

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2014.01109

## 匀斑裸胸鲢消化道的显微与超微结构分析

黄飞, 王吉, 骆剑, 张本, 陈国华

海南大学 海洋学院, 热带生物资源教育部重点实验室, 海洋生物国家级实验教学示范中心, 海南 海口 570228

**摘要:** 裸胸鲢(*Gymnothorax*)是珊瑚礁生态系统的重要鱼类。本研究采用光学显微镜与扫描电镜技术对匀斑裸胸鲢(*G. reevesii*)消化道组织结构进行了系统的研究。结果表明, 匀斑裸胸鲢口咽腔黏膜上皮为复层鳞状上皮, 内含杯状细胞和味蕾, 表层细胞表面具有微脊; 食道上皮形成黏膜皱褶, 黏膜上皮部分区域衬着有单层柱状上皮, 且含有丰富的杯状黏液细胞; 胃呈“十”形, 可分为贲门部、盲囊部和幽门部, 贲门部与盲囊部含有丰富的胃腺, 扫描电镜结果显示胃表面具有丰富的胃小凹; 肠道较短, 肠道系数为0.33, 黏液细胞数量从前肠往后肠逐渐增多, 肠道微绒毛和纤毛的数量从前肠往后肠逐渐减少。匀斑裸胸鲢的齿、食道、肠道系数、胃肠结构等特征均表明匀斑裸胸鲢是一种典型的肉食性鱼类。

**关键词:** 匀斑裸胸鲢; 消化道; 显微结构; 超微结构

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2014)06-1109-07

裸胸鲢(*Gymnothorax*)属于硬骨鱼纲(Osteichthyes), 鳗鲡总科(Anguillomorpha), 鳗鲡目(Anguilliformes), 海鲢科(Muraenidae)。裸胸鲢属大约有185个种, 广泛分布于印度-太平洋的热带和亚热带海域<sup>[1]</sup>, 作为一种重要的珊瑚礁捕食性鱼类, 裸胸鲢可能扮演承上启下的角色, 对于珊瑚礁生物多样性的维持起着重要作用<sup>[2]</sup>。此外裸胸鲢也是中国东海及南海海域主要习见种, 其肉质鲜美、营养价值高, 是南方沿海及东南亚国家主要的消费种类之一, 经济价值较高, 具有一定的养殖开发价值。目前, 关于裸胸鲢的研究主要集中在生态<sup>[3-4]</sup>、繁殖<sup>[5]</sup>及分子进化<sup>[6-7]</sup>等方面, 关于裸胸鲢消化生理的研究报道较鲜见。消化生理与动物的食性、营养及发育密切相关<sup>[8-12]</sup>, 是鱼类研究的基础性工作之一。本研究对匀斑裸胸鲢(*Gymnothorax reevesii*)消化道进行形态学、组织学与超微结构观察与分析, 旨在揭示匀斑裸胸鲢消

化系统的结构特点与适应性, 为进一步开展其生态、营养与养殖等方面的研究提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验步骤

实验所用匀斑裸胸鲢采自海口市东门水产市场, 共5尾, 测量体长范围为50~58 cm, 平均体长为54.2 cm; 体质量范围0.25~0.52 kg, 平均体质量0.36 kg。解剖取其消化道, 并测量其消化道长度与体长, 计算肠道系数(肠道长/体长)。

选取4尾裸胸鲢样本进行组织学切片, 组织学材料用生理盐水洗净后取材, 常规石蜡切片取口咽腔、食道、胃、肠等部位的组织, 用Bouin氏液固定24 h, 乙醇逐级脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋, 切片厚度5~7 μm, HE染色或常规AB-PAS染色(pH 2.6), 中性树胶封片, OLYMPUS显微镜观察并拍照。电镜材料取食道、胃、肠等

收稿日期: 2014-02-07; 修订日期: 2014-05-19.

基金项目: 国家863计划资助项目(2012AA10A414); 海南省自然科学基金资助项目(313046).

作者简介: 黄飞(1989-), 女, 硕士, 研究方向: 鱼类繁殖与育种. E-mail: 364950936@qq.com

通信作者: 骆剑, 副教授, 研究方向: 鱼类遗传与发育. E-mail: luojianfish@aliyun.com

陈国华, 教授, 研究方向: 鱼类苗种繁育. E-mail: chguh3240@aliyun.com

部位, 磷酸缓冲液洗净, 2.5%戊二醛固定, 丙酮梯度脱水, 醋酸异戊酯置换, 常规临界点干燥, 喷金, 日立 S4800 扫描电镜等观察及拍照。

1.2 数据测量与分析

黏膜皱褶高度是依据组织学切片测量基部凹陷通过中轴至黏膜顶端的垂直距离<sup>[13]</sup>。每项数据来源于不同样本的 10 个不同切片的平均值, 每张切片随机测量 5 个黏膜皱褶, 并取平均值±标准差 ( $\bar{x} \pm SD$ )。实验数据采用 SPSS12.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 消化道基本形态

匀斑裸胸鲂消化道基本形态特征(图 1, 表 1): 口咽腔内无舌, 上下颌齿为犬齿状齿, 口咽腔前中央有 3 颗尖利倒齿; 食道短, 内壁具 14~18 条纵行皱褶, 肌肉层发达; 胃位于食道后方, 呈“十”形, 无幽门盲囊; 肠道较短, 呈直管状, 肠前段黏膜皱褶最高, 肠后段次之, 肠中段黏膜皱褶最低。肠中段与肠后段连接处有一瓣膜。

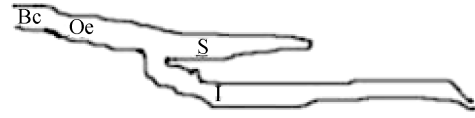


图 1 匀斑裸胸鲂消化道模式图

Bc: 口咽腔; I: 肠道; Oe: 食道; S: 胃。

Fig.1 Schematic drawing of the structure of the digestive tract in *Gymnothorax reevesii*

Bc: buccopharyngeal cavity; I: intestine; Oe: oesophagus; S: Stomach.

2.2 组织学

2.2.1 口咽腔 口咽腔黏膜为复层鳞状上皮, 黏膜上皮由 4~6 层细胞组成, 表层细胞为扁平状, 中间层为不规则多边形细胞, 其间夹杂有圆形黏液细胞, 底层为 1 层矮柱状细胞, 接近固有膜的位置有数层小而密集的细胞。固有膜由紧密、平行排列的胶原纤维和少量弹性纤维构成, 向上皮深层突起形成乳头支撑味蕾, 可见杯状黏液细胞(图版 I-1, 2)。扫描电镜观察结果显示, 细胞表面具微脊, 细胞界限明显, 其间可见有杯状细胞开口(图版 II-1)。

表 1 匀斑裸胸鲂消化道特征

Tab. 1 Features of the digestive tract in *Gymnothorax reevesii*

n=10;  $\bar{x} \pm SD$

指标 parameter	消化道部位 parts of the digestive tract				
	食道 oesophagus	胃 stomach	肠前段 front of intestine	肠中段 middle of intestine	肠后段 end of intestine
黏膜皱褶数量 mucosal fold number	14~18 <sup>b</sup>	15~17 <sup>b</sup>	34~40 <sup>d</sup>	14~20 <sup>b</sup>	8~10 <sup>a</sup>
黏膜皱褶高度/ $\mu\text{m}$ mucosal fold height	1696.6±632.41 <sup>b</sup>	1718.5±611.89 <sup>b</sup>	1641.5±248.32 <sup>b</sup>	955.66±96.57 <sup>a</sup>	1309.22±294.14 <sup>ab</sup>
黏膜下层厚度/ $\mu\text{m}$ mucosal fold thickness	114.2±24.02 <sup>bc</sup>	402.06±115.73 <sup>f</sup>	111.87±10.62 <sup>b</sup>	56.16±14.75 <sup>a</sup>	216.07±57.45 <sup>d</sup>
肌层厚度/ $\mu\text{m}$ muscle layer thickness	380.3±1056.78 <sup>f</sup>	255.50±40.31 <sup>c</sup>	110.51±21.68 <sup>a</sup>	54.40±6.05 <sup>a</sup>	317.37±98.09 <sup>d</sup>
浆膜层厚度/ $\mu\text{m}$ serosa layer thickness	72.90±5.40 <sup>c</sup>	88.80±14.59 <sup>d</sup>	71.21±3.74 <sup>c</sup>	30.28±8.86 <sup>a</sup>	79.70±20.24 <sup>d</sup>
消化道管径/mm pipe diameter of the digestive tract	9.18±1.25 <sup>e</sup>	9.44±0.65 <sup>e</sup>	5.99±0.40 <sup>c</sup>	3.24±0.83 <sup>a</sup>	4.23±0.62 <sup>a</sup>

注: 同一列中标有相同字母的数据表示组间差异不显著( $P>0.05$ ); 不同字符为相邻字母者表示组间差异显著( $P<0.05$ ); 字母相隔者表示组间差异极显著( $P<0.01$ )。

Note: Data with the same letters indicate no significant difference between groups ( $P>0.05$ ); data with adjacent letters indicate significant difference between groups ( $P<0.05$ ); data with letters apart indicate extremely significant difference between groups ( $P<0.01$ ).

2.2.2 食道 食道位于口咽腔和胃之间, 由黏膜层、黏膜下层、肌层、浆膜层组成。黏膜上皮向管腔突起形成皱褶(图版 I-2, 3)。黏膜上皮由 6~8 层细胞组成, 表层细胞呈扁平状, 细胞表面具微

脊, 中间层细胞椭圆形或长椭圆形, 核位于中央, HE 染色核周围呈红色, 细胞越靠腔面, 胞质顶部嗜酸性颗粒越多, 其间分布丰富圆形杯状细胞, 呈空泡状(图版 I-3)。基底层细胞呈低柱状, 排列

整齐,核较大(图版 I-4)。食道下段上皮中偶有单层柱状上皮,上皮之下是由致密结缔组织构成的固有膜,其内含有淋巴管与血管。黏膜下层由疏松结缔组织构成,其间有丰富血管、神经细胞和淋巴分布。肌层为比较发达的横纹肌(图版 I-3)。浆膜由薄层的结缔组织及其外面覆盖的间皮构成。扫描电镜结果显示,食道内表面具丰富皱褶结构(图版 II-2)。

**2.2.3 胃** 胃呈“十”形,无幽门盲囊,从内腔到外壁由黏膜层、黏膜下层、肌层、浆膜层组成,按位置可分为贲门部、盲囊部、幽门部。贲门部与食道连接处,复层鳞状上皮骤变为单层柱状上皮,细胞呈高柱状,核长椭圆形,位于基底部(图版 I-8)。贲门部与盲囊部黏膜上皮可见丰富的胃小凹(图版 II-3),胃腺为管状腺(图版 I-5),管壁由数个腺细胞规则排列组成,细胞呈短柱状,核呈卵圆形。胃腺之下是由致密结缔组织构成的固有膜。幽门部与盲囊部末端处没有发现胃腺组织(图版 I-6, 9)。在幽门处发现有淋巴小结,其主要是由 B 淋巴细胞构成,呈圆形或椭圆形,位于皮质的浅层,中央有一个淡染区称生发中心。胃肌层发达,内为环肌,外为纵肌。SEM 观察结果,胃体部黏膜表面平坦,可见细胞形状为多边形,细胞界限明显,胃小凹分布比较密集(图版 II-3)。

**2.2.4 肠道** 肠道可分为前、中、后肠,其组织由黏膜层、黏膜下层、肌层和浆膜构成。

(1) 前肠 黏膜皱褶呈纵“Z”形,黏膜皱褶厚度约为 1 640  $\mu\text{m}$ (表 1),上皮边缘常有凹陷,形成类似锯齿状边缘(图版 I-10),沿纵形皱褶往后,黏膜上皮逐渐变矮,接近中肠处逐渐变得弯曲。黏膜上皮具有纹状缘(图版 I-11),电镜下为细胞顶端伸出的微绒毛(图版 II-4)。上皮细胞呈长柱状,核位于细胞基部,长椭圆形。上皮之下是固有膜,其间含有丰富的淋巴细胞、未成熟杯状细胞、毛细血管、结缔组织(图版 I-11)。固有膜与黏膜下层分界不明显,未发现黏膜肌。肌层为平滑肌,内为环肌,外为纵肌(图版 I-12)。SEM 观察结果,黏膜上皮微绒毛比较密集,分泌孔大小区别明显,分泌孔数量稀疏(图版 II-4)。

(2) 中肠 此处管壁较薄,管径最小。黏膜皱褶呈“S”形弯曲(图版 I-13),皱褶厚度约为 950  $\mu\text{m}$ (表 1),在与后肠连接之处肌肉突起形成瓣膜。黏膜上皮含有杯状细胞增多(图版 I-14),黏膜下层、肌层、浆膜层均较薄(图版 I-15)。SEM 观察结果,此处发现有具纤毛的柱状细胞,微绒毛密集,分泌孔较多(图版 II-5, 6)。

(3) 后肠 后肠黏膜皱褶粗大而稀少,呈簇状分支,黏液细胞较多(图版 I-16, 17)。肌层为发达的平滑肌,内为发达的环肌,外为纵肌(图版 I-18)。SEM 观察结果,微绒毛密集,分泌孔较多。SEM 观察结果,微绒毛较前肠稀疏,分泌孔较多(图版 II-7, 8)。

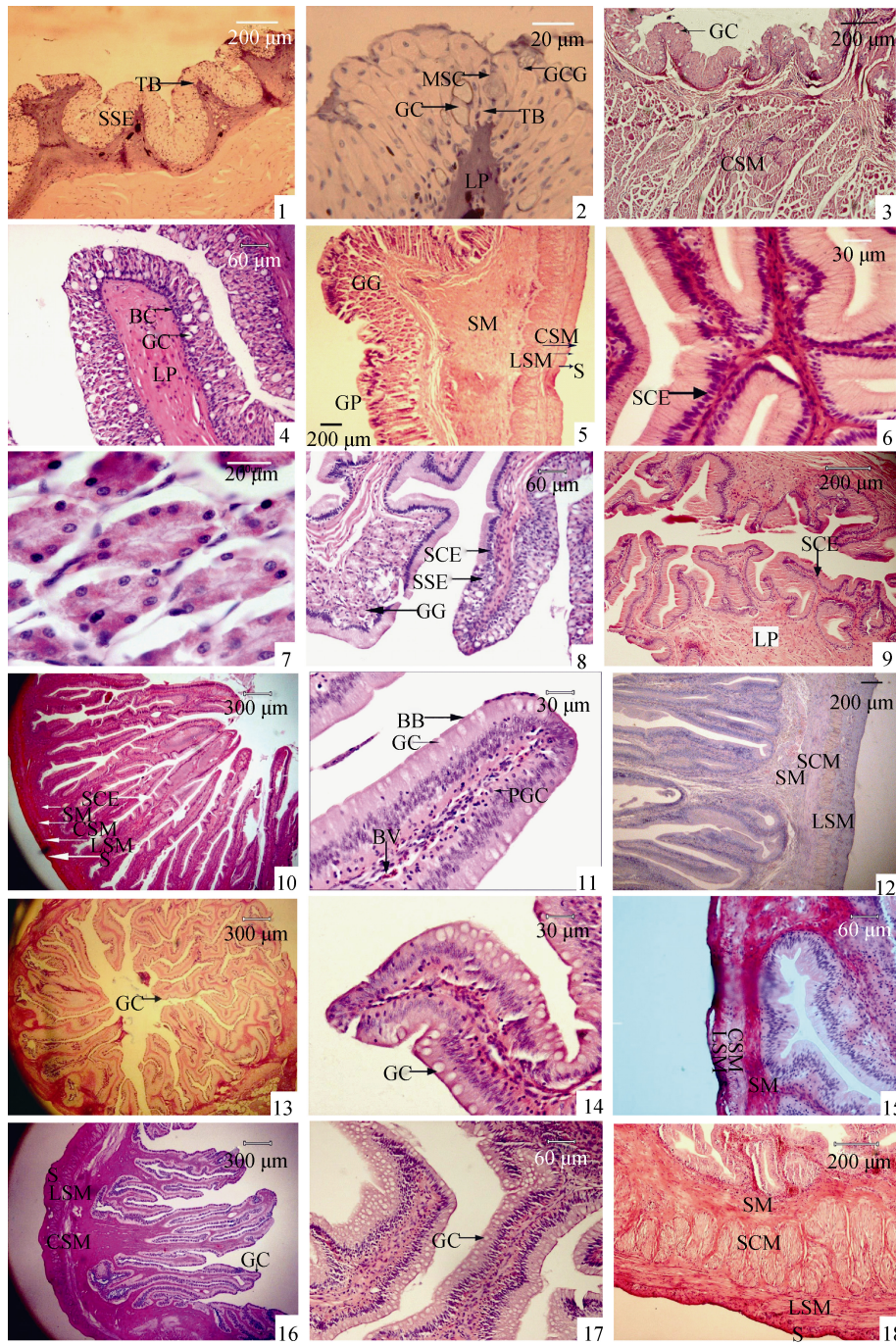
### 3 讨论

#### 3.1 匀斑裸胸鲷的肠道分段

目前,关于鱼类的消化道研究,国内外多有深入报道。淡水鱼类有草鱼、鲢、鲤、银鲫、稀有鮰鲫、团头鲂、南方鲇、黄鳝、罗非鱼、鳊等,海水鱼类有石斑鱼、波纹唇鱼、海鳗、真鲷、条石鲷、军曹鱼等<sup>[8-12]</sup>。消化道中肠区段的划分与其功能直接相关,学者对不同种类鱼类肠道的分段采取不同方法。林浩然等<sup>[14]</sup>认为食道之后便是肠;刘飞等<sup>[15]</sup>认为消化道可分为口咽腔、食道、以及前、中、后肠三部分。本实验根据匀斑裸胸鲷消化道各段管壁厚度、管腔大小、黏膜皱褶的数量、高低与杯状细胞数量等参数(表 1),发现肠前段黏膜皱褶最高、密集,杯状细胞少,管壁较厚、无纤毛柱状细胞;肠中段黏膜皱褶低矮、较稀疏、杯状细胞较多、管壁最薄、管腔最小、有柱状纤毛细胞;肠后段黏膜皱褶较高、最稀疏、杯状细胞最多、管壁最厚、无纤毛柱状细胞。匀斑裸胸鲷肠道各段在黏膜褶皱数量、黏膜下层厚度及浆膜层厚度都存在显著差异;在消化道管径、肌层厚度等也存在明显差别,因此本研究倾向于将匀斑裸胸鲷肠道分为前肠、中肠及后肠。

#### 3.2 匀斑裸胸鲷消化道黏液细胞的分布特征

鱼类黏液细胞主要分布在鱼的皮肤、鳃、肠及口腔的上皮中,消化道黏液细胞主要分布在口

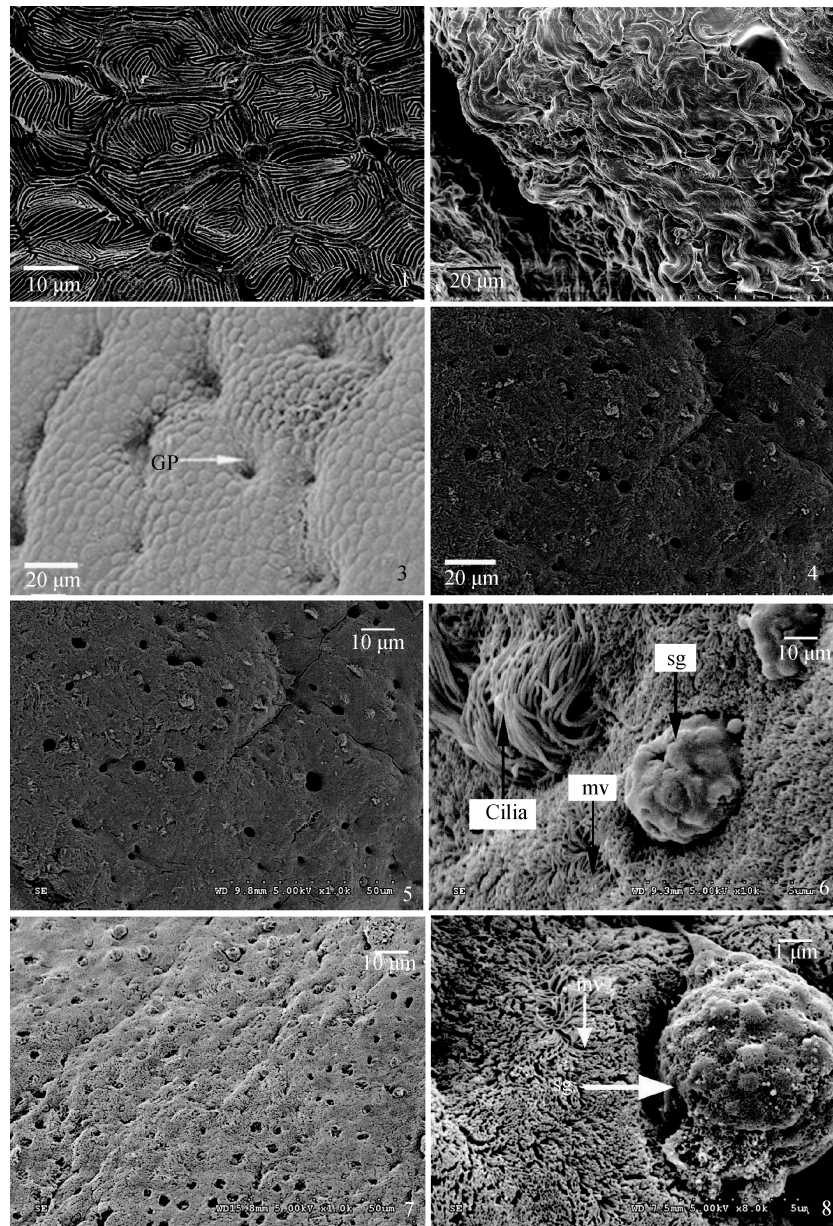


图版 I 匀斑裸胸鲂消化道组织切片图

1. 口咽腔横切; 2. 口咽腔杯状细胞; 3. 食道横切; 4. 食道上皮横切; 5. 胃横切; 6. 幽门胃横切, 示单层柱状上皮; 7. 胃腺横切;
8. 胃贲门与食道连接处; 9. 盲囊部末端横切; 10. 前肠横切; 11. 前肠上皮; 12. 前肠肌层横切; 13. 中肠横切(AB-PAS 染色);
14. 中肠上皮; 15. 中肠肌层横切; 16. 后肠横切(AB-PAS 染色), 示黏液细胞; 17. 后肠上皮; 18. 后肠肌层纵切.

Plate I Digestive tract tissue section diagram of *Gymnothorax reevesii*

1. transverse section of buccal-pharynx cavity; 2. the enlargement of figure 1 showing mucous cell; 3. transverse section of oesophagus; 4. transverse section of epithelium of oesophagus; 5. transverse section of stomach; 6. transverse section of pyloric stomach, showing simple columnar epithelium; 7. transverse section of gastric pits; 8. junction of gastric cardia and esophagus; 9. transverse section of caecum part; 10. transverse section of the anterior intestine; 11. epithelium of the anterior intestine; 12. transverse section of muscular coats of the anterior intestine; 13. transverse section of the mid-intestine(AB-PAS); 14. epithelium of the mid-intestine; 15. transverse section of muscular coats of the mid-intestine; 16. transverse section of the posterior intestine(AB-PAS), showing mucous cell;
17. epithelium of the posterior intestine; 18. transverse section of muscular coats of the posterior intestine.



图版 II 匀斑裸胸鲷消化道内表面扫描电镜图

1.口咽腔表面(箭头示杯状细胞开口); 2. 食道内表面; 3. 胃内表面, 示胃小凹; 4. 前肠内表面, 示微绒毛; 5. 中肠表面, 示分泌颗粒; 6. 中肠内表面, 示纤毛; 7. 后肠表面, 示分泌孔; 8. 后肠内表面, 示分泌颗粒与微绒毛.

Plate II Surface scanning electron microscopy (sem) in the digestive tract of *Gymnothorax reevesii*

1. surface of buccal-pharynx cavity(SEM); 2. surface of oesophagus; 3. surface of stomach, showing gastric pits(SEM); 4. surface of the anterior intestine, showing microvilli(SEM); 5. surface of the mid-intestine, showing secretory granule(SEM); 6. surface of the mid-intestine, showing Cilia(SEM); 7. surface of the posterior intestine, showing secretion hole(SEM); 8. surface of the posterior intestine, showing secretory granule and microvilli(SEM).

图版 I、图版 II 标识解释: BB: 纹状缘; BC: 基底层细胞; BV: 血管; Cilia: 纤毛; CSM: 环肌; GC: 杯状细胞; GCG: 含颗粒物杯状细胞; GG: 胃腺; GP: 胃小凹; LN: 淋巴小结; LP: 固有膜; LSM: 纵肌; MC: 肌层; MSC: 黏液分泌细胞; MV: 微绒毛; PGC: HE 正染色杯状细胞; S: 浆膜层; SCE: 单层柱状上皮; Sg: 分泌颗粒; SM: 黏膜下层; SSE: 复层鳞状上皮; TB: 味蕾.

Explanation of Plates I and II: BB: brush border; BC: basement cells; BV: blood vessel; CSM: circular layers of striated muscle; E: epithelium; GC: goblet cell; GCG: goblet cells with visible granule; GG: gastric glands; GP: gastric pits; LN: lymphoid nodule; LP: lamina propria; LSM: longitudinal layers of striated muscle; MC: muscular coats; MSC: mucous secretory cell; MV: microvilli; PGC: haematoxylin and eosin positive goblet cells; S: serosa; SCE: simple columnar epithelium; Sg: secretory granule; SM: sub mucosa; SSE: stratified squamous epithelium; TB: taste buds.

咽腔和肠道中。匀斑裸胸鲳的口咽腔中可见有杯状黏液细胞, 而前肠中黏液细胞较少, 中肠到后肠逐渐增多。消化道黏液物质可以促进消化吸收, 缓冲酸性胃容物, 黏液物质对消化道内粗糙原料食物起到润滑作用, 而且还能与蛋白酶形成复合物, 起到稳定蛋白酶的作用<sup>[16]</sup>; 而后肠的黏液细胞分泌的黏液物质有助于排出食物残渣。匀斑裸胸鲳肠道的黏液细胞分布呈从前到后递增的特点, 这与肉食性鱼类斜带石斑鱼<sup>[8]</sup>、海鳗、月鳢及条斑星鲳<sup>[17]</sup>的特点相一致, 与其肉食性特点相一致。

### 3.3 匀斑裸胸鲳消化道结构与功能的关系

匀斑裸胸鲳栖息于岩礁洞穴中, 其口咽腔较大, 颌齿单列, 犁骨上有 3 个显著的犬齿。以鱼虾为食的海鳗(*Muraenesox cinereus*)也有大型犬齿<sup>[18]</sup>; 而以贝类、甲壳类为食的真鲷(*Chrysophrys major*)、条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)则具有臼状齿<sup>[19-20]</sup>; 以藻类和有机碎屑为食的梭鱼(*Liza haematocheila*), 其牙齿则退化成微小的毛刷状<sup>[21]</sup>, 这说明鱼类齿的形态与其食性有密切关系, 匀斑裸胸鲳齿的特点符合凶猛肉食性鱼类的特征。

鱼类口腔中的味蕾起感知和辨别食物的作用, 而咽部的味蕾起触动鱼类吞咽反射的作用<sup>[22]</sup>。组织切片观察发现匀斑裸胸鲳的口咽腔具有丰富的味蕾和杯状细胞。扫描电镜显示匀斑裸胸鲳口咽腔细胞具有的微脊结构, 起到避免机械损伤和固定黏液物质的作用, 以便润滑和吞咽食物。鱼类食道杯状细胞分泌的黏液不仅可以润滑, 同时可以中和胃酸保护黏膜, 分泌的黏蛋白还可以保护黏膜免受细菌的侵袭, 在物理和化学损伤中起着重要的作用<sup>[23]</sup>。匀斑裸胸鲳食道黏膜层含有大量的杯状细胞和黏液分泌细胞, 同样起到润滑及中和作用。

匀斑裸胸鲳的胃按照位置分为贲门部、盲囊部、幽门部, SEM 发现胃表面有丰富的胃小凹, 组织切片学发现贲门、盲囊具有管状的胃腺, 胃腺可以分泌盐酸和酶, 不仅提高消化效率, 还可以增加细胞外的蛋白质消化。根据 Acobshagen 等<sup>[24]</sup>的分类方法, 肉食性鱼的肠道一般较短, 为体长的 1/3~1/4; 草食性鱼肠较长, 一般为体长的 2~5 倍<sup>[25]</sup>。本实验测量的匀斑裸胸鲳肠道系数为 0.33, 与

肉食性鱼类的消化道系数范围相一致。本实验将云斑裸胸鲳的肠道分为 3 段, 前肠、中肠及后肠。组织切片可观察到肠道各段都有发达的环肌, 环肌的波纹状收缩可以将食糜团推向后方, 形成肠蠕动。SEM 观察到肠道具有厚厚的微绒毛, 中肠和后肠间或有纤毛, 由前肠到后肠, 黏膜皱褶变少且变薄, 而皱褶面积越大越增加吸收面积, 表明前肠是最主要吸收部位。而杯状细胞由前肠往后肠逐渐增多, SEM 也发现后肠有大量的分泌孔, 可能跟后肠需要分泌大量的黏液来将食物残渣和粪便排出相关。

匀斑裸胸鲳在齿、肠道系数及黏液细胞分布规律等方面均与植食性、杂食性鱼类不同, 而具有典型的肉食性特征, 说明其在珊瑚礁生态系统中是一个较高营养层级的捕食者。

### 参考文献:

- [1] Kuitert R H. Guide to sea fishes of Australia[M]. New Holland Pub Pty Limited, 1996: 433.
- [2] Gilbert M, Rasmussen J B, Kramer D L. Estimating the density and biomass of moray eels (*Muraenidae*) using a modified visual census method for hole-dwelling fauna[J]. *Environ Biol Fish*, 2005, 73: 415-426.
- [3] Tsukamoto K, Watanabe S, Kuroki M, et al. Freshwater habitat use by a moray eel species, *Gymnothorax polyuranodon*, in Fiji shown by otolith microchemistry[J]. *Environ Biol Fish*, 2014(1): 1-9.
- [4] Stern N, Goren M. First record of the moray eel *Gymnothorax reticularis*, Bloch, 1795 in the Mediterranean Sea, with a note on its taxonomy and distribution[J]. *Zootaxa*, 2013, 3641(2): 197-200.
- [5] Tawa A, Aoyama J, Yoshimura T, et al. *Leptocephalus* larvae of two moray eels (*Anguilliformes*; *Muraenidae*), *Gymnothorax sagmacephalus* and *Gymnothorax albimarginatus*, identified from morphometric and genetic evidence[J]. *Ichthyol Res*, 2014, 61(1): 32-41.
- [6] 杜民, 尹绍武, 刘艳红, 等. 中国裸胸鲳属 10 种鱼类分子系统发育关系的 16S rDNA 分析[J]. *海洋科学*, 2013, 32(3): 321-327.
- [7] 齐兴柱, 尹绍武, 张本, 等. 基于 mtDNA-CO II 基因序列对中国南海裸胸鲳属鱼类分子系统进化关系的研究[J]. *水产科学*, 2010, 29(10): 605-609.
- [8] 乔淑军. 斜带石斑鱼消化道的组织学和四种内分泌细胞免疫组织化学定位研究[J]. *现代渔业信息*, 2008, 23(8): 4-6.
- [9] 区又君, 廖光勇, 李加儿, 等. 波纹唇鱼消化道的形态学

- 和组织学[J]. 热带海洋学报, 2012 (6): 83–89.
- [10] 谢嘉华, 袁建军. 海鳗消化道的显微结构[J]. 中国水产科学, 2001, 12(1): 110–111.
- [11] 喻子牛, 孙晓瑜, 孙世春. 真鲷的消化道组织学与形态学研究[J]. 水产学报, 1997, 21(2): 114–118.
- [12] 王健鑫, 石戈, 李鹏, 等. 条石鲷消化道的形态学和组织学[J]. 水产学报, 2006, 30(5): 619–624.
- [13] Anne M E, Sadasivam K, Muriel M, et al. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fish meal replacement with soy protein concentrate[J]. Aquaculture, 2007, 273: 127–138.
- [14] 林浩然. 五种不同食性鲤科鱼类消化道[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1962(3): 65–78.
- [15] 刘飞, 张轩杰, 刘少军, 等. 湘云鲫、湘云鲤消化道的组织学研究[J]. 中国水产科学, 2001, 8(3): 24–27.
- [16] Grau A, Crespo S, Sarasquete M C, et al. The digestive tract of the amberjack, *Seriola dumerili*, Risso: a light and scanning electron microscope study [J]. J Fish Biol, 1996, 48 (2): 187–206.
- [17] 肖志忠, 于道德, 辛梅, 等. 条斑星鲷消化系统个体发生的组织学观察[J]. 海洋科学, 2008, 32(6): 13–16.
- [18] 谢嘉华, 袁建军. 海鳗消化道的显微结构[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 109–112.
- [19] 喻子牛, 孔晓瑜. 真鲷消化道的组织学和形态学研究[J]. 水产学报, 1997, 21(2): 113–119.
- [20] 王健鑫, 石戈, 李鹏, 等. 条石鲷消化道的形态学和组织学[J]. 水产学报, 2006, 30(5): 618–626.
- [21] 陈四海. 广东池养梭鱼器官的形态学和组织学研究及其营养成分评价[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
- [22] Atema J. Structures and functions of the sense of taste in the catfish (*Ictalurus natalis*)[J]. Brain Behav Evol, 1971, 4(4): 273–294.
- [23] Scocco P, Ceccarelli P, Menghi G. Glycohistochemistry of the *Tilapia* spp. stomach[J]. J Fish Biol, 1996, 49(4): 584–593.
- [24] Acobshagen J, Bertin E. Feeding habits and morphometry of digestive tracts of *Geophagus brasiliensis*, in a lagoon of high Tibagi River Parana state, Brazil[J]. Publ UEPG Biology Health Science, Ponta Grossa, 2004, 10(1): 37–45.
- [25] 周洁, 谢从新, 郭先武, 等. 圆尾斗鱼消化系统的解剖[J]. 湖北农业科学, 1993(8): 26–29.

## Microstructure and ultrastructure of the digestive tract of *Gymnothorax reevesii*

HUANG Fei, WANG Ji, LUO Jian, ZHANG Ben, CHEN Guohua

College of Ocean, Hainan University, Experimental Teaching Demonstration Center of Marine Biology, Hainan University, Haikou 570228, China

**Abstract:** As an important coral reef fish, *Gymnothorax reevesii* has significant ecological and economic value. Research on its digestive physiology provides insights into its ecological conservation and artificial breeding. The histological structure of the digestive tract of *G. reevesii* was studied using light and scanning electron microscopy. The mucosa of the oropharyngeal cavity was composed of stratified squamous epithelium with some goblet cells and taste buds, and many micro-ridges on the surface of the epithelial cells. The mucosa of the esophagus formed abundant folds. Some localized areas of epithelium were composed of simple columnar cells, and there were many large goblet cells. The ‘J’-shaped stomach may be divided into three regions, cardiac, caecum and pyloric. The cardiac and caecum regions contained more gastric glands, while gastric glands were not found in the pyloric and terminal caecum regions. Scanning electron microscopy revealed numerous gastric pits in the gastric internal surface. The intestine of *G. reevesii* was short (Intestinal Coefficient 0.33), and the number of mucous cells gradually increased from the anterior to the posterior intestine. On the other hand, the number of microvilli and cilia was significantly reduced from the foregut to the hindgut. The sharp teeth, abundant goblet cells in the esophagus, lower intestinal coefficient, and significant stomach-intestine structural differentiation indicated that *G. reevesii* is a typical carnivorous fish.

**Key words:** *Gymnothorax reevesii*; digestive tract; microstructure; ultrastructure

**Corresponding author:** LUO Jian. E-mail: luojianfish@aliyun.com; CHEN Guohua. E-mail: chguh3240@aliyun.com