

# 哲罗鱼(*Hucho tamen*)消化系统胚后发育的 形态与组织学的研究\*

张永泉<sup>1</sup> 刘奕<sup>2</sup> 尹家胜<sup>1</sup> 佟广香<sup>1</sup> 匡友谊<sup>1</sup> 徐伟<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所 哈尔滨 150070; 2. 东北农业大学动物科学技术学院 哈尔滨 150030)

**提要** 利用形态学和连续组织切片技术,对哲罗鱼仔鱼、稚鱼和幼鱼的消化系统进行了光镜观察,描述了其消化器官发育过程中形态学和组织学结构特征。结果表明,实验水温为 7—12℃ 时,初始孵化仔鱼消化道细而直,两端封闭,位于卵黄囊背,随着仔鱼发育消化系统结构逐渐完善。破膜后 16d 消化系统完全贯通,破膜 34d 食道发育与成鱼基本相同,明显分为粘膜层、粘膜下层、肌层及浆膜层,出现 3—4 个粘膜褶皱;破膜 2d 在消化道前端,胃开始分化,管壁较厚,可见明显的两层,胃原基细胞形成胃腔,破膜 24d 胃组织结构发育得较完整,由粘膜层、粘膜下层、肌肉层和浆膜层构成,出现胃腺;破膜后 46d 肠的组织结构与成鱼相同,粘膜层大量分布 型、型和型粘液细胞;初孵仔鱼在肠背侧出现,与肝脏相互分开的一个独立的器官为胰腺组织。哲罗鱼破膜后 26d 消化系统明显分化成食道、胃、前肠、直肠以及肝脏和胰脏,破膜后 36d 出现幽门盲囊原基。本实验得出哲罗鱼仔鱼最佳初次投喂时间应在破膜后 24—26d,即上浮后 3—5d,由于破膜后 46d 幽门盲囊组织结构发育基本完善,可适当增加投喂量。

**关键词** 哲罗鱼,胚后发育,形态学,组织学  
**中图分类号** S963

哲罗鱼(*Hucho tamen*)系鲑形目 Salmoniformes、鲑科 Salmonidae、哲罗鱼属 *Hucho*,是我国名贵土著鱼类,由于近年来的环境污染和过度捕捞,其资源已经基本枯竭,被编入《中国濒危动物红皮书》中(乐佩琦等,1998)。随着我国对自然资源保护的高度重视和养殖业开发高档新品种的迫切需要,现已展开哲罗鱼人工繁殖和养殖的推广工作。以往对其研究主要集中在繁殖(徐伟等,2003;姜作发等,2003)、生物学特性(尹家胜等,2003)、分子遗传多样(梁利群等,2004)等方面。在哲罗鱼自然生存和人工培育苗种的工作中,饵料转换期是其死亡的主要阶段。众所周知,消化系统的形成、发育和不断完善是鱼体向外界摄取营养和生长的基础,目前对鱼类消化道的组织学研究颇多(马爱军等,2000;常青等,2005; Bisbal *et al.*, 1995),

但是有关冷水性凶猛鱼类消化系统发育的报道则很少。本文研究了哲罗鱼消化系统胚后发育形态与组织结构特征,不但可以丰富我国冷水性鱼类发育生物学和鱼早期生活史的研究,同时可为哲罗鱼自然资源恢复、人工繁殖和驯化提供相应的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼

分别于 2005、2006、2007 年的 3 月份从自然捕捞的群体中选取腹部膨大、柔软下垂、发育良好的雌、雄亲鱼,进行人工繁殖,获得哲罗鱼仔、稚和幼鱼。

### 1.2 实验方法

破膜前后 30d 每天取样一次,30d 后每 2 天取样一次。形态学研究分活体观察和固定观察,所有样品

\* 国家科技支撑计划,2006BAD03B08-01 号;国家技术基础条件平台建设项目,2006DKA30470-005 号。张永泉,研究实习员, E-mail: atai0805@163.com

通讯作者: 尹家胜, E-mail: xwsc20@tom.com

收稿日期: 2009-04-18, 收修改稿日期: 2009-06-25

均用 MoticK-700L 型体视显微镜(目镜 6.25×, 物镜连续变倍 1—5.2)下解剖观察, 用 Nikon 数码相机摄像, 图片中背景尺精确到 1mm。组织学研究样品经 Bouin's 液固定, 梯度酒精脱水, 分横向和纵向连续切片, H.E 染色, 用 MoticImagePlus3.2 软件摄相和测量。消化道组织学测定包括粘膜皱褶数、肌肉层厚度、细胞大小等指标, 并取 10 个同等部位的切片作为平均数。粘膜皱褶数是指在消化管横切面上粘膜皱褶的个数, 粘膜皱褶高用粘膜皱褶顶端至基部凹陷处的垂直距离表示, 细胞大小用通过其正中心的切面的长径及短径表示。

## 2 结果

初孵仔鱼, 此时为完全内源性营养阶段; 破膜后 21d 左右开始上浮, 并摄食, 此时为混合营养阶段; 当破膜后 30d 左右完成卵黄囊的吸收, 转为外源性营养阶段。哲罗鱼的消化系统与大多数肉食性鱼类一样, 都是由口咽腔、食道、胃、肠、幽门盲囊、肝脏和胰脏组成。

### 2.1 哲罗鱼消化系统的形态学特征

初孵仔鱼口咽腔已分化, 消化道仍然为直管状, 口与肛门尚未与外界相通。破膜 22d, 肠前端出现益痕, 形态上观察胃、肠分界清晰可分, Bouin 氏液固定消化管着色较深, 胃开始分化。破膜 28d 肠后段出现直肠和前肠的缢痕, 直肠段分化明显, 并在肠前端与胃交界缢痕处, 开始出现弯曲, 但胃部并未膨大。破膜 37d 弯曲进一步变大, 此时胃仍未膨大, 并在肠前端表面出现很多点状突起, 为幽门盲囊原基。破膜 39d, 弯曲加大, 胃部开始膨胀, 盲囊原基进一步发育变大(图 1b)。破膜 45d 弯曲变大, 胃与肠已形“N”字形, 直肠、肠、胃、幽门盲囊原基更加清晰, 此时消化道形态已经与成鱼基本相同(图 1a), 此时口腔内可以看见上颌齿, 下颌齿和 10 呈并排排列的舌齿。

### 2.2 哲罗鱼消化系统发育组织学特征

**2.2.1 口咽腔** 破膜 4d 口腔下壁中后部出现锥形舌, 此时舌原基为一堆实心细胞团, 外表附有一层细胞, 未来将发育成粘膜层(图 1c)。破膜 12d 基舌骨后方开始钙化, 但此时舌前端仍然没有游离, 在舌上发现有 2 层细胞组成的齿囊, 中间即将发育成舌齿, 此时正在钙化的腭骨左右两侧共出现 6 枚发育的腭齿, 齿原基与腭骨紧密排列的双层细胞索结构, 细胞核大且圆, 细胞质较少, 染色比周围细胞深(图 1d)。

破膜 56d 口咽腔结构基本与成鱼相似, 着生颌齿、腭齿、咽齿等。口咽腔由粘膜层、肌肉层和浆膜层组成, 粘膜层由复层扁平上皮构成, 其间分布有球形粘液细胞、棒状细胞和少量味蕾。舌上有 10 枚舌齿呈两列 5 行对称分布; 在口咽腔的上壁有两层平行排列的犬状齿, 外层着生有 40—43 枚上颌齿; 内层齿由着生在犁骨上的犁齿和 19—26 枚腭齿共同构成; 在下颌部有下颌齿 39 枚, 在咽部着生有大量的无规则排列的咽齿, 在口列处可以看见锋利的颌齿(图 1e)。

**2.2.2 食道** 破膜前食道还没有分化, 只是一堆实心的细胞团(图 1f), 未来将发育成食道, 食道的贯通是由前端咽部和消化管后端向中间贯通。破膜的 2d 食道段仍然为实心细胞团, 形状呈扁平状, 但是外面肌肉层已见雏形(图 1g)。破膜 8d 食道后端虽然已经分化出肌肉层和粘膜下层, 但是仍然没有完全贯通, 此时食道前端已经开始出现空腔, 粘膜层为单层立方细胞构成, 其间少量的粘液细胞。破膜 16d 食道已贯通, 腹面完全从卵黄囊上分离, 球形粘液分泌细胞增多, 粘膜下层内可见被结缔组织分隔开的纵行肌束。此时, 食道后部上皮仍为单层立方细胞, 粘膜褶皱较浅而且数量少。破膜 34d 食道发育与成鱼基本相同, 明显分为粘膜层、粘膜下层、肌层及浆膜层, 出现 3—4 个粘膜褶皱。粘膜下层由疏松结缔组织组成, 内分散的纵行肌束增多, 背侧环肌层增厚( $51.95 \pm 9.23$ )  $\mu\text{m}$ , 腹侧的肌层厚( $37.68 \pm 2.31$ )  $\mu\text{m}$ 。食道中部此时粘膜下层有较多的纤维, 无纵行肌束, 环行肌较薄。食道后部褶皱数为 5—6 个, 粘膜层有 3—4 层细胞组成, 胞质顶部透明, 表层下主要由粘液细胞和梭形上皮细胞组成(图 1h), 棒状细胞很少。梭形上皮细胞及其核均长梭形, 细胞质被染成淡红色。

**2.2.3 胃** 破膜 2d 在消化道前端, 胃开始分化, 管壁较厚, 可见明显的两层, 胃原基细胞形成胃腔。此时胃上皮有丝分裂加强, 出现多核合胞体结构, 由于胃原基有丝分裂的结果, 胃原基细胞均呈卵圆形, 核大而圆, 位于中央(图 1i); 破膜 8d 胃腔进一步扩大, 出现 5—7 个粘膜皱壁, 细胞由卵圆形变为长梭形, 形成了原始的环肌纤维层, 由 2—3 层肌纤维组成; 破膜 18d 胃上皮多核合胞体结构减少, 甚至消失, 上皮细胞为低柱状, 核位于细胞的下部, 胃贲门部褶皱增加至 6—7 个, 由中胚层间充质细胞分化形成的成纤维细胞、肥大细胞和少许的胶原纤维构成粘膜层。此时, 胃肌层由平滑肌纤维组成, 胃贲门粘膜仍为单

层低柱状,细胞顶部胞质内充满粘原颗粒,不易着色,故透明或着色极浅,核圆,位于细胞基部。胃后段粘膜褶皱 8—9 个,此时仍然没有形成胃腺(图 1j);破膜 24d 胃发育得较完整,由粘膜层、粘膜下层、肌肉层和浆膜层构成,粘膜层形成许多褶皱。如图 1k 胃贲门部的粘膜上皮为单层矮柱状细胞组成,细胞核圆且大,位于细胞中部或基部。固有膜内充满胃腺,腺体由一圈排列规则的腺细胞围成一个椭球形,中间为一透明的腺腔,开口于胃小凹处,腺细胞为短柱状的浆液性细胞,核多为圆形;肌层明显增厚;胃底部由于食物的充塞,胃粘膜褶皱变得矮小或完全消失,固有膜明显,由致密结缔组织构成,含有少量网状纤维,而且固有膜内有血管和淋巴毛细管,胃腺丰富;胃幽门部环形肌极为发达(图 1l),皱壁相对较深,最深处达  $62\mu\text{m}$ 。

**2.2.4 前肠与直肠** 肠是消化管的主要部分,胚胎期肠由原始的实心细胞团(图 2a),发育成了有两层细胞组成的管状结构,外层细胞较少,内层细胞在不断的分裂;破膜 2d 仔鱼的肠管腔变大,呈直管状,管壁由单层未分化的细胞组成,细胞高约  $8-12\mu\text{m}$ ,具单一的长形核,核仁位于细胞中央。肠下肌细胞呈长梭形,核为长椭圆形,位于细胞中央;破膜 20d 胃与肠交接的膨大部位出现瓣囊,肌肉增厚形成幽门括约肌,将胃与肠分开(图 2b);破膜 26d 肠段出现肠瓣,将肠分化为前肠和直肠,前肠与直肠组织结构基本相似,但直肠粘液细胞较少,管壁较前肠厚(图 2c),此时前肠粘膜褶皱增多并加深,前肠中段上皮的单层柱状细胞界线不明显,核大而圆,位于细胞的基部,环形肌厚  $24.44\mu\text{m}$ 。

破膜 46d 肠的结构与成鱼基本

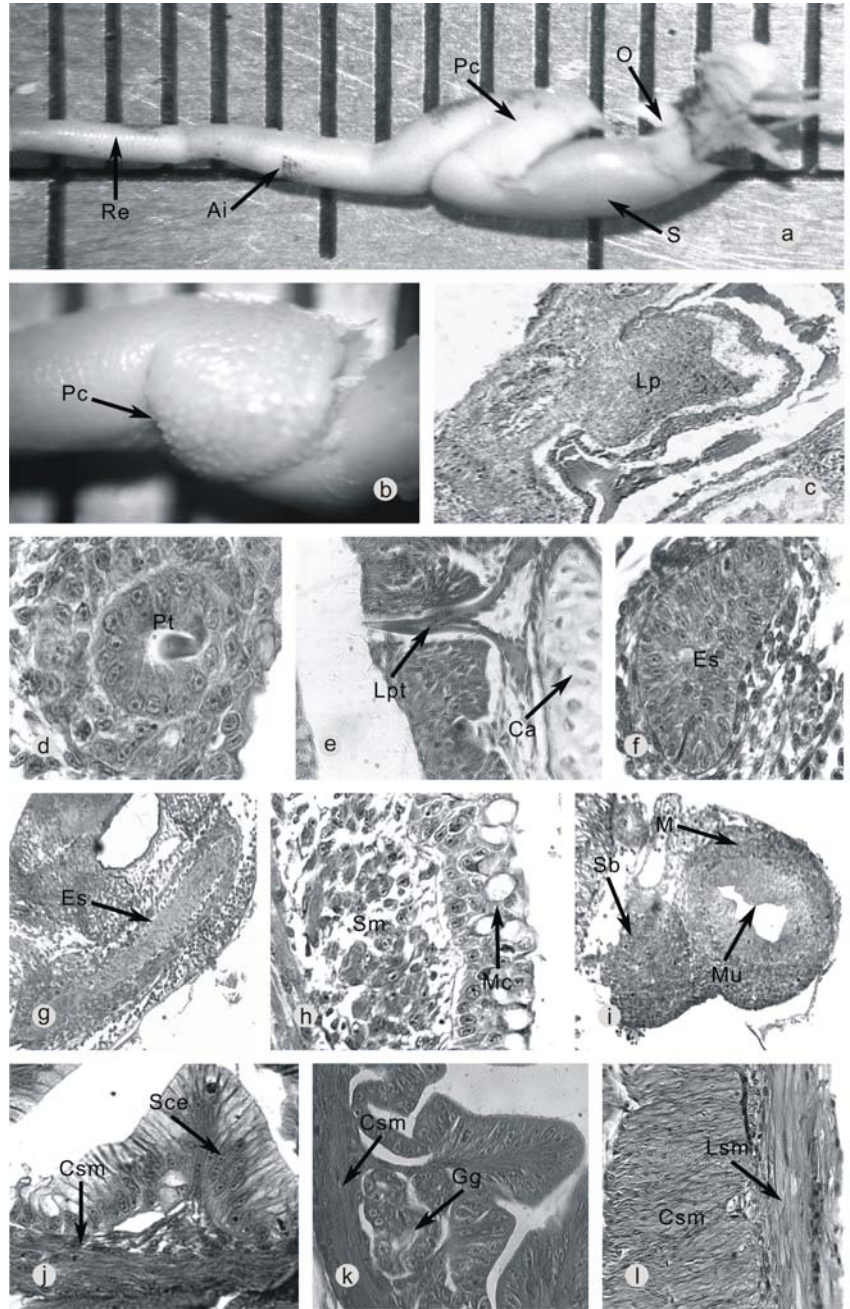


图 1 哲罗鱼口咽腔、食道、胃的发育

Fig.1 Development of cavum oropharyngeum, esophagus, and stomach of *H. taimen*  
a. 破膜后 45d 消化管; b. 破膜后 37d 幽门盲囊原基; c. 破膜后 4d 口腔横切,  $\times 10$ ; d. 发育中腭齿,  $\times 100$ ; e. 成熟颌齿,  $\times 100$ ; f. 破膜前食道原基,  $\times 40$ ; g. 破膜 2d 食道横切,  $\times 10$ ; h. 破膜后 34d 食道粘膜层,  $\times 40$ ; i. 破膜 2d 胃横切,  $\times 10$ ; j. 破膜 18d 胃横切,  $\times 40$ ; k. 破膜后 24d 胃横切,  $\times 40$ ; l. 破膜 24d 胃肌肉层,  $\times 100$ 。O. 食道(oesophagus); S. 胃(stomach); Pc. 幽门盲囊(yloric caeca); Ai. 前肠(anterial intestine); Re. 直肠(rectum); Lp. 舌原基(Lingua primordium); Pt. 腭齿(palate teeth); Lpt. 下颌齿(Lower pharyngeal teeth); Ca. 下颌软骨(Cartilage of dentary); Es. 食道(esophagus); Sm. 粘膜下层(submucosa); Mc. 粘液细胞(mucus cell); Sb. 鳔 Swim bladder; M. 肌肉层(muscular coats); Mu. 粘膜层(mucosa); Sce. 单层柱状上皮(simple columnar epithelium); Csm. 环肌(circular layers of striated muscle); Gg. 胃腺(gastric glands); Lsm. 纵肌(longitudinal layers of striated muscle)



相同, 前肠和直肠的组织结构相似, 都由粘膜层、粘膜下层、肌肉层及浆膜层组成。直肠段管腔明显比前肠变细管壁变厚, 环形肌肉层厚  $108.6\mu\text{m}$ , 纵型肌肉厚  $49.8\mu\text{m}$ , 且粘液细胞分布减少; 前肠肌肉层分内环、外纵两层, 环形肌肉层厚  $60.7\mu\text{m}$ , 纵型肌肉层厚  $24.2\mu\text{m}$ , 在粘膜层和粘膜下层之间有一层薄薄的粘膜肌。前肠上皮主要由单层柱状上皮细胞组成, 上皮细胞游离面具有丰富微绒毛, 其间散布大量粘液细胞, 在前肠段发现有 3 种不同的粘液细胞:

型细胞为圆型, 在 H.E 染色下着色较浅呈空泡状(图 2d); 型的为杯状, 在 H.E 染色下着色较浅呈空泡状, 并已突破微绒毛开口与肠腔(图 2e); 型细胞带有囊状分泌囊颗粒状物质的粘液细胞在 H.E 染色下颗粒着色较深(图 2f), 其各自的功能有待进一步的研究。

**2.2.5 幽门盲囊** 破膜 36d, 在胃和肠的交界处出现少量幽门盲囊原基, 为管壁背侧隆起的细胞团(图 2g), 此突起随后发育成幽门盲囊的典型的指状突起。破膜 46d, 幽门盲囊原基突起数量达到增多, 结构逐渐完善, 幽门盲囊分布在肠环形肌肉外侧, 体积进一步增大, 此时细胞分成两层。外层细胞呈现长梭形, 环绕着内部的圆形细胞, 此时细胞处在旺盛分裂时期。

破膜 60d 幽门盲囊组织结构与成鱼相同, 由内向外依次是粘膜层、粘膜下层、肌肉层和浆膜层, 数目在 217—234 之间。盲囊横切可以看出含有 7—10 个左右的褶皱, 褶皱平均厚度为  $215.90\mu\text{m}$ 。如图 2h 粘膜层由柱状细胞构成, 其间分布着 H.E 染色后为空泡状的椭圆形型粘液细胞、杯状型

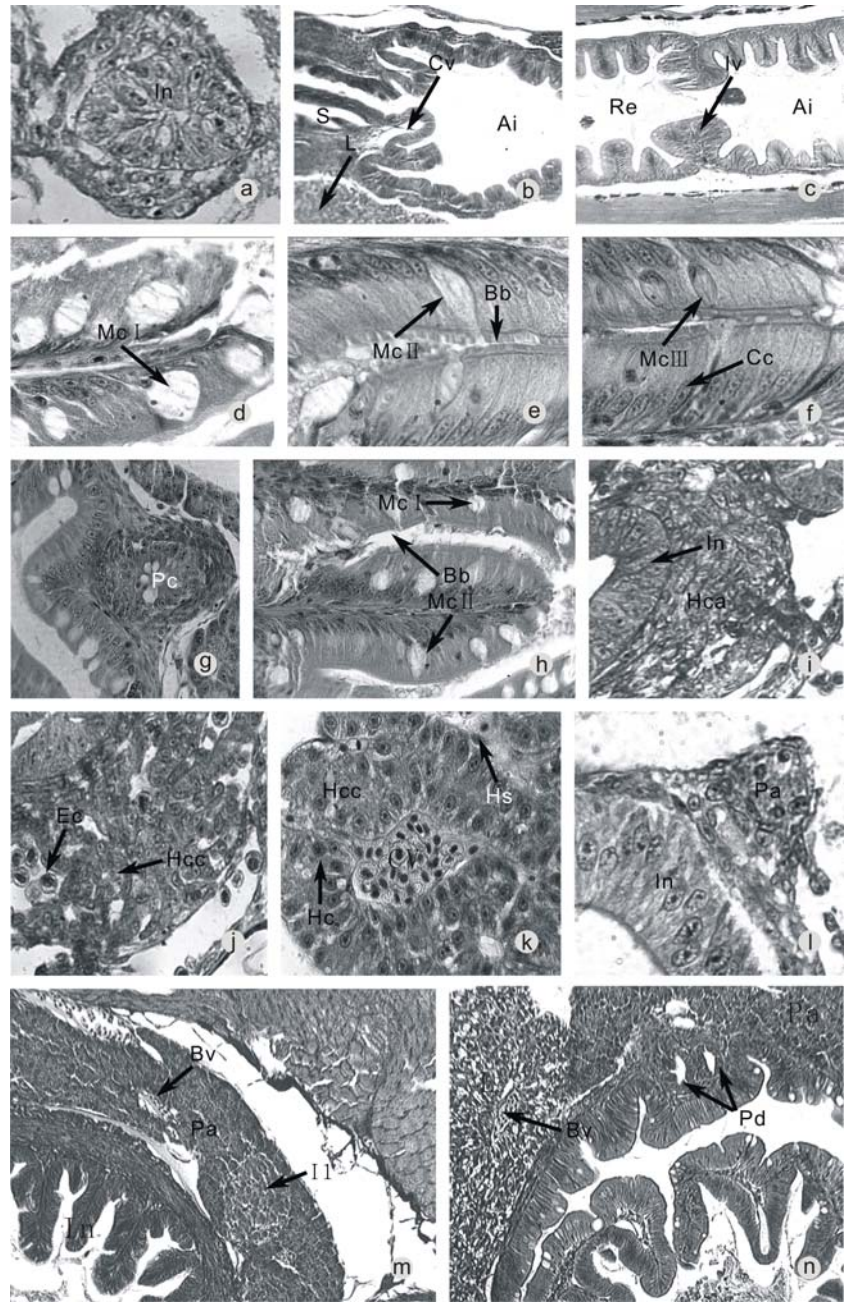


图 2 哲罗鱼肠和消化腺的发育

Fig.2 Development of intestine and digestive gland of *H. taimen*

a. 破膜前肠原基,  $\times 40$ ; b. 破膜 20d 胃肠交界纵切,  $\times 10$ ; c. 破膜 26d 前肠与直肠交界纵切,  $\times 10$ ; d. 型粘液细胞,  $\times 100$ ; e. 型粘液细胞,  $\times 100$ ; f. 型粘液细胞,  $\times 100$ ; g. 破膜 36d 幽门盲囊原基,  $\times 40$ ; h. 破膜 60 幽门盲囊粘膜层横切,  $\times 40$ ; i. 破膜前肝脏原基,  $\times 40$ ; j. 破膜 2d 肝脏横切,  $\times 40$ ; k. 破膜 22d 肝脏横切,  $\times 40$ ; l. 胰脏原基,  $\times 40$ ; m. 破膜 18d 胰脏横切,  $\times 10$ ; n. 破膜 32 胰脏横切,  $\times 10$ 。In. 肠道(intestine); S. 胃(stomach); Ai. 前肠(anterior intestine); Cv. 瓣囊(Cystigenic valve); Re. 直肠(rectum); Iv. 肠瓣(intestine valve); Mc . 型粘液细胞(mucus cell); Mc . 型粘液细胞(mucus cell); Mc . 型粘液细胞(mucus cell); Cc. 柱状细胞(columnar cell); Hca. 肝细胞团(Hepatic cell); Ec. 红细胞(erythrocytes); Hcc. 肝细胞索(hepatic cell cords); Cv. 中央静脉(central vein); Hs. 肝血窦(Hepatic sinusoid); L. 肝(Liver); Pa. 胰脏(Pancreas); Il. 胰岛(Islet of Langerhans); Pd. 胰管(Pancreatic duct); Hc. 肝细胞(Hepatic cell); Bv. 血管(blood vessel); Bb. 纹状缘(brush border); Pc. 幽门盲囊原基(Caecum pyloricum primordium)

粘液细胞和大量的嗜伊红囊状结构,这种结构外圈透明,中间有圆形的嗜伊红颗粒,嗜伊红颗粒的直径在 7—8 $\mu\text{m}$ 。固有膜与粘膜下层较薄,内环肌与外纵肌形成双层结构,厚度从幽门盲囊基部向远端逐渐变薄。

**2.2.6 消化腺** 肝脏的分化:胚胎期在胃背部分布尚未分化的细胞团,是肝脏的前体(图 2i);破膜 2d 仔鱼肝细胞已开始分化,细胞团体积增大,细胞核圆形,颜色较深,核仁明显,细胞之间出现一些大的不规则腔隙,开始出现肝细胞索,肝脏中发现大量的红细胞(图 2j)。

破膜 10d 时肝脏中出现明显的中央静脉和肝细胞索,可见胆管开口胃、肠交界处,肝脏体积不断增大,逐渐占据了卵黄囊消退留下的空隙,体积进一步增大;破膜 22d 时肝脏中部肝细胞开始空泡,整个肝脏空泡化很严重,常以肝血窦为中心,几个肝细胞集成一团,肝脏体积很大,肝血窦在靠近肝的外侧边缘部分数量较多,且结构清晰,肝细胞较致密,肝脏内中央静脉明显(图 2k)。

胰腺的分化:如图 2l 初孵仔鱼在肠背侧出现胰脏组织;破膜 12d 细胞形状不规则,胰腺细胞间有一些不规则的腔隙,其内有大量粉色嗜曙红酶原颗粒物质;破膜 18d 胰脏细胞核大,淡蓝色,呈长圆形或圆锥形,中间为一深染的血管,胰腺内部出现一个浅染的胰岛(图 2m);破膜 32d,胰腺细胞结构致密,细胞核深染明显。此时胰腺的组织结构与成鱼基本无差异,胰腺处有大量的脂肪细胞,胰岛较大,椭圆形,血管数量增多,可见开口于肠的导管(图 2n)。

### 3 讨论

#### 3.1 哲罗鱼消化系统形态结构发育与摄食之间关系

刚破膜的哲罗仔鱼消化道还没有完全发育形成,通常需要经历一段时间的发育变化,才能具备类似成鱼的消化系统。Balon(1975)提出消化系统的发育可以分为以下 3 个阶段:卵黄阶段、后卵黄阶段(混合营养阶段)和外源性营养阶段。哲罗鱼仔鱼在孵化后第 22d 开始出现胃与肠的形态上分化,第 26d 肠段分化成前肠和直肠,从形态上观察此时消化管已经逐步分化成:口咽腔、食道、胃、前肠和直肠等 5 个主要部分,具备了完全独立进行外源性摄食的能力。哲罗

鱼仔鱼在破膜后 0—21d 为完全内源性营养阶段,第 21d 仔鱼开始上浮并投喂轮虫等小型浮游生物,破膜后第 30d 卵黄囊吸收完全,转为完全外源性营养阶段。由此可见,哲罗鱼仔鱼开口摄食与其消化器官的发育之间在时间上存在一定的同步性。

#### 3.2 哲罗鱼消化系统发育组织学特点

哲罗鱼作为冷水性鱼类,在破膜后 20d 左右消化系统才具备基本功能,与其他鱼类相比其消化系统发育需要时间较长,如半滑舌鳎在破膜后 5d(常青等,2005)、黑鲷则需要 3—10d(马爱军等,2000)、圆斑星鲽需要 6—10d(王思锋等,2006)。

食道是容纳和输送摄取的食物通道,其主要功能是将食物转移到胃。食道粘膜层扁平细胞下分布大量粘液细胞,其开口于食道表面,这不仅能润滑食物,便于其吞咽,还能缓冲上皮细胞的机械损伤,支持和固定粘液物质(Humbert *et al.*, 1984; Tibbets, 1997)。哲罗鱼食道原基开始为实心圆形细胞团,变成扁形细胞团,由两端逐渐向中间贯通形成管腔,破膜后第 16d 食道完全贯通,随着仔鱼发育粘膜层分布粘液细胞逐渐增多,粘膜上皮褶皱更突出,粘液细胞能分泌黏液,而褶皱能增大食道壁与食物的接触面积,食道前端与后段组织结构并未发现有差异,这与刘云等(2001)对牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)、王思锋等(2006)对圆斑星鲽和 Baglolle 等(1997)对大西洋鲽(*Pleuronectes ferruginea*)的研究结果明显不同,刘云等(2001)和王思锋等(2006)认为食道前段和后段出现了明显差异,食道前段粘膜上皮中粘液细胞丰富,而食道后段褶皱更突出,但几乎无粘液细胞分布,而 Baglolle 等(1997)则认为食道也明显分为前后两段,但后段粘液细胞更丰富。

Tanaka(1973)<sup>1)</sup>提出,仔鱼不具备功能性的胃,其消化机制,特别是对蛋白质的消化机制不健全,而胃腺具有消化蛋白质的功能,胃腺的出现标志着鱼类可以代谢大量外源性营养。Walford 等(1993)指出仔鱼在胃腺尚未出现时缺乏功能性胃的时期,通过保持肠道 pH 为碱性和类胰蛋白酶的活性,来进行食物的消化。外部形态观察哲罗鱼仔鱼破膜后第 22d 出现胃,但其胃腺却在破膜后第 24d 发育出胃腺。哲罗鱼仔鱼在破膜后第 26d 肠道具备基本结构,分为前肠和直肠,随着仔鱼发育褶皱和粘液细胞不断增加,肌肉层不

1) Tanaka M, 1973. Studies on the structure and function of the digestive system of teleost larvae. Ph.D Thesis, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University, 136

断增厚,说明哲罗鱼仔鱼内源性营养和混合性营养阶段,其胃壁和肠的结构、功能尚处于初级阶段,此时消化系统功能尚不健全,不易投喂大量不易消化食物,随着胃壁和肠进一步发育,其功能也有待进一步完善。

鱼类消化系统中分布大量粘液细胞,其功能也存在着差异,本文将哲罗鱼消化道粘液细胞分为三种不同类型: 型细胞为椭圆型,在 H.E 染色下着色较浅呈空泡状; 型的为杯状且细胞个体较大,在 H.E 染色下着色较浅呈空泡状, 型粘液细胞带有囊状分泌囊,能分泌颗粒状物质在 H.E 染色下颗粒着色较深。在哲罗鱼的口咽腔、食道和直肠段粘膜层主要分布有大量 型粘液细胞和 型粘液细胞,推断 型粘液细胞功能主要是分泌粘液,起到润滑作用。大量的粘液细胞是与其生活习性密不可分的。哲罗鱼为肉食性鱼类喜欢捕食鱼类等体积较大的活饵,这些细胞的大量出现和粘液的大量分泌,为哲罗鱼吞咽食物尤其是坚硬食物提供了很好的润滑和保护作用。这与刘建虎等(1999)对南方大口鲶报道极为相似。在哲罗鱼的幽门盲囊和肠段除了 型细胞和 型粘液细胞外还观察到 型粘液细胞,推断 型粘液细胞可能参与营养物质的消化吸收有关,但具体的方式还有待进一步的研究。

### 3.3 关于哲罗鱼消化系统不同发育阶段如何投喂的讨论

哲罗鱼初孵仔鱼在破膜后 21d 左右上浮,上浮后立即投喂轮虫等小型浮游生物,破膜后 30d 左右完成卵黄囊的吸收,因此认为破膜后 0—21d 完全内源性营养阶段; 21—30d 为混合营养阶段; 30d 以后转为外源性营养阶段。哲罗鱼的胃和肠是消化和吸收营养物质的主要器官,研究得出胃在破膜 24d 发育得较完整,胃组织由粘膜层、粘膜下层、肌肉层和浆膜层构成,粘膜层形成许多褶皱,粘膜下层分布大量胃腺; 肠道在破膜后 26d 明显分化成前肠和直肠,在肠道粘膜层柱状细胞间分布大量粘液细胞。由于刚刚上浮的仔鱼主要消化器官组织结构发育尚不健全,不易在此时投喂,因此认为哲罗鱼最佳初次投喂时间应在破膜后 24—26d,即上浮后 3—5d,且要少量投喂易消化

吸收的外源性营养物质,以便仔鱼顺利建立起外源性摄食关系,保证鱼类正常生长所需要营养物质,从而提高苗种人工驯化成活率。破膜后 46d 幽门盲囊发育基本完善,进一步增加鱼类消化功能,可适当增加投喂量,从而提高鱼苗生长速度。

### 参 考 文 献

- 马爱军, 马英杰, 姚善诚, 2000. 黑鲟消化系统的胚后发育研究. 海洋与湖沼, 31(3): 281—287
- 王思锋, 张志峰, 张全启等, 2006. 圆斑星鲈仔鱼变态前消化系统发生的形态学和组织学研究. 中国水产科学, 13(1): 1—7
- 尹家胜, 徐 伟, 曹顶巨等, 2003. 乌苏里江哲罗鲑的年龄结构、性比和生长. 动物学报, 49(5): 687—692
- 乐佩琦, 陈宜瑜, 1998. 中国濒危动物(鱼类)红皮书. 北京: 科学出版社, 29—31
- 刘 云, 姜国良, 郑家声等, 2001. 牙鲆消化道形态学及组织学研究. 青岛海洋大学学报, 31(4): 548—554
- 刘建虎, 叶元土, 王学文等, 1999. 南方大口鲶消化管胚后发育组织学研究. 中国水产科学, 6(1): 18—23
- 姜作发, 尹家胜, 徐 伟, 2003. 人工养殖条件下哲罗鱼生长的初步研究. 水产学报, 27(6): 590—594
- 徐 伟, 尹家胜, 姜作发, 2003. 哲罗鱼人工繁育技术的初步研究. 中国水产科学, 10(1): 26—30
- 常 青, 陈四清, 张秀梅等, 2005. 半滑舌鲷消化系统器官发生的组织学. 水产学报, 29(4): 447—453
- 梁利群, 常玉梅, 董崇智等, 2004. 微卫星 DNA 标记对乌苏里江哲罗鱼遗传多样性分析. 水产学报, 28(3): 241—245
- Baglote C, Murray J, Goff G P *et al*, 1997. Ontogeny of the digestive tract during larval development of yellowtail flounder: a light microscopic and mucous histochemical study. J Fish Biol, 51: 120—134
- Balon E K, 1975. Terminology of intervals in fish development. J Fish Res Board Can, 32: 1663—1670
- Bisbal G A, Bengtson D A, 1995. Development of the digestive tract in larval summer flounder. J Fish Biol, 47: 277—291
- Humbert W, Kirsch R, Meister M F, 1984. Scanning electron microscopic study of the oesophageal mucous layer in the eel, *Anguilla anguilla*. J Fish Biol, 25: 117—122
- Tibbets I R, 1997. The distribution and function of mucous cells and their secretions in the alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis* Krepptii. J Fish Biol, 50: 809—820
- Walford J, Lam T J, 1993. Development of digestive tract proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. Aquaculture, 109: 187—205

## MORPHOLOGY AND HISTOLOGY OF POST-EMBRYONIC DIGESTIVE SYSTEM OF *HUCHO TAIMEN*

ZHANG Yong-Quan<sup>1</sup>, LIU Yi<sup>2</sup>, YIN Jia-Sheng<sup>1</sup>, TONG Guang-Xiang<sup>1</sup>,  
KUANG You-Yi<sup>1</sup>, XU Wei<sup>1</sup>

(1. Heilongjiang Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin, 150070;  
2. College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin, 150030)

**Abstract** Development of digestive system and associated glands was examined histologically by adopting paraffin wax slicing in stages of larvae, juvenile, and fry of *Hucho taimen*. Specimens were hatched and maintained in water (7—12 °C). In newly hatched larvae (0 day post-hatch), the digestive tract, lying dorsal to the yolk sac, was thin and straight, and the mouth and anus remain closed. Digestive tract and glands become mature gradually, and morphologically matured in juvenile stage. On the 16th day post-hatch, the mouth was open, and the digestive tract was segmented into buccopharynx, oesophagus, stomach, intestine, and rectum. On the 34th day post-hatch, oesophagus was almost the same with that of adult fish, and divided into mucous layer, submucous layer, muscular layer, and placenta percreta, having 3—4 mucosal folds appeared. On the 2nd day post-hatch, stomach differentiated from anterior extremity of digestive tract. The thick gastric wall was divided in two layers, and the gastral cavity was formed by primordial cells of stomach. On the 24th day post-hatch, gastric glands appeared, and the stomach was formed by mucous layer, submucous layer, muscular layer, and placenta percreta. On the 46th day post-hatch, the intestine developed, and mucous layer was densely covered by mucous cell, goblet cell, and enterocyte. The pancreatic tissue was separated from liver as an independent organ and situated in dorsal to the intestine. The digestive tract was clearly segmented into oesophagus, stomach, intestine, rectum, liver, and pancreas on the 26th day. Caecum pyloricum primordium appeared on the 36th day. Therefore, the best weaning time for *H. taimen* for external food was on 24—26d after hatching, or 3—5d after floating-up. On the 46th day post-hatch, caecum pyloricum developed almost completely; and external food supply was increased accordingly.

**Key words** *Hucho taimen*, Postembryonic development, Morphology, Histology