

斜带石斑鱼仔鱼变态过程中甲状腺的发育变化

唐啸尘^{1,2} 刘晓春¹ 林浩然^{1,3}

(1. 水生经济动物研究所和广东省水生经济动物良种繁育重点实验室, 中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广州 510275;
2. 广东海洋大学水产学院, 湛江 524025; 3. 海南大学海洋学院, 海口 570228)

THE DEVELOPMENT OF THYROID OF ORANGE-SPOTTED GROUPER (*EPINEPHELUS COIODES*) LARVAE DURING METAMORPHOSIS

TANG Xiao-Chen^{1,2}, LIU Xiao-Chun¹ and LIN Hao-Ran^{1,3}

(1. State Key Laboratory of Biocontrol, Institute of Aquatic Economic Animals, and Key Laboratory for Aquatic Economic Animals, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China; 3. College of Ocean, Hainan University, Haikou 570228, China)

关键词: 斜带石斑鱼; 仔鱼; 甲状腺; 发育

Key words: Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*); Larvae; Thyroid; Development

中图分类号: Q174 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2010)01-0210-05

斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)属鲈形目, 鲈科, 石斑鱼属, 为暖水性中下层鱼类, 是我国南方沿海重要的经济养殖鱼类。长期以来, 许多海水鱼仔稚鱼培育阶段的一大难题是成活率低^[1]。目前斜带石斑鱼的大规模苗种培育仍未很好解决, 仔鱼经历第二背鳍棘从生长到吸收的变态过程时死亡率很高。研究表明甲状腺激素能加速仔鱼的变态过程^[2-5]和提高仔鱼存活率^[2,3,6,7]。因此, 了解仔鱼甲状腺的发育变化特点有重要意义。

到目前为止, 只对少数鱼的甲状腺进行了研究^[8-16], 对仔鱼甲状腺发育的研究就更少^[10,12,13,16], 而仔鱼甲状腺发育过程中滤泡上皮细胞超微结构的变化尚未见报道。本文运用光镜和电镜技术研究斜带石斑鱼仔鱼变态过程中甲状腺的发育变化, 以期对斜带石斑鱼苗种培育提供重要基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

斜带石斑鱼仔鱼取自广东省大亚湾水产增殖中心育苗池。所取仔鱼为同一批跟踪取样, 孵化后 1—14d 每天取一次样, 20d 后每隔 10 天取一次样直至第 50 天仔鱼

完成变态, 每次取 4 尾用于组织学切片。孵化后 20d 和 40d 分别取仔鱼用于电镜样品制备。

仔鱼发育阶段的确定参照 Miwa, *et al.*^[4]和唐啸尘等^[2]的方法划分如下: (1) 仔鱼变态前期(Premetamorphosis, pre-M): 第二背鳍棘从开始生长直至最长, 仔鱼营浮游生活方式; (2) 仔鱼变态高峰期(Metamorphic climax, MC): 第二背鳍棘从开始吸收直至吸收完毕, 色素条带逐渐形成, 仔鱼由营浮游生活方式最后转为底栖生活方式; (3) 稚鱼期(Juvenile): 稚鱼模式色素条带最终形成直至幼鱼期开始, 营底栖生活。据此, 该批鱼孵化后 30d 之前属于变态前期, 第 30 天仔鱼处于变态高峰初期, 第 40 天仔鱼处于变态高峰中期, 第 50 天仔鱼完成变态。

1.2 样品制备

光镜样品制备 仔鱼用 MS-222 麻醉后, 取头部固定于 Bouin's 液, 石蜡包埋, 连续横切, 切片厚 6 μm , 切片后经苏木精-伊红染色。

电镜样品制备 仔鱼用 MS-222 麻醉后以眼睛为中心, 沿头尾轴方向取 2—3 mm 长的头部组织, 以冷的 2.5%戊二醛溶液中固定 1h, 换液继续固定, 1%锇酸固定 2h, 环氧树脂 812 包埋, 半薄切片 1 μm 定位。再超薄切片, 醋

收稿日期: 2008-08-04, 修订日期: 2009-03-28

基金项目: 国家 863 计划项目(编号: 2006AA10A414); 国家科技支撑计划课题(编号: 2006BAD09A14, 2007BAD29B01); 广东省科技计划项目(编号: 2007B020503005)资助

作者简介: 唐啸尘(1969—), 男, 汉族, 四川阆中人; 博士; 主要从事鱼类生理学研究。E-mail: txc816@163.com

通讯作者: 林浩然, E-mail: lsslhr@mail.sysu.edu.cn

酸铀和枸橼酸铅染色, 日立 H-600 透射电镜观察并拍片。

1.3 仔鱼甲状腺滤泡的测量

在光镜下对各发育时期仔鱼分别随机测量 10 个滤泡的长径和短径, 并计数其中上皮细胞的数量及扁平形和立方形细胞所占的比例; 上皮细胞高度按 Harada, *et al.*^[13] 的方法, 对每个滤泡各测 4 个值, 所有各时期点的数据以平均值 \pm 标准差表示。

2 结 果

2.1 仔鱼甲状腺发育的组织学观察

仔鱼甲状腺滤泡壁由上皮细胞组成, 上皮细胞有两种形状, 包括扁平形和立方形或柱形。仔鱼甲状腺滤泡腔内含有均匀的胶质。

孵化后第 14 天, 在基鳃骨下方隆起的结缔组织处散在有极少甲状腺滤泡, 滤泡呈卵圆形。一个横切片上只有 1 个滤泡, 其平均长径和短径分别为 $(17.7\pm0.6) \mu\text{m}$ 和 $(14.0\pm1.0) \mu\text{m}$ 。滤泡上皮细胞大多为扁平形, 扁平形细胞占上皮细胞总数的 70.2%, 核几乎占据了整个细胞, 具有 1 个核仁, 核仁存在于仔鱼所有滤泡上皮细胞中, 上皮平均高度为 $(2.9\pm0.2) \mu\text{m}$ 。胶质较少, 滤泡壁和胶质之间腔隙较大(图版 I-1)。

第 20 天, 滤泡伸长, 呈椭圆形或卵圆形。一个横切片上可见 2 个滤泡, 长径和短径分别为 $(32.9\pm1.8) \mu\text{m}$ 和 $(16.1\pm0.7) \mu\text{m}$ 。滤泡上皮大多仍为扁平形, 但立方形细胞增多, 立方形细胞占上皮细胞总数的 39.1%, 细胞核大, 上皮平均高度为 $(3.2\pm0.3) \mu\text{m}$ 。胶质有所增加。基鳃骨周围的结缔组织变得很疏松(图版 I-2)。

第 30 天, 在第一至第二鳃弓间的基鳃骨下方, 大量甲状腺滤泡在腹主动脉周围分散地发生, 滤泡多呈卵圆形或椭圆形。一个横切片上最多有 8 个滤泡, 虽然最大滤泡的长径和短径分别可达 $48.8 \mu\text{m}$ 和 $29.3 \mu\text{m}$, 但此时滤泡大多处于旺盛生长初期, 大多数滤泡较小, 平均长径和短径分别为 $(22.3\pm1.7) \mu\text{m}$ 和 $(15.6\pm1.1) \mu\text{m}$ 。滤泡上皮中立方形细胞更多, 立方形细胞占上皮细胞总数的 64.5%, 上皮平均高度为 $(3.5\pm0.2) \mu\text{m}$ 。有的滤泡腔几乎充满胶质, 胶质边缘光滑, 胶质中未见液泡。在基鳃骨和腹主动脉周围均为疏松结缔组织 (图版 I-3)。

第 40 天, 甲状腺滤泡的分布与第 30 天相似, 滤泡多呈卵圆形或椭圆形, 也有一些不规则形滤泡。一个横切片上最多有 11 个滤泡, 滤泡明显增大, 平均长径和短径分别为 $(54.4\pm1.4) \mu\text{m}$ 和 $(41.2\pm2.2) \mu\text{m}$ 。滤泡上皮细胞绝大多数均为立方形, 立方形细胞占上皮细胞总数的 94.2%, 上皮高度显著增加, 达 $(4.3\pm0.2) \mu\text{m}$ 。此期滤泡上皮细胞强烈增殖, 使得一些滤泡壁由多层细胞组成而形成上皮细胞群。胶质显著增加, 滤泡腔大多为胶质充满, 胶质中出现液泡, 液泡一般出现于胶质边缘, 但也见于一些滤泡的胶质中央。基鳃骨和腹主动脉周围结缔组织更加疏松,

滤泡周围有丰富的毛细血管(图版 I-4—6)。

第 50 天, 甲状腺滤泡的分布范围比第 40 天有所扩大, 除卵圆形和椭圆形滤泡外, 不规则形滤泡明显增加, 特别是一些滤泡壁相邻部分常相互靠近形成镊子状结构。一个横切片上最多有 16 个滤泡, 滤泡平均长径和短径分别为 $(54.8\pm1.7) \mu\text{m}$ 和 $(41.7\pm3.9) \mu\text{m}$ 。滤泡上皮细胞多为立方形, 但扁平形细胞增多, 立方形细胞占上皮细胞总数的 85.6%, 上皮高度有所减小, 平均为 $(4.0\pm0.9) \mu\text{m}$ 。滤泡腔中重新出现腔隙, 但腔隙较小。胶质中液泡更多, 胶质边缘多呈缺刻状(图版 I-7)。

2.2 仔鱼甲状腺的超微结构

变态前期仔鱼甲状腺的超微结构 电镜下, 孵化后 20d 仔鱼的甲状腺滤泡腔中是均质的胶体, 上皮细胞可区分为扁平形细胞和立方形细胞, 且扁平形细胞多于立方形细胞, 基膜将腺上皮和疏松结缔组织分隔开 (图版 I-8)。

扁平形细胞的核近梭形, 无明显凹陷, 核周腔较狭窄。细胞器少, 结构简单, 内质网呈泡状; 线粒体小, 呈卵圆形, 数量少, 线粒体嵴短而少, 基质电子密度低。细胞顶端有卵圆形小溶酶体, 内含高电子密度的均质物, 数量少。扁平形细胞游离面微绒毛很少(图版 I-9)。

立方形细胞的核偏于基膜一侧, 形态多样, 有椭圆形、纺锤形、近三角形等形状, 但均无明显凹陷; 核周腔扩张。粗面内质网可达 4 层。高尔基复合体含有 3 层扁平囊。线粒体数量明显比扁平形细胞的多, 体积较大, 多呈卵圆形、椭圆形和杆状, 杆状线粒体可长达 $3 \mu\text{m}$; 线粒体嵴为板状嵴, 基质电子密度较低。细胞游离面有许多微绒毛突出于滤泡腔, 长短不一(图版 I-10)。

变态高峰中期仔鱼甲状腺的超微结构 孵化后 40d 仔鱼的甲状腺滤泡上皮细胞主要为立方形细胞, 扁平形细胞与变态前期仔鱼的相似。立方形细胞的核偏于基膜一侧, 形态多样, 核膜高度凹陷(图版 I-11), 将核分成 2 叶或 3 叶。粗面内质网显著扩张, 层数最多可达 7 层(图版 I-12)。线粒体在核与顶端胞膜之间, 特别是核的凹陷处及其附近胞质中较多, 呈卵圆形、椭圆形、哑铃形和长杆状, 其嵴较长且较密, 基质电子密度高(图版 I-12)。有趣的是, 在此期仔鱼的滤泡上皮细胞强烈增殖, 一些滤泡壁由多层细胞构成而形成上皮细胞群, 区别于通常的单层滤泡上皮, 电镜下它们是一些立方形细胞 (图版 I-13)。

3 讨 论

3.1 斜带石斑鱼仔鱼变态过程中甲状腺滤泡的组织学变化

斜带石斑鱼仔鱼在变态前期滤泡很少, 进入变态高峰期才大量形成。滤泡随发育的进行逐渐增大, 特别是从变态高峰初期到变态高峰中期的短短 10d 内滤泡显著增大。甲状腺滤泡上皮中含有扁平形细胞和立方形细胞, 并

随仔鱼发育而变化。在变态前期,滤泡上皮主要由扁平形细胞组成,上皮高度低,胶质较少;在变态高峰初期上皮中以立方形细胞为主,上皮高度比变态前期增加,胶质亦增加;在变态高峰中期,上皮中几乎全是立方形细胞,上皮高度增加到最大,同时,几乎所有的滤泡腔均为胶质所充满;变态完成时上皮中扁平形细胞增多,上皮高度比变态高峰中期有所降低,而滤泡腔中重新出现较小的腔隙,胶质减少。此外,与通常的甲状腺滤泡上皮由单层细胞构成所不同的是,我们首次观察到在变态高峰中期部分滤泡壁由多层细胞构成,提示此时滤泡上皮细胞在进行强烈增殖。这些结果提示,随着斜带石斑鱼仔鱼发育从变态前期向变态高峰期转变,甲状腺活动逐渐增强,到变态高峰中期甲状腺最为活跃,在变态完成时甲状腺机能下降。

斜带石斑鱼仔鱼在变态前期的甲状腺滤泡胶质中未见液泡,到变态高峰中期才出现明显的液泡。Brown, *et al.*^[12]报道条纹石斑鱼甲状腺滤泡胶质液泡是在仔鱼后期才出现的。Harada, *et al.*^[13]发现冰鰕虎鱼仔鱼在拟变态阶段甲状腺轴未活化,滤泡一直很小,胶质中不见液泡;而一种裸鰕虎鱼仔鱼在拟变态阶段晚期甲状腺轴已活化,滤泡逐渐增大,胶质中液泡明显。因此,斜带石斑鱼仔鱼在变态高峰中期的甲状腺滤泡胶质中才出现明显的液泡,这可能是仔鱼甲状腺轴在此时才明显活化。

在斜带石斑鱼仔鱼的发育过程中,甲状腺滤泡除大小变化明显外,形态上也有较大的变化。第 14 天的滤泡为卵圆形,第 20 天伸长为椭圆形,在第 30 天出现一些不规则形的卵圆形或椭圆形滤泡,在第 40 天不规则性滤泡明显增加,在第 50 天形态不规则性更加明显,一些滤泡壁相邻部分常相互靠近形成镊子状结构。滤泡不规则性增加可能是变态高峰期仔鱼滤泡上皮细胞强烈增殖增大的结果;第 50 天部分滤泡壁形成镊状结构可能是甲状腺球蛋白在变态高峰期大量被仔鱼利用,而在变态完成时滤泡合成的甲状腺球蛋白减少从而引起滤泡腔收缩所致。de Jesus, *et al.*^[3]发现斜带石斑鱼仔鱼在孵化后 15—30d 甲状腺素只有缓慢轻微的上升,到第 35 天时显著升高,第 40 天达到峰值,第 45 天下降直至第 50 天完成变态。这与我们的结果基本一致。

3.2 斜带石斑鱼仔鱼变态过程中甲状腺滤泡上皮细胞超微结构的变化

甲状腺滤泡上皮分为静止状态的扁平上皮和分泌活跃的立方上皮^[8,9,11]。在斜带石斑鱼仔鱼甲状腺发育过程中,滤泡扁平形细胞的超微结构没有明显的差别,而立方形细胞的超微结构却随发育而变化。变态前期的立方形细胞核膜无明显凹陷,细胞器的发育明显比扁平形细胞好,线粒体数量明显多于扁平形细胞,有杆状线粒体但基质电子密度低,粗面内质网层数少,除线粒体外的其他特征类似于翁幼竹等^[18]报道的甲状腺滤泡“中间型细

胞”。变态高峰期的立方形细胞核膜高度凹陷并将核分成 2—3 叶,线粒体基质电子密度较高,粗面内质网较发达,高尔基复合体发育较好。一些作者认为核膜凹陷是硬骨鱼甲状腺滤泡立方形细胞的典型超微结构特征^[8,9,11]。虽然斜带石斑鱼仔鱼在变态高峰期的立方形细胞超微结构也具有此一特点,然而我们首次发现在仔鱼变态前期的立方形细胞核膜并无明显凹陷,这可能是在变态前期仔鱼甲状腺滤泡立方形细胞的功能较弱,而在变态高峰期才逐渐增强。

综上所述,斜带石斑鱼仔鱼变态前期的甲状腺机能弱,在变态高峰期后逐渐变得活跃,在变态高峰期中期十分活跃,变态完成进入稚鱼期时机能又减弱,提示斜带石斑鱼仔鱼的变态与其甲状腺活动有关。

致谢:

感谢广东省大亚湾水产增殖中心的王云新、张海发、刘付永忠等先生提供斜带石斑鱼实验材料,感谢广州军区总医院赖晃文先生在电镜技术上的帮助。

参考文献:

- [1] Tang B G, Chen G, Zhang J D, *et al.* Effect of diet series on growth, activity of digestive enzymes and body composition of larval cobia, *Rachycentron canadum* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, **31**(4): 479—483 [汤保贵, 陈刚, 张健东, 等. 饵料系列对军曹鱼仔鱼生长、消化酶活力和体成分的影响. 水生生物学报, 2007, **31**(4): 479—483]
- [2] Tang X C, Liu X C, Lin H R, *et al.* Effects of thyroxine on metamorphosis of orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) larvae [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2006, **25**(1): 33—37 [唐啸尘, 刘晓春, 林浩然, 等. 甲状腺素对斜带石斑鱼仔鱼变态的影响. 热带海洋学报, 2006, **25**(1): 33—37]
- [3] de Jesus E G, Toledo J D, Simpao M S. Thyroid hormones promote early metamorphosis in grouper (*Epinephelus coioides*) larvae [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 1998, **112**: 10—16
- [4] Miwa S, Inui Y. Effects of various doses of thyroxine surge and triiodothyronine on the metamorphosis of flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 1987, **67**: 356—363
- [5] Inui Y and Miwa S. Thyroid hormone induces metamorphosis of flounder [J]. *Gen Comp Endocrinol.*, 1985, **60**: 450—454
- [6] Liu L, Guo F, Zhang J M, *et al.* Changes in thyroid hormone levels in serum, eggs, and larvae, and their effect on larval survival in female Japanese eel (*Anguilla japonicas*) after thyroxine injection [J]. *J Fish. China*, 2005, **29**(3): 333—338 [柳凌, 郭峰, 张洁明, 等. 注射 T4 对日本鳗鲡血清、卵、早期幼苗甲状腺激素含量变化及对幼苗存活率的影响. 水产学报, 2005, **29**(3): 333—338]
- [7] Lam T J. Thyroxine enhances larval development and sur-

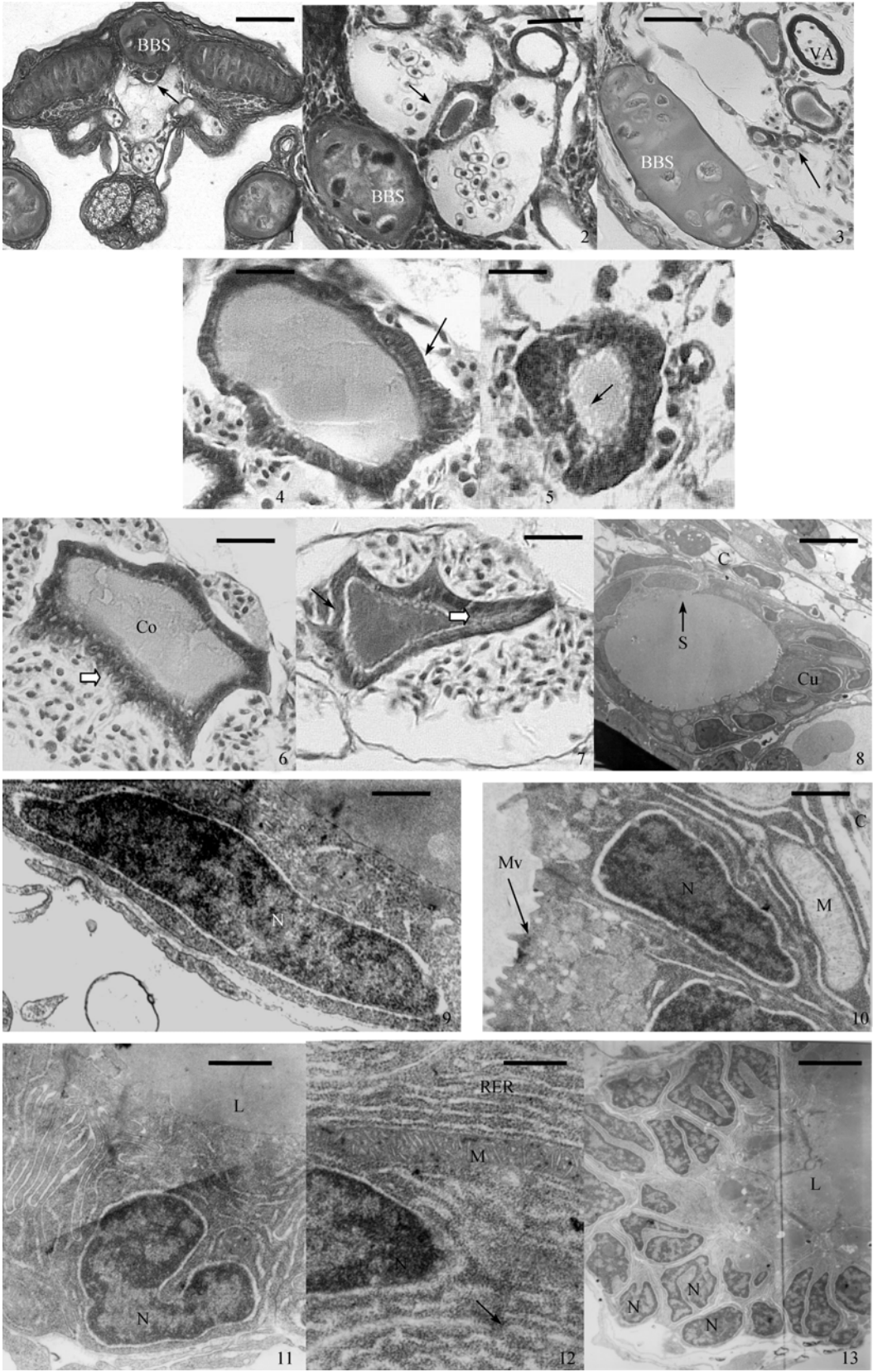
- vival in *sarotherodon (Tilapia) mossambicus* Ruppell [J]. *Aquaculture*, 1980, **21**: 287—291
- [8] Shao B X. The seasonal change of the thyroid gland of *Trachidermus fasciatus* in relation to the seaward migration [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1978, **9**(2): 230—235 [邵炳绪. 松江鲈鱼甲状腺的周年变化及其与降河洄游的关系. 海洋与湖沼, 1978, **9**(2): 230—235]
- [9] Weng Y Z, Dai Y Y, Fang Y Q, *et al.* Immunohistochemistry and ultrastructure of the thyroid gland of the grey mullet (*Mugil cephalus*) [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2003, **49**(2): 230—237 [翁幼竹, 戴燕王, 方永强, 等. 鲈鱼甲状腺免疫组织化学与超微结构. 动物学报, 2003, **49**(2): 230—237]
- [10] Zhao W X, Jia J. Changes of thyroid hormone content in big head carp, blunt snout bream and paeu during early developmental stages [J]. *J. Fish. China*, 1997, **21**(2): 120—127 [赵维信, 贾江. 鳙、团头鲂和短盖巨脂鲤早期发育阶段甲状腺激素含量变化研究. 水产学报, 1997, **21**(2): 120—127]
- [11] Zhu H W, Wang H, Hou Y Y. Light and electron microscopic observations on the thyroid gland of a teleost (*Carassius auratus* L.) [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1984, **30**(4): 337—342 [朱洪文, 王浩, 侯亚义. 鲫鱼甲状腺的显微和亚显微结构. 动物学报, 1984, **30**(4): 337—342]
- [12] Brown C L, Sullivan C V, Bern H S, *et al.* Occurrence of thyroid hormones in early developmental stages of teleost fish [J]. *Amer Fish Soc Symp*, 1987, **2**: 144—150
- [13] Harada Y, Harada S, Kinoshita L, *et al.* Thyroid gland development in a Neotenic Goby (Ice Goby, *Leucopsarion petersii*) and a Common Goby (ukigori, *Gymnogobius urotaenia*) during early life stages [J]. *Zool Sci of Japan*, 2003, **20**: 883—888
- [14] Leatherland J F. Endocrine factors affecting thyroid economy of teleost fish [J]. *Amer Zool*, 1988, **28**: 319—328
- [15] Tanaka M, Tanangonan J B, Tarawa M, de Jesus E G, *et al.* Development of the pituitary, thyroid and interrenal glands and application of endocrinology to the improved rearing of marine fish larvae [J]. *Aquaculture*, 1995, **135**: 111—126
- [16] Wendl T, Lun C, Mione M, *et al.* *Pax2.1* is required for the development of thyroid follicles in zebrafish [J]. *Development*, 2002, **129**: 3751—3760
- [17] Nishioka R S, Grau E G, Lai K V, *et al.* Effect of thyroid-stimulating hormone on the physiology and morphology of the thyroid gland in Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch* [J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 1987, **3**(2): 63—71

图版 I Plate I

1. 在孵化后 14d 仔鱼基鳃骨(BBS)下方出现的甲状腺滤泡(↑), 标尺为 40 μm; 2. 变态前期仔鱼(孵化后 20d)增大的甲状腺滤泡(↑), 标尺为 25 μm; 3. 变态高峰初期仔鱼, 示甲状腺滤泡(↑)正大量形成, 标尺为 40 μm; 4. 变态高峰中期仔鱼甲状腺滤泡, 示上皮几乎全由立方细胞(↑)组成, 标尺为 12.5 μm; 5. 变态高峰中期仔鱼甲状腺滤泡, 示胶质边缘的液泡(↑), 标尺为 9 μm; 6. 变态高峰中期仔鱼甲状腺滤泡, 示上皮细胞群(↔)和滤泡腔中充满的胶质(Co), 标尺为 16 μm; 7. 变态结束时仔鱼甲状腺滤泡, 示上皮中扁平形细胞(↑)增加和镊状上皮结构(↔), 标尺为 12.5 μm; 8. 变态前期仔鱼甲状腺滤泡, 示同一滤泡中包括扁平形细胞(S)和立方形细胞(Cu), 标尺为 5 μm; 9. 示甲状腺滤泡中的扁平形细胞, 标尺为 0.6 μm; 10. 变态前期仔鱼甲状腺滤泡中的立方形细胞, 示无凹陷细胞核(N)、基质电子密度甚低的线粒体(M)和微绒毛(Mv), 标尺为 1 μm; 11. 变态高峰中期仔鱼甲状腺滤泡中的立方形细胞, 示凹陷细胞核(N), 标尺为 1 μm; 12. 变态高峰中期仔鱼甲状腺滤泡中的立方形细胞, 示长杆状线粒体(M)和发育良好的粗面内质网(RER), 标尺为 0.7 μm; 13. 变态高峰中期仔鱼甲状腺滤泡, 示滤泡上皮中由多层细胞构成的立方形细胞群, 标尺为 4.5 μm

1. A thyroid follicle(↑)under the basal branchial skeleton (BBS) occurred in 14 days post-hatching, scale bar = 40 μm; 2. A larger thyroid follicle(↑) in pre-M (20 dph), scale bar = 25 μm; 3. A large number of thyroid follicles (↑) occurred in early-MC, scale bar = 40 μm; 4. Epithelia mostly consisted of cuboidal cells(↑)in mid-MC, scale bar = 12.5 μm; 5. Vacuole(↑) in the colloid of a thyroid follicle in mid-MC, scale bar = 9 μm; 6. Cluster (↔) of epithelial cells in a follicle with full of colloid (Co)in the lumen in mid-MC, scale bar = 16 μm; 7. Squamous cells(↑)increased and nipper-shaped wall (↔)in a thyroid follicle when metamorphosis was completed, scale bar = 12.5 μm; 8. A thyroid follicle is consisted of squamous cell (S) and cuboidal cells (Cu) in pre-M, scale bar = 5 μm; 9. A squamous cell of a thyroid follicle in pre-M, scale bar = 0.6 μm; 10. Nuclear(N) without sunken membrane and mitochondria(M)with lower electron density in the base and microvilli (MV)in the cuboidal cells in a thyroid follicle in pre-M, scale bar = 1 μm; 11. Nuclear(N) with sunken membrane in the cuboidal cells in a thyroid follicle in mid-MC, scale bar=1 μm; 12. A long bar mitochondria(M) and well developed-rough endoplasmic reticulum (RER)in the cuboidal cells in a thyroid follicle in mid-MC, scale bar = 0.7 μm; 13. the cluster of cuboidal cells in a thyroid follicle in mid-MC, scale bar = 4.5 μm

BBS: 基鳃骨(Basal branchial skeleton); C: 结缔组织(Connective tissue); Co: 胶质(Colloid); Cu: 立方形细胞(Cuboidal cell); L: 滤泡腔(Lumen); M: 线粒体(Mitochondria); Mv: 微绒毛(Microvilli); N: 细胞核(Nuclear); RER: 粗面内质网(Rough endoplasmic reticulum); S: 扁平形细胞(Squamous cell); V: 液泡(Vacuole); VA: 腹主动脉(Ventral aorta)



图版 I Plate I