消化系统组织学观察. 动物学杂志 2002 **37**(5) 37 ~ 41.

[23] Romer A S ,Parsons T S. The Vertebrate Body. Landon Saunders Company ,1985 256 ~ 267.

[24] 王玢. 人体及动物生理学. 北京 :高等教育出版社 ,1986 , 243 ~ 277.

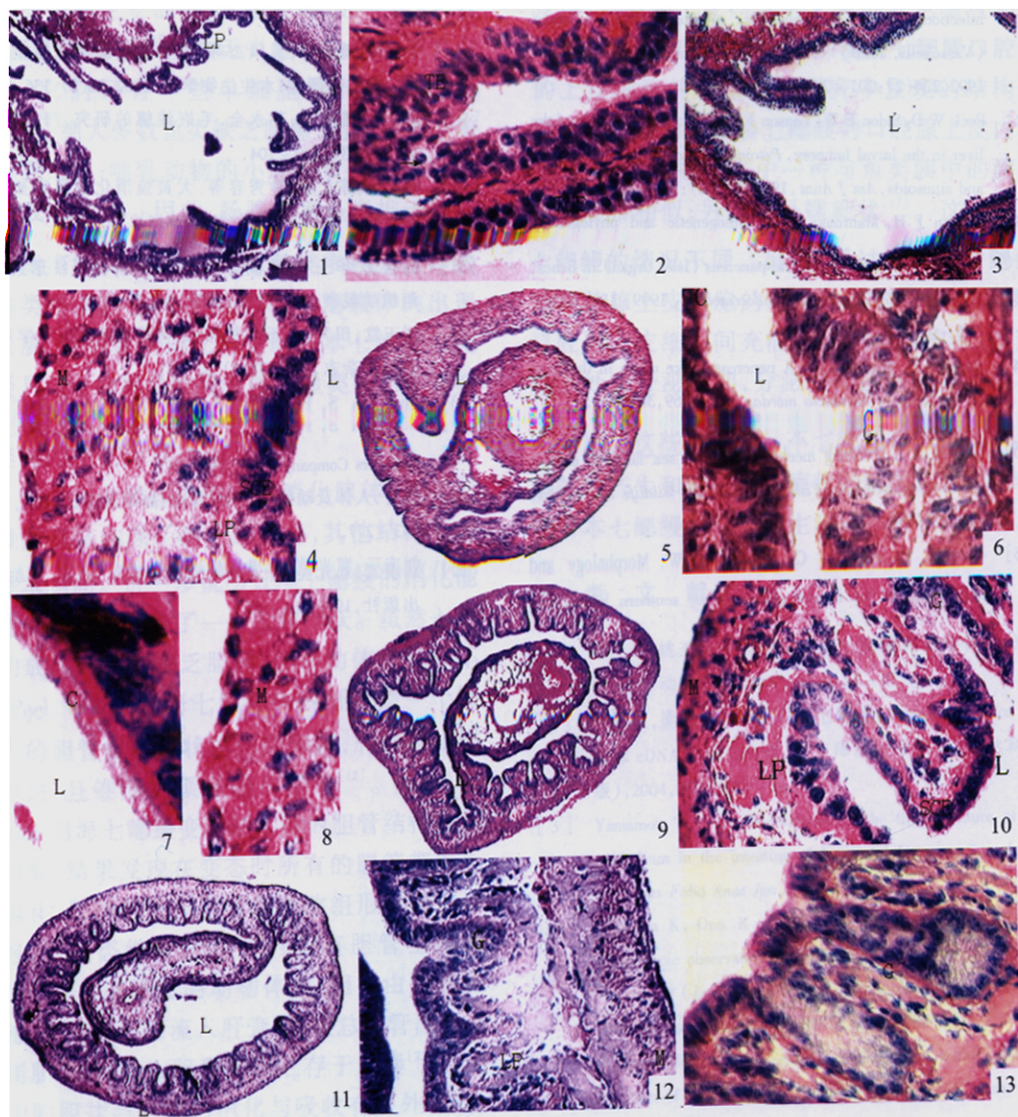
[25] 刘凌云 郑光美. 普通动物学实验指导. 北京 :高等教育出版社 ,1999 , 64 ~ 67.

孙婴宁等:日本七鳃鳗消化系统显微与超微结构

图版 I

SUN Ying-Ning *et al.*: Microstructure and Ultrastructure of the Digestive Systemin Lamprey *Lampetra japonica*

Plate I



1. 食道后段横切 $\times 40$; 2. 变移上皮 $\times 400$; 3. 食道前段横切 $\times 100$; 4. 前肠肠壁 $\times 250$; 5. 前肠横切 $\times 40$; 6. 分泌细胞 $\times 400$; 7. 上皮纤毛 $\times 1000$; 8. 斜行肌纤维 $\times 800$; 9. 中肠横切 $\times 40$; 10. 中肠肠壁 $\times 250$; 11. 后肠横切 $\times 40$; 12. 后肠肠壁 $\times 250$; 13. 后肠肠腺 $\times 1000$ 。

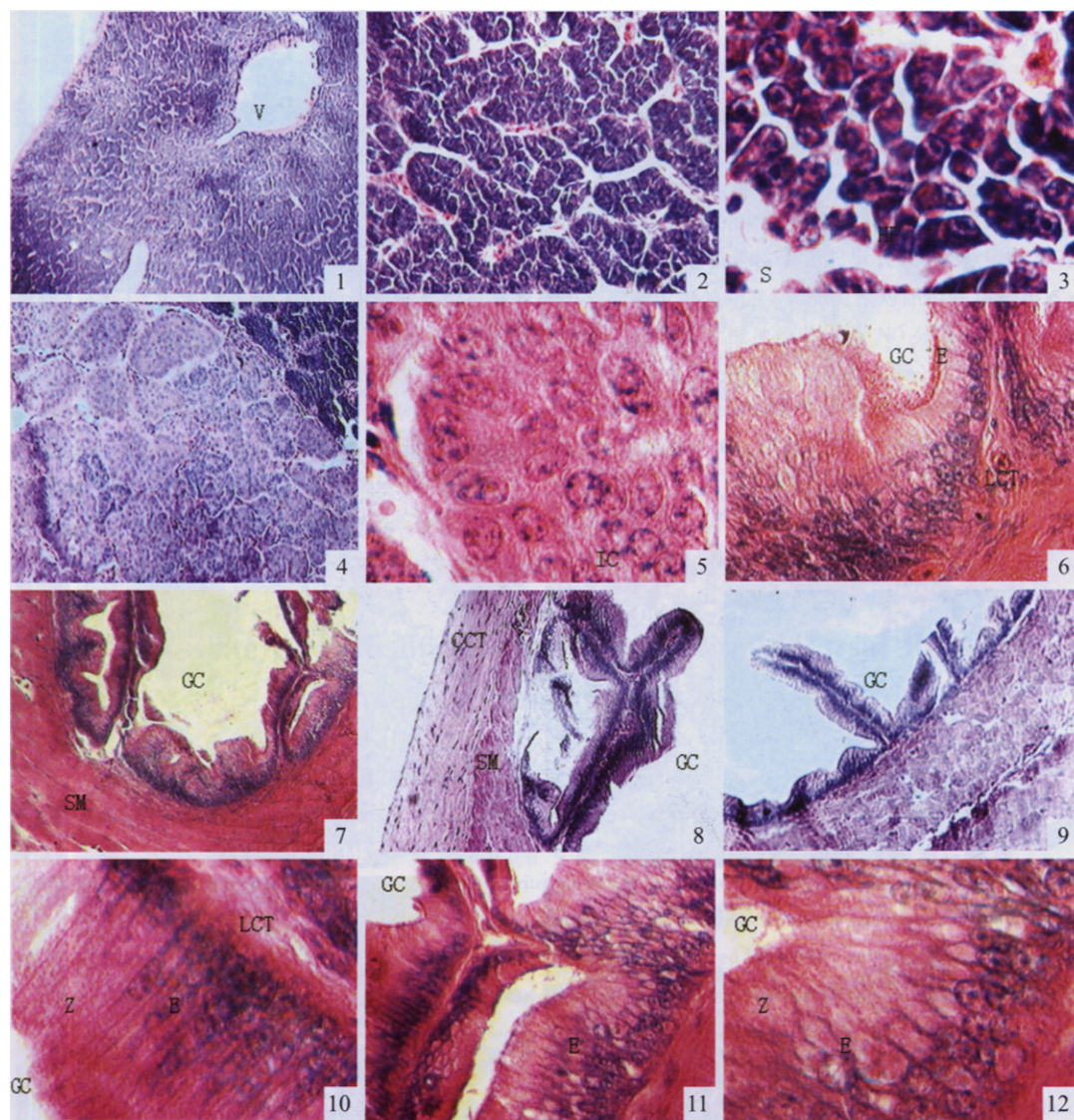
L: 消化道; \rightarrow : 分泌细胞; TUE: 复层立方上皮; TE: 变移上皮; G: 腺体; LP: 固有膜; M: 肌层; SCE: 单层柱状上皮; C: 纤毛。

孙婴宁等:日本七鳃鳗消化系统显微与超微结构

图版 II

SUN Ying-Ning *et al.*: Microstructure and Ultrastructure of the Digestive System
in Lamprey *Lampetra japonica*

Plate II



1. 肝脏 $\times 100$; 2. 肝脏 $\times 250$; 3. 肝细胞 $\times 1000$; 4. 胰岛 $\times 100$; 5. 胰岛细胞 $\times 1000$; 6. 口腔腺结缔组织 $\times 1000$; 7. 口腔腺两端横切 $\times 100$; 8. 口腔腺中部横切(靠近体外的一侧) $\times 250$; 9. 口腔腺中部横切(靠近体内的一侧) $\times 250$; 10. 口腔腺中部横切 $\times 100$; 11. 口腔腺两端的分泌细胞 $\times 400$; 12. 口腔腺两端的分泌细胞 $\times 1000$ 。

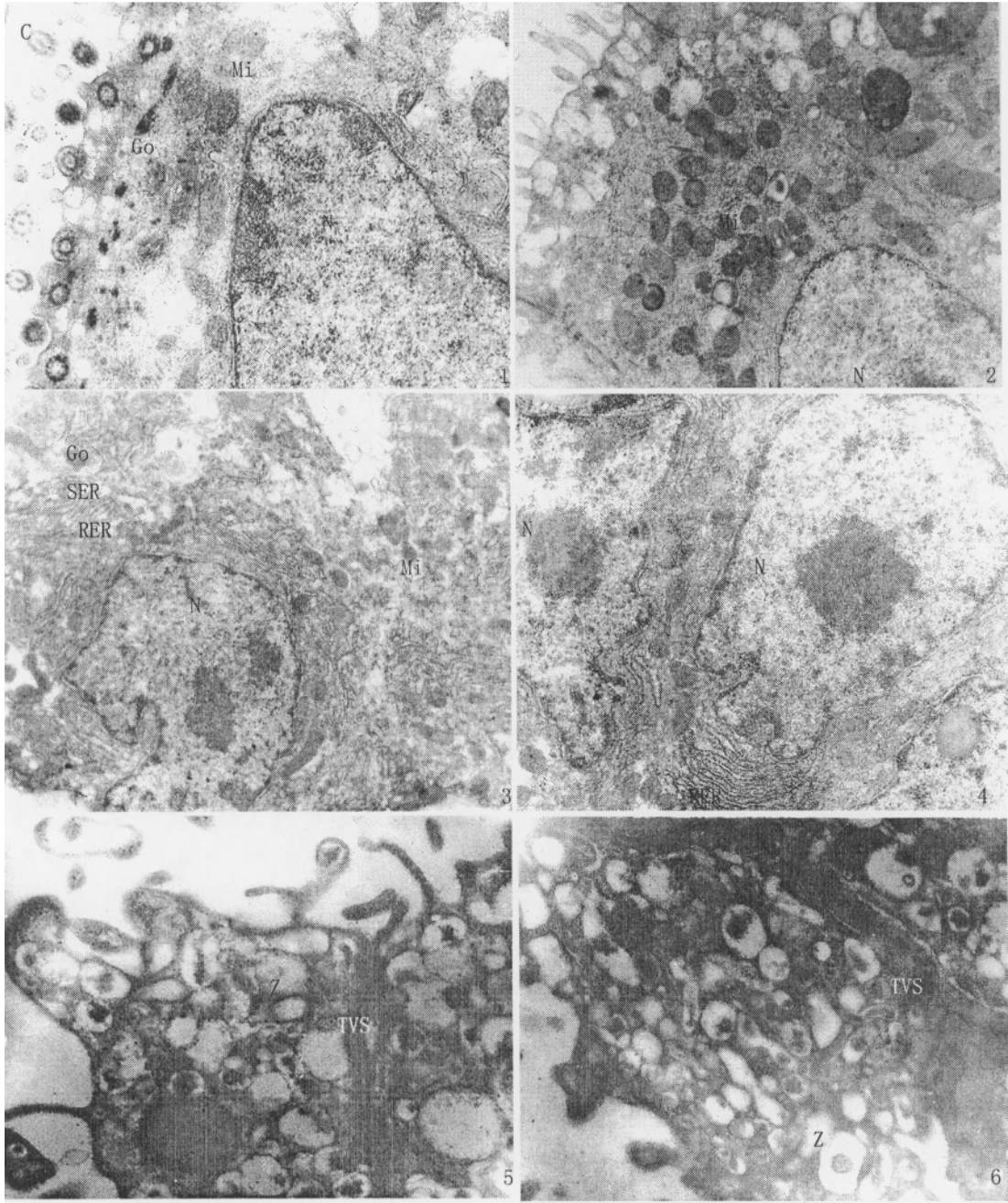
V: 中央静脉; S: 肝血窦; HP: 肝细胞索; IC: 胰岛细胞; GC: 腺腔; E: 上皮; Z: 酶原颗粒; LCT: 疏松结缔组织; CCT: 致密结缔组织; SM: 骨骼肌。

孙婴宁等 :日本七鳃鳗消化系统显微与超微结构

图版 III

SUN Ying-Ning *et al.* : Microstructure and Ultrastructure of the Digestive System
in Lamprey *Lampetra japonica*

Plate III



1. 肝脏细胞 $\times 9\,000$; 2. 双核细胞 $\times 11\,000$; 3. 肠上皮细胞 $\times 10\,000$; 4. 肠上皮分泌细胞 $\times 12\,000$; 5. 口腔腺褶皱顶端细胞 $\times 15\,000$; 6. 口腔腺上皮细胞 $\times 14\,000$ 。

RER 粗面内质网; SER 滑面内质网; Mi 线粒体; Ly 溶酶体; Go 高尔基复合体; N 细胞核; TVS 微管泡系; Z 酶原颗粒; C 纤毛。