

# 波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)的胚胎发育 及初孵仔鱼的形态观察\*

陈猛猛 骆剑 陈国华<sup>①</sup> 文鑫 吴光灿 李文深 韩玉龙

(海南大学海洋学院 热带生物资源教育部重点实验室 海口 570228)

**摘要** 波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)是世界著名的濒危礁栖鱼类,具有特殊的生物学特性和较高的经济价值。本研究对波纹唇鱼的胚胎发育及初孵仔鱼的形态进行了观察,将其全过程划分为胚盘形成、卵裂、囊胚、原肠-神经胚、器官发生和孵化6个阶段,共26个发育时期。波纹唇鱼的受精卵为无色透明的浮性卵,圆球形,卵径为(635.6±50.0) μm,具油球1个,其卵径显著小于多数海水鱼类。在水温27.7-29.0℃、盐度30的条件下,受精卵历时15 h 30 min 孵出仔鱼。初孵仔鱼全长为(1305.5±50.0) μm,卵黄囊前部长于仔鱼头部,且油球位于卵黄囊的最前端。结果显示,波纹唇鱼卵子较小,胚胎发育较快,其较快的胚胎发育与较小的初孵仔鱼可能是导致胚后发育阶段死亡率较高的主要原因。

**关键词** 波纹唇鱼; 胚胎发育; 卵径; 神经板; 初孵仔鱼

**中图分类号** S917 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)05-0038-07

波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)属鲈形目、隆头鱼科、唇鱼属,又称苏眉鱼、拿破仑鱼,主要分布在非洲东岸、红海、印度洋以及太平洋等海域(Sadovy *et al.*, 2003),在我国主要分布在东海的南部,台湾附近海域以及海南等南海海域(沈世杰, 1993)。波纹唇鱼是体型最大的珊瑚礁鱼类、高级经济食用鱼类(Choat *et al.*, 1994),由于过度捕捞而濒临绝种,被列入CITES《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录II和IUCN(国际自然保护联盟)濒危动物红皮书。波纹唇鱼是一种社会性性逆转鱼类,是研究繁殖生物学的理想材料。国外学者对波纹唇鱼的资源分布(Sadovy *et al.*, 2003)、性逆转现象(Sluka, 2005)、栖息环境(Choat *et al.*, 2006)、人工繁殖(Dorenbosch *et al.*, 2006)等有报道,周丽青等(2010)对波纹唇鱼染色体与核型进行了研究, Hu 等(2013)报道了其微卫星分子标记,王永波等(2010)对其消化道黏液细胞进行了研究。

鱼类的早期生活史包括胚胎、仔鱼和稚鱼发育期,主要研究受精卵的特性及孵化、仔稚鱼生理和生

态习性(开口饵料、营养需求和饵料密度等因子),是保护鱼类野生资源增殖和人工养殖业种苗培育的基础。胚胎发育作为鱼类早期生活史的第一环节,对仔稚鱼的生长发育具有理论指导意义。唇鱼属鱼类有10余种,分布广泛,尚未见有关胚胎发育的报道。波纹唇鱼作为珊瑚礁生态系统中的稀有物种,本研究通过对其胚胎发育过程的观察,以期了解波纹唇鱼繁殖生理,为物种的保护与资源开发利用等提供基本参考资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 亲鱼来源及培育

试验用波纹唇鱼亲鱼来自于海南三亚港渔排网箱人工暂养的野生个体。试验群体亲鱼16条,体重及特征见表1。亲鱼培育从2014年4月1日开始,选择海南三亚凤凰岛附近海域作为培育地点,海区水质条件良好,光照强度5000 lx、溶解氧6 mg/L左右、

\* 国家“863”项目(2012AA10A414)和海南省重大专项(ZDZX2013009)共同资助。陈猛猛, E-mail: chfzeng8751@aliyun.com

<sup>①</sup> 通讯作者: 陈国华, 教授, E-mail: chguh3240@aliyun.com

收稿日期: 2014-11-08, 收修改稿日期: 2015-02-06

表 1 试验用波纹唇鱼的性别、外形特征、重量及数量

Tab.1 Male and female, external physical characteristics, weight and quantity of *C. undulatus* in the test

性别 Sex	外表特性 Appearance characteristics	重量 Weight(kg)	数量 Quantity(ind.)
雌性 Female	呈橄榄色, 隆头不明显	5.0-15.0	11
雄性 Male	呈蓝绿色, 隆头明显	15.0-35.0	5

pH 值 8.0-8.2、水温 25-31℃、透明度 2.5-3.0 m、盐度 28-32。亲鱼放入网箱后当天不投喂, 次日开始强化培育。投喂的饵料有鲮科鱼类、螃蟹和对虾等。每天从 09:00 开始投喂, 每隔 2 h 投喂 1 次, 每次投喂量以亲鱼不再摄食为止。具体投喂方法: 将新鲜(冰冻)鲮科鱼类用干净淡水冲洗后投喂, 投喂遵循先快后慢的原则, 直到所有亲鱼不再摄食为止。培育至 5 月 10 日, 雌鱼腹部逐渐隆起, 改投鱿鱼和虾进行强化培育, 5 月 21 日亲鱼产卵。

## 1.2 亲鱼繁殖及受精卵的获得

本试验亲鱼为人工培育条件下自然交配产卵, 持续观察亲鱼发情追逐行为, 一旦产卵, 立即用 200 目纱绢网打捞。

## 1.3 受精卵的孵化与胚胎发育的观察

将捞到的卵放置在装有干净海水的 500 L 的孵化桶中充气, 海水盐度 30, 水温 27.7-29.0℃。随机取部分受精卵, Nikon MODEL YS100 光学显微镜(放大 40 倍)观察其受精发育状况。每次观察 20 颗发育正常的胚胎, 当有 50% 的胚胎发育到某一时期, 则认定为胚胎发育到该时期。描述并记录不同胚胎发育阶段的特征, 并用 Nikon 相机及时拍照。

## 1.4 卵径的测量及胚胎发育总积温的计算方法

显微镜下用测微尺测量受精卵卵径等数据(最小刻度为 0.01 mm)。胚胎发育总积温的计算: 胚胎发育总积温( $H \cdot ^\circ C$ )=胚胎发育全过程的时间(h)×水温( $^\circ C$ )。

## 1.5 初孵仔鱼的生物学特性及活力

显微镜下测量初孵仔鱼的全长、卵黄囊长径和短径, 用 1000 ml 烧杯取 20 尾初孵仔鱼, 观察其活力。

## 1.6 数据处理

受精卵和初孵仔鱼的可量性状数据以平均值±标准差( $\bar{x} \pm SD$ )表示。

## 2 结果

### 2.1 波纹唇鱼强化培育、繁殖方式及受精卵情况

经过 30 d 的强化培育, 所有雌性个体的腹部膨

胀明显, 说明该亲鱼培育方法可行。强化培育的亲鱼 2014 年 5 月 21 日 15:30 进入发情期, 最大雄性个体不断驱逐另外 3 尾雌鱼, 直至赶至网箱角落表层。此后, 雄性最大个体开始追逐其中一条性腺发育较好的雌鱼(腹部膨胀明显), 持续追逐一段时间后, 16:40 双方游至水面, 尾部剧烈抖动 1-2 s 后繁殖行为结束, 可看到烟雾状的卵子和精子产出, 在水中弥散。此时立刻用 200 目的纱绢网打捞。共捞到卵约 10 g 左右, 镜检发现胚盘尚未形成, 持续观察到 16:52, 90% 的卵形成胚盘, 确定该批卵为正常受精卵。发现波纹唇鱼受精卵浮性, 呈圆形, 无色透明, 平均卵径为( $635.6 \pm 50.0$ )  $\mu m$ 。植物极有单一的油球, 静止状态下植物极朝上浮于水面, 油球的平均直径为( $117.7 \pm 50.0$ )  $\mu m$ 。

### 2.2 胚胎发育

受精卵在盐度 30.0、温度 27.7-29.0℃范围内的海水中孵化, 15 h 30 min 后, 开始有仔鱼孵化出膜。整个胚胎发育所需总积温为 424.7-444.7℃·h, 波纹唇鱼胚胎发育时序见表 2。

**2.2.1 胚盘形成** 波纹唇鱼的受精卵(图版 I-1)受精后 22 min, 卵质由植物极流向动物极并形成盘状突起, 称胚盘隆起(图版 I-2)。

**2.2.2 卵裂阶段** 受精后 32 min, 进行第 1 次卵裂, 胚盘中央由外向内缢裂为均等的两个分裂球(图版 I-3); 受精后 45 min-1 h 15 min, 进行了第 2-6 次分裂(图版 I-4-图版 I-8), 每一次形成的分裂面均与上一次的分裂面垂直。随着胚盘的分裂, 受精后 1 h 40 min, 分裂球小而多, 细胞之间的分界面不规则, 此时为多细胞期(图版 I-9)。受精后 2 h 19 min, 分裂球越分越小, 整体呈桑葚状, 进入桑葚胚期(图版 I-10)。

**2.2.3 囊胚阶段** 受精后 3 h 5 min, 分裂球更小, 细胞界限模糊不清, 由许多分裂球组成的囊胚层高举在卵黄上呈高帽状, 此时进入高囊胚期(图版 I-11)。随着胚层细胞不断分裂, 囊胚层表面细胞逐渐向下包, 细胞排列更紧密, 胚层高度下降, 囊胚腔可见, 进入低囊胚期(图版 I-12)。

**2.2.4 原肠-神经胚阶段** 低囊胚之后, 胚层细胞继续下包, 受精后 5 h 15 min, 胚层细胞抵达植物极卵黄 1/3 处, 胚环和胚盾出现, 此时为原肠早期(图版 I-13)。原肠作用继续进行, 受精后 6 h 10 min, 胚层细胞下

包卵黄达 2/3 时, 胚盾明显加长, 进入原肠中期, 从表面看, 发现此时胚盾的外胚层已分化出锥形的神经板(图版 I -14)。7 h 5 min, 隆起的胚盾不断向前推移, 下包卵黄 3/4, 进入原肠末期, 此时出现明显的神经板结构, 外观上前端宽钝而后端窄(图版 I -15)。发育到 8 h 10 min, 胚层细胞几乎下包整个卵黄, 神经板进一步发育, 形成圆筒形的神经管, 此时为神经胚期(图版 I -16)。此阶段, 由于在原肠中期已经出现神经板结构, 到原肠末期神经板结构已经完善, 故本研究将原肠期和神经胚期合称为原肠-神经胚阶段, 以表明其胚胎发育特点。

**2.2.5 器官发生阶段** 胚体发育至 8 h 55 min 进入眼基形成期(图版 I -17), 在胚体头部两侧出现 1 对肾形突起, 即眼的原基。受精后 9 h 20 min, 胚体中部出现 5 对体节, 尾部出现一空泡状结构, 为克氏泡, 此时为体节形成期(图版 I -18)。受精后 10 h 0 min 进

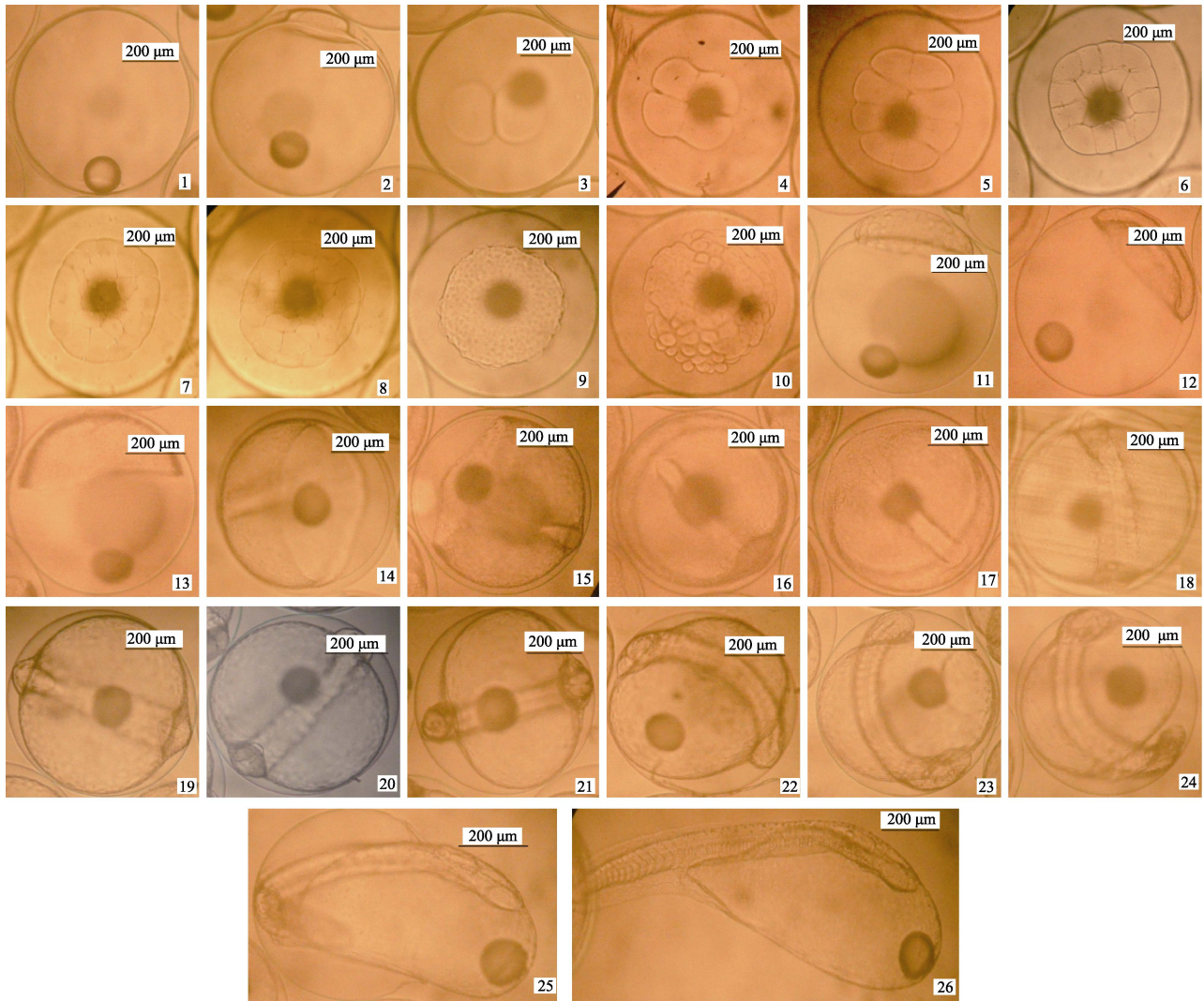
入眼囊期, 胚体头部形成长椭圆形的眼囊(图版 I -19)。距受精 10 h 29 min 进入尾芽期, 在胚体尾部, 圆锥形的尾芽形成并逐渐与卵黄囊分开(图版 I -20)。11 h 0 min, 在视杯口出现圆形的晶体, 胚体头部隆起明显, 脑可见, 此时为晶体形成期(图版 I -21)。受精后 11 h 23 min, 胚体开始表现出微弱的肌肉收缩, 肌节 12 对, 脑很清楚, 为肌肉效应期(图版 I -22)。随着发育的进行, 12 h 35 min 时, 在脊索前, 卵黄囊的前上方, 形成一串细胞即心脏原基, 此时为心脏形成期(图版 I -23)。在 13 h 6 min, 进入心跳期(图版 I -24), 心脏呈管状, 搏动有力。受精后 15 h 20 min, 胚胎的尾部间歇性剧烈摆动, 胚胎的头部率先出膜, 此为出膜期(图版 I -25), 15 h 30 min, 胚胎完全出膜, 尾部拉长, 头部在卵黄囊的后上方, 油球位于卵黄囊的前方, 此时为初孵仔鱼(图版 I -26)。

**2.2.6 初孵仔鱼的生物学特性及活力** 光学显微

表 2 波纹唇鱼胚胎发育全程(27.7-29.0℃)

Tab.2 Embryonic development schedule of *C. undulatus* (27.7-29.0℃)

受精后时间 Time after fertilization	胚胎发育时期 Embryonic development stage	发育特征 Developmental characteristics	图版 Plate
0	受精卵 Zygote	圆球形, 植物极具有 1 个光泽的油球	I -1
22 min	形成胚盘 Blastoderm formation	动物极的原生质向外凸起形成胚盘	I -2
32 min	2 细胞 2-cell	胚盘中央由外向内缢裂为相等的两个细胞	I -3
45 min	4 细胞 4-cell	在第 1 次分裂沟垂直的方向上进行第 2 次分裂	I -4
58 min	8 细胞 8-cell	与第 1 次分裂沟平行的方向上进行第 3 次卵裂	I -5
1 h 9 min	16 细胞 16-cell	经第 4 次分裂, 形成 16 个体积较小的细胞	I -6
1 h 15 min	32 细胞 32-cell	分裂面开始无序, 整个胚盘渐显圆形	I -7
1 h 28 min	64 细胞 64-cell	细胞间的分裂面更密, 有明显的分层现象	I -8
1 h 40 min	多细胞期 Multi-cell	细胞体积更小, 形成细胞团	I -9
2 h 19 min	桑葚胚期 Morula	细胞之间的缢裂面明显, 细胞团似桑葚球状	I -10
3 h 5 min	高囊胚 High blastaea	胚层与卵黄囊的分界面清晰可见, 呈帽状	I -11
4 h 8 min	低囊胚 Low blastaea	帽状胚盘高度下降, 有下包卵黄囊的趋势, 囊胚腔明显	I -12
5 h 15 min	原肠早期 Early archenteron	胚盘表面细胞下包卵黄囊, 背唇呈新月形, 胚环出现	I -13
6 h 10 min	原肠中期 Mid archenteron	胚层继续下包 2/3, 胚盾明显变长, 出现神经板锥形	I -14
7 h 5 min	原肠末期 Late archenteron	胚层下包卵黄 3/4, 胚盾变得更长, 神经板结构明显	I -15
8 h 10 min	神经胚期 Neurula stage	脊索可见, 神经胚头部明显膨大	I -16
8 h 55 min	眼基出现期 Primary eye appeared	胚体头部两侧, 出现 1 对半月形突起	I -17
9 h 20 min	肌节出现期 Myomere appeared	在胚体中部出现 5 对体节, 克氏泡出现	I -18
10 h 0 min	眼囊期 Optic vesicle stage	在视囊的后方出现 1 对听囊	I -19
10 h 29 min	尾芽期 Tail bud stage	胚体尾部逐渐与卵黄分离, 呈圆锥形	I -20
11 h 0 min	晶体出现期 Eye crystal appeared	在视杯口出现圆形的晶体, 胚体头部变大	I -21
11 h 23 min	肌肉效应期 Muscular contraction	胚胎开始表现微弱的肌肉收缩, 肌节 12 对	I -22
12 h 35 min	心脏出现期 Heart appeared	在脊索前, 形成一连串细胞, 即心脏原基	I -23
13 h 6 min	心跳期 Heartbeat stage	心脏呈管状, 搏动明显	I -24
15 h 20 min	孵化期 Hatching period	头部和胸部已出膜, 油球位于卵黄囊前端	I -25
15 h 30 min	初孵仔鱼 Newly-hatched larvae	胚胎破膜而出, 尾拉长, 头部膨大	I -26

图版 I 波纹唇鱼的胚胎发育时序及初孵仔鱼 ( $\times 40$ )Plate I Embryonic development and newly-hatched larvae of *C. undulatus* ( $\times 40$ )

1. 受精卵; 2. 胚盘隆起; 3. 2 细胞期; 4. 4 细胞期; 5. 8 细胞期; 6. 16 细胞期; 7. 32 细胞期; 8. 64 细胞期;
  9. 多细胞期; 10. 桑葚期; 11. 高囊胚; 12. 低囊胚; 13. 原肠早期; 14. 原肠中期; 15. 原肠末期; 16. 神经胚期;
  17. 眼基出现期; 18. 肌节出现期; 19. 眼囊期; 20. 尾芽期; 21. 晶体出现期; 22. 肌肉效应期; 23. 心脏形成期;
  24. 心跳期; 25. 孵化期; 26. 初孵仔鱼
1. Zygote; 2. Protuberant blastoderm; 3. 2-cell stage; 4. 4-cell stage; 5. 8-cell stage; 6. 16-cell stage; 7. 32-cell stage;
  8. 64-cell stage; 9. Multi-cell stage; 10. Morula stage; 11. High blastula; 12. Low blastula; 13. Early gastrula stage;
  14. Middle gastrula stage; 15. Late gastrula stage; 16. Neural embryo stage; 17. Appearance of primary eye;
  18. Myomere appeared; 19. Optic stage; 20. Tail-bud stage; 21. Crystal stage; 22. Muscular contraction;
  23. Formation of heart; 24. Heart pulsation stage; 25. Hatching stage; 26. Newly-hatched larvae

镜下观察, 初孵仔鱼胚体明显, 身体的前下方有一个大的椭圆形透明卵黄囊, 油球位于卵黄囊的最前端(图版 I -26)。测得初孵仔鱼的全长为 $(1305.5 \pm 50.0) \mu\text{m}$ , 卵黄囊长径为 $(1108.7 \pm 50.0) \mu\text{m}$ 、短径为 $(370.4 \pm 50.0) \mu\text{m}$ , 油球直径为 $(109.5 \pm 50.0) \mu\text{m}$ 。用 1000 ml 的烧杯取 20 尾初孵仔鱼肉眼观察, 初孵仔鱼头部向上, 侧躺悬浮于水体中, 偶尔尾部颤动做丫丫运动, 活力良好。

### 3 讨论

#### 3.1 波纹唇鱼胚胎发育的特征

波纹唇鱼的胚胎发育符合一般硬骨鱼类胚胎发育特点(麦贤杰等, 2005), 但其胚胎发育过程中也具有该物种特有的发育现象: 原肠中期出现神经胚的雏

形,到原肠末期神经胚结构已经很明显。初孵仔鱼的卵黄囊位于其头部的前方,且油球位于卵黄囊的前端,这与同为礁栖性石斑鱼属的鱼类不同(图版 I -26)。

### 3.2 胚胎发育的速度

鱼卵的大小一般用其直径来表示,殷名称(1991)认为在鱼类早期生活史中,鱼卵的大小对其个体发育具有生态意义。鱼卵的大小对其发育速度有明显影响,卵径越大,其发育速率一般越慢。孵化天数( $I$ )与卵径( $D$ )的关系式为: $D=0.101I+0.67$ 。与许多珊瑚礁鱼类相比较,波纹唇鱼的卵径小,其胚胎发育速度较快,其所需总积温为 424.7–444.7 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ ,而在相近条件下,对比了 7 种石斑鱼属的鱼,包括豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)(王永波等, 2009)、云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)(宋振鑫等, 2012)、点带石斑

鱼(*Epinephelus malabaricus*)(邹记兴等, 2003)、棕点石斑鱼(*Epinephelus fuscoguttatus*)(林彬等, 2010)、驼背鲈(*Cromileptes altivelis*)(区又君, 2006)、斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)(周立斌等, 2006)及鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*)(周玲等, 2010)的卵径、发育温度、胚胎发育所需时间及有效积温(表 3)。

波纹唇鱼与多种珊瑚礁鱼类相比较,其卵裂、囊胚以及原肠前中期的发育速率相近。而原肠中后期开始至出膜阶段,波纹唇鱼发育速率明显加快,表现在原肠中后期神经板已经形成(图版 I -15),而其他种类的神经板均在胚层下包整个卵黄后进入神经胚期才清晰可见。波纹唇鱼的卵径较小,使得卵裂期、囊胚期、原肠期以及神经胚期等时期的发育时间相对缩短,从而整个胚胎发育的速率相对加快。在发育环境条件相近的情况下,神经板在胚胎发育过程中出现的时间见表 4。

表 3 8 种礁栖鱼类受精卵的直径、胚胎发育过程的温度与发育所需时间

Tab.3 Fertilized egg diameter, temperature and time needed of embryonic development in 8 fish species

种类 Species	受精卵直径 Diameter of fertilized egg (mm)	发育温度 Development temperature( $^{\circ}\text{C}$ )	胚胎发育所需时间 Time for embryonic development	有效积温 Effective accumulated temperature( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ )
波纹唇鱼 <i>C. undulatus</i>	0.63±0.05	27.5–29.0	15 h 30 min	424.7–444.7
豹纹鳃棘鲈 <i>P. leopardus</i>	0.82±0.02	30.0–30.1	16 h 32 min	510.0–511.7
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	0.91±0.02	21.8–22.2	40 h 37 min	882.9–899.1
点带石斑鱼 <i>E. malabaricus</i>	0.76	25.0–27.6	21 h 0 min	525.0–579.6
棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	0.82±0.02	27.0–28.0	21 h 16 min	594.0–616.0
驼背鲈 <i>C. altivelis</i>	0.81	25.0–27.0	24 h 10 min	600.0–648.0
斜带石斑鱼 <i>E. coioides</i>	0.78±0.16	25.0–28.0	25 h 40 min	625.0–700.0
鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	0.85	27.0–28.0	25 h 40 min	702.0–728.0

表 4 8 种礁栖鱼类的神经胚出现时间

Tab.4 Epoch of neural plate in 8 coral reef fish species

种类 Species	神经胚出现时间 Epoch of neural plate(h)
波纹唇鱼 <i>C. undulatus</i>	7
豹纹鳃棘鲈 <i>P. leopardus</i>	9
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	18
点带石斑鱼 <i>E. malabaricus</i>	10
棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	8
斜带石斑鱼 <i>E. coioides</i>	10
驼背鲈 <i>C. altivelis</i>	9
鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	9

### 3.3 初孵仔鱼的生物学特征对其胚后发育的影响

本研究中,波纹唇鱼初孵仔鱼卵黄囊呈长椭圆形,位于仔鱼身体前下方,油球位于卵黄囊的最前端

(图版 I -26)。其他一些种类的珊瑚礁鱼类初孵仔鱼的卵黄囊一般不超过头部位置,且油球位于卵黄囊中部或后端,如点带石斑鱼(陈国华等, 2001)、七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)(区又君等, 2013)、赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)(刘付永忠等, 2001)以及斜带石斑鱼(张海发等, 2006)等。波纹唇鱼初孵仔鱼在开口之前是头部向上悬浮在水中,这种特殊的现象可能对后期的发育具有重要的意义。殷名称(1991)研究认为,初孵仔鱼的存活率与鱼卵的大小有关,卵径大的卵子卵黄相对较多,延长了其内源性营养向外源性营养转化的时间,有利于仔鱼的存活。再者,初孵仔鱼的大小也与卵径的大小相关。初次开口的仔鱼体长  $L$  (mm)与卵径  $D$  (mm)之间存在关系式: $L=4D$ 。个体大的仔鱼,主动摄食能力和逃避敌害的能力强,从而成活率高。波纹唇鱼初孵仔鱼的全长为(1.32±0.05) mm,小于斜带石斑鱼初孵仔鱼的全长(1.78±0.07) mm、七带

石斑鱼的全长(1.36±0.09) mm、棕点石斑鱼的全长(1.81±0.12) mm 以及云纹石斑鱼的全长(1.74±0.12) mm 等珊瑚礁栖鱼类。仔鱼个体小, 其口裂相对也小, 因而需要更小的开口饵料, 理论上其从内源性营养到外源性营养转化困难, 导致仔鱼期成活率低。本研究后期经过 4 次工厂化水泥池育苗, 均未能成功突破其内源性营养向外源性营养转化难题, 证明了上述观点。

## 参 考 文 献

- 王永波, 陈国华, 王珺, 等. 波纹唇鱼消化道黏液细胞的类型与分布. 渔业科学进展, 2010, 31(5): 22–28
- 王永波, 陈国华, 林彬, 等. 豹纹棘鲷胚胎发育的初步观察. 海洋科学, 2009, 33(3): 21–26
- 区又君. 驼背鲈的胚胎发育. 海洋科学, 2006, 30(8): 17–19
- 区又君, 廖光勇, 李加儿, 等. 七带石斑鱼仔稚鱼的形态发育和生长特征. 应用海洋学学报, 2013, 32(4): 549–556
- 刘付永忠, 王云新, 黄国光, 等. 自然产卵的赤点石斑鱼胚胎及仔鱼形态发育研究. 中山大学学报(自然科学版), 2001, 40(1): 81–84
- 麦贤杰, 黄伟健, 叶富良, 等. 海水鱼类繁殖生物学与人工繁殖. 北京: 海洋出版社, 2005, 49–52
- 邹记兴, 常林, 向文洲, 等. 点带石斑鱼的亲鱼培育、产卵受精和胚胎发育. 水生生物学报, 2003, 27(4): 378–384
- 沈世杰. 台湾鱼类志. 台北: 台湾大学动物学系, 1993, 444–456
- 宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼胚胎发育及仔、稚、幼鱼形态观察. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 26–34
- 张海发, 刘晓春, 刘付永忠, 等. 斜带石斑鱼胚胎及仔稚幼鱼形态发育. 中国水产科学, 2006, 13(5): 689–699
- 陈国华, 张本. 点带石斑鱼仔、稚、幼鱼的形态观察. 海南大学学报(自然科学版), 2001, 19(2): 151–156
- 林彬, 黄宗文, 骆剑, 等. 棕点石斑鱼胚胎发育的观察. 海南师范大学学报(自然科学版), 2010, 23(1): 87–92
- 周立斌, 邓妹芳, 张海发, 等. 斜带石斑鱼亲鱼培育和胚胎发育的研究. 惠州学院学报(自然科学版), 2006, 26(6): 36–41
- 周丽青, 杨爱国, 吴彪, 等. 波纹唇鱼染色体制备及核型的初步研究. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 54–58
- 周丽青, 杨爱国, 吴彪, 等. 波纹唇鱼染色体制备及核型的初步研究. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 54–58
- 周玲, 翁文明, 李金亮, 等. 鞍带石斑鱼胚胎发育及仔鱼形态发育、饵料转变的观察研究. 中国农学通报, 2010, 26(1): 293–302
- 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展. 水产学报, 1991, 15(4): 348–358
- Choat JH, Bellwood DR. Wrasses and parrotfishes. In: Paxton JR and Eschmeyer WN(eds.), Encyclopedia of Fishes. University of New South Wales Press, Sydney, 1994, 211–215
- Choat JH, Davis CR, Ackerman JL, et al. Age structure and growth in a large teleost, *Cheilinus undulatus*, with a review of size distribution in labrid fishes. Mar Ecol Prog Ser, 2006, 318(1): 237–246
- Dorenbosch M, Grol MGG, Nagelkerken I, et al. Seagrass beds and mangroves as potential nurseries for the threatened Indo-Pacific humphead wrasse, *Cheilinus undulatus* and Caribbean rainbow parrotfish, *Scarus guacamaia*. Biol Conserv, 2006, 129(2): 277–282
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. Electronic version available on: <http://www.redlist.org>
- Hu J, Zhu XP, Luo J, et al. Development and characterization of microsatellite loci in a threatened marine fish, *Cheilinus undulatus* (humphead wrasse). Genet Mol Res, 2013, 12(3): 2633–2636
- Parties to the Convention on International Trade in Endangered Species (CITES). Electronic version available on: <http://www.cites.org>
- Sadovy Y, Kulbicki M, Labrosse P, et al. The humphead wrasse, *Cheilinus undulatus*: synopsis of a threatened and poorly known giant coral reef fish. Rev Fish Biol Fish, 2003, 13(3): 327–364
- Sluka RD. Humphead wrasse (*Cheilinus undulatus*) abundance and size structure among coral reef habitats in maldies. Atoll Res Bull, 2005, 538: 189–198

(编辑 陈辉)

## Embryonic Development and Morphologic Observations of Newly-Hatched *Cheilinus undulatus* Larvae

CHEN Mengmeng, LUO Jian, CHEN Guohua<sup>①</sup>, WEN Xin, WU Guangcan,  
LI Wenshen, HAN Yulong

(Key Laboratory of Tropic Biological Resources of Ministry of Education, Ocean College, Hainan University, Haikou 570228)

**Abstract** The humphead wrasse, *Cheilinus undulatus*, is one of the most famous endangered reef fish in the world. As a social hermaphroditic fish, it has special biological characteristics and high economic value. In this study, we observed the embryonic development of *C. undulatus* and analyzed its features under a microscopy. Six periods, including zygote, cleavage, blastula, gastrula-neural, organogenesis, and hatching, were divided during the embryonic development of *C. undulatus*. These 6 periods include 26 stages, including zygote, blastoderm formation, multi-cell, morula, and tail bud stage *etc.* The results showed that *C. undulatus* had a float, transparent, spherical egg with a big oil globule. The diameter ( $635.6\pm 50.0$ )  $\mu\text{m}$  of the egg was obviously shorter than eggs of many marine fishes. The neural plate appeared in the mid to late gastrula stage, and the embryonic development of *C. undulatus* was remarkably quicker than other fishes under the same condition. The fertilized eggs were hatched after 15.5 h at water temperature of  $27.7\text{--}29.0^\circ\text{C}$  and salinity of 30. The total length of newly-hatched larvae were ( $1305.5\pm 50.0$ )  $\mu\text{m}$  with an elliptic large yolk sac over the head and a shining oil globule in the front of it. These results suggest that the embryo development of *C. undulatus* was faster than many other fishes due to smaller egg. The special embryonic development features of the humphead wrasse may cause high mortality in the post embryonic stage.

**Key words** *Cheilinus undulatus*; Embryonic development; Fertilized egg diameter; Neural plate; Newly-hatched larvae

<sup>①</sup> Corresponding author: CHEN Guohua, E-mail: chguh3240@aliyun.com