

条石鲷视觉器官早期发育的组织学观察

何 滔^{1,2}, 肖志忠¹, 刘清华¹, 马道远¹, 徐世宏¹, 肖永双¹, 李 军¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 西南大学 动物科技学院, 重庆 北碚 400715)

摘要: 应用石蜡切片技术和显微测量法, 对条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)视觉器官的早期发生、分化和形成过程进行了连续观察。结果显示: 在水温 $24^{\circ}\text{C} \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 的条件下, 受精后 10.5 h, 视杯出现; 受精后 15.5 h, 晶状体形成; 受精后 22 h, 在脉络膜裂口处出现角膜; 2 日龄, 巩膜和脉络膜形成; 3 日龄, 虹膜出现; 6 日龄, 视网膜分化完全, 由色素层、视锥视杆层、外界膜、外核层、外网状层、内核层、内网状层、神经节细胞层、神经纤维层和内界膜组成; 13 日龄, 角膜分化完全, 由外向内依次为复层扁平上皮、前弹性膜、纤维层、后弹性膜和内皮层; 21 日龄, 虹膜完全分化, 由内向外依次为色素层、后缘层、基质层、前缘层和内皮层。此时条石鲷眼的各个部分(巩膜、脉络膜、视网膜、晶状体、虹膜、角膜)均发育完善。

关键词: 条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*); 早期发育; 眼; 组织学

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)03-0049-05

鱼类的视觉器官是眼, 位于脑颅两侧的眼眶内。鱼眼具有脊椎动物眼的基本模式, 即 3 套膜(巩膜、脉络膜和视网膜)和 1 套折光系统(角膜、房水、晶体和玻璃体)。有关鱼眼视网膜结构及其视觉性质的研究已有大量报道^[1-4], 而对于鱼眼整个早期的发生、分化和完善方面的研究则较少^[5-6], 相关鱼类视觉器官早期组织发生发育的生物学资料还很匮乏。

条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*), 属鲈形目(Perciformes)、石鲷科(Oplegnathidae)、石鲷属(*Oplegnathus*), 主要分布于中国黄海、东海、台湾沿海, 日本北海道以南及韩国以南沿海海域。其肉质极为细致, 口感好, 是一种具有较高食用价值和观赏价值的优良地方海产鱼类^[7]。目前为止, 在国外, 人们对条石鲷营养和病理方面^[8-10]进行了一些研究; 而在国内则报道了一些条石鲷早期的生长和形态学发育过程^[11-15]。但对条石鲷早期发育的组织学研究还未见报道。在本实验中, 作者从组织学水平对条石鲷视觉器官的早期发生发育过程进行了观察, 以便展开有关条石鲷的系统性研究, 并为鱼类视觉器官的组织发育提供相关的生物学资料。

1 材料与方法

实验所用条石鲷鱼苗于 2009 年 5~9 月取自山东省胶南市福海生育苗场。人工诱导条石鲷亲鱼自然

产卵, 并收集上浮的受精卵。孵出后的鱼苗培育条件为水温 $24^{\circ}\text{C} \pm 1.0^{\circ}\text{C}$, 海水盐度 32 ± 0.5 , 日换水量为 1/2, 不间断充气。3~18 日龄仔鱼投喂轮虫(*Branchionou plicatilis*), 16~30 日龄增加投喂卤虫(*Artemia nauplii*)无节幼体, 从 25 日龄开始给予鱼糜及配合饲料。

在胚胎期每隔 30 min 取受精卵 500 粒, 仔鱼孵出后至 50 日龄则每天连续取样, 取样本数为 40 尾。MS-222 麻醉, 10 尾用于测量全长和眼径, 另 30 尾样品与所取受精卵用 Bouin's 液室温固定 24 h, 70%乙醇保存备用。取各个时期的受精卵 20 粒, 仔鱼 10 尾, 常规梯度乙醇脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋, 分别进行横、纵和水平 3 个方向的连续切片, 切片厚度 $5 \mu\text{m}$, H.E. 染色, 中性树胶封片, Nikon (YS100)显微镜观察和照相。用 Photoshop 软件进行图像的优化处理, 并以台微尺和目微尺校准图像。

收稿日期: 2011-02-16; 修回日期: 2011-03-28

基金项目: 中国科学院创新性前沿项目(KSCX2-YW-N-47-08); 国家农业科技成果转化资金项目(05EFN2166000453); 青岛市科技发展计划项目(05-1-HY-79)

作者简介: 何滔(1985-), 男, 重庆万州人, 博士, 讲师, 主要从事养殖生物学研究, 电话: 023-68251603, E-mail: hh1985@swu.edu.cn; 李军, 通信作者, 研究员, E-mail: junli@ms.qdio.ac.cn

2 结果

2.1 胚胎期

受精后 10.5 h 胚胎发育至原肠晚期, 此时随着脑原基的形成, 在其两侧各出现一个视杯(眼原基), 由 5~6 层扁平细胞聚集而成(图 1-1)。

受精后 15.5 h 此时胚胎的各项器官均开始分化, 肌节形成。视杯不断生长, 体积变大, 形成原始的视网膜结构, 晶状体在其外表面出现, 由一堆紧密排

列的圆形细胞构成(图 1-2)。

受精后 20.5 h 心脏开始搏动, 胚胎进入心跳期。晶状体细胞不断增厚, 开始分化, 被一单层立方上皮细胞所包围。脉络膜裂在眼的腹面出现(图 1-3)。

受精后 22 h 胚胎发育至孵化期。随着脉络膜裂口的不断扩大, 角膜在裂口处形成, 由一单层的立方细胞构成。晶状体上皮细胞不断向内延长而形成纤维状结构, 呈螺旋状排列。随着晶状体与视网膜的分离, 前房和玻璃质腔均出现(图 1-4)。

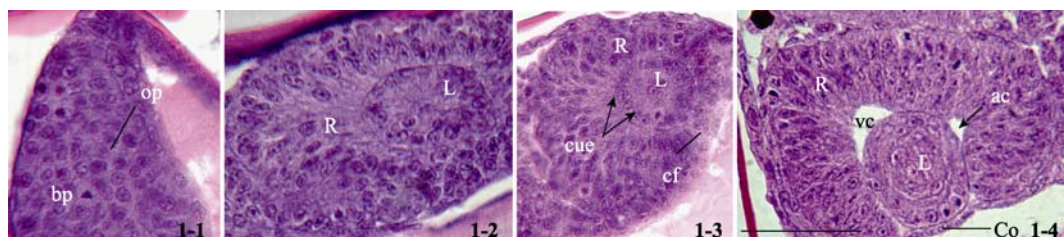


图 1 胚胎期眼的组织发育

Fig. 1 Histogenesis of the eye in embryonic development

1-1. 受精后 10.5 h 直线所示为视杯; 1-2. 受精后 15.5 h 晶状体形成; 1-3. 受精后 20.5 h 箭头所示为晶状体扁平上皮, 直线所示为脉络膜裂; 1-4. 受精后 22 h 箭头所示为前房, 直线所示为角膜; ac. 前房; bp. 脑原基; cf. 脉络膜裂; Co. 角膜; L. 晶状体; op. 视杯; R. 视网膜; cue. 立方上皮; vc. 玻璃质腔; 标尺=50 μ m

1-1. The optic vesicle firstly appeared at 10.5 h after fertilization; 1-2. The lens placodes were visible at 15.5 h after fertilization; 1-3. The choroid fissures were present at 20.5 h after fertilization; 1-4. The corneas were developed at 22 h after fertilization. ac. anterior chamber; bp. brain primordium; cf. choroid fissure; Co. cornea; cue. cuboidal epithelium; L. lens; op. optic vesicle; R. retina; vc. vitreous cavity; Bar=50 μ m

2.2 胚后期

初孵仔鱼 全长 2.42 mm \pm 0.11 mm, 受精卵经过 25 h 孵化出膜, 视网膜细胞开始分化, 其内侧的细胞变大而形成神经节细胞, 此层细胞着色较浅, 与外侧的视网膜深染细胞区分开来(图 2-1)。

1 日龄仔鱼 全长 3.41 mm \pm 0.08 mm, 眼径 0.08 mm \pm 0.01 mm, 视网膜外侧开始出现黑色素颗粒, 形成了色素层。在色素层与神经节细胞层之间, 出现了染色较浅、厚度较小的内网状层和染色较深、厚度较大的内核层。视神经清晰可见, 晶状体开始呈现嗜酸性(图 2-2)。角膜外围的立方上皮开始扁平化, 在内侧则出现一单层扁平细胞构成的薄膜, 即角膜内皮(图 2-3)。

2 日龄仔鱼 全长 3.53 mm \pm 0.08 mm, 眼径 0.18 mm \pm 0.02 mm, 视网膜色素层的黑色素颗粒大量增多, 着色明显。外网状层和外核层出现, 与内网状层和内核层相比其厚度较小。在色素层与外核层之间出现光感受器间隔, 其内可见少量的视杆和视锥细胞, 并分为内段和外段两部分, 色素层的色素颗粒扩展到光感受器间隔内, 遮蔽了其外段的结构(图 2-4)。巩膜形成, 由纤维组织和软骨组织构成, 并

与角膜相连将整个眼球包围(图 2-6)。紧贴在巩膜内面, 在视网膜色素层的外侧出现一些纤维状结构, 即脉络膜(图 2-4)。

3 日龄仔鱼 全长 3.500 mm \pm 0.144 mm, 眼径 0.22 mm \pm 0.02 mm, 在角膜与晶状体之间, 脉络膜开始向前延伸并形成一黑色的环形膜, 即为虹膜, 此时的虹膜仅具有单一色素层。晶状体不断增大, 除了外围的立方上皮细胞, 其内部的纤维则逐渐失去细胞结构, 而内部纤维层(嗜弱酸性)与外围上皮层(嗜弱碱性)的嗜色性差异明显并清晰可辨。光感受器间隔内的视杆和视锥细胞显著增多(图 2-5)。

5 日龄仔鱼 全长 3.56 mm \pm 0.09 mm, 眼径 0.25 mm \pm 0.02 mm, 虹膜色素层外侧出现一些纤维样组织, 分为两层, 由内向外依次为虹膜基质层和前缘层(图 2-6)。

6 日龄仔鱼 全长 3.84 mm \pm 0.13 mm, 眼径 0.27 mm \pm 0.03 mm, 视网膜上可见清晰的神经纤维层, 主要由神经节细胞的轴突构成。神经纤维与视网膜内表面平行排列, 并集束形成视神经。内界膜出现, 将神经纤维层与玻璃体分开。此时视网膜发育完善, 分化为 10 层, 由脉络膜一侧向内依次为色素层、视

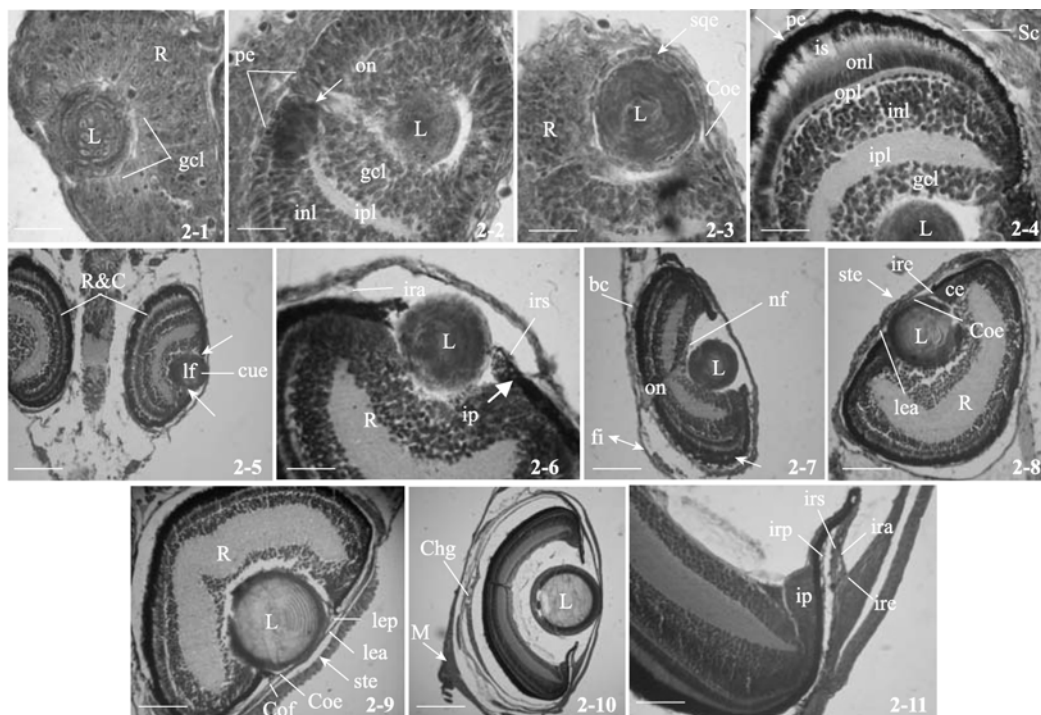


图 2 胚后期眼的组织发育

Fig. 2 Histogenesis of the eye in post-embryonic period

2-1. 初孵仔鱼. 直线所示区域为神经节细胞层, 标尺=20 μm; 2-2. 1 日龄仔鱼. 箭头所示为视神经, 直线所示为色素层, 标尺=20 μm; 2-3. 1 日龄时的角膜. 箭头所示为扁平上皮, 直线所示为角膜内皮, 标尺=20 μm; 2-4. 2 日龄仔鱼. 箭头所示为脉络膜, 直线所示为巩膜, 标尺=20 μm; 2-5. 3 日龄仔鱼. 箭头所示为虹膜, 直线所示为立方上皮, 标尺=80 μm; 2-6. 5 日龄仔鱼. 箭头所示为虹膜色素层, 直线所示分别为虹膜基质层和前缘层, 标尺=20 μm; 2-7. 6 日龄仔鱼. 双箭头所示为巩膜纤维, 单箭头所示为软骨组织, 直线所示为神经纤维层和脉络膜血细胞, 标尺=80 μm; 2-8. 11 日龄仔鱼. 箭头所示为角膜复层扁平上皮, 直线所示分别为前弹性膜、角膜内皮和虹膜内皮层, 标尺=80 μm; 2-9. 13 日龄仔鱼. 箭头所示为角膜复层扁平上皮, 直线所示分别为前弹性膜、纤维层、后弹性膜和角膜内皮, 标尺=80 μm; 2-10. 21 日龄仔鱼. 箭头所示为肌肉层, 直线所示为脉络膜腺, 标尺=200 μm; 2-11. 21 日龄虹膜结构, 标尺=80 μm; bc. 血细胞; Ca. 软骨组织; ce. 柱状细胞; Ch. 脉络膜; Chg. 脉络膜腺; Coc. 角膜内皮; Cof. 角膜纤维层; cue. 立方上皮; fi. 纤维; gcl. 神经节细胞层; inl. 内核层; ip. 虹膜色素层; ipl. 内网状层; ir. 虹膜; ira. 虹膜前缘层; ire. 虹膜内皮层; irp. 虹膜后缘层; irs. 虹膜基质层; is. 光感受器间隔; L. 晶体; lea. 前弹性膜; lep. 后弹性膜; lf. 晶体纤维层; M. 肌肉层; nf. 神经纤维; on. 视神经; onl. 外核层; opl. 外网状层; pe. 色素层; R. 视网膜; R&C. 视锥视杆细胞层; Sc. 巩膜; sqe. 扁平上皮; ste. 复层扁平上皮

2-1. The ganglion cell layer was observed in newly hatched larvae, Bar=20 μm; 2-2. The optic nerve was visible at 1 DAH (days after hatching), Bar=20 μm; 2-3. The cornea was differentiated at 1 DAH, Bar=20 μm; 2-4. The choroid and sclera were formed by 2 DAH, Bar=20 μm; 2-5. The iris appeared at 3 DAH, Bar=80 μm; 2-6. The iris at 5 DAH, Bar=20 μm; 2-7. The nerve fibre was observed at 6 DAH, Bar=80 μm; 2-8. The cornea was differentiated into three layers at 11 DAH, Bar=80 μm; 2-9. The cornea was well developed by five layers at 13 DAH, Bar=80 μm; 2-10. The choroid gland was visible at 21 DAH, Bar=200 μm; 2-11. The iris at 21 DAH, Bar=80 μm; bc. blood cell; Ca. cartilage; ce. columnar epithelium; Ch. choroid; Chg. choroid gland; Coc. cornea endothelium; Cof. cornea fibre; cue. cuboidal epithelium; fi. fibre; gcl. ganglion cell layer; inl. inner nuclear layer; ip. iris pigment; ipl. inner plexiform layer; ir. iris; ira. iris anterior; ire. iris endothelium; irp. iris posterior; irs. iris stroma; is. interphotoreceptor space; L. lens; lea. lamina elastica anterior; lep. lamina elastica porterior; lf. lens fibre; M. muscle; nf. nerve fibre; on. optic nerve; onl. outer nuclear layer; opl. outer plexiform layer; pe. pigment epithelium; R. retina; R&C. Rods and Cones; Sc. sclera; sqe. squamous epithelium; ste. stratified squamous epithelium

锥视杆层、外界膜、外核层、外网状层、内核层、内网状层、神经节细胞层、神经纤维层和内界膜。脉络膜上出现毛细血管, 可见少量血细胞(图 2-7)。

11 日龄仔鱼 全长 4.87 mm±0.15 mm, 眼径 0.32 mm±0.02 mm, 角膜继续分化, 外侧的扁平上皮开始分层, 逐渐发育成复层扁平上皮。在复层上皮与角膜内皮之间出现一层无细胞结构的薄膜, 即前弹

性膜(图 2-8)。角膜的内皮层细胞在虹膜处延伸, 形成虹膜内皮层。而虹膜色素层的细胞开始呈柱状结构。此时, 视网膜的内界膜内侧可见少量毛细血管, 用以供应视网膜内层组织的营养。

13 日龄仔鱼 全长 5.72 mm±0.68 mm, 眼径 0.34 mm±0.02 mm, 角膜的后弹性膜在前弹性膜与角膜内皮之间出现, 这层膜较前弹性膜薄, 但在角膜

与虹膜相连处(即虹膜角)有所增厚。在前后弹性膜之间出现了一些纤维样结构,即角膜纤维层,其与虹膜衔接(图 2-9)。此时角膜分化完全,由外向内依次为复层扁平上皮、前弹性膜、纤维层、后弹性膜和内皮层。

21 日龄仔鱼 全长 10.55 mm±0.82 mm, 眼径 0.80 mm±0.06 mm, 晶状体纤维层的 HE 染色由红变黄。在眼球的背后部, 脉络膜与视神经接近的区域出现一些血腺结构, 即脉络膜腺。眼球外围可见明显的肌纤维, 使得眼球的转动更加灵敏(图 2-10)。虹膜基质层可见肌纤维和黑色素细胞, 在基质层与色素层之间出现一层无细胞结构的薄膜, 即虹膜后缘层。虹膜完全分化, 由内向外依次为色素层、后缘层、基质层、前缘层和内皮层(图 2-11)。此时条石鲷眼的各个部分(巩膜、脉络膜、视网膜、晶状体、虹膜、角膜)均发育完善。

3 讨论

3.1 条石鲷眼的发育特点

条石鲷的视杯在胚胎发育到原肠晚期(受精后 10.5 h)时出现, 与河川沙塘鳢(*Odontobutis potamophila*)^[6]类似, 在所有感觉器官中发生最早。视网膜和晶状体在视觉成像中具有决定性作用, 故其发育也最早。在条石鲷眼的各个部分中, 视网膜和晶状体最早发生分化, 其次是角膜, 均在胚胎期就已开始发育, 而巩膜、脉络膜和虹膜则分别在 2、3 日龄出现; 在南方鲇(*Silurus meridionalis* Chen)^[16]的发育过程中, 视网膜和晶状体也最先发育, 角膜、脉络膜和巩膜的发育都很晚。

条石鲷仔鱼在 3 日龄时, 眼的各个组成部分(视网膜、晶状体、角膜、巩膜、脉络膜、虹膜)均已开始发育, 为此时仔鱼的开口摄食提供了必备的视觉基础。13 日龄, 角膜分化完善, 条石鲷眼对外界的刺激更加敏感, 其视觉成像能力也更加精确, 仔鱼在水体中开始较频繁的垂直运动。21 日龄, 虹膜发育完善, 此时条石鲷的眼分化完全。随着视觉器官的发育完善, 条石鲷仔鱼在水体中不再集群, 分布较均匀, 摄食旺盛并有追逐和自残现象发生, 此时应适当分苗以减少苗种损失。真鲷(*Pagrosomus major*)^[17]、黑鲷(*Sparus macrocephalus*)^[18]和花鲈(*Lateolabrax japonicus*)^[19]仔鱼的开口摄食也都建立在视觉功能开始实施的基础上。

大多数软骨鱼类的视觉器官中都存在眼柄结构,

比如施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)^[15]等, 条石鲷属硬骨鱼类, 未发现有眼柄这一特殊的软骨结构。

3.2 条石鲷视网膜的结构特点

视网膜在视觉形成过程中起重要作用, 视觉信息通过视网膜形成视觉神经冲动, 沿着视路传递到视觉中枢而形成视觉。在硬骨鱼类中, 视网膜可分为 8 层^[20]或 10 层结构^[21]。观察发现条石鲷的视网膜为 10 层结构: 色素层、视锥视杆层、外界膜、外核层、外网状层、内核层、内网状层、神经节细胞层、神经纤维层和内界膜。斑马鱼(*Brachydanio rerio*)^[1]、河川沙塘鳢^[6]、南方鲇^[16]、真鲷^[17]、黑鲷^[18]和花鲈^[19]的视网膜中均可见以上 10 层结构, 而作为软骨鱼类的施氏鲟^[15], 仅可见 8 层结构, 而缺少内、外界膜结构。

2 日龄, 感光细胞(视杆和视锥细胞)出现在条石鲷的视网膜上, 为其 3 日龄的开口摄食提供了必备的视觉基础。条石鲷的视网膜在 6 日龄时分化完全, 为 10 层结构。随着视网膜发育的完善, 条石鲷仔鱼也开始呈现出较强的趋光和集群性。真鲷^[17]和黑鲷^[18]在 3 日龄(孵出后 60 h)时视网膜就分化为 10 层; 而作为淡水鱼类的河川沙塘鳢^[6]和南方鲇^[16], 其视网膜的完全分层则分别在 16 日龄(受精后 376 h)和 18 日龄, 相对海水鱼类分化较晚。而喜生活在河口咸淡水处的花鲈^[19], 其视网膜分化发育更早, 在 1 日龄(孵出后 20 h)其结构就已完全分化为 10 层。

参考文献:

- [1] 王子仁, 常城, 白雪涛. 斑马鱼(*Brachydanio rerio*)视网膜正常结构的定量研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1994, 30(4): 102-107.
- [2] 魏开建, 张海明. 鳊鱼视网膜发育的组织学研究[J]. 华中农业大学学报, 1996, 15: 263-269.
- [3] 马爱军, 王新安, 庄志猛, 等. 半滑舌鳎仔、稚鱼视网膜结构与视觉特性[J]. 动物学报, 2007, 53(2): 354-363.
- [4] 柴毅, 谢从新, 危起伟, 等. 中华鲟视网膜早期发育及趋光行为观察[J]. 水生生物学报, 2007, 31: 920-922.
- [5] 王念民, 刘建丽, 王炳谦, 等. 施氏鲟仔鱼眼的组织学观察[J]. 水产学杂志, 2006, 19: 20-25.
- [6] 胡先成, 赵云龙. 河川沙塘鳢视觉器官的发育及其与摄食的关系[J]. 动物学杂志, 2007, 42(5): 41-48.
- [7] 朱元鼎. 福建鱼类志(下卷)[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1985: 254-255.
- [8] Nam Y K, Cho Y S, Choi B N, et al. Alteration of an-

- tioxidant enzymes at the mRNA level during short-term starvation of rock bream *Oplegnathus fasciatus*[J]. Fisheries Science, 2005, 71: 1385-1387.
- [9] Cho Y S, Choi B N, Kim K H, et al. Differential expression of Cu, Zn superoxide dismutase mRNA during exposures to heavy metals in rock bream *Oplegnathus fasciatus*[J]. Aquaculture, 2006, 253: 667-679.
- [10] Choi S K, Kwon S R, Nam Y K, et al. Organ distribution of red sea bream iridovirus (RSIV) DNA in asymptomatic yearling and fingerling rock bream (*Oplegnathus fasciatus*) and effects of water temperature on transition of RSIV into acute phase[J]. Aquaculture, 2006, 256: 23-26.
- [11] 肖志忠, 郑炯, 于道德, 等. 条石鲷早期发育的形态特征[J]. 海洋科学, 2008, 32(3): 25-30.
- [12] 何滔, 肖志忠, 刘清华, 等. 条石鲷鳃器官早期发育的组织学观察[J]. 海洋科学, 2010, 33(12): 8-13
- [13] He T, Xiao Z Z, Liu Q H, et al. Stages of rock bream *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel 1844): embryonic development[J]. Aquaculture Research, 2011, 42(12): 1764-1777.
- [14] He T, Xiao Z Z, Liu Q H, et al. Ontogeny of the digestive tract and enzymes in rock bream *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel 1844) larvae[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2011, 38(2): 297-308.
- [15] 肖志忠, 肖永双, 马道远, 等. 基于线粒体DNA部分片段探讨条石鲷与斑石鲷的亲缘关系[J]. 海洋学报(中文版), 2011, 33(5): 115-123
- [16] 敖磊. 南方鲇嗅觉和视觉器官结构及发育的研究[D]. 重庆: 西南师范大学, 2002.
- [17] 刘晓春, 何大仁, 李大勇. 真鲷视网膜和视网膜运动反应的发育[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1994, 33(6): 857-861.
- [18] 单保党, 何大仁. 黑鲷视觉发育与摄食的关系[J]. 台湾海峡, 1995, 14(2): 169-174.
- [19] 王小平, 单保党, 洪万树, 等. 花鲈视觉发育与摄食行为的关系[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1999, 38(2): 323-327.
- [20] 秉志. 鲤鱼组织[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 38-41, 131-133.
- [21] 孟庆闻, 苏锦祥, 李婉端. 鱼类比较解剖[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 335-344.

Histological observation of eye ontogeny in rock bream larvae (*Oplegnathus fasciatus*)

HE Tao^{1, 2}, XIAO Zhi-zhong¹, LIU Qing-hua¹, MA Dao-yuan¹, XU Shi-hong¹, XIAO Yong-shuang¹, LI Jun¹

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Southwest University, College of Animal Science and Technology, Chongqing 400715, China)

Received: Feb., 16, 2011

Key words: rock bream; ontogeny; eye; histology

Abstract: Based on the histological observation under optical microscope, we studied the ontogeny of eyes in rock bream. The results showed that at 24°C±1.0°C, the optic vesicle appeared at 10.5 h after fertilization, and the lens was visible at 15.5 h after fertilization. As the choroid fissures widened, the cornea was developed in the site at 22 h after fertilization. At 2 DAH (days after hatching), the choroid and sclera were formed, and the iris was present at 3 DAH. At 6 DAH, the retina was well developed and consisted of pigment epithelium, rods and cones layer, external limiting membrane, outer nuclear layer, outer plexiform layer, inner nuclear layer, inner plexiform layer, ganglion cell layer, nerve fibre layer and internal limiting membrane. At 13 DAH, the cornea was well differentiated, and consisted of stratified squamous epithelium, lamina elastica anterior, fibre layer, lamina elastica posterior and endothelium. At 21 DAH, the iris was well developed and consisted of pigment layer, iris posterior, stroma, iris anterior and endothelium. At this time, the eyes of rock bream were developed completely.

(本文编辑: 谭雪静)