

波纹龙虾消化系统光镜和扫描电镜的观察

李长玲, 曹伏君, 黄翔鹤, 刘楚吾

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 对波纹龙虾 *Panulirus homarus* 消化系统进行了光镜和扫描电镜的观察。结果表明, 波纹龙虾的消化系统由消化道和消化腺组成。消化道的组织结构由粘膜层、结缔组织层, 肌层和外膜层构成; 粘膜层由大量单层柱状上皮细胞和基膜构成。除中肠以外, 其余各部分管壁均有几丁质。食道、中肠和后肠壁结缔组织中分布有腺体。胃和食道等的肌层为横纹肌。消化腺主要是肝胰腺, 由无数的肝小管组成, 肝小管均由位于基膜上的一层细胞构成。这些细胞有分泌细胞、储存细胞、吸收细胞和胚细胞四种类型。在扫描电镜下, 消化道各段黏膜上皮表面均形成大小不一、具有形态各异的多级皱褶, 以肠道中的纵褶及其上的横褶最为明显。除中肠和肠球外整个消化道均有较发达的纤毛丛。中肠和肠球中的微绒毛主要作用是增加吸收面积。

关键词: 波纹龙虾 *Panulirus homarus*; 消化系统; 组织学; 扫描电镜

中图分类号: Q174; S917

文献标识码: A

文章编号: 1009-5470(2008)03-0072-07

Histological observation on digestive system of *Panulirus homarus* with light and scanning electron microscopy

LI Chang-ling, CAO Fu-jun, HUANG Xiang-hu, LIU Chu-wu

(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: The histology of digestive system of *Panulirus homarus* was studied with light microscope and scanning electron microscope (SEM). The results by light microscopy showed that the digestive system consisted of digestive tract and hepatopancreas. The wall of the digestive tract consisted of mucous layer, connective tissue, muscular layer and outer membrane. There was chitin in the surface of mucous layer except the mid-gut. There were glands in the tunica submucosa of esophagus, mid-gut and hindgut. The muscular coat of the whole digestive tract wall consisted of striated muscle and its arrangement was loose. The small blind tubules of hepatopancreas were functional and structural units in the hepatopancreas which were the main digestive glands. These cells could be divided into four types: B-cell, F-cell, R-cell and E-cell. The ultrastructural characteristics from SEM observation were showed that the multipolar folds and ridges in the surface of epithelium mucosa of each segment of the digestive tract wall took shape into different-sized and polymorphologic multigrade wrinkles which could add the absorptive area and contractive function. The vertical wrinkles especially the transverse wrinkles on them were remarkable in the whole intestines. The developed lamina cilia in the surface of epithelium mucosa of the whole digestive tract except midgut and intestinal bulb could push the food forward and promote digestion, and the microvilli in the midgut and intestinal bulb could increase the surface area of absorption.

Key words: *Panulirus homarus*; digestive system; histology; SEM

龙虾分布在温带、亚热带、热带海区, 我国龙虾种类多, 是重要的渔业资源之一。目前龙虾来

源主要靠天然海区捕捞, 自然海区资源有限, 加上捕捞过度, 其资源已日渐枯竭^[1]。波纹龙虾 *Panu-*

收稿日期: 2007-05-05; 修订日期: 2007-09-26。刘学东编辑

基金项目: 广东海洋大学自然科学基金项目(0312023)

作者简介: 李长玲(1964—), 女, 河南省武陟县人, 副教授, 学士, 从事海产经济动物发育生物学和水生生态学的研究。

通讯作者: 刘楚吾, E-mail: liucw@gdou.edu.cn

lirus homarus 属于甲壳纲 (Crustacea) 十足目 (Decapoda) 爬行亚目 (Reptantia) 龙虾科 (Palinuridae) 龙虾属 *Panulirus* White^[2], 是我国南海沿岸的常见种类, 产量仅次于中国龙虾, 具有生长快、性成熟个体大等优点, 是开展人工养殖的优良品种之一。国内外有关甲壳动物消化系统的研究有许多报道^[3-12], 但对波纹龙虾的消化系统形态结构的研究未见报道。本文通过研究波纹龙虾的消化系统, 旨在为其食性和消化生理等研究提供理论依据, 为波纹龙虾基础生物学研究积累资料, 并为其人工养殖提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

波纹龙虾购买于湛江市东风市场, 经检查无病。平均体长为 25—35cm, 平均体重为 200—400g, 雌雄各 6 尾。暂养 1h 后, 活体解剖, 取出整个消化道作解剖观察。取食道, 贲门胃, 幽门胃, 中肠前段、后段, 肠球, 后肠前段和后段等 8 个部位作常规组织学切片。另取食道、贲门胃、幽门胃、中肠前段、后段、肠球、后肠前段和后段等 8 个部位各取 3mm × 5mm 大小组织块作扫描电镜用。

1.2 组织切片制作和组织化学染

组织材料用 Bouin 氏液固定, 常规石蜡纵横连续切片^[13], 厚度 5—7 μ m, 常规 H-E 染色; Olympus 显微镜下观察并进行显微摄影。消化腺用 Carnoy 氏液固定, 切片方法同组织材料, 分别进行如下的组织化学染色^[14]: 用汞-溴酚蓝 (HgBpB) 法显示蛋白质; 茚三酮-Schiff 法显示蛋白质结合性 —NH₂ 基; Million 法显示酪氨酸; 二甲基氨基苯甲醛 DMAB-亚硝酸盐法显示色氨酸; 用 Feulgen 法染 DNA, 实验组经过 60 1mol · L⁻¹ 的 HCl 水解而对照组不经过水解。

1.3 扫描电镜指样

扫描电镜样品用 0.1mol · L⁻¹ 的 pH 为 7.4 磷酸缓冲液 (PBS) 洗净, 4 下用 3% 戊二醛固定液作前固定 1d; 1% OsO₄ 固定液 4 作后固定 2h; 常规脱水, 用 HCP-2 临界点干燥仪干燥后用 IB-5 型离子溅射仪喷镀铂金膜。最后置于 Philips XL30 扫描电镜观察并显微摄影^[15], 工作电压为 20kV。

2 结果

2.1 消化道的形态学

消化道可分为食道、胃、中肠、肠球和后肠

(图 1a)。

食道为一垂直短管, 上连口腔, 下通贲门胃, 约占消化道全长的 4.9% (图 1a, b)。胃由贲门胃和幽门胃两个部分组成 (图 1b)。贲门胃前端与食道相接, 后端下方接幽门胃, 为薄壁状结构, 约占消化道全长 7.9%; 贲门胃的主要结构是胃磨, 由几丁质特化成腹突和 2 个侧突构成; 侧突狭长, 在游离缘上有一列强壮的钙质齿, 称为侧齿; 腹突呈漏斗形, 末端有一向前弯曲的钩, 为中央齿, 它夹于左右侧齿列之间; 一个中央齿, 两行侧齿共同组成胃磨。幽门胃位于贲门胃之后, 约占消化道全长的 5.3%; 与贲门胃有一瓣膜, 为贲幽门瓣, 其侧腹壁在每一侧加厚, 外观呈半球形, 即为幽门垂, 其内壁的几丁质特化成刚毛, 纵行排列形成滤器, 主要功能有阻止过大的食物颗粒进入中肠而具过滤、筛选作用。中肠为一段连结幽门胃和后肠的细长直管, 较长, 约占消化道全长的 41.7%。肠球为中肠与后肠交界处, 较短, 膨大不明显, 约占消化道全长的 4.9%。肠球后接后肠, 后端直达肛门, 约占消化道全长的 35.3%。

2.2 消化道组织学结构

光镜下观察, 食道壁由内向外分为几丁质、上皮、结缔组织和肌肉四层, 几丁质层在消化道中为最厚。食道上皮为单层柱状上皮, 细胞核卵圆形或椭圆形, 位于细胞中部和基部 (图 1c)。上皮下为疏松结缔组织, 结缔组织层发达, 内有腺体, 也有血管、神经、少量纵肌和从环肌中发出的放射肌, 放射肌穿过环、纵肌层伸至上皮和几丁质的连接处。结缔组织外面的肌层较薄但近于连续, 肌层为环行横纹肌, 肌纤维横纹十分明显。外膜由一层扁平细胞和薄的疏松结缔组织构成。

胃的组织结构与食道的相似, 贲门胃的上皮层较薄, 胃上皮下未见任何腺体; 结缔组织内有丰富的肌肉, 贲门胃壁的肌肉比食道的发达, 在整个消化道中最厚 (图 1d)。幽门胃上皮、几丁质层较幽门胃厚; 肌肉层较贲门胃薄 (图 1e); 幽门胃内壁的几丁质层较贲门胃厚, 其上密布有许多长短不一、粗细不同的刚毛 (图 2a), 形成几条沟槽, 构成滤器, 用来过滤食物 (图 1b)。

中肠壁自内向外分为上皮、结缔组织和肌肉三层, 无几丁质层。肠壁向肠腔内突出形成 12 条纵褶, 每条纵褶的上皮又形成许多小的皱褶, 肠上皮为单层柱状上皮, 细胞核椭圆形位于细胞近端位, 细胞游离面具浓密微绒毛形成的纹状缘。结缔组织中散布有小血管分布。环肌层连续, 较薄, 为横纹肌 (图 2b)。肌层外为外膜, 其中结缔组织较厚,

有血管、腺体等分布，其腺体数量少。肠球的组织结构与中肠相似，只是其横切面比中肠稍大。

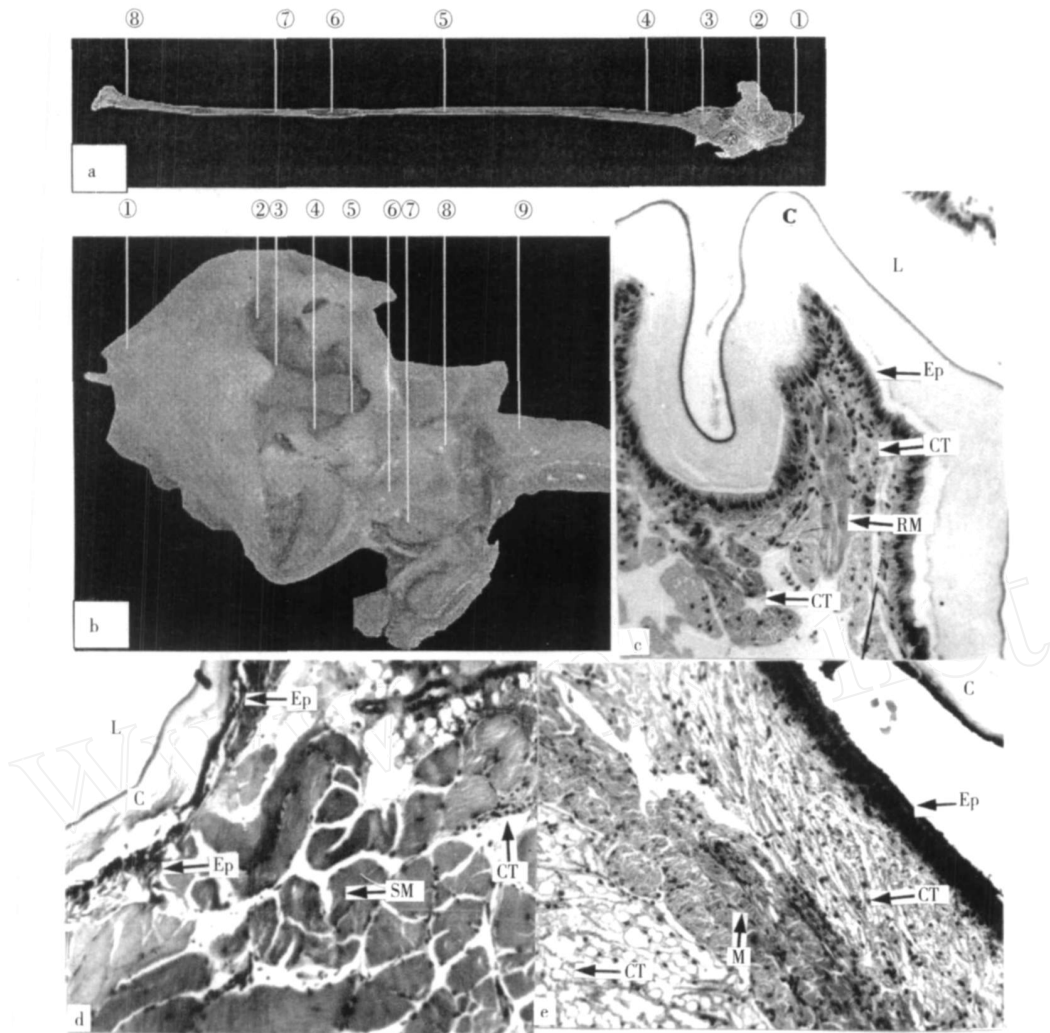


图 1 波纹龙虾消化道的形态解剖

a. 食道，贲门胃，幽门胃，中肠前段，中肠后段，肠球，后肠前段，后肠后段；b. 食道，贲门胃，中央齿，侧齿，贲幽门瓣，幽门垂，滤器，幽门胃，中肠；c. 食道纵切，x113；d. 贲门胃横切，x113；e. 幽门胃横切，x113；图中 L 为消化道腔；C 为几丁质；Ep 为上皮；CT 为结缔组织；SM 为横纹肌；RM 为放射肌；M 为肌肉

Fig. 1 Anatomical morphology of digestive tract and stomach of *Panulirus homarus*

后肠组织学特点与中肠基本相似，后肠管壁向腔内形成 12 条不规则内褶使管腔呈迷路状，其管壁内表面有几丁质层，比较薄，环肌层连续，其内外侧皆具结缔组织，疏松结缔组织中分布有数量较多腺体(图 2c, d)。

2.3 消化腺的组织学结构

波纹龙虾消化腺又叫肝胰腺，由许多分枝的肝小管组成(图 2e)，小管间由疏松结缔组织来支持，含有血管(图 2f)。肝小管由位于基膜上的单层柱状上皮细胞构成，细胞表面具纹状缘。根据形态和功能不同，可把这些细胞分成分泌细胞(B-细胞)、储存细胞(R-细胞)、吸收细胞(F-细胞)和胚细胞(E-细胞)4类(图 2f, g)。

B-细胞体积最大，形状不规则，细胞游离面具微绒毛，胞质中含有一个大泡，约占细胞体积的 80%—90%，大泡内含有少量絮状物质。

R-细胞是肝胰腺中数量最多的细胞，高柱状，核圆形，基位，核内有 1-2 个核仁。该细胞最大特点是胞质中含储存物质的囊泡，内有细小或大圆的颗粒，囊泡多位于中下部，易与 B-细胞区分，囊泡内含均质物质。R-细胞的形状随其储存物多少而有大小变化。

F-细胞散布在 R-细胞和 B-细胞之间，具强嗜碱性，H. E 染色时，整个细胞被染成深蓝色。细胞呈柱状，游离面具微绒毛，核圆形，位于细胞中下方，核仁明显。



图 2 波纹龙虾消化道和胃的形态解剖

a. 幽门胃横切, $\times 113$; b. 中肠横切, $\times 113$; c. 后肠横切, $\times 45$; d. 后肠横切, 小腺体, $\times 452$; e. 肝横切, $\times 452$; f. 肝横切, $\times 1131$; g. 肝横切, $\times 1131$

图中: L 为消化道腔; C 为几丁质; Ep 为上皮; CT 为结缔组织; G 为腺体; SM 为横纹肌; S 为刚毛; SB 为纹状缘; TH 为肝小管; E 为胚细胞; F 为吸收细胞; R 为储存细胞; B 为分泌细胞; BV 为血管

Fig. 2 Anatomical morphology of digestive tract and stomach of *Panulirus homarus*

E-细胞为多边形, 埋在其他 3 种细胞基部。细胞顶端不进入管腔, 细胞体积小, 近方形, 排列紧密, 染色较深, H. E 染时成蓝色。核大而圆, 占据细胞内主要空间, 与 B-细胞、F-细胞和 R-细胞相比, E 细胞的核质比最大, 核仁 1 - 2 个。

2.4 肝胰腺组织化学的研究

蛋白质染色结果, 肝胰腺 4 种细胞均呈深鲜蓝色, 但 F-细胞和 E-细胞染色深, 表明蛋白质含量高。蛋白质结合性 $-NH_2$ 基染色显示, 肝胰腺 4 种细胞均呈粉红色, 染色不很深。酪氨酸染色结果表明, 肝胰腺 4 种细胞均呈黄红色, 染色比较浅。色氨酸染色显示, 肝胰腺 4 种细胞均呈蓝色。DNA 只存在于 4 种细胞的核中, 核内 DNA 呈红紫色, 胞浆浅绿色。

表 1 波纹龙虾肝胰腺的组织化学分析

Tab. 1 Histochemistry of hepatopancreas of *Panulirus homarus*

测定物质	B-细胞	R-细胞	F-细胞	E-细胞
蛋白质	+	+	++	++
蛋白质结合性 $-NH_2$ 基	+	+	++	++
酪氨酸	+	+	+	+
色氨酸	+	+	+	+
核 DNA	+++	+++	+++	+++
质 DNA	-	-	-	-

注: + 表示有染色, - 表示无着色, ++ 表示着色较深, +++ 表示着色很深。

2.5 消化道在扫描电镜下的观察

食道内表面较光滑, 有较少皱褶, 皱褶周围突起中空, 呈火山口状; 似火山口状的皱褶, 像组织上皮被刀割过的一道道的痕迹(图 3a); 食道的大

小皱褶表面布满刚毛，食物团在刚毛丛中(图 3b)。

贲门胃侧壁内褶形成上下侧突，其上有丰富和排列整齐的刚毛，且较粗，可见一些残留的食物颗粒(图版 3c)，侧壁近背部有非常密集尖端有分叉的刚毛(图 3d)；其腹部边缘有一列粗大的长穗状刚毛，在腹部有成群的类似于眼睛一样的结构(图 3e)，这些结构是由内壁中小凹伸出的小突起组成，突起长短不一，似火山口状(图 3f)。幽门胃表面高低不平且多皱褶，间腹嵴和上壶嵴上形成腺滤器

的刚毛，上有残留的食物颗粒(图 3g)；其皱褶无明显刚毛，但在网状皱褶中亦有残留的食物颗粒(图 3h)。

中肠的前段和后段壁向肠腔内突出粗细不一的纵褶粗，每条纵褶的上皮又形成许多小的皱褶；每条纵褶上都分布有许多排列杂乱的微绒毛(图 3i)；在每两条纵褶之间肠内壁部位，其表面呈浅凹凸状，呈网状(图 3j)；在凹凸面上有许多短小的微绒毛(图 3k)。

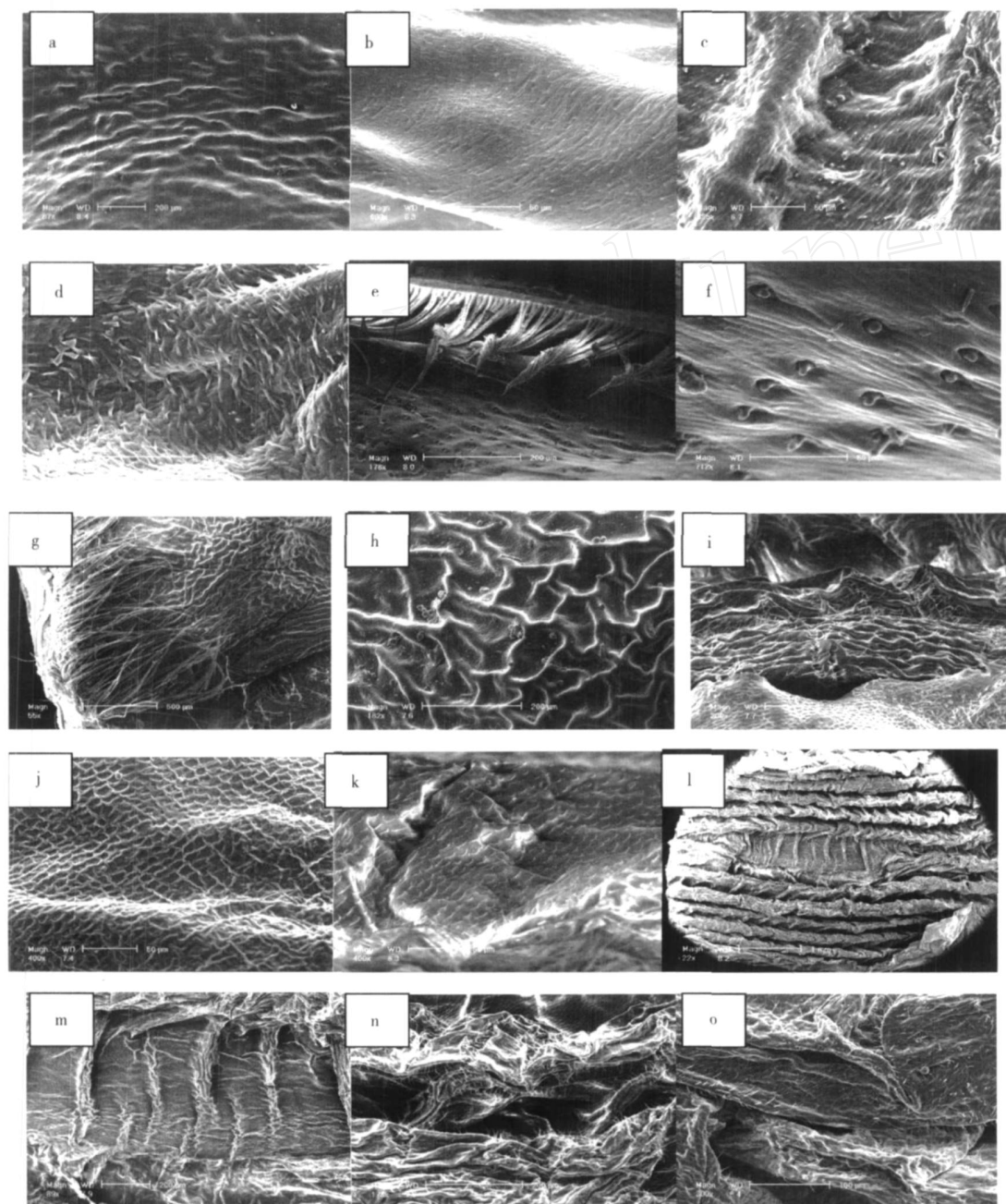


图 3 波纹龙虾消化道的形态解剖

a. 食道上皮; b. 食道上皮; c. 贲门胃侧面; d. 贲门胃腹面; e. 贲门胃侧面; f. 贲门胃侧面; g. 幽门胃; h. 幽门胃; i. 中肠后段; j. 中肠后段; k. 中肠前段; l. 肠球; m. 肠球; n. 肠球; o. 后肠

Fig. 3 Anatomical morphology of digestive tract and stomach of *Panulirus homarus*

肠球中亦有 12 条纵褶, 各纵褶粗细亦有少许不同, 且每条纵褶上皮又形成许多小的横褶, 每两条纵褶通过这种横褶相连(图 3l); 每条相连的横褶相隔距离亦不规则, 且在相连横褶上未见明显微绒毛(图 3m); 每条纵褶上可见与中肠中相似的微绒毛(图 3n)。

后肠管壁各纵褶粗细差异较小, 亦通过小的横褶相连, 且其不规则呈迷路状, 与肠球相似, 后肠纤毛丰富、较短, 有一定的排列方向(图 3o)。

3 讨 论

在动物的系统发展上, 从原腔动物开始, 动物已演变为完全的消化系统, 把消化道分为前肠、中肠和后肠, 前肠和后肠是在胚胎发育时期由外胚层内陷形成, 中肠是由内胚层形成^[16]。波纹龙虾消化道的前肠和后肠也来源于外胚层, 而中肠来源于内胚层, 其组织学结构基本相同, 由内向外分为上皮、结缔组织和肌肉层。波纹龙虾消化道前、后肠壁有几丁质衬里, 这是其起源于外胚层的证据, 中肠壁无几丁质层, 说明其起源于内胚层, 其消化道的结构与许多十足目动物基本一致^[3-12]。

波纹龙虾的前肠主要是摄食、碎化与过滤食物, 并将其转运到中肠, 中肠负责消化与吸收, 其突出物——肝脏呈多分支的盲管, 扩大了中肠的表面积, 加速后肠排出食物残渣的机能, 这种结构有利于取食大型粗大的食物。波纹龙虾消化系统功能类似于其他甲壳动物^[3-12]。

波纹龙虾的消化道肌肉层均为横纹肌, 这与高等动物消化道中肠肌层一般为平滑肌的结构有别。食道壁的肌肉发达, 包括环肌、纵肌和放射肌 3 种。食道壁、肌肉和粘液腺共同作用, 使较大食物团块与粘液充分混合后下咽到胃内^[11]。波纹龙虾的食道上皮向腔内形成 4 个纵褶突, 使其内腔呈 X 形, 与锯齿米虾^[10]和日本沼虾^[8]的结构相似, 两者消化道的前肠和后肠内覆盖着许多几丁质刚毛, 当胃研磨食物时可以防止食物倒流; 在波纹龙虾的食道观察到几丁质层较厚, 扫描电镜下, 可见刚毛, 与中华绒螯蟹^[5]和罗氏沼虾^[7]类似。

波纹龙虾贲门胃的肌肉层非常发达, 内形成胃磨, 胃磨主要有贲门胃背面中央的一个中央齿和两侧各一行侧齿组成, 它可将食物磨碎, 并使之与消化液混合, 进行初步消化, 其结构类似于中华绒螯蟹^[5], 三疣梭子蟹^[6], 罗氏沼虾^[7], 日本沼虾^[8], 锯齿米虾^[10], 南美白对虾^[11], 克氏螯虾^[12]等甲壳纲的动物。而幽门胃的肌肉层不甚发达, 刚毛却非

常发达, 主要起过滤的功能, 类似于虾蛄^[9]等甲壳纲的动物。这样, 食物进入中肠前的消化和过滤, 增强了中肠对食物的再消化和吸收作用。肠道内有 12 条纵褶, 罗氏沼虾, 日本沼虾和克氏螯虾为 6 条^[7-12]。

波纹龙虾食道、中肠和后肠的粘膜下层中含有腺体, 三者的形态结构相似, 这一点与中华绒螯蟹^[5], 三疣梭子蟹^[6], 罗氏沼虾^[7], 日本沼虾^[8], 蛄虾^[9]等消化系统基本相似, 在食道为食道腺^[5-7,9-10,12]和皮肤腺^[8], 在中肠为中肠腺^[7,9], 而在后肠有分为后肠腺^[5,8]和皮肤腺^[9,10], 均为黏液腺。作者认为, 波纹龙虾在这三个部位的腺体, 有分泌黏液的功能。在食道中可能起到由于粘液作用而使食物容易通过, 也可以帮助消化。从切片中观察, 后肠的粘液腺明显地多于中肠的粘液腺, 从中肠和后肠腔内食物的消化来看, 有时在中肠内可以见到未完全消化的食物, 而后肠中几乎没有这种现象, 这种消化与后肠腺体起的作用有关。后肠壁形成许多峭突, 使肠腔狭窄, 便于暂时储存粪便。粘液腺含量多, 分泌的粘液使粪便润滑; 肌层较发达, 且纵肌插入后肠后峭内, 收缩时使肠腔扩大, 利于粪便排出。

波纹龙虾除中肠和肠球外, 整个消化道均有较发达的纤毛丛, 以胃中的最为粗大, 肠中次之, 食道中较细, 有推动食物向后运输和排粪便的作用。贲门胃中的刚毛形成初级滤器, 幽门胃的刚毛形成次级滤器, 具有过滤、筛选食物和阻止过大食物颗粒进入中肠的作用, 与蛄虾等类似^[9]。而中肠和肠球中细而杂乱的微绒毛, 有增加吸收面积的作用。

中肠主要负责消化和吸收从幽门胃过滤和筛选出的食物小颗粒。波纹龙虾在扫描电镜下, 其粗细不等的纵褶及其纵褶上皮上形成的皱褶, 加上纵褶上的微绒毛大大增加了消化吸收的面积。肠道内肌肉层较薄, 其蠕动可能具有排出不能消化的食物残渣的功能, 其上倒生的棘刺, 与肠蠕动向外排出食物残渣时防止渣倒流有关^[5-12]。后肠中的纵褶较均一, 这些不规则的纵褶使肠腔较中肠狭窄, 而便于暂时储存粪便, 肌肉层中横纹肌发达与其丰富的纤毛一起促使食物残渣向肛门移动。后肠中的纵、横峭则可能是强化收缩促进食物残渣向肛门移动的作用^[5,7,11]。

波纹龙虾的肠球位于中肠和后肠的交界处, 为中肠与后肠的过渡型, 在扫描电镜下观察其结构似中肠较多, 与中华绒螯蟹^[5]的肠球结构不同在于中华绒螯蟹的为外膜增厚, 使其内腔狭小与后肠类似, 而使外形如球状, 波纹龙虾的却是其内腔增

大, 而外膜较薄, 与中肠类似, 且较易破损; 在日本沼虾^[8]中后肠近中部有一膨大部分, 称直肠; 在罗氏沼虾^[7]中亦有直肠外观为一球形的说法, 而中华绒螯蟹中则将肠球单独划分出来。

波纹龙虾消化腺主要是肝胰腺, 由无数的肝小管组成, 每一肝小管均由位于基膜上的一层细胞构成; 肝小管内褶不甚发达, 但分泌细胞却十分发达, 细胞顶端的大液泡常突入腔中, 表现其分泌功能较强的特点。根据形态和功能, 可把这些细胞分为 B-细胞、R-细胞、F-细胞和 E-细胞 4 种类型。这种结构特点与三疣梭子蟹的相似^[6]。通过波纹龙虾肝细胞的组织学和组织化学研究, 分析认为 E-细胞属胚性细胞, 分裂能力强, 可以分化成其余几种肝细胞; R-细胞数量最多, 胞质中富含脂类, 具吸收、储存和运输养料的功能, 且 R-细胞与 E-细胞紧密相邻, 故 R-细胞有可能由 E-细胞直接分化而来, 其功能是从消化管中吸收已消化的营养物质, 并将这些物质转给储存细胞储存起来。E-细胞和 F-细胞内均含大量酶原颗粒, 但 F-细胞含量低于 E-细胞, B-细胞可分泌消化酶对食物进行细胞外消化, 胞质中含少量酶类, 故认为 R-细胞来源于 F-细胞。

参考文献:

- [1] 王克行, 吴琴瑟, 记成林, 等. 虾蟹类增养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996, 257—262.
- [2] 董聿茂, 汪宝永. 中国龙虾类的初步调查[J]. 东海海洋, 1984, (9): 57—62.
- [3] 堵南山. 甲壳动物学[M]. 北京: 科学出版社, 1993, 696—700.
- [4] DELL W, MORIARTY D J W. Functional Aspect of Nutrition and Digestion [M] // Dorothy E. The Biology of Crustacea. Academic Press, New York. 1983, 5: 215—250.
- [5] 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[J]. 水生生物学报, 2002, 26(2): 136—141.
- [6] 李太武, 苏秀榕, 张 峰. 三疣梭子蟹消化系统的组织学研究. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 1994, 17(3): 230—237.
- [7] 赵维信, 张雨波, 叶奎圣, 等. 罗氏沼虾消化系统组织学的光镜与扫描电镜观察[J]. 上海水产大学学报, 1996, 5(2): 69—74.
- [8] 席贻龙, 邓道贵, 崔之学. 日本沼虾消化道形态和组织学特点[J]. 动物学杂志, 1997, 32(3): 8—11.
- [9] 崔龙波, 周雪莹, 钱雪莲, 等. 虾姑消化系统的组织学和组织化学研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(4): 13—17.
- [10] 邓道贵, 马海强, 郭林生. 锯齿米虾消化系统的组织学研究[J]. 淮北煤师院学报, 2000, 21(4): 56—59.
- [11] 姜永华, 颜素芬, 陈政强. 南美白对虾消化系统的组织学和组织化学研究[J]. 海洋科学, 2003, 27(4): 58—62.
- [12] 欧阳珊, 吴小平, 颜显辉, 等. 克氏螯虾消化系统的组织学研究[J]. 南昌大学学报(理科版), 2002, 26(1): 92—99.
- [13] 芮菊生. 组织切片技术[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980.
- [14] 陈啸梅, 周文郁, 彭俊云, 等. 组织化学手册[M]. 北京: 人民教育出版社, 1982.
- [15] 席贻龙. 甲壳动物的扫描电镜样品制作技术[J]. 动物学杂志, 1996, 31(3): 49—51.
- [16] 刘凌云, 郑光美. 普通动物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.