

宽口裂腹鱼消化系统解剖和组织学观察

魏 杰, 曹希全, 任永丽, 艾克拜尔·热合曼, 聂竹兰

(塔里木大学动物科学学院, 新疆阿拉尔 843300)

摘要: 本研究采用解剖、石蜡切片和 HE 染色法对宽口裂腹鱼 (*Schizothorax eurystomus*) 消化系统解剖特征和组织切片进行观察。结果显示, 其消化管管壁由内向外分别为黏膜层、黏膜下层、肌层和浆膜, 主要差别在于黏膜层和肌层。食道黏膜上皮为复层扁平上皮, 上皮间分布有大量杯状细胞; 前肠和中肠黏膜上皮为单层柱状上皮, 明显可见刷状缘、杯状细胞和淋巴细胞分布其间; 后肠黏膜上皮为假复层柱状上皮, 其间也有杯状细胞和淋巴细胞分布, 肠道中杯状细胞由前至后逐渐增多。食道肌层为内环外纵的骨骼肌; 前肠肌层为内环外纵的平滑肌; 中肠和后肠为内螺旋外环行的平滑肌。消化腺由肝脏和胰腺组成, 胰腺弥散状分布在肝脏中, 肝小叶不明显。研究表明, 宽口裂腹鱼消化系统组织学特征与其食性具有适应性。

关键词: 宽口裂腹鱼; 消化管; 消化腺; 组织学

中图分类号: 941.42⁺9

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Anatomy and histological observation of digestive system in *Schizothorax eurystomus*

WEI Jie, CAO Xiquan, REN Yongli, AIKEBAIER Rehemana, NIE Zhulan

(College of Animal Science, Tarim University, Alar 843300, China)

Abstract: Anatomy, paraffin section and HE staining were used to observe the anatomical characteristics and tissue slice in the digestive tract of *Schizothorax eurystomus*. The results show that the wall of digestive tract included mucosa, submucosa, muscularis and serosa from inner to outer. The main difference lay in mucosa and muscular layers. The mucosa layer of esophagus was covered with stratified epithelium and abundant goblet cells. The mucosae in the foregut and midgut were obviously lined by a simple columnar epithelium with abundant goblet cells, brush border and lymphocytes. The mucosa of hindgut was composed with pseudostratified columnar epithelium, goblet cells and lymphocytes. From front to back, the number of goblet cells of intestine increased gradually. The muscularis of esophagus and foregut consisted of internal-circular muscle layer and external-longitudinal muscle layer. However, the skeletal muscle and smooth muscle were distributed in muscularis of esophagus and foregut. The muscularis of midgut and hindgut consisted of internal-spiral and external-longitudinal smooth muscle layers. The digestive gland was composed of liver and pancreas, and the pancreas was diffuse in the liver. The hepatic lobule was un conspicuous. In conclusion, the histological structure of digestive system of *S. eurystomus* is related with its function and feeding habit.

收稿日期: 2019-04-22; 修回日期: 2019-07-15

资助项目: 国家自然科学基金项目(31560721, 31860729); 新疆生产建设兵团中青年科技创新领军人才计划项目(2018CB033); 华中农业大学塔里木大学科研合作联合基金项目(TDHNLH201702, 2662017PY118)

作者简介: 魏 杰(1981—), 男, 硕士, 副教授, 从事渔业资源保护与利用研究。E-mail: weijiedky@126.com

通信作者: 聂竹兰(1979—), 女, 博士, 教授, 从事渔业资源保护与利用研究。E-mail: niezhlan2004@163.com

Key words: *Schizothorax eurystomus*; Digestive tube; Digestive gland; Histology

宽口裂腹鱼 (*Schizothorax eurystomus*) 属于鲤形目、鲤科、裂腹鱼亚科、裂腹鱼属, 主要分布于土库曼斯坦和乌兹别克斯坦的阿姆河, 乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦和哈萨克斯坦的锡尔河^[1], 中国新疆北疆的伊犁河流域^[2], 南疆的阿克苏河、木扎提河、克孜尔河、渭干河、克孜尔水库、东方红水库、塔什库尔干河、叶尔羌河与提孜那普河, 曾是中国新疆渔业产区的主要经济鱼类^[3]。近年来, 由于捕捞强度过大, 生态环境遭到破坏, 宽口裂腹鱼的种群数量明显下降, 现已被列入新疆维吾尔自治区保护鱼类 [新疆维吾尔自治区重点保护水生野生动物名录 [新政发 (2004) 67 号]。关于宽口裂腹鱼的研究多集中于资源分布与分类^[1-6]、外部形态^[7-9]、不同组织 RNA 提取质量^[10]、线粒体基因组全序列分析^[11]、系统发育^[12-13]等方面。目前, 国内外学者在鱼类消化系统的胚后发育^[14-16]、形态学、组织学与组织化学^[17]、消化酶活性^[18]、结构特征与食性的关系^[19]等方面也开展了详细的研究, 但尚未见有关宽口裂腹鱼消化系统外部形态与组织结构的相关报道, 其消化器官形态结构与食性相适应方面的研究亦未见报道。因此, 本文以宽口裂腹鱼为研究对象, 运用解剖学方法和连续石蜡切片技术, 研究其消化系统组织结构特征, 旨在为宽口裂腹鱼消化系统的组织结构特征与其食性相适应性提供理论依据, 丰富宽口裂腹鱼的基础生物学内容, 为其人工繁殖和养殖研究奠定基础, 从而有效保护该物种和塔里木河流域生物多样性。

1 材料与方法

1.1 试验材料

笔者课题组于 2017 年 6 月, 采用拖网在新疆渭干河收集宽口裂腹鱼样本 66 尾, 现场进行体长 [(179.07±35.79) mm] 和体质量 [(76.26±49.23) g] 等常规生物学测量, 活体运回实验室暂养 1 周后, 随机取 10 尾健康鱼, 用于消化系统解剖与组织学观察。

1.2 试验方法

活体解剖先观察颌齿、舌、鳃耙数、咽喉齿、口裂大小等特征, 再取食道、肠 (前、中、后)、肝胰脏组织, 分别固定于波恩氏液, 固定时间 24 h, 组织固定后用 70% 乙醇清洗多余的波恩氏液, 再保存于 70% 乙醇中备用。梯度乙醇脱水, 二甲苯透明, 连续石蜡切片, 切片厚度为 5~7 μm, HE 染色, 中性胶封片, Olympus 显微镜下观察拍照。

用 Image J 软件测量 10 个个体肠道黏膜褶皱高度、黏膜下层、肌肉层 (内肌层、外肌层) 和浆膜层的厚度, 并计

算 100 μm 肠道黏膜上皮中杯状细胞、柱状上皮、淋巴细胞的数量。其中, 黏膜褶皱高度取其顶端至基部凹陷处的垂直距离; 黏膜下层厚度为肌层到黏膜层的垂直距离; 肌肉层厚度分别测量内肌层和外肌层的厚度。试验数据采用 Excel 2010 及 SPSS 22.0 软件进行统计与分析。

2 结果

2.1 消化系统解剖特征

宽口裂腹鱼消化系统由消化管和消化腺两部分组成, 消化管包括口咽腔、食道、肠、肛门, 消化腺则为弥散型肝胰腺 (图 1-a)。

宽口裂腹鱼须 2 对, 口下位, 口裂小, 口内不具颌齿、口腔齿和游离的舌。口须和下颌角质发达 (图 1-b)、咽喉齿 (2.3.5/5.3.2) 末端有较发达的弯钩 (图 1-c)、鳃耙稀疏, 食道粗短, 食道与鳔之间有鳔管相连。肠道盘曲在腹腔内, 肠道弯曲处比其他部位略细, 共 3 个弯曲 (图 1-d)。肠道黏膜层向肠管内表面突出形成许多 Z 形的黏膜褶皱。肠道由发达的肠系膜与腹腔壁相连, 肠系膜上有大量的脂肪包裹肠壁。腹膜为黑色。肠长是体长的 (2.55±0.36) 倍。肝胰脏分左右两叶, 每叶分支借脂肪和肠系膜包绕于消化管外。胆囊绿色, 埋于肝胰脏内。

2.2 消化管的组织结构

宽口裂腹鱼消化管壁均由黏膜层、黏膜下层、肌层、浆膜 4 层组成, 主要差别在黏膜层和肌层。食道黏膜上皮为复层扁平上皮, 上皮间分布有大量杯状细胞; 前肠和中肠黏膜上皮为单层柱状上皮, 明显可见其间有刷状缘、杯状细胞和淋巴细胞分布; 后肠黏膜上皮为假复层柱状上皮, 其间亦有杯状细胞核淋巴细胞分布, 且杯状细胞明显多于前肠和中肠。食道肌层为内环外纵的骨骼肌; 前肠肌层为内环外纵的平滑肌; 中肠和后肠为内螺旋外环行的平滑肌。

2.2.1 食道 食道黏膜上皮为复层扁平上皮 (图 2-a), 表层为扁平上皮, 中层细胞呈多角形, 基层细胞呈单层立方或矮柱状。复层扁平上皮细胞间分布有 4~8 层呈空泡状的杯状细胞, 某些部位可见杯状细胞从基底层一直抵达表层扁平上皮。上皮下方是固有膜, 由较细密的结缔组织构成 (图 2-b)。固有膜缺少黏膜肌。黏膜下层为松散的结缔组织, 食管前段的黏膜下层含大量纵行骨骼肌纤维 (图 2-c), 部分可伸向固有膜中 (图 2-a), 因此固有膜与黏膜下层界限不清。食道后段骨骼肌纤维逐渐减少, 近肠处消失。肌层为内环行外纵行的骨骼肌束组成, 内环肌较厚 (图 2-a、d)。

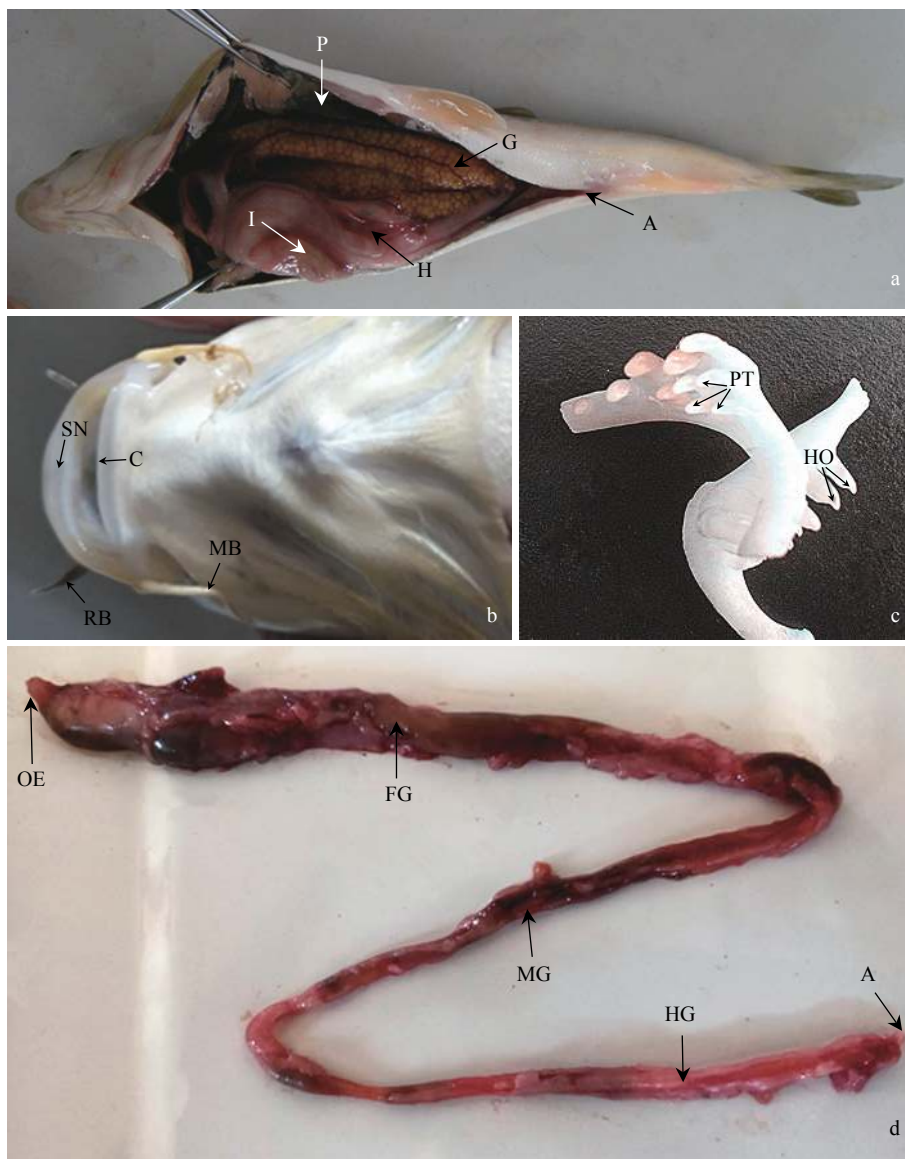


图1 宽口裂腹鱼消化系统的解剖观察

a. 消化系统解剖图; b. 口位; c. 咽齿; d. 消化道; A. 肛门; P. 腹膜; G. 性腺; I. 肠道; H. 肝胰腺; SN. 吻部; C. 角质; RB. 吻须; MB. 颌须; PT. 咽喉齿; HO. 弯钩; OE. 食道; FG. 前肠; MG. 中肠; HG. 后肠

Figure 1 Anatomical observation of digestive system of *S. eurystomus*

a. Dissection of digestive system; b. Mouth position; c. Pharyngeal teeth; d. Digestive tract; A. Anus; P. Peritoneum; G. Gonad; I. Intestine; H. Hepatopancreas; SN. Snout; C. Cutin; RB. Rostra barbell; MB. Maxillary barbell; PT. Pharyngeal teeth; HO. Hooks; OE. Oesophageal; FG. Foregut; MG. Midgut; HG. Hindgut

浆膜由结缔组织及其外的单层扁平上皮组成 (图 2-e)。

2.2.2 前肠 黏膜上皮细胞为单层柱状, 主要由高柱状的吸收细胞构成, 长椭圆形核位于柱状细胞的基部偏下, 细胞核内核仁明显, 因细胞排列紧密, 椭圆形的细胞核呈上下 2~3 层分布, 吸收细胞游离面的刷状缘明显 (图 2-f)。黏膜上皮中除吸收细胞外, 还含有呈高脚杯样的杯状细胞和核圆球形染成蓝色的淋巴细胞 (图 2-f)。淋巴细胞浸润于黏膜上皮细胞间, 杯状细胞数量相对吸收细胞较少, 散于吸收细胞之间。固有膜中有毛细血管分布, 管内血细胞可

见, 未见黏膜肌, 固有膜与黏膜下层界限不清 (图 2-f)。肌层为外纵、内环 2 层平滑肌, 其间有少量疏松结缔组织, 可见肌间神经丛及毛细血管内的红细胞 (图 2-g)。外膜为较薄的浆膜, 是由较为疏松的结缔组织和间皮组成 (图 2-g)。

2.2.3 中肠 中肠结构与前肠相似, 也是由黏膜层、肌层、黏膜下层和浆膜组成 (图 2-h)。单层柱状上皮细胞变矮, 细胞核随之变成卵圆形, 核仁明显, 杯状细胞和淋巴细胞增多 (图 2-i)。黏膜下层由结缔组织组成, 其间可见毛

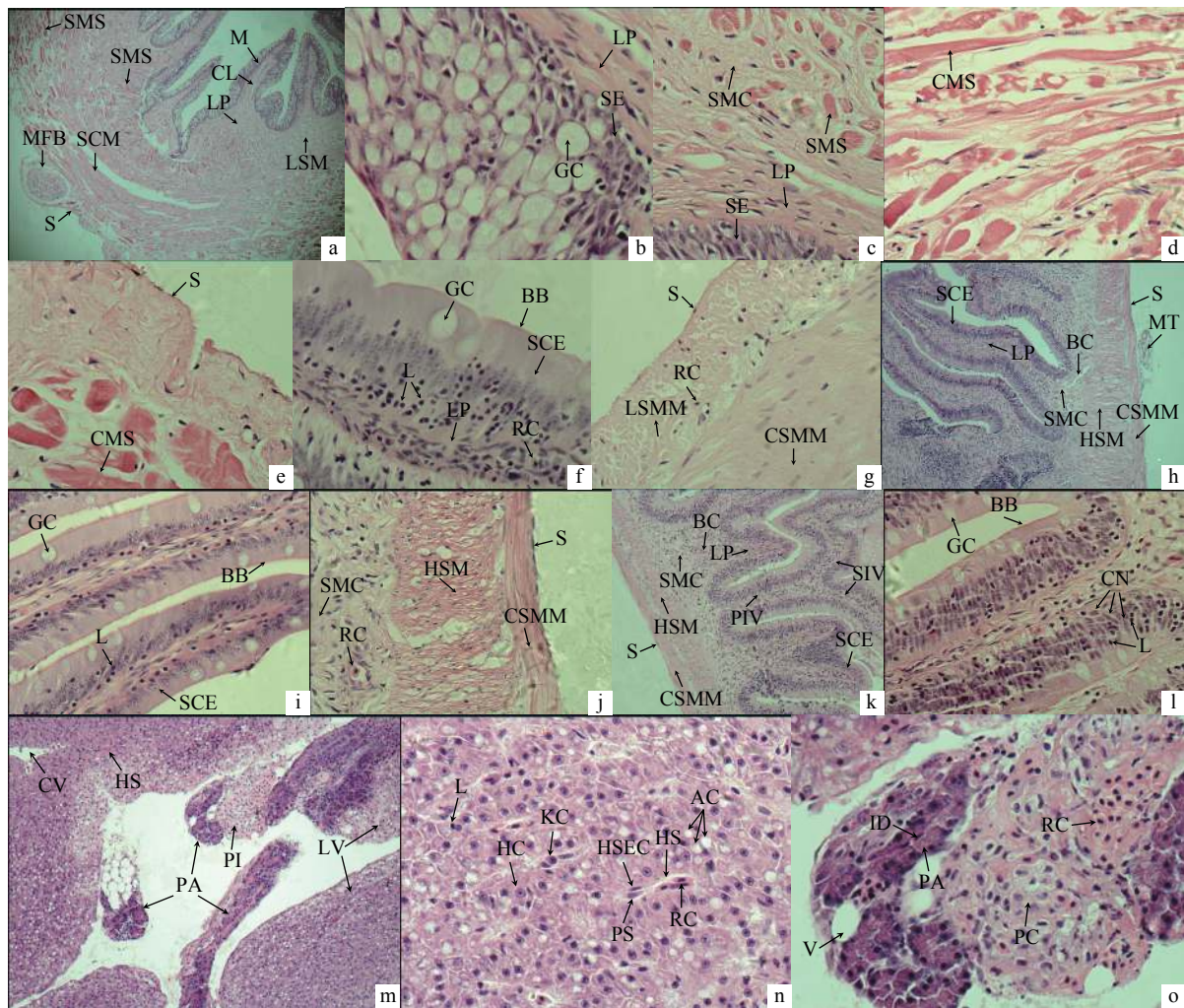


图2 宽口裂腹鱼消化系统显微图

a. 食道横切; b. 食道黏膜上皮; c. 食道固有膜与黏膜下层; d. 食道肌层; e. 食道肌层与浆膜; f. 前肠肠绒毛; g. 前肠肌层与浆膜; h. 中肠横切; i. 中肠肠绒毛; j. 中肠固有膜、肌层与浆膜; k. 后肠横切; l. 后肠肠绒毛; m. 肝胰脏; n. 肝脏; o. 胰脏; BB. 纹状缘; CSM. 环形骨骼肌; GC. 杯状细胞; LP. 固有膜; LSM. 纵形骨骼肌; MC. 肌肉层; MF. 黏膜褶皱; M. 黏膜层; MM. 黏膜肌; S. 浆膜; SE. 复层黏膜上皮; SMC. 黏膜下层; CL. 中央乳糜管; SCE. 单层柱状黏膜上皮; MFB. 肌纤维束; SMS. 骨骼肌; L. 淋巴细胞; RC. 红细胞; SM. 平滑肌; CSMM. 环形平滑肌; LSMM. 纵形平滑肌; MT. 肠系膜; HSM. 螺旋形平滑肌; BC. 毛细血管; PIV. 初级肠绒毛; SIV. 次级肠绒毛; CN. 细胞核; LV. 肝脏; CV. 中央静脉; HS. 肝血窦; PA. 胰脏腺泡; PI. 胰岛; PC. 胰岛细胞; ID. 闰管; HC. 肝细胞; KC. 肝巨噬细胞; HSEC. 肝血窦内皮; PS. 窦周隙; AC. 脂肪细胞

Figure 2 Microstructure of digestive system of *S. eurystomus*

a. Transverse section of esophagus; b. Epithelium of esophageal mucosa; c. Lamina propria and submucosa of esophagus; d. Muscularis of esophagus; e. Muscularis and serosa of esophagus; f. Intestinal villus of foregut; g. Muscularis and serosa of foregut; h. Transverse section of midgut; i. Intestinal villus of midgut; j. Lamina propria, muscularis and serosa of midgut; k. Transverse section of hindgut; l. Intestinal villus of hindgut; m. Epatopancreas; n. Liver; o. Pancreas; BB. Brush border; CSM. Circular layers of striated muscle; GC. Goblet cell; LP. Lamina propria; LSM. Longitudinal layers of striated muscle; MC. Muscular coat; MF. Mucosal fold; M. Mucosa; MM. Muscularis mucosa; S. Serosa; SE. Stratified epithelium; SMC. Submucosa; CL. Central lacteal; SCE. Single columnar epithelium; MFB. Muscular fibril beam; SMS. Skeletal muscle; L. Lymphocyte; RC. Red cell; SM. Smooth muscle; CSMM. Circular layers of smooth muscle; LSMM. Longitudinal layers of smooth muscle; MT. Mesentery; HSM. Helical layers of smooth muscle; BC. Blood capillary; PIV. Primary intestinal villus; SIV. Secondary intestinal villus; CN. Cell nucleus; LV. Liver; CV. Central veins; HS. Hepatic sinusoid; PA. Pancreas acinus; PI. Pancreatic islets; PC. Islet cell; ID. Intercalated duct; HC. Hepatocyte; KC. Kupffer cells; HSEC. Hepatic sinusoidal endothelial cell; PS. Perisinusoidal space; AC. Adipocyte

细血管及管内的红细胞。肌层有 2 层, 均由平滑肌组成, 但内肌层的平滑肌呈螺旋形排列, 外肌层呈环形排列 (图 2-j)。浆膜外可见肠系膜 (图 2-h)。

2.2.4 后肠 后肠黏膜层上皮与前肠、中肠差异较大。由切片可见, 肠绒毛有初级分支和次级分支 (图 2-k)。柱状上皮的细胞核呈多层排列, 和假复层纤毛柱状上皮细胞的细

胞核排列类似,表层为高柱状上皮细胞,深部为较矮的基底细胞;高柱状上皮细胞中分布较多的杯状细胞,基底层细胞中分布有大量淋巴细胞(图2-l);上皮表面较平坦,微绒毛较短而密,细胞界限不清楚。固有膜中有丰富的毛细血管,而黏膜下层中较少。肌层与中肠类似,有内螺旋外环行的平滑肌组成。浆膜层很薄,由少量结缔组织和间皮组成(图2-k)。

2.3 消化管的组织形态指数

消化管中食道中黏膜层与黏膜下层界限不清(图2-a),因此消化管组织形态指数只统计前、中、后肠各层高度(表1)及其黏膜上皮中柱状上皮、淋巴细胞及杯状细胞的数量(表2)。

表1 宽口裂腹鱼肠道组织形态指数
Table 1 Features of tissue on digestive tract of *S. eurystomus*

项目 Item	μm		
	前肠 Foregut	中肠 Midgut	后肠 Hindgut
黏膜褶皱高 Spiral valve height	207.36±170.85 ^{ab}	1 333.96±239.79 ^a	979.14±275.83 ^c
黏膜下层厚 Sub mucosa thick	382.37±110.10 ^a	192.12±68.80 ^{cd}	144.01±37.59 ^{cd}
内肌层厚 Intimal muscle thick	499.37±85.32 ^a	290.08±96.81 ^c	155.70±37.44 ^c
外肌层厚 Outer muscle thick	166.06±16.52 ^a	82.72±32.41 ^c	80.22±25.28 ^c
浆膜层厚 Serosa thick	70.48±17.62 ^a	39.90±15.44 ^c	28.31±8.91 ^c

注:同一肠道性状同行肩标有相同字母者表示组间差异不显著($P>0.05$),字母相邻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($P<0.01$);下表同此

Note: The same intestinal traits with the same superscript letters indicate no significant difference between groups ($P>0.05$), while there was significant difference for those with adjacent letters ($P<0.05$) and very significant difference for those with separated letters ($P<0.01$); the same case in the following table

表2 宽口裂腹鱼肠道黏膜上皮各类细胞的相对密度比较
Table 2 Number of mucosal epithelial cells in digestive tract of *S. eurystomus*

项目 Item	100 μm		
	前肠 Foregut	中肠 Midgut	后肠 Hindgut
柱状上皮 Cylindrical epithelium	18.80±3.71 ^a	30.70±6.29 ^c	53.50±7.04 ^c
淋巴细胞 Lymphocyte	10.10±2.81 ^a	16.40±5.56 ^b	23.50±6.80 ^c
杯状细胞 Goblet cell	3.30±0.67 ^a	6.70±2.45 ^c	7.20±2.20 ^c

黏膜褶皱高为中肠>前肠>后肠,但前肠与中肠差异不显著,与后肠差异显著,中肠与后肠差异极显著;黏膜下层厚为前肠>中肠>后肠,前肠与中肠、后肠均差异极显著,但中肠和后肠差异不显著;内肌层厚为前肠>中肠>后

肠,三者两两间均差异极显著;外肌层厚为前肠>中肠>后肠,前肠与中肠、后肠均差异极显著,中肠与后肠差异不显著;浆膜层厚为前肠>中肠>后肠,前肠与中肠、后肠均差异极显著,中肠与后肠差异不显著(表1)。

100 μm 长度的肠道黏膜上皮中,柱状上皮的数量为后肠>中肠>后肠,且三者数量均差异极显著;淋巴细胞数量为后肠>中肠>后肠,且前肠与中肠差异显著,前肠、中肠与后肠均差异极显著;杯状细胞数量为后肠>中肠>后肠,前肠与中肠、后肠均差异极显著,中肠与后肠差异不显著(表2)。

2.4 消化腺的组织结构

宽口裂腹鱼的消化腺主要为肝胰脏,胰腺弥散分布于肝脏中(图2-m)。肝胰脏由实质和间质两部分组成,外包装结缔组织的被膜,被膜伸入实质,将实质分成许多小叶,小叶间界限不明显,即肝小叶不明显。肝小叶的中央静脉形状、大小不一,但清晰可见。中央静脉周围的肝细胞呈放射状排列,组成肝细胞索(图2-n)。肝细胞形状不规则,细胞排列紧密,界线不清,核大而圆呈空泡状,核仁明显,位于细胞中央。脂肪细胞丰富,散在分布于肝细胞间,经 HE 染色后,呈空泡状,扁圆形的细胞核被挤于细胞一侧(图2-n)。相邻肝细胞索间为肝血窦,肝血窦狭窄、形状各异。高倍镜下可见肝血窦内皮细胞为单层扁平上皮,血窦间可见肝巨噬细胞、淋巴细胞和红细胞,肝血窦内皮与肝细胞索围成窦周隙(图2-n)。胰腺呈条索状分布在肝脏中,由外分泌部和内分泌部组成(图2-m)。外分泌部的腺泡细胞呈立方或锥体形,腺泡细胞内有许多粗大紫红色的酶原颗粒将圆形的细胞核挤向细胞的一侧,细胞染色较深,核仁明显。可观察到腺泡细胞间由单层扁平上皮构成的闰管和静脉管。内分泌部的胰岛染色较浅呈淡粉色,胰岛细胞呈团索状盘绕在一起,细胞间遍布毛细血管和红细胞(图2-o)。

3 讨论

3.1 消化系统形态特征与食性的适应性

根据殷名称^[20]对鱼类食性的分类可知,鱼类口的大小及比肠长(肠长与体长的比例)与食性的关系密切。一般肉食性鱼类口裂大,肠无弯曲或个别弯曲;草食性和杂食性鱼类肠盘曲较多。林浩然^[21]报道了鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、鲤(*Cyprinus carpio*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)和鳊(*Elopichthys bambusa*)5种鱼类中,肉食性鱼类肠没有盘曲,比肠长小于1;草食性和杂食性鱼类肠盘曲复杂,比肠长为1.64~7.77,肠长与盘曲数与具体的食物组成有关。王起等^[22]研究指出怒江裂

腹鱼 (*S. nukiangensis*) 和裸腹叶须鱼 (*Ptychobarbus kaznakovi*) 的比肠长分别为 2.96 ± 0.92 和 1.46 ± 0.39 , 热裸裂尻鱼 (*Schizopygopsis thermalis*) 比肠长为 3.41 ± 1.26 , 前二者为杂食性偏动物食性, 后者为杂食性偏植食性。宽口裂腹鱼口下位、口裂小、口不能伸缩, 口须发达、下颌上的角质锐利, 利于刮食砂石底质上的底栖硅藻和摄取水生昆虫; 咽喉齿 ($2.3.5/5.3.2$) 与角质垫的磨擦有助于磨碎吞食的水生昆虫; 咽喉齿末端有较发达的弯钩, 可撕裂水生昆虫, 肠长是体长的 (2.55 ± 0.36) 倍。虽然同为杂食性鱼类, 但不同鱼类具体的食物偏好有所不同, 从宽口裂腹鱼消化道食物组成可知, 其食性与怒江裂腹鱼不同, 而与热裸裂尻鱼相似, 均为杂食偏植食性鱼类。

3.2 消化系统组织结构特征与食性的适应性

宽口裂腹鱼食道粗短, 食道黏膜层有发达的皱褶, 在黏膜下层和肌层中具有伸展性强的横纹肌, 能迅速而强劲地收缩, 从而有力地推动较大食物团进入消化管下一段。食道黏膜上皮为复层扁平上皮, 黏液细胞 4~8 层, 多于大刺鲃 (*Mastacembelue armatus*)^[23] 的 1~3 层、中华刺鲃 (*Sinobdella sinensis*)^[19] 和黄石爬鮡 (*Euchiloglanis kishinouyei*)^[24] 的 2~4 层、泥鳅 (*Misgurnus arguillicaudatus*)^[25] 的 3~4 层、切尾拟鲢 (*Pseudobagrus truncatus*)^[26] 和太门哲罗鱼 (*Hucho taimen*)^[27] 的 3~5 层, 而黄唇鱼 (*Bahaba flavolabata*)^[28] 的食道黏膜上皮中则没有黏液细胞分布, 其食道主要作用是容纳食物, 并将食物输送到胃里。对于食道黏膜上皮中有黏液细胞的鱼类, 食道除容纳和输送食物外, 还起润滑的作用^[29]。宽口裂腹鱼在利用锐利的角质刮取砾石上的藻类时会携带大量泥沙, 这些大量的黏液细胞可分泌丰富的黏液, 将泥沙和藻类一起混合成润滑的团块, 利于吞咽以减少食物对黏膜的机械损伤, 因此宽口裂腹鱼食道黏膜层中的粘液细胞层数多余其他几种鱼类, 这与其杂食性偏植食性的特点相适应。

宽口裂腹鱼食道的黏膜下层中有发达的纵行骨骼肌纤维, 食道前段黏膜下层的骨骼肌纤维可伸达固有膜中, 该结构可对食物进一步物理消化, 这和云南盘鮡 (*Discogobio yunnanensis*) 相似^[17]。食道肌肉层的骨骼肌后段厚于前段, 该结构在前人的研究中尚未见报道, 这种结构结合 4~8 层黏液细胞分泌的大量黏液, 更有利于将食物运送至肠管中。此外, 食道肌肉层内环外纵的骨骼肌与黄唇鱼^[29] 食道肌肉层内纵外环的骨骼肌排列方式相反, 这可能与宽口裂腹鱼为杂食性鱼类、而黄唇鱼是肉食性鱼类有关。宽口裂腹鱼的杯状细胞自前肠至后肠逐渐增多, 这与同样具有锐利角质的湘华鲮 (*Sinilabeo decorus tungting*) 后肠黏液细胞减少相反^[30], 这种现象可能与湘华鲮为碎屑食性、而宽口

裂腹鱼为杂食性有关。

宽口裂腹鱼肝胰脏的组织结构中肝小叶不明显, 脂肪细胞丰富, 中央静脉、肝血窦明显。鱼类肝脏中脂肪的积累始于仔鱼期, 幼鱼期后肝脏成为主要贮脂场所^[31]; 在鱼类的不同性别中, 脂肪数量和作用也不同。如食蚊鱼 (*Gambusia affinis*)^[32] 雄性肝细胞排列紧密, 肝细胞数量少, 而雌性肝细胞排列疏松, 其间的脂肪细胞数量多, 这可为雌性的生殖活动提供足够的储备能量。宽口裂腹鱼肝脏中的脂肪细胞从生活史的哪个阶段开始积累, 数量在不同生活阶段和不同性别间的变化规律还需进一步研究。

宽口裂腹鱼胰腺弥散分布在肝脏中, 外分泌部的腺泡细胞游离端有大量红色粗大酶原颗粒, 说明细胞分泌活动旺盛, 酶原颗粒始于仔鱼开口时具有蛋白质分解酶的作用, 这与宽口裂腹鱼杂食性相适应。宽口裂腹鱼胰腺的内分泌部胰岛周围毛细血管丰富, 有利于分泌物及时运送至全身各个器官系统; 胰岛部染色较浅, 呈嗜酸性, 这与哲罗鱼^[33] 的胰腺内分泌部相反; 而与驼背鲈 (*Cromileptes altivelis*)^[34] 的胰岛细胞染色结果相似。由上所述, 宽口裂腹鱼消化系统形态学、组织学与食性具有适应性。

3.3 肠道的分段

宽口裂腹鱼无胃、有鳔管, 食道与肠的分界点即为鳔管与消化道的连接点, 这与秉志^[35] 的观点一致。而有鳔科鱼类肠道分段的问题, 不同学者见解不同。Escaffre 等^[36]、倪达书和洪雪峰^[37] 将肠道分为前、中、后三段; Mevay 和 Kaan^[38] 把肠管分为肠球和肠本部两部分; 林浩然^[21] 认为没有分段的必要, 食道之后即是肠。Petrinec 等^[39] 在研究白斑狗鱼 (*Esox lucius* L.) 和欧鲶 (*Silurus glanis* L.) 时也认为这两种鱼的胃后即为肠。何敏^[40] 在研究重口裂腹鱼 (*S. davidi*) 时发现, 肠管各段管径粗细、黏膜皱褶和上皮细胞的高矮、肌肉层内环肌层数、黏液细胞与内分泌细胞的数量均有明显不同, 从而将重口裂腹鱼的肠道分成前、中、后三段。Purushothaman 等^[41] 则依据尖吻鲈 (*Lates calcarifer*) 杯状细胞数量的明显差异将肠道分成前肠、中肠、后肠、前直肠和后直肠。本研究发现宽口裂腹鱼肠的前段黏膜上皮为高柱状吸收细胞, 杯状细胞少; 中肠黏膜上皮为矮柱状细胞, 杯状细胞增多; 后肠黏膜上皮似假复层柱状上皮, 杯状细胞数量最多, 由此可见宽口裂腹鱼肠的黏膜上皮在不同肠段杯状细胞数量不同, 而上皮细胞高矮与形态也各不同。此外, 宽口裂腹鱼各肠段的肌层也有差异, 前段为内环外纵的平滑肌, 中段和后段则为内螺旋外环的平滑肌, 这在其他鱼类中尚未见报道。因此, 为更好地反映出各肠段的组织机能特性, 本研究结果支持倪达书和洪雪峰^[37] 及何敏^[40] 的分段方法, 即将宽口裂腹鱼肠道分

为前、中、后3段。

参考文献:

- [1] 武云飞, 吴翠珍. 青藏高原鱼类 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1982: 351.
- [2] БАИМБЕТОВ А А. Морфолого-экологическая изменчивость мариник водоемов бассейна Балхаша [M]. Алма-Ата: Наука, 1973: 173.
- [3] 马燕武, 郭炎, 张人铭, 等. 新疆塔里木河水系土著鱼类区系组成与分布 [J]. 水产学报, 2009, 33(6): 949-956.
- [4] 李国刚, 冯晨光, 汤永涛, 等. 新疆内陆河土著鱼类资源调查 [J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52(3): 22-27.
- [5] 王福勇. 浅谈塔什库尔干河鱼类资源的保护 [J]. 水利水电技术, 2012, 43(10): 19-20, 25.
- [6] 王智超, 姜作发, 张长征, 等. 塔里木河流域土著鱼类名录文献考究及检索表的编制 [J]. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 15-18.
- [7] 任波, 马燕武, 吐尔逊, 等. 新疆渭干河土著鱼类 [J]. 水产学杂志, 2005, 18(2): 53-58.
- [8] 王德忠. 新疆的裂腹鱼亚科鱼类研究 [J]. 干旱区研究, 1998, 15(4): 26-32.
- [9] NIE Z L, WEI J, MA Z H, et al. Morphological variations of *Schizothoracinae* species in the Muzhati River [J]. J Appl Ichthyol, 2014, 30(2): 359-365.
- [10] 魏杰, 张玲, 马振华, 等. 宽口裂腹鱼不同组织总 RNA 提取及质量分析 [J]. 科技创新导报, 2012, 10: 19-21.
- [11] 聂竹兰, 杨志军, 曹希全, 等. 宽口裂腹鱼线粒体基因组全序列分析 [C]. 2015 年中国水产学会学术年会会议论文摘要集. 杭州: 中国水产学会, 2015: 162.
- [12] 杨天燕, 孟玮, 海萨, 等. 新疆几种裂腹鱼类系统发育关系探讨 [J]. 干旱区研究, 2011, 28(3): 555-561.
- [13] 海萨·艾也力汗, 郭炎, 孟玮, 等. 新疆裂腹鱼类的系统发生关系及物种分化时间 [J]. 遗传, 2014, 36(10): 1013-1020.
- [14] 谢木娇, 区又君, 李加儿, 等. 不同发育阶段的四指马鲛消化道组织学比较研究 [J]. 南方水产科学, 2016, 12(2): 51-58.
- [15] 谢木娇, 区又君, 李加儿, 等. 四指马鲛消化系统胚后发育组织学观察 [J]. 渔业科学进展, 2017, 38(2): 50-58.
- [16] SHARMA P, AKHTAR M S, SINGH A K, et al. Histomorphological changes in digestive tract of golden mahseer (*Tor putitora*) during different developmental stages [J]. Fish Physiol Biochem, 2016, 42(6): 1681-1698.
- [17] 赵健蓉, 赵月月, 葛海龙, 等. 云南盘鮈消化系统解剖学、组织学及消化酶活性研究 [J]. 水生生物学报, 2017, 41(4): 853-859.
- [18] YANG L Z, FANG J, PENG X, et al. Study on the morphology, histology and enzymatic activity of the digestive tract of *Gymnocypris eckloni* Herzenstein [J]. Fish Physiol Biochem, 2017, 43(4): 1175-1185.
- [19] 赵子明, 赵媛莉, 刘美剑, 等. 中华刺鲃消化系统形态与组织学研究 [J]. 水生生物学报, 2016, 40(6): 1201-1207.
- [20] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 64-88.
- [21] 林浩然. 五种不同食性鲤鱼科的消化道 [J]. 中山大学学报, 1962(3): 65-70.
- [22] 王起, 刘明典, 朱峰跃, 等. 怒江上游三种裂腹鱼类摄食及消化器官比较研究 [J]. 动物学杂志, 2019, 54(2): 207-221.
- [23] 初庆柱, 陈刚, 张健东, 等. 大刺鲃消化系统的组织学研究 [J]. 淡水渔业, 2009, 39(2): 14-18.
- [24] 王永明, 申绍祎, 史晋绒, 等. 黄石爬鮠消化系统组织学观察 [J]. 重庆师范大学学报 (自然科学版), 2015, 32(6): 42-45.
- [25] 胡廷尖, 刘士力, 练青平, 等. 泥鳅消化系统的组织学研究 [J]. 长江大学学报 (自然科学版), 2011, 8(9): 242-244.
- [26] 邹远超, 王永明, 岳兴建, 等. 切尾拟鲢消化系统的组织学研究 [J]. 淡水渔业, 2014, 44(2): 25-29.
- [27] 张永泉, 贾钟贺, 刘奕, 等. 太门哲罗鱼消化系统形态学和组织学的研究 [J]. 淡水渔业, 2011, 41(2): 30-35.
- [28] 赵彦花, 区又君, 李加儿, 等. 黄唇鱼消化系统组织结构及黏液细胞分布特征 [J]. 渔业科学进展, 2019, 40(3): 80-86.
- [29] ÇINAR K, ŞENOL N, RÜŞTÜ ÖZEN M. Immunohistochemical study on distribution of endocrine cells in gastrointestinal tract of flower fish (*Pseudophoxinus antalyae*) [J]. World J Gastroenterol, 2006, 42: 6874-6878.
- [30] 梁志强, 李传武, 刘明求, 等. 湘华鲮消化系统的形态学与组织学研究 [J]. 中国水产科学, 2011, 18(5): 1051-1060.
- [31] 杨为东, 翟宝香, 刘焕亮. 真鲷消化器官胚后发育组织学研究 [J]. 大连水产学院学报, 2000, 15(1): 10-16.
- [32] 刘娟娟, 蒲德永, 罗虹, 等. 食蚊鱼消化系统的组织学观察 [J]. 四川动物, 2006, 25(4): 829-831.
- [33] 关海红, 匡友谊, 徐伟, 等. 哲罗鱼消化系统形态学和组织学观察 [J]. 中国水产科学, 2008, 15(5): 873-879.
- [34] 区又君, 勾效伟, 李加儿. 驼背鲈消化系统组织学与组织化学研究 [J]. 海洋渔业, 2011, 33(3): 289-296.
- [35] 秉志. 鲤鱼组织 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 1983: 16-21.
- [36] ESCAFFRE A M, KAUSHIK S, MAMBRINI M. 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.
- [37] 倪达书, 洪雪峰. 草鱼消化道组织学研究 [J]. 水生生物学集刊, 1963(3): 1-25.
- [38] MEVAY J A, KANAN H W. The digestive tract of *Carassius auratus* [J]. Biol Bull, 1940, 78(1): 53-67.
- [39] PETRINEC Z, NEJEDLI S, KUŽIR S, et al. Mucosubstances of the digestive tract mucosa in northern pike (*Esox lucius* L.) and european catfish (*Silurus glanis* L.) [J]. Vetrinarski Arhiv, 2005, 75(4): 317-327.
- [40] 何敏. 重口裂腹鱼消化道组织学和免疫组织化学的研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2006: 14-16.
- [41] PURUSHOTHAMAN K, LAU D, SAJU J M, et al. Morpho-histological characterisation of the alimentary canal of an important food fish, Asian seabass (*Lates calcarifer*) [J]. PeerJ, 2016, 4(8): e2377.