

刀鲚幼鱼消化系统的组织形态学结构

聂志娟 徐钢春 顾若波* 徐 跑

中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室 无锡 214081

摘要:采用光镜和扫描电镜观察长江刀鲚(*Coilia nasus*)幼鱼消化系统组织形态学结构。结果显示,刀鲚体长,口裂大,含有犬齿状的颌齿和尖锥状的腭齿,具有5对鳃弓,鳃耙长度明显大于鳃丝且表面附着不规则绒毛状细齿;胃呈“Y”型,胃与肠连接处具有16~21个指状环形幽门盲囊;肠为直肠,较短,比肠长为 0.241 ± 0.080 ;肝分为两叶,胰为独立的器官。刀鲚口咽腔为复层鳞状上皮,含有腺体、大量椭圆形黏液细胞、少量杯状细胞及味蕾;胃黏膜都为典型的单层柱状上皮,含有较多由上皮凹陷形成的胃小凹和胃腺;幽门盲囊具有20~25个丰富的褶皱,占满大部分幽门盲囊腔,黏膜层具有微绒毛;中肠黏膜上皮最发达,形成的褶皱细长且连接成网状,单层柱状上皮与复层扁平上皮交替分布。观察结果表明,刀鲚消化系统具有典型肉食性鱼类特征。

关键词:刀鲚;消化系统;组织学;形态学;食性

中图分类号:Q954 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)04-104-10

Morphology and Histology of the Digestive System in the Larvae of *Coilia nasus*

NIE Zhi-Juan XU Gang-Chun GU Ruo-Bo* XU Pao

Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China

Abstract: The morphology and histology of digestive system of *Coilia nasus* were studied using light microscopy and scanning electron microscopy. The digestive tract could be divided into the buccal-pharynx cavity, esophagus, stomach, intestine and anal portions. The specimen examined had a big mouth crack, canine-shaped jaw teeth, cone-shaped palatal teeth, but no pharyngeal teeth were observed. The specimen contained 5 pairs gill arch, and the length of gill raker whose surface being coated with irregular small tooth was greater than that of gill filament. The shape of stomach was like a “Y”. 16 – 21 multi-finger pyloric caeca were observed in conjunctive site of the stomach and intestine. The intestine was short and rectum. The ratio of intestine length to body length was 0.241 ± 0.080 . Liver was divided into two parts. Histological studies showed that the wall of digestive tract was composed of mucosa, submucosa, muscle layer, and serosa layers. The mucosa epithelium of the buccal-pharynx cavity of this species was stratified squamous, with abundant rounded mucous cells. The taste buds, glands, and goblet cells were observed in the oral cavity. Mucosa epithelium of stomach was simple columnar, and well-developed gastric glands and gastric pits were present in the stomach. The pyloric caeca

基金项目 国家科技支撑计划项目(No. 2012BAD26B05),公益性行业科研专项(No. 201203065)和江苏省科技支撑计划(农业)项目(No. BE2011411);

* 通讯作者, E-mail: gurb@ffrc.cn;

第一作者介绍 聂志娟,女,助理研究员;研究方向:鱼类生理学; E-mail: niezj@ffrc.cn。

收稿日期:2012-02-08,修回日期:2012-05-08

mucosa had about 20 – 25 wrinkles covered with microvilli, and these wrinkles filled in most part of the pyloric caeca cavity. The three portions of the intestine showed histological differences. Mucous epithelium of intermediate intestine was well developed, and both stratified squamous epithelium and simple columnar epithelium were observed. Mucosal foldings were slender and linked into a mesh. The results suggest that the digesting system of *C. nasus* shows typical characteristics of carnivorous fish.

Key words: *Coilia nasus*; Digestive system; Histology; Morphology; Feeding habits

鱼类的消化系统由消化管及连附于消化管附近的各种消化腺组成,其生理机能为直接或者间接进行食物的消化和吸收,其各个组成部位的形态和组织与鱼摄食食物的大小、方式及食性多样性有密切的关系^[1]。国内外学者从不同的角度对不同食性鱼类消化系统形态学和组织学方面研究众多^[2-6]。刀鲚(*Coilia nasus*)隶属鲱形目(Clupeiformes)鲹科(Engraulidae)鲹属,又名长颌鲚,俗称刀鱼,为中国长江中重要的洄游性鱼类,分布于北太平洋西部,中国东海、渤海和黄海。其肉质鲜美,营养丰富,极受人们喜爱。在市场需求、捕捞强度不断提高,生态环境不断恶化的情况下,刀鲚资源急剧衰退,目前已不能形成渔汛^[7-8]。2003年,张呈祥等^[9]采用“灌江纳苗”的方法成功实现刀鲚的人工繁殖。但由于刀鲚池塘养殖技术未成熟,不能形成规模化养殖,主要因为对其食性、生存环境影响因素了解不够透彻,造成池塘养殖成活率及产量很低等诸多问题^[10]。目前国内外对刀鲚性腺发育及亲鱼培育繁育技术等进行了大量研究^[11-12],但对其消化系统研究至今还未见报道。徐钢春等^[13]实验发现刀鲚不同发育阶段的生长速度是不均衡的,认为刀鲚在不同发育阶段中消化器官结构上发生的变化与食性的转变密切相关。本研究采用石蜡组织切片、光学和扫描电镜技术观察并研究刀鲚消化系统的形态组织学特征,探讨其食性、吸收和消化机理,为人工养殖饵料配制和优化及提高苗种成活率提供科学理论依据,同时为鱼类消化道病理研究等提供参考。

1 材料与方 法

刀鲚为江捕活鱼 20 条,2011 年 9 月聚丙

烯网捕自长江常熟段,测得 体长 85.64 ~ 109.50 cm,体重 2.44 ~ 4.90 g。实验鱼用麻醉剂 MS-222 麻醉后置于冰盘上活体解剖,取出消化道,观察消化道形态结构并测量消化道、肠长度及胃、肝胰脏重,比肠长 = 肠道总长/体长,比肠重 = 肠道总重/体重,比胃重 = 胃重/体重,比肝胰脏重 = 肝胰脏总重/体重。按图 1 将新鲜的消化道快速分割切取咽腔、食道、胃、肠、肛门、肝胰脏等部位的组织块, Bouin 液固定。48 h 后将肠分为前、中、后肠;胃分为贲门胃、胃体、幽门胃, Bouin 液再次固定 24 h。清洗、脱水、二甲苯透明、浸蜡及石蜡包埋,切片厚 8 μm , H. E 染色,光学显微镜下观察并拍摄。

切取实验鱼的上颌、下颌、第一鳃弓口咽腔部分组织, 2.5% 戊二醛固定,磷酸缓冲液清洗,乙醇梯度脱水,叔丁醇置换,真空冷冻干燥,镀金,日立 S-3000N 扫描电镜观察并拍照。

2 结 果

2.1 消化系统的一般形态

刀鲚幼鱼消化系统由消化道和消化腺构成(图 1)。消化道为自口咽腔开始,向后延伸,包括食道、胃、肠,最后终止于肛门的一条管道。消化腺主要为肝和胰。

咽和口腔没有明显的分界限,常合称口咽腔,鳃裂向内开口处为咽,其前方部位为口腔,由上下颌所构成。刀鲚吻短圆,口径大,口腔为宽扁型,无舌,不能向前突出。上下颌骨均含齿,颌齿以结缔组织附于颌骨上。上颌两侧各具犬齿状的锐利齿(图版 I:1~3),两侧腭骨也具有更为尖锐的腭齿(图版 I:2),下颌两侧同样具有犬齿状的颌齿(图版 I:4~6)。上颌齿排列紧密,齿为锥状,齿尖向口腔内倾斜,表面光滑,旧齿之间含有新齿(图版 I:3);腭齿呈尖

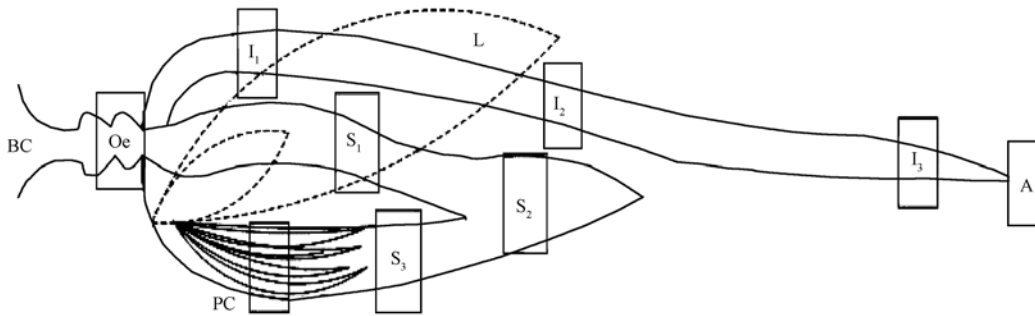


图1 刀鲚幼鱼消化道结构模式图

Fig. 1 Schematic drawing of the structure of the digestive tract in *Coilia nasus*

BC: 口咽腔; Oe: 食道; S₁: 贲门胃; S₂: 胃体; S₃: 幽门胃; PC: 幽门盲囊; I₁: 前肠; I₂: 中肠; I₃: 后肠; A: 肛门; L: 肝。

BC: Buccal-pharynx cavity; Oe: Oesophagus; S₁: Cardiac stomach; S₂: Fundic stomach; S₃: Pyloric stomach; PC: Pyloric caeca;

I₁: Cranial intestine; I₂: Intermediate intestine; I₃: Posterior intestine; A: Anal; L: Liver.

锥状,表面光滑无皱纹;下颌齿排列较为均匀,顶部滞钝(图版 I:6),自顶至底部含有纵皱纹。咽部的左右两侧有 5 对鳃弓贯穿,鳃弓外缘为鳃丝,内缘有鳃耙,第 5 对鳃弓退化没有鳃丝,鳃耙坚硬呈长锥状,鳃耙长度明显大于鳃丝(图版 I:7),表面附着不规则绒毛状细齿(图版 I:8, 9),第一鳃弓鳃耙数 16-19+21-27。

短而粗的食道紧接口咽腔,随之进入膨大的“Y”形胃。胃按食道过后的先后顺序可分为贲门部、胃体、幽门部,胃幽门部与直肠相接处有 16~21 对大小不一的指状幽门盲囊,围绕幽门胃呈环形分部。刀鲚肠为直肠,肠整体颜色没有太大差异,且肠前中部直径相似,肠后部逐渐狭窄些,直肠末端止于肛门。肝为最大的消化腺,将大部分胃覆盖住,呈黄褐色,分左右两叶,右叶明显大于左叶。比肠长为 0.241 ± 0.080 ,比肠重为 0.009 ± 0.004 ,比胃重 0.010 ± 0.003 ,比肝胰脏重 0.016 ± 0.006 。

2.2 消化道的一般组织结构

2.2.1 口咽腔 位于食道前端,呈螺旋状,口咽腔的组织结构包括内层的黏膜层及黏膜下层,中层的肌肉层和外层的浆膜层(图版 II:1)。黏膜层向腔面凸出形成皱褶、向黏膜下层凹陷形成腺体。黏膜层上皮由复层鳞状细胞组成,上皮表层含有大量椭圆形黏液细胞、少量杯状细胞及味蕾(图版 II:2)。黏膜下层由一层疏松结缔组织纤维交织成网状,含有大量的空泡及

动静脉管,肌层中部为较厚的平滑肌纤维,厚度为 $(164.0 \pm 4.4) \mu\text{m}$,肌层外部为一层极薄的浆膜。

2.2.2 食道 食道组织结构由外向内可分为浆膜、肌层、黏膜下层及黏膜层(图版 II:3)。黏膜层顶端为复层扁平上皮,细胞排列紧密,中间层为柱状细胞,外层上皮富含角质化细胞,无杯状细胞。黏膜层及黏膜下层向食道腔凸出形成许多高矮不一的纵行皱褶,皱褶上又有 2~5 个次级指状突起,指状突起下含有黏膜肌层(图版 II:4),黏膜下层致密结缔组织中含有丰富的血管、神经及纤维。肌层发达,厚度 $(121.0 \pm 3.3) \mu\text{m}$,为内环外纵肌。内环肌 $(91.0 \pm 2.3) \mu\text{m}$,不连续分布,环肌束间夹杂着结缔组织及脂肪组织,外层纵肌不发达,极薄。

2.2.3 胃 胃接于肠道之后,是消化道前部体积最为庞大的组织体。呈“Y”形圆柱囊状,可分贲门部、胃体和幽门部,胃这 3 个不同组织部位体积逐渐增大且都由黏膜层、黏膜下层、肌肉层和浆膜层构成(图版 II:5~11)。

黏膜层:胃内壁黏膜层含有丰富的纵皱褶,大小、形状不一,贲门及胃体部褶皱宽厚,幽门部褶皱最多,有 30~40 个,呈蜿蜒状。胃黏膜都为典型的单层柱状上皮,由高柱状细胞构成,细胞大、排列紧密,高柱状,细胞核位于基部呈椭圆或梭型,偶见杯状细胞(图版 II:9)。表面有较多由上皮凹陷形成的胃小凹(图版 II:10),

贲门胃体较多,至幽门部逐渐较少。黏膜固有层中有大量团状或管状胃腺(图版Ⅱ:6,8,9)存在,盲囊部的胃腺较厚,幽门胃的胃腺最薄,胃腺之间及与胃凹之间具有少量以网状纤维为主的结缔组织,胃腺细胞大部分呈短柱状,核椭圆形,位于细胞的基底部。每一腺管管壁均由排列较规则的数个腺细胞组成,中间为管腔。

黏膜下层:黏膜下层由疏松结缔组织构成,含有大量的胶原纤维和血管、淋巴管(图版Ⅱ:10)。

肌层:与食道不同,除贲门部是横纹肌,胃体及幽门部位均由平滑肌构成且外纵内环,肌层之间含有丰富的结缔组织(图版Ⅱ:12),肌层厚度从贲门到幽门部逐渐增大,厚度分别为 $(96.0 \pm 2.1) \mu\text{m}$ 、 $(128.0 \pm 2.5) \mu\text{m}$ 和 $(281.0 \pm 3.2) \mu\text{m}$ 。

浆膜层:由少量结缔组织及其外周间皮构成,贲门部浆膜厚度与食道相似,极薄;胃体和幽门部较厚,厚度均为 $(21.0 \pm 1.6) \mu\text{m}$ 。

2.2.4 幽门盲囊 黏膜层发达,具有20~25个褶皱,褶皱形状、大小相似,不分枝,大部分细而长。褶皱排列紧密占满大部分幽门盲囊腔(图版Ⅱ:13)。黏膜层为典型的单层柱状上皮细胞,其间有较多的棒状细胞和杯状细胞(图版Ⅱ:14)。与肠组织结构相似,同样由浆膜层、肌层、黏膜下层和黏膜层构成。黏膜下层和肌层都非常薄,黏膜下层为疏松结缔组织,没有腺体,肌层为平滑肌,厚度为 $(14.0 \pm 1.2) \mu\text{m}$ 。

2.2.5 肠 刀鲚肠为一直管,取样时将其分为前肠、中肠和后肠,肠壁分为黏膜层、黏膜下层、肌肉层、浆膜层4层。

前肠:管腔大、管壁薄,黏膜层形成15~18个肥矮褶皱(图版Ⅲ:1),褶皱独立,不分枝。黏膜上皮为复层扁平上皮。上皮具有柱状细胞、扁平细胞及少量的杯状细胞(图版Ⅲ:2)。黏膜下层极薄,缺乏黏膜肌,肌层和幽门盲囊相似,为平滑肌,外纵内环,厚度为 $(10.0 \pm 2.2) \mu\text{m}$ 。

中肠:黏膜层非常发达,形成的褶皱细长连接成网状(图版Ⅲ:3)。黏膜上皮不统一,一些

褶皱上皮由单层柱状细胞组成,其余大部分为复层扁平细胞,细胞间交杂了许多杯状细胞。中肠还含有少量管状及团状肠腺(图版Ⅲ:4)。黏膜下层比较薄,含有胶原纤维、红细胞及淋巴细胞。肌层为外纵内环的平滑肌,厚度为 $(8.9 \pm 1.4) \mu\text{m}$ 。

后肠:肠绒毛也很发达,蜿蜒曲折形成16~19个宽阔褶皱(图版Ⅲ:5),不形成网状,比前肠高。黏膜上皮和中肠类似,单层柱状上皮及复层扁平细胞交替分布。杯状细胞和前肠相似,分布较少。黏膜下层和肌层比前肠及中肠都要厚(图版Ⅲ:6),肌层厚度可达 $(48.8 \pm 2.8) \mu\text{m}$,肌层为平滑肌,外纵内环。

肛门:为半开放性结构,直通体外,组织切片可观察其半管腔口(图版Ⅲ:7)。肛门和胃肠组织类似,也由黏膜层、黏膜下层、肌肉层、浆膜层4层组成。黏膜褶皱细长,排列紧密,占满整个半管腔(图版Ⅲ:8)。上皮为典型的单层柱状,细胞核位于柱状细胞基部,柱状细胞间含有较多的杯状细胞。黏膜肌层与后肠相似,肌层为平滑肌,外纵内环,厚度为 $(39.0 \pm 2.2) \mu\text{m}$ 。

2.2.6 消化腺

肝:肝是最大的消化腺组织,属于多细胞管状腺。肝最外层覆以极薄的浆膜,大部分由肝细胞组成。动脉、静脉、血窦及少量的结缔组织进入肝内,将肝实质分成许多肝小叶。每个肝小叶的中心是中央静脉,肝细胞围绕中央静脉呈放射状分布,形成明显的肝细胞索,中央静脉有少量红细胞(图版Ⅲ:9)。肝小叶间的结缔组织含量少,故肝小叶界限不明显。肝细胞与肝细胞之间互相连接,呈网状,肝血窦及动静脉管就位于这些网状间隙内,血窦可观察到大量的红细胞及枯否氏细胞(图版Ⅲ:10)。肝细胞大小相似、形态多样,呈椭圆、多角及梭状。细胞核大且清晰,位于中央。肝细胞排列紧密,细胞膜间的凹陷,形成很微小的胆小管,胆小管在肝内也互相连接成网,肝细胞分泌的胆汁汇入胆小管内。

胰:胰为独立的器官,与肝彼此相连但不相混。胰为混合性分泌腺体,由内分泌部的胰岛

和外分泌部的胰腺两部分构成。外分泌部胰腺呈圆或椭圆形,包括腺泡和胰管,腺泡分泌胰液,腺管是胰液排出的通道;内分泌部是胰岛,由大小不同、性状各异的细胞团组成(图版Ⅲ:11),H. E 染色不能区分细胞的类型,但其主要为 α 细胞、 β 细胞,分泌胰岛素,调节糖代谢。胰中还可观察到大量的血管及红细胞。

3 讨 论

3.1 刀鲚幼鱼消化系统形态特点与食性的关系 刀鲚为长江三鲜之首,其食性研究已有报道。如赵春来等^[14]研究观察到刀鲚的食性一生变化很大,不同时期的鱼食性各异,刀鲚幼鱼主要以枝角类、桡足类等浮游甲壳动物为食,成鱼则主要摄食昆虫、虾及鱼苗等;庄平等^[15]总结刀鲚和凤鲚(*C. mystus*)主要以浮游动物为食。刀鲚口腔大,上下颌含有密集犬齿状的颌齿及尖锥状的腭齿。肉食性鱼类的齿多尖利、坚硬^[1],草食性和杂食性鱼类一般无颌齿而具咽喉齿或无咽齿^[16]。Makrakisa 等^[17]对巴西 Itaipu 水库的大唇伊林油鲈(*Iheringichthys labrosus*)、低眼鲈(*Hypophthalmus edentatus*)和巴西异鳞石首(*Plagioscion squamosissimus*)齿的结构进行了描述,和刀鲚一样都含有圆锥状的颌齿,并还具有坚硬的咽齿,这些发达的齿结构适于抓取和咀嚼碾碎甲壳类的硬壳。这同时也与月鳢(*Channa asiatica*)^[18]、太门哲罗鱼(*Hucho taimen*)^[19]和驼背鲈(*Cromileptes altivelis*)^[20]等肉食性鱼类牙齿形状十分相似,不同之处为刀鲚下颌的颌齿顶部滞钝,自顶至底部含有纵皱痕,弥补其无咽齿适应咀嚼食物的功能。刀鲚幼鱼前咽部的左右两侧有5对鳃弓贯穿,鳃耙坚硬呈长锥状,鳃耙长度明显大于鳃丝,但没有密集鳃丝,表面附着不规则绒毛状细齿,与驼背鲈、平鲷(*Rhabdosargus sarba*)及卵形鲳鲅(*Trachinotus ovatus*)^[21]相似,适合协助摄食小型枝角类浮游动物以防逃逸。

食道短而粗,食物只能短时间停留。胃发达呈Y形,明显分化为贲门部、胃体及幽门部,容积大能储存较多的食物并延长消化时间,这

与肉食性鲈鱼类的胃相似^[22],而与一般草食性和杂食性鱼类不同。草食性或杂食性鱼的胃不发达或无胃,肠道系数大,肠长为体长的数倍甚至数十倍。肠道系数广泛运用于对鱼类营养类别的分类^[23],为鱼类形态测量及食性分析的重要参数。刀鲚肠为直管,无弯曲,肠道系数(比肠长)为 0.241 ± 0.010 ,植食性的鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)肠道系数为 5.7 ^[24],热带杂食性的弗氏兔脂鲤(*Leporinus friderici*)是 1.25 ± 0.15 ^[24],刀鲚与其相比,数值很小;褐菖鲈(*Sebastes marmoratus*)^[2]、军曹鱼(*Rachycentron canadum*)^[25]和波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)^[26]的肠道系数分别为 0.54 、 0.43 和 0.43 ,与之相比,刀鲚的数值也较小,这三者都为凶猛性肉食鱼类。笔者认为有两个因素与肠道系数大小有关,一是鱼体形态及体长的绝对大小;二是食物的性质。刀鲚形态似刀,比其他同龄鱼体长更长,故得出的肠道系数更小,同时也反映出刀鲚为肉食鱼类。幽门盲囊位于肠的起始端,围绕幽门胃呈环形分部,共有 $16 \sim 21$ 对。幽门盲囊为鱼类特有的消化器官,一般肉食性鱼类才具有这一组织器官^[27]。

3.2 刀鲚幼鱼消化系统组织特征与食性的关系 鱼消化道各组织结构组成相似,可分为4层:黏膜层、黏膜下层、肌肉层和浆膜层。口咽腔是鱼类获取与运输食物的主要通道,是消化道抵御外侵的第一道屏障。刀鲚口咽腔黏膜上皮由复层鳞状细胞组成,含有大量黏液细胞、杯状细胞及味蕾。这些细胞分泌大量的黏液不仅保护上皮细胞在获取及运输食物时免受机械损伤和细菌感染,还参与离子物质的吸收^[28],同时也可辨别和选择食物。食道黏膜层及黏膜下层向食道腔凸出形成许多高矮不一的纵行皱褶,每个皱褶上又有 $2 \sim 5$ 个次级指状突起,褶皱增加了上皮与食物的接触面积,上皮分泌的黏液润湿食道壁促进食物的捕获,同时致密的结缔组织增强食道壁的硬度^[29]。食道肌层发达,为横纹肌,黏膜层还含有黏膜肌,发达的肌层和黏膜肌有助于将食物顺利运输到胃中^[30]。

刀鲚胃组织与阿根廷鳀(*Engraulis ahoita*)^[31]、

虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*)^[32] 类似,黏膜层都为单层柱状上皮,在硬骨鱼中,普遍发现胃的上皮细胞和食道上皮第二层细胞相似,都为柱状细胞^[33]。黏膜固有层中有大量团状或管状胃腺存在,贲门和胃体部胃腺众多而发达,至幽门部胃腺逐渐减少。胃腺的发达程度与其食性有密切的关系,如肉食性冬季比目鱼 (*Pleuronectes americanus*)、黄盖鲈 (*P. ferruginea*)、大西洋大比目鱼 (*Hippoglossus hippoglossus*) 胃中充满了腺体^[34],胃腺分泌的酸性黏液和胃蛋白酶等可以减少胞饮及细胞内溶质酶消化作用,从而促使坚硬的食物泡软、动物蛋白消化^[35-36],胃腺可以提高肉类食物的消化效率。胃各部分的肌层都非常厚,盲囊部最厚,黏膜下层的结缔组织具有非常丰富的胶原纤维,肌纤维及胶原纤维大大增加了胃壁的弹性,使其吞食更大的食饵和储存更多的食物。刀鲚幽门盲囊黏膜层发达,具有 20~25 个丰富的褶皱,占满大部分幽门盲囊腔,丰富的褶皱使胃中未消化或者部分消化的食物与黏膜上皮充分接触并延长其停留时间。与有胃肉食性鱼类如驼背鲈^[20]、褐菖^[21]、波纹唇鱼^[26] 等相似,通过幽门盲囊来增大肠道的吸收面积,杂食性和植食性的无胃鱼类大都通过增加肠道的长度来增加吸收面积^[26]。与胃相比,幽门盲囊中上皮杯状细胞数量和种类上都有所增加,同时黏膜上皮细胞游离面含有发达的微绒毛,形成明显的纹状缘,微绒毛可以加快杯状细胞分泌物的流动速率,从而促进食物充分消化。

肠直且短,含有丰富的黏膜上皮褶皱,与大多数鱼不同,刀鲚中肠黏膜层非常发达,褶皱细长连接成网状,大大增加了肠道消化、吸收面积。前肠绒毛比较短,管腔大,起缓冲作用,使经幽门盲囊消化的食物顺利进入肠道。与幽门盲囊一样,肠具有大量的微绒毛和血管,提高肠道吸收效率。肠道肌肉层为外纵内环且环肌比纵肌发达,环状的平滑肌收缩促使食物团向后推动,形成肠蠕动。肛门肌层明显增厚,杯状细胞较多,分泌液润滑粪便使其顺利排出体外。从组织结构特点看,刀鲚直肠不仅具有储存消

化食物残渣的作用,还具有消化吸收营养物质的功能。

取样时对部分鱼胃肠解剖发现,80% 胃中有食物,60% 胃塞满食物,40% 肠饱满,且食物中主要有剑水蚤 (*Cyclops* sp.) 和蚤状溞 (*Daphnia pulex*) 2 种淡水甲壳动物。叶佳林等^[37] 对太湖刀鲚食性的研究发现,太湖刀鲚也以一些甲壳动物为食,但其食物种类为指状许水蚤 (*Schmacheria inopinus*)、象鼻溞 (*Bosmina* sp.)、秀体溞 (*Diaphanosoma* sp.) 等,与长江刀鲚食物的类型一致,但其种类不同,其原因可能是不同的水域食物组成不同,且不同生长环境的刀鲚食性也有差别,但其消化系统组织结构是否有差异有待进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖. 北京: 中国农业出版社, 2000: 56.
- [2] 石戈, 王建鑫, 刘雪珠, 等. 褐菖 消化道的组织学和组织化学. 水产学报, 2007, 31(3): 293-302.
- [3] 毕冰, 孙中武, 毛天强, 等. 鲤、鲢、鳙、草鱼消化道结构与食性的研究. 水产学杂志, 2011, 24(1): 26-29.
- [4] García-Gasca A, Galaviz M A, Gutiérrez J N, et al. Development of the digestive tract, trypsin activity and gene expression in eggs and larvae of the bullseye puffer fish *Sphoeroides annulatus*. Aquaculture, 2006, 251 (2/4): 366-376.
- [5] Gisbert E, Rodriguez A, Castello-Orvay F. A histological study of the development of the digestive tract of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) during early ontogeny. Aquaculture, 1998, 167(3/4): 195-209.
- [6] Geyikoğlu F, Vuraler Ö, Temelli A. Histological, histochemical and ultrastructural investigations on the esophagus of juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Zoology, 2004, 28: 73-82.
- [7] Shi D L, Gong H X. Strategies of resource conservation for *Coilia ectenes* in the Yangtze Estuary. Marine Sciences, 2003, 25(2): 96-97.
- [8] Li Y X, Xie S G, Li Z J, et al. Gonad development of an anadromous fish *Coilia ectenes* (Engraulidae) in lower reach of Yangtze River, China. Fisheries Science, 2007, 73(6): 1224-1230.
- [9] 张呈祥, 陈平, 郑金良. 长江刀鲚灌江纳苗与养殖. 科学养鱼, 2006, (7): 26.

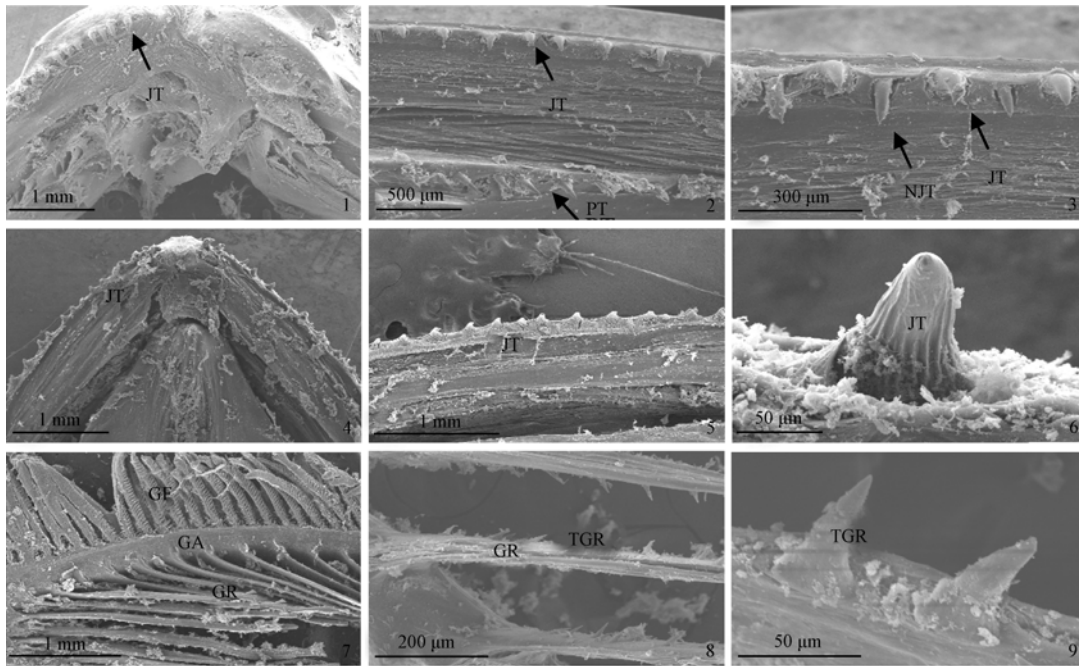
- [10] 陈忠高,董建坤. 长江刀鱼池塘驯养试验. 水产养殖, 2010, (3): 1.
- [11] 徐钢春, 王金娟, 顾若波, 等. 池塘养殖刀鲚卵巢发育的形态及组织学研究. 中国水产科学, 2011, 18(3): 537-546.
- [12] Xu G C, Tang X, Zhang C X, et al. First studies of embryonic and larval development of *Coilia nasus* (Engraulidae) under controlled conditions. Aquaculture Research, 2011, 42(4): 593-601.
- [13] 徐钢春, 徐跑, 顾若波, 等. 池养刀鲚(*Coilia nasus*)鱼种的摄食与生长. 生态学杂志, 2011, 30(9): 2014-2018.
- [14] 赵春来, 陈文静, 张燕萍, 等. 刀鲚的生物学特性及资源现状分析. 江西水产科技, 2007, (2): 21-23.
- [15] 庄平, 罗刚, 张涛, 等. 长江口水域中华鲟幼鱼与6种主要经济鱼类的食性及食物竞争. 生态学报, 2010, 30(20): 5544-5554.
- [16] 许晓娟, 李加儿, 区又君. 鱼类消化系统研究进展. 水产科学, 2009, 28(6): 350-354.
- [17] Makrakis M C, Nakatanib K, Bialezkib A, et al. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil. Environmental Biology of Fishes, 2005, 72(1): 99-107.
- [18] 阮国良, 杨代勤, 严安生, 等. 月鳢消化系统形态及组织学的研究. 湖北农学院学报, 2004, 24(3): 185-189.
- [19] 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. 淡水渔业, 2011, 41(2): 30-35.
- [20] 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. 海洋渔业, 2011, 33(3): 289-296.
- [21] 勾效伟. 四种不同食性鱼类消化道组织学和组织化学研究. 湛江: 广东海洋大学硕士学位论文, 2008.
- [22] 郭瑞昕, 顾曙余, 刘小维, 等. 灌河河口花鲈消化系统的解剖与食性分析. 水利渔业, 2008, 3(3): 19-21.
- [23] Angelescu V, Gneri F S. Adaptaciones del aparato digestivo al regimen alimenticio en algunos peces del Rio Uruguay y del Rio de La Plata. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia y Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales. Argentina, 1949: 161-261.
- [24] Albrecht M P, Ferreira M F N, Caramaschi E P. Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Characiformes: Anostomidae). Journal of Fish Biology, 2001, 58(2): 419-430.
- [25] 苏友禄, 孙秀秀, 冯娟, 等. 军曹鱼消化系统的形态及组织学研究. 南方水产, 2008, 4(6): 88-94.
- [26] 陈国华, 王永波, 王珺, 等. 波纹唇鱼消化系统的组织学. 水生生物学报, 2010, 34(4): 685-693.
- [27] 徐革锋, 陈侠君, 杜佳, 等. 鱼类消化系统的结构、功能及消化酶的分布与特性. 水产学杂志, 2009, 22(4): 49-55.
- [28] Tibbets I R. The distribution and function of mucous cells and their secretions in the alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis krefftii*. Journal of Fish Biology, 1997, 50(4): 809-820.
- [29] Burnstock G. The morphology of the gut of the brown trout (*Salmo trutta*). Quarterly Journal of Microscopical Science, 1959, 100(2): 183-198.
- [30] Ezeasor D N. Light and electron microscopic studies on the oesophageal epithelium of the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Anatomischer Anzeiger, 1984, 155(1/5): 71-83.
- [31] Díaz A O, García A M, Devincenzi C V, et al. Morphological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in *Engraulis anchoita* (Hubbs and Marini, 1935). Anatomia, Histologia, Embryologia, 2003, 32(6): 341-346.
- [32] Ostos-Garrido M V, Nuñez-Torres M I, Abaurrea-Equisoain M A. Histological, histochemical and ultrastructural analysis of the gastric mucosa in *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 1993, 115(1/2): 121-132.
- [33] Anderson T A. Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. Journal of Morphology, 1986, 190(1): 109-119.
- [34] Murray H M, Wright G M, Giff G P. A comparative histological and histochemical study of the stomach from three species of Pleuronectid, the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, the yellowtail flounder, *Pleuronectes ferruginea*, and the winter flounder, *Pleuronectes americanus*. Canadian Journal of Zoology, 1994, 72(7): 1199-1210.
- [35] Cahu C L, Zambonino-Infante J L. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. Aquaculture, 2001, 200(1/2): 161-180.
- [36] Govoni J J, Boehlert G W, Watanabe Y. The physiology of digestion in fish larvae. Environmental Biology of Fishes, 1986, 16(1/3): 59-77.
- [37] 叶佳林, 刘正文, 王卫民. 太湖梅梁湾刀鲚与间下鱾食性的比较. 湖泊科学, 2007, 19(2): 218-222.

聂志娟等:刀鲚幼鱼消化系统的组织形态学结构

图版 I

NIE Zhi-Juan *et al.*: Morphology and Histology of the Digestive System in the Larvae of *Coilia nasus*

Plate I



刀鲚口咽腔形态扫描电镜图

1. 上颌中部; 2. 上颌侧部; 3. 上颌齿; 4. 腭齿; 5. 下颌; 6. 下颌侧部; 7. 下颌齿; 8. 第一鳃弓; 9. 鳃耙。

Scanning electron micrographs of oral cavity in *Coilia nasus*

1. The middle of the upper jaw; 2. The lateral of the upper jaw; 3. The upper jaw teeth; 4. The palatine teeth; 5. The lower jaw; 6. The lateral of the lower jaw; 7. The lower jaw teeth; 8. The first branchial arch; 9. The aill raker.

GA: 鳃弓; GF: 鳃丝; GR: 鳃耙; NJT: 新颌齿; JT: 颌齿; PT: 腭齿; TGR: 鳃弓齿

GA: Gill arch; GF: Gill filament; GR: Gill raker; NJT: New jaw tooth; JT: Jaw tooth; PT: Palatine tooth; TGR: The tooth on the gill raker

图版 II 说明

1~2. 口咽腔; 3~4. 食道; 5~6. 贲门胃; 7~9. 胃体; 10~12. 幽门胃; 13~14. 幽门盲囊。

Explanation of Plate II

1-2: Buccopharyngeal cavity; 3-4: Oesophagus; 5-6: Cardiac stomach; 7-9: Fundic stomach; 10-12: Pyloric stomach; 13-14: Pyloric caeca.

BV: 血管; CM: 环肌; CT: 结缔组织; E: 上皮; GC: 杯状细胞; GG: 胃腺; GP: 胃小凹; L: 官腔; LM: 纵肌; M: 黏膜层; MC: 黏液细胞; MF: 黏膜褶皱; ML: 肌层; S: 浆膜层; SCE: 单层柱状上皮; SM: 黏膜下层; SMM: 平滑肌; SSE: 复层扁平上皮; TB: 味蕾; TP: 固有膜。

BV: Blood vessel; CM: Circular muscle; CT: Connective tissue; E: Epithelium; GC: Goblet cell; GG: Gastric gland; GP: Gastric pit; L: Lumen; LM: Longitudinal muscle; M: Mucous layer; MC: Mucous cell; MF: Mucosa fold; ML: Muscular layer; S: Seross; SCE: Simple columnar epithelium; SM: Submucosa; SMM: Smooth muscle; SSE: Stratified squamous epithelium; TB: Taste bud; TP: Tunica propria.

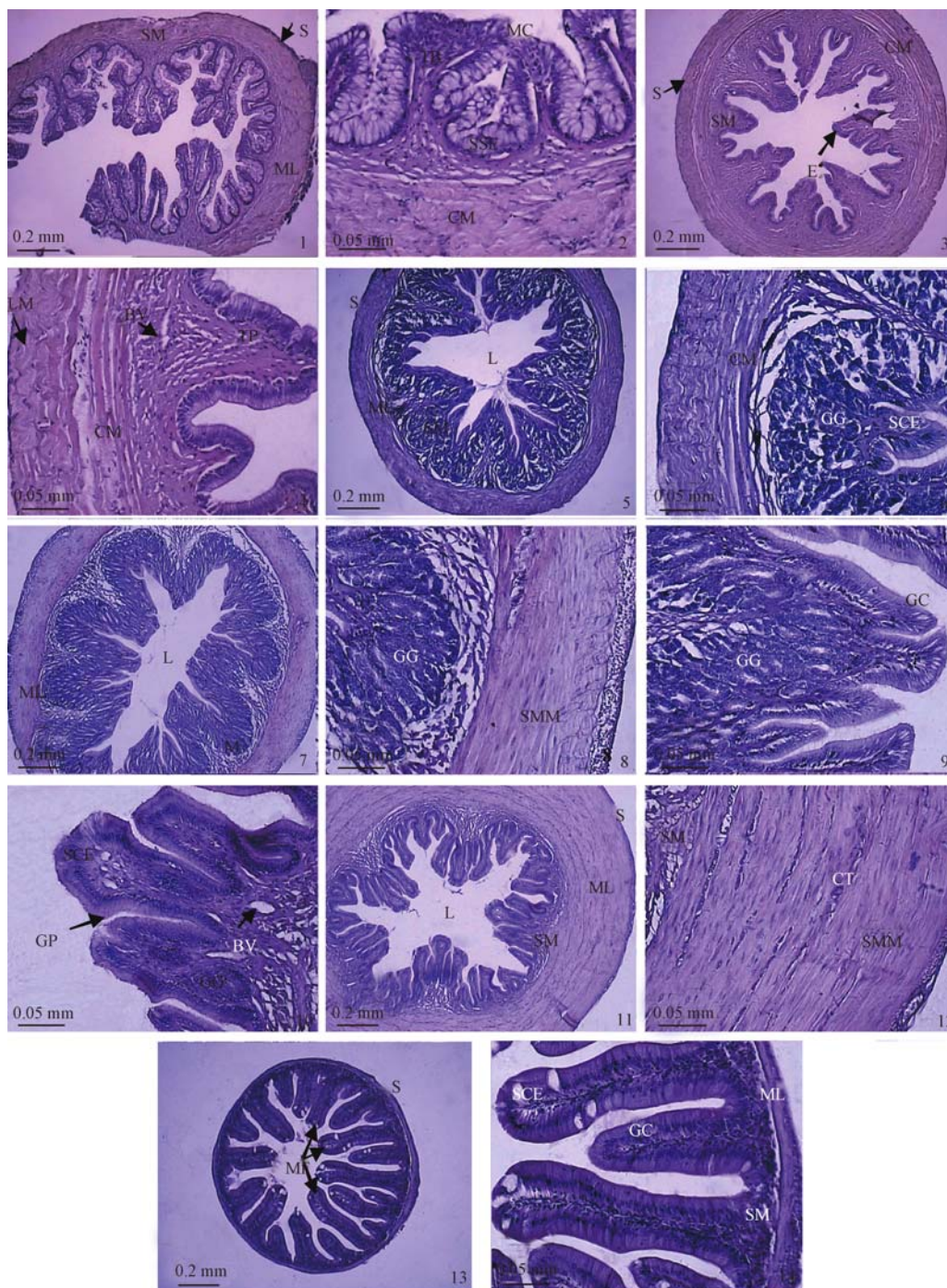
聂志娟等:刀鲚幼鱼消化系统的组织形态学结构

图版 II

NIE Zhi-Juan *et al.*: Morphology and Histology of the Digestive System in the Larvae of

Coilia nasus

Plate II



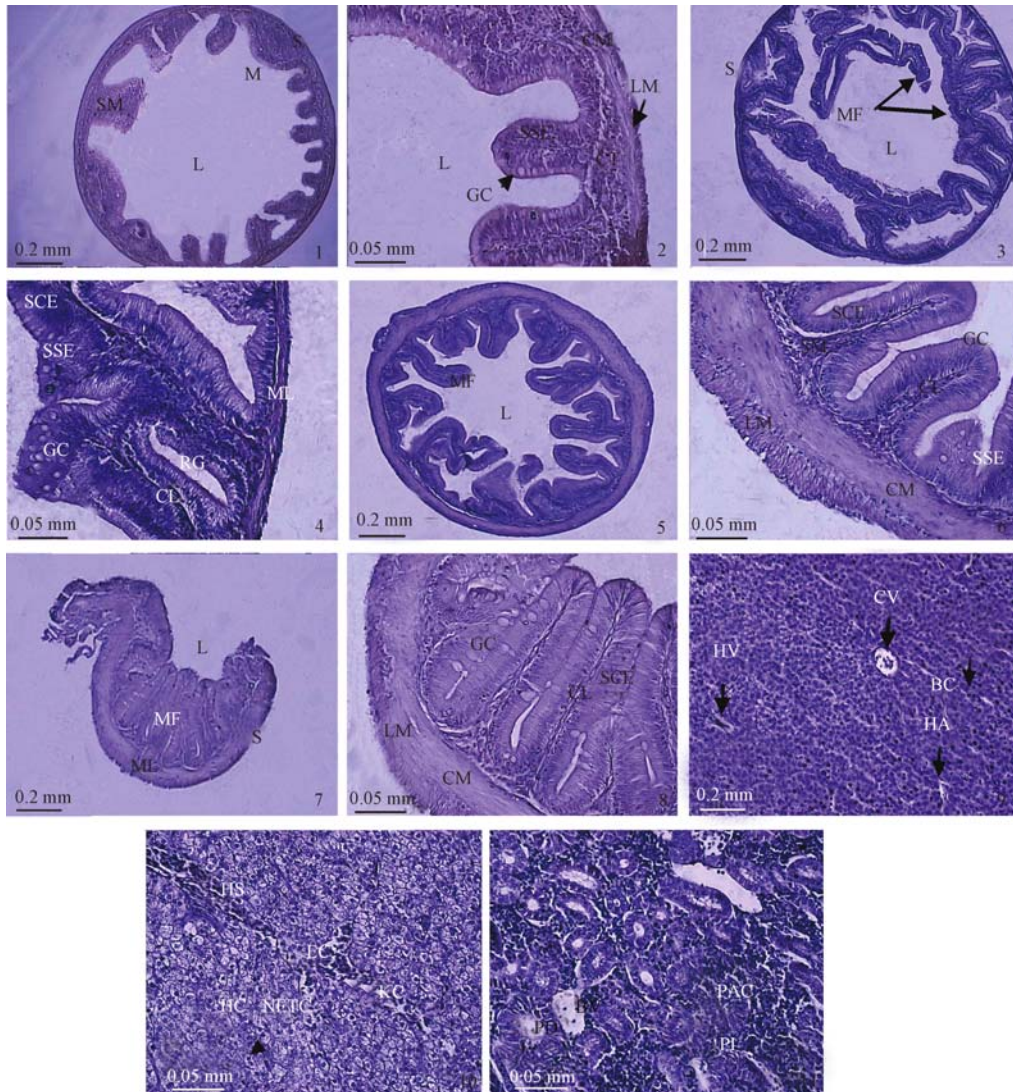
图版 II 说明见图版 I 后

聂志娟等:刀鲚幼鱼消化系统的组织形态学结构

图版 III

NIE Zhi-Juan *et al.*: Morphology and Histology of the Digestive System in the Larvae of *Coilia nasus*

Plate III



1~2. 前肠; 3~4. 中肠; 5~6. 后肠; 7~8. 肛门; 9~10. 肝; 11. 胰。
 1-2. Cranial intestine; 3-4. Intermediate intestine; 5-6. Posterior intestine; 7-8. Anal; 9-10. Liver; 11. Pancreas.

BC: 胆小管; BV: 血管; CM: 环肌; CL: 中央乳糜管; CV: 中央静脉; EC: 红细胞; GC: 杯状细胞; HA: 肝动脉; HC: 肝细胞; HS: 肝血窦; HV: 肝静脉; KC: 枯否氏细胞; L: 官腔; LM: 纵肌; M: 黏膜层; MF: 黏膜褶皱; ML: 肌层; NETC: 内皮细胞核; PAC: 胰腺泡; PD: 胰管; PI: 胰岛; RG: 直肠腺; S: 浆膜层; SCE: 单层柱状上皮; SM: 黏膜下层; SSE: 复层扁平上皮。

BC: Bile canaliculi; BV: Blood vessel; CM: Circular muscle; CL: Central lacteal; CV: Central vein; EC: Erythrocytes; GC: Goblet cell; HA: Hepatic artery; HC: Hepatocytes; HS: Hepatic sinusoid; HV: Hepatic vein; KC: Kuppfer cell; L: Lumen; LM: Longitudinal muscle; M: Mucous layer; MF: Mucosa fold; ML: Muscular layer; NETC: Endothelial nuclei; PAC: Pancreatic acinar cell; PD: Pancreatic duct; PI: Pancreas islet; RG: Rectal gland; S: Serosa; SCE: Simple columnar epithelium; SM: Submucosa; SSE: Stratified squamous epithelium.