

纹缟虾虎鱼胚胎与早期仔鱼的发育特征

赵优^{1,2}, 庄平^{1,2,3}, 章龙珍^{1,2,3}, 冯广朋^{1,3}, 刘鉴毅¹, 陈丽慧^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090; 2. 大连水产学院 生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023; 3. 上海海洋大学 生命科学与技术学院, 上海高校水产养殖 E- 研究院, 上海 200090)

摘要: 纹缟虾虎鱼 (*Tridentiger trignocephalus*) 广泛分布于太平洋沿岸。通过对其胚胎及早期仔鱼发育的观察, 详细描述从受精卵到初孵仔鱼 25 个发育时期的时序和形态特征。根据观察结果, 将整个发育过程划分为 7 个阶段: 受精卵胚盘形成阶段、卵裂阶段、囊胚阶段、原肠胚阶段、神经胚形成阶段、器官形成阶段和孵化出膜阶段。在水温 (21.5 ± 1.0) °C、盐度 4.0、pH 7.2~7.5 的条件下, 经历 160 h 后开始出膜, 从心脏跳动期至出膜期历时相对较长, 占整个胚胎发育过程的 56% 以上。在出膜前眼睛开始黑色素沉积, 胸鳍、肾脏和膀胱等形成。纹缟虾虎鱼初孵仔鱼全长 (2.534 ± 0.078) mm, 在水温 (22 ± 1.0) °C 条件下, 5 日龄卵黄囊完全消失, 初步形成消化器官、循环器官、运动器官和排泄器官, 完成早期仔鱼发育阶段。[中国水产科学, 2008, 15 (4): 533-541]

关键词: 纹缟虾虎鱼; 胚胎; 仔鱼; 早期发育; 形态

中图分类号: Q959

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)04-0533-09

纹缟虾虎鱼 (*Tridentiger trignocephalus*) 属鲈形目 (Peciformes)、虾虎鱼科 (Gobiidae)、缟虾虎鱼属 (*Tridentiger*), 为沿岸底栖暖温性鱼类, 盐度适应范围较广, 分布于亚洲东北部太平洋沿岸, 包括俄罗斯东西伯利亚、黑龙江河口、朝鲜半岛、中国和日本等, 在中国主要见于黄渤海、东海、台湾海峡、南海等水域, 同时也是长江口浅滩咸淡水水域常见的一种小型鱼类^[1-2]。纹缟虾虎鱼雌、雄个体有明显差异, 雄性个体较大, 颊部肌肉突出, 雌鱼头部呈三角形^[2]。

虾虎鱼种类繁多^[3], 目前国内外已有关于虾虎鱼生物学、生态学、繁殖生物学和分子生物学^[2-10]等相关研究, 而对于纹缟虾虎鱼早期发育尚未见报道。长江口纹缟虾虎鱼摄食底栖生物, 又是许多经济鱼类的饵料生物, 因此在长江口食物链中处于重要地位; 此外纹缟虾虎鱼还是国家一级重点保护动物中华鲟幼鱼 5~9 月在长江口的主要饵料生物^[11], 此阶段纹缟虾虎鱼资源量的多少直接影响到当年降海洄游中华鲟幼鱼的成活率。本研究在人工繁殖的基础上, 对纹缟虾虎鱼的胚胎和早期仔鱼的发育过程进行详细观察, 旨在了解纹缟虾虎鱼早期发

育阶段的形态特征、生理生态特点, 为纹缟虾虎鱼及其他虾虎鱼的人工繁殖和早期发育研究提供参考资料, 同时对长江口纹缟虾虎鱼的资源增殖和中华鲟幼鱼栖息地生态修复也具有重大意义。

1 材料与方法

1.1 亲鱼的采捕及暂养

纹缟虾虎鱼亲鱼采自崇明岛中华鲟保护区, 雌鱼体长 (61.86 ± 6.03) mm, 范围 48.00~79.00 mm, 体质量 (5.89 ± 1.40) g, 范围 3.21~9.52 g; 雄鱼体长 (76.47 ± 7.12) mm, 范围 57.00~93.00 mm, 体质量 (9.04 ± 3.48) g, 范围 4.17~15.60 g。选择自然成熟较好的亲鱼暂养于水泥池, 暂养期间水温 18.8~19.4 °C, 盐度 4.0。

1.2 人工授精、孵化及早期仔鱼培育

选择能自然流卵的亲本, 通过轻轻挤压腹部取卵, 同时取精液将精卵混合后, 用盐度 4.0 的水授精并将受精卵放入筛绢网中静水充气孵化。孵化容器采用塑料水族箱 (规格 78 cm×58 cm×48 cm), 孵化密度 20 000 粒/m², 每天换水一次并保持换水

收稿日期: 2007-10-08; 修订日期: 2008-01-23.

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 (30490234); 国家科技基础条件平台 (2004DKA30470-004); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (2007M02); 上海市高校水产养殖学 E- 研究院建设项目 (E03009); 上海市长江口中华鲟自然保护区科研专项。

作者简介: 赵优 (1982-), 女, 硕士研究生, 主要从事水生生物生理生态研究. E-mail: you19821224@163.com

通讯作者: 庄平. E-mail: pzhuang@online.sh.cn

前后水温恒定,同时及时清除死卵。早期仔鱼同样放养于塑料水族箱(规格78 cm×58 cm×48 cm)中,仔鱼培育期间暂不换水,4日龄开始每天投喂适量的球藻液。受精卵孵化及早期仔鱼培育期间恒温水浴,水温控制在(22.0±1.0)℃,盐度4.0, pH7.2~7.8,溶解氧7.0~8.2 mg/L。

1.2 胚胎发育观察与测量

将部分受精卵置于培养皿,在实验室采用HWS24型电热恒温水浴锅控温,胚胎观察整个过程温度为(21.5±1.0)℃,盐度4.0。实验采用Nikon倒置显微镜对胚胎进行活体连续观察,同时显微摄影及测量胚胎阶段的形态学数据,每次观察2~3个培养皿,每个培养皿卵数不少于30粒,在神经胚期之前连续观察,之后每隔0.5 h观察,心跳期之后每隔2 h观察1次,以其中60%以上达到某一时期记为该时期的起始时间,从前一阶段到下一发育阶段的起始时间为间隔时间,记录胚胎发育的时序、特征以及发育过程中水温的变化,并进行重复观察验证。此外,还在相同温度下,盐度为27.0的水体进行孵化,以对比观察。

1.3 早期仔鱼发育观察与测量

在水温(22.0±1.0)℃,盐度4.0条件下观察早期仔鱼,每天随机取20尾健康仔鱼在Nikon倒置显微镜下观察拍照,采用Image-pro plus5.1软件测量早期仔鱼形态学数据,采用Olympus正置显微镜对早期仔鱼进行局部形态发育进行观察,用中性甲醛和Bouin氏液固定以备复查和切片观察。

1.4 数据统计

胚胎发育按照活动积温(h·℃)计算,本实验数据利用SPSS13.0软件进行统计,结果以平均值±标准差表示。

胚胎发育积温计算公式: $A = \sum_{i=1}^n T_i$ ($T_i > B$; 当 $T_i \leq B$ 时, T_i 以0计算)

式中: A 为纹缟虾虎鱼胚胎发育所需积温(h·℃); n 为纹缟虾虎鱼胚胎发育时期数; T_i 为各发育时期的平均水温(℃), B 为纹缟虾虎鱼胚胎发育的生物学零度(℃)。

2 结果与分析

2.1 卵的形态

纹缟虾虎鱼成熟的卵为球形,半透明,淡黄色或者黄色,卵径0.482~0.606 mm,卵具有附着丝,产出后可附着在固着物上。

2.2 胚胎发育

根据实验观察的结果,可将纹缟虾虎鱼的胚胎发育过程划分为以下7个阶段:受精卵胚盘形成阶段、卵裂阶段、囊胚阶段、原肠胚阶段、神经胚形成阶段、器官形成阶段和孵化出膜阶段,共描述了从受精卵到出膜过程的25个发育时期的时序和形态特征。

2.2.1 受精卵胚盘形成阶段 成熟卵与精子混合后受精卵遇水迅速粘附在附着物上。受精后5~10 min 卵膜开始吸水膨大成长梨形,长径(0.917±0.029)mm,短径(0.655±0.015)mm;或者长梭形,长径(1.433±0.093)mm,短径(0.614±0.036)mm,黏丝盘状,长度0.201~0.898 mm,动物极靠近黏丝端。纹缟虾虎鱼的受精卵属端黄卵,盘状卵裂,受精后10 min,原生质开始向动物极方向缓慢聚集,1 h 08 min,在动物极开始形成月牙状隆起的胚盘,高度约为卵径1/6,胚盘的形成为卵裂奠定了基础(图版I-1、2)。

2.2.2 卵裂阶段 受精后2 h 10 min,胚盘发生第一次经裂,进入2细胞期;而后经3次经裂依次进入4细胞期、8细胞期和16细胞期。4 h 57 min 胚胎发育进入32细胞期,此时中央细胞由于挤压相对较小,从此次分裂开始细胞排列不整齐,分裂不同步并且经裂与纬裂同时进行;6 h 15 min 细胞越来越多,越来越小,形成高耸的细胞团,进入多细胞期(图版I-3~8)。

2.2.3 囊胚阶段 受精后6 h 50 min,随着细胞分裂,细胞界限逐渐不清晰,胚盘外缘开始变得光滑,形成半圆形囊胚层,高度为卵径的1/3,胚盘与卵黄之间形成囊胚腔,此期为囊胚早期;受精后8 h 45 min 胚盘细胞开始了向胚盘边缘扩散,高度降低为早期2/3,进入囊胚中期;10 h 50 min 左右,囊胚层呈扁平帽状,紧贴卵黄体,此时为囊胚晚期(图版I-9~11)。

2.2.4 原肠胚阶段 囊胚层边缘细胞逐渐增多并开始向植物极方向外包、内卷,受精后14 h 30 min,胚层包被卵黄1/4并在胚层边缘形成胚环,这一阶段为原肠早期;至18 h 30 min,胚层下包卵黄1/2,胚环处形成增厚的胚盾,油球开始向植物极一端移动,进入原肠中期;21 h 30 min 左右,胚层下包卵黄3/4,胚盾增长,并向动物极延伸,油球集中到植物极一端,此时为原肠晚期(图版I-12~14)。

2.2.5 神经胚形成阶段 受精后22 h 30 min,胚层下

包卵黄 4/5, 未被包被的卵黄逐渐隆起形成卵黄栓, 出现神经板。胚层继续下包, 形成胚孔, 胚盾一端膨大成头部原基, 在胚盾背面出现神经沟, 至 23 h 30 min, 胚孔闭合, 胚体雏形形成; 受精后 24 h 30 min, 胚体前端开始出现脑泡, 卵黄囊长径 (0.480 ± 0.036) mm, 短径 (0.443 ± 0.033) mm, 油球逐渐变大、减少 (图版 I-15、16)。

2.2.6 器官形成阶段 受精后 27 h 00 min, 在胚体长轴的 1/2~2/3 处, 3~4 对肌节形成, 28 h 30 min, 胚体中部肌节开始发育, 肌节数量增至 6~7 对 (图版 I-17); 受精后 29 h 30 min, 脑室逐渐隆起, 在头部出现两个椭圆形眼原基, 长径为 (0.133 ± 0.003) mm, 短径为 (0.105 ± 0.004) mm, 肌节增至 9~10 对并清晰可见脊索原基 (图版 I-18); 受精后 35 h 00 min, 在眼囊后方出现一对椭圆形听板, 听板内陷形成耳囊, 每个耳囊中有两个圆形耳石, 肌节增至 13~14 对; 37 h 30 min, 尾芽开始脱离卵黄囊, 头部前方形成嗅基板, 肌节 15~16 对 (图版 I-19); 40 h 30 min, 眼囊中心形成晶状体; 44 h 00 min, 肌节开始由简单的长方形逐渐变成 V 字形, 出现围心腔和脊索, 油球大多减少至 1 个, 直径 (0.223 ± 0.021) mm (图版 I-20); 51 h 00 min, 肌节增加至 20~22 对, 胚体尾部频繁摆动, 此时进入肌肉效应期, 此阶段视杯逐渐隆起、围心腔扩大, 形成背鳍褶、腹鳍褶、臀鳍褶和尾鳍褶 (图版 I-21)。

受精后 68~69 h, 在头部腹面出现管状心脏, 并开始微弱跳动, 心跳 58~66 次/min, 脊索开始分节, 78~79 h, 心脏呈 U 型管状并前移至头部下前方, 心脏已分化为心室和心房, 心跳 84~93 次/min 并且心跳强度加强, 显微镜下可见血液由心脏经背血管流向头部和背部动脉, 然后沿腹血管流回心脏, 受精后 90~91 h, 头部腹面形成口裂, 心脏变粗, 形成早期肾脏、消化道和胸鳍 (图版 I-22)。

受精后 109~110 h, 视杯开始出现黑色素沉积, 尾柄出现放射状黑色素, 心跳为 138~146 次/min (图版 I-23), 129~130 h, 血液颜色微红, 心跳达到 151~162 次/min; 137~138 h 后, 头部腹面形成下颌, 胸鳍增大并呈三角形; 143~144 h, 血液红色加深, 胚体腹面出现放射状黑色素, 尾部伸长至头部并折回至胸鳍处, 形成膀胱并在卵黄囊与腹腔之间出现鳔原基。

2.2.7 孵化出膜阶段 受精后 150~151 h, 胚胎开始进入出膜前期, 此阶段胚胎特点为: 卵膜变薄,

整个胚体在卵膜内翻转并且频繁摆动尾部, 心跳可高达 180 次/min 左右, 卵黄囊明显减小并充满脂肪颗粒, 此时卵黄囊长径 (0.389 ± 0.021) mm, 短径 (0.360 ± 0.018) mm, 受精后 160 h 左右, 仔鱼开始陆续出膜, 仔鱼出膜方式主要为通过尾部不停摆动破膜和头部穿透卵膜破膜而出 (图版 I-24)。

纹缟虾虎鱼胚胎在 $(21.5 \pm 1.0) ^\circ\text{C}$, 盐度 4.0 条件下, 整个胚胎发育过程历时约 160 h, 所需积温 $A=3471.86$ ($\text{h} \cdot ^\circ\text{C}$), (在 2007 年 4 月进行的温度对纹缟虾虎鱼胚胎发育影响实验中得出 $B=4.36 ^\circ\text{C}$, $T_i > B$)。纹缟虾虎鱼从受精卵到出膜各发育时期的时序及特征见表 1。

2.3 早期仔鱼发育

2.3.1 0 日龄仔鱼 刚出膜仔鱼身体透明, 油球偏于卵黄囊前端, 肌节 28~30 对, 心房膨大, 心跳 170~188 次/min, 仔鱼眼睛呈椭圆形、深黑色, 耳囊位于眼睛后侧, 在高倍镜下可见耳囊中有 5 块耳骨将 2 个圆形耳石分开, 在眼睛后方可见 4 对鳃弓并出现血液循环 (图版 II-6、7)。在仔鱼腹腔上方有一黑色鳔原基, 在鳔原基的后方有一黑色细长的肾脏, 肾脏与消化道末端膀胱相连, 但与肾脏端尚未贯通, 膀胱呈透明的椭圆形 (图版 II-8), 尾柄处有 2 团放射状黑色素。刚出膜的仔鱼肛门尚未贯通, 沉在孵化箱底部并具有集群特点, 无平游能力, 有显著趋光性和选择白色底质 (图版 II-1)。

2.3.2 1 日龄仔鱼 卵黄囊和油球都明显缩小, 尾鳍褶增宽并出现放射状小丝, 消化道长度增加, 在显微镜下清晰可见消化道蠕动, 膀胱变大并开始间歇伸缩, 尾柄前方黑色素团面积扩大, 鳔开始充气形成鳔泡 (图版 II-9), 仔鱼已开口 (图版 II-2)。

2.3.3 2 日龄仔鱼 仔鱼身体仍透明并且变得细长, 卵黄囊和油球继续缩小, 尾鳍、背鳍和腹鳍褶增高, 消化道变粗并分化出早期的胃和食道 (图版 II-10), 尾部前方黑色素团面积进一步扩大。

2.3.4 3 日龄仔鱼 油球明显减小, 仅存留小部分卵黄囊包围油球, 膀胱与肾脏相通, 胸鳍基部及腹腔上方出现 2 团新的放射状黑色素, 上下颌开口增大, 口裂长为 (0.213 ± 0.019) mm, 大部分仔鱼下颌可张合 (图版 II-3)。

2.3.5 4 日龄仔鱼 卵黄囊已吸收 80%~90% 并且形状不规则, 仅剩一较小油球, 仔鱼开始排出胎便, 肛门贯通 (图版 II-11), 同时仔鱼上下颌张合频率加快 (图版 II-4)。

表 1 纹缟虾虎鱼胚胎发育特征
Tab.1 Feature of embryonic development of *T. trigenocephalus*

序号 No.	发育期 Embryonic development stage	各发育期主要特征 Brief characteristics	起始时间 (受精后) Starting time after fertilization	积温 / (h·°C) Accumulated temperature	图版序号 Plate
1	受精卵 Fertilized egg	卵质均匀,淡黄色,半透明.	0	24.48	I -1
2	胚盘形成期 Blastodisc formation	原生质集中于动物极而形成隆起的胚盘.	1 h 08 min	22.32	I -2
3	2 细胞期 2-cell stage	胚盘经裂为 2 个大小相等的细胞.	2 h 10 min	13.8	I -3
4	4 细胞期 4-cell stage	第 2 次分裂,分裂面与第一次垂直.	2 h 48 min	13.44	I -4
5	8 细胞期 8-cell stage	第 3 次分裂,出现 2 个分裂面并与第一次平行.	3 h 25 min	16.42	I -5
6	16 细胞期 16-cell stage	第 3 次分裂,2 个分裂面与第一次垂直.	4 h 10 min	17.16	I -6
7	32 细胞期 32-cell stage	细胞排列不整齐,分裂开始不同步.	4 h 57 min	28.61	I -7
8	多细胞期 Multicell stage	细胞变多、变小,细胞界限仍然可见.	6 h 15 min	12.89	I -8
9	囊胚早期 Early stage of blastula	细胞越来越小,界限不清,形成半圆形囊胚层.	6 h 50 min	42.17	I -9
10	囊胚中期 Middle stage of blastula	囊胚层高度降低为早期 2/3.	8 h 45 min	45	I -10
11	囊胚晚期 Late stage of blastula	囊胚层继续下降,整个胚胎近似正球形.	10 h 50 min	80.30	I -11
12	原肠早期 Early stage of gastrula	胚层下包卵黄 1/4,下包胚层边缘形成胚环.	14 h 30 min	88.39	I -12
13	原肠中期 Middle stage of gastrula	胚层下包卵黄 1/2,形成胚盾,油球开始向植物极一端移动.	18 h 30 min	64.51	I -13
14	原肠晚期 Late stage of gastrula	胚层下包卵黄 3/4.	21 h 30 min	21.70	I -14
15	神经胚期 Neurula stage	出现神经板和卵黄栓,胚盾一端膨大成头部原基.	22 h 30 min	21.79	I -15
16	胚孔封闭期 Stage of blastopore closing	胚孔封闭,胚体雏形形成.	23 h 30 min	76.99	I -16
17	肌节出现期 Myomere formed	在胚体长轴的 1/2~2/3 处,形成 3~4 对肌节,之后肌节数量增至 6~7 对.	27 h 00 min	53.26	I -16
18	眼囊形成期 Stage of eyesac formation	出现椭圆形眼囊、脊索原基.	29 h 30 min	113.30	I -18
19	耳囊形成期 Otocyst stage	出现椭圆形耳囊,每个耳囊有两个圆形耳石,尾芽脱离卵黄囊,形成嗅基板.	35 h 00 min	118.25	I -19
20	晶状体形成期 Stage of eye lens formed	形成椭圆形晶状体,肌节变成 V 字形,出现围心腔和脊索,油球减少至 1 个.	40 h 30 min	231.00	I -20
21	肌肉效应期 Stage of muscular effect	胚体尾部摆动,视杯隆起,形成背鳍褶、腹鳍褶和尾鳍褶.	51 h 00 min	381.50	I -21
22	心跳期 Stage of heart beating	心脏“U”型管状,分化为心房和心室,形成早期肾脏、消化道、口裂和胸鳍.	68~69 h	901.99	I -22
23	眼点出现期 Eyed stage	眼囊沉积黑色素,血液微红,形成膀胱和肾脏原基.	109~110 h	877.39	I -23
24	出膜前期 Pre-stage of hatching	卵膜变薄,胚体在卵膜内翻转,卵黄囊颗粒化,出现鳃原基.	150~151 h	205.2	I -24
25	出膜期 Hatched larva	仔鱼通过头部或尾部先破膜而出.	160 h	3471.86	

2.3.6 5 日龄仔鱼 仔鱼身体仍透明,大部分仔鱼卵黄囊和油球消失,仔鱼下颌向外伸出,长于上颌,鳃后方出现一深黄色团块,消化道已有前肠、中肠、

后肠的分化,20% 左右仔鱼消化道内发现小球藻,腹鳍鳍条出现 (图版 II-5)。纹缟虾虎鱼早期仔鱼身体各部分实测值见表 2。

表 2 纹缟虾虎鱼早期仔鱼形态
Tab.2 Morphology of pre-larvae of *T. trigonocephalus*

项目 Item	日龄 /d Days of age						$\bar{X} \pm SD$; mm
	0	1	2	3	4	5	
全长 Total length	2.534±0.078	2.739±0.088	2.968±0.101	3.041±0.059	3.130±0.074	3.248±0.088	
体长 Body length	2.439±0.070	2.578±0.102	2.794±0.093	2.852±0.051	2.922±0.092	3.078±0.084	
肛前距 Body length before anus	1.164±0.061	1.192±0.050	1.279±0.066	1.341±0.058	1.384±0.071	1.404±0.032	
体高 Body height	0.559±0.053	0.494±0.055	0.487±0.020	0.457±0.030	0.431±0.025	0.396±0.038	
头长 Head length	0.438±0.035	0.511±0.031	0.560±0.027	0.569±0.030	0.571±0.025	0.584±0.046	
卵黄囊长径 Yolk sac length	0.421±0.047	0.375±0.057	0.363±0.053	0.235±0.048	基本消失	消失	
卵黄囊短径 Yolk sac width	0.369±0.038	0.267±0.042	0.210±0.035	0.143±0.033	基本消失	消失	

3 讨论

3.1 纹缟虾虎鱼的受精卵特点

纹缟虾虎鱼的卵和虾虎鱼亚目、塘鳢科的许多鱼类如云斑尖塘鳢 (*Oxyleotris marmoratus*)^[12-13]、以及沙塘鳢 (*Odontobutid obscura*)^[14-15] 和乌塘鳢 (*Bostrichthys sinensis*)^[16] 的卵相似,都具有盘状黏丝,粘附性较强,可牢固粘附在礁石、贝壳和水生植物上。纹缟虾虎鱼生活在沿岸浅海或河口水域^[1],受涨落潮影响较大,卵具黏丝可使其更好适应环境的变化,但同时黏丝可将大量纹缟虾虎鱼卵粘附在一起,易滋生水霉,国内外曾报道纹缟虾虎鱼亲鱼有护卵习性,并发现移走亲鱼易滋生水霉^[2,17],所以在人工孵化过程中保持水质清新,及时清除死卵很重要。不同种类的鱼卵大小波动很大,海水硬骨鱼类的浮性卵卵径大都在 1 mm 左右,淡水沉性卵卵径多数在 1~1.5 mm,鲟鳇鱼类卵径较大,为 2.5~3.5 mm,而鲑鳟鱼类的卵径甚至可达 5~5.5 mm^[18]。纹缟虾虎鱼的卵径在 0.482~0.606 mm,这与黏皮鲷虾虎鱼 (*Mugilogobius myxodermus*)^[19] 和云斑尖塘鳢^[12] 等鱼类的卵径相似,但是与海水硬骨鱼类^[18] 的浮性卵等卵径相比较小。袁瀚^[20] 曾对 13 种虾虎鱼受精卵膜进行描述,有圆形、椭圆形、长椭圆形、茄子形以及棒形等等,纹缟虾虎鱼受精卵卵膜吸水膨胀后形状主要有长梨形和长梭形,这与刘禅馨^[2] 报道的纹缟虾虎鱼卵膜仅为长梭形存在差异,而与陈永乐等^[13] 报道尖塘鳢受精卵的卵膜存在梨形和长茄子形 2 种形

状有一定相似性。此外,国内外报道的一些虾虎鱼卵都具有较多油球^[19,21],但在本实验中发现纹缟虾虎鱼单个卵油球从若干个到几十个数量不确定。

3.2 纹缟虾虎鱼胚胎发育时期

在水温 (21.5±1.0)℃,盐度 4.0 条件下,纹缟虾虎鱼从受精卵到出膜整个过程需要至少 160 h,所需积温 3 471.86 (h·℃),伊夫林鲷虾虎鱼 (*Gobiosoma evelynae*) 受精卵在 25℃ 经过 168 h 孵化^[21],黏皮鲷虾虎鱼在 16~18℃ 条件下从受精卵到出膜需要 138 h^[19],纹缟虾虎鱼胚胎发育所需积温介于两者之间,但与一些海水鱼类^[22-24] 及四大家鱼^[1] 等相比,纹缟虾虎鱼胚胎发育历时较长。通过对纹缟虾虎鱼胚胎发育所需积温的研究,可初步估算胚胎对热量的需求,同时可作为预报胚胎发育时期的依据。比较纹缟虾虎鱼胚胎发育各时期发现从心脏开始跳动到出膜所需时间较长,至少需要 91 h,占整个胚胎发育时间 56% 以上,这与国内外报道的一些虾虎鱼胚胎发育过程相似,如黏皮鲷虾虎鱼胚胎发育历经 138 h,从心脏开始跳动到出膜需 70 h 左右^[19],伊夫林鲷虾虎鱼胚胎发育历经 168 h,其中从心脏开始跳动到出膜约需 96 h^[21],而这一特点在其他鱼类较为少见。此外,在实验中还发现相同温度下,盐度 27.0 时纹缟虾虎鱼胚胎发育所需积温比盐度 4.0 条件下少 373 (h·℃),所以盐度对纹缟虾虎鱼胚胎发育快慢存在一定的影响,纹缟虾虎鱼胚胎发育盐度适应范围及不同盐度对其胚胎发育的影响还有待于进一步研究。

3.3 纹缟虾虎鱼早期发育的特征与生态学意义

业已证实,纹缟虾虎鱼的胚胎同河鲈 (*Perca fluviatilis*)^[25]、亚东鲑 (*Salmo truttafarior L.*)^[26]、河川沙塘鳢^[14-15]等胚胎相似,在出膜前已形成胸鳍且眼睛沉积大量黑色素,为仔鱼出膜后形成游泳能力和视觉提供基础。由于纹缟虾虎鱼是生活在沿岸的底栖鱼类,这一特点能使纹缟虾虎鱼更好的适应变化较大的生活环境。纹缟虾虎鱼为广盐性鱼类,其胚胎对盐度适应性也较强,通过实验观察发现纹缟虾虎鱼出膜已形成肾脏和膀胱,此结构使纹缟虾虎鱼仔鱼在出膜之后就初具一定的渗透压调节功能,以适应沿岸或者河口的盐度变化。纹缟虾虎鱼心跳节律性较强,心跳期初期心跳仅 58~66 次/min,而后心跳明显加快,至出膜前期,心跳可达到每分钟 180 次左右,与其他鱼胚胎相比,纹缟虾虎鱼的心跳相对较快。由于纹缟虾虎鱼心跳期到出膜期经历时间较长,这一发育特点可能与纹缟虾虎鱼胚胎代谢程度有关,同时在出膜前血液淡红色,红细胞增多,可增强胚胎载氧能力,为出膜前器官完善提供能量运输^[27]。纹缟虾虎鱼 5 日龄卵黄囊完全消失,这与黏皮鲷虾虎鱼^[19]和夜栖锯鳞虾虎鱼 (*Priolepis nocturna*)^[17]早期仔鱼卵黄囊消失时间相一致。

参考文献:

- [1] 庄平,王幼槐,李圣法,等.长江口鱼类[M].上海:上海科学技术出版社,2006: 76 79,105 108,216 217.
- [2] 刘蝉馨.纹缟虾虎鱼的生物学和生态学[J].水产科学,1985,4(4): 13 17.
- [3] 刘群,苏振明,曾晓起,等.渤海虾虎鱼类的生物学调查[J].青岛海洋大学学报,1997,27(2): 157-165.
- [4] Seok Nam Kwak, Sung-Hoi Huh, Klumpp D W. Partitioning of food resources among *Sillago japonica*, *Ditrema temmincki*, *Tridentiger trigonocephalus*, *Hippocampus japonicus* and *Petroscirtes breviceps* in an eelgrass, *Zostera marina*, bed[J]. Environm Biol Fishes, 2004 (71): 353-364.
- [5] Kroon F J, Liley N R. The role of steroid hormones in protogynous sex change in the blackeye goby, *Coryphopterus nicholsii* (Teleostei: Gobiidae) [J]. General and Comparative Endocrinology, 2000 (118): 273-283.
- [6] 孙帼英,陈建国,吴引忠.斑尾复虾虎鱼的成熟与产卵[J].水产科技情报,1996,23(3): 99 107.
- [7] 赵斌,范丽萍,王建.矛尾复虾虎鱼生物学繁殖技术初报[J].渔业现代化,2005,6: 26 27.
- [8] 孙建乐,王雪林.斑尾复虾虎鱼乳酸脱氢酶同工酶[J].水产科技情报,2001,28(4): 161 162.
- [9] 毛连菊,杨良滨,秦克静.两种虾虎鱼染色体核形的研究[J].大连水产学院学报,1993,8(1): 1-6.
- [10] Izuru Kakuta. The role of non-protein nitrogenous compounds in osmotic regulation of *tridentiger obscurus* and *T. brevispinis* [J]. Comp Biochem Physiol: A, 1988,90(1): 109-113.
- [11] 罗刚.长江口中华鲟幼鱼的食物组成、食物竞争和摄食行为[D].上海:上海水产大学,2007: 31-42.
- [12] 廖志洪,王春,林小涛,等.云斑尖塘鳢胚胎和早期仔鱼的发育[J].动物学杂志,2004,39(6): 18-22.
- [13] 陈永乐,刘毅辉,朱新平,等.尖塘鳢的全人工繁殖及其胚胎发育[J].水产学报,2005,29(6): 769 775.
- [14] 薛俊增.人工养殖条件下沙塘鳢胚胎发育的初步研究[J].杭州师范学院学报,2002,1(1): 53 58.
- [15] 谢仰杰,孙帼英.河川沙塘鳢的胚胎和胚后发育以及温度对胚胎发育的影响[J].厦门水产学院学报,1996,18(1): 55 61.
- [16] 阮锦水.中华乌塘鳢 *Bostrichthys sinensis* 胚胎发育研究[J].浙江水产学院学报,1998,17(4): 308-313.
- [17] Wittenrich M L, Turingan R G, Creswell R L. Spawning, early development and first feeding in the gobiid fish *Priolepis nocturna* [J]. Aquaculture, 2007, 270: 132-141.
- [18] 殷名称.鱼类生态学[M],北京:中国农业出版社,1995: 133.
- [19] 陈玉龙,郭延蜀.粘皮鲷虾虎鱼胚胎及仔鱼的发育[J].生物学杂志,2007,42(2): 124-128.
- [20] 袁瀚.花跳(虾虎鱼)卵苗志[J].养鱼世界,1990(10): 72 77.
- [21] Ike Olivotto, Alessio Zenobi, Arianna Rollo, et al. Breeding, rearing and feeding studies in the cleaner goby *Gobiosoma evehynae* [J]. Aquaculture 250 (1-2): 175 182.
- [22] 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[J].中国水产科学,2006,13(5): 689 699.
- [23] 杜伟,蒙子宁,薛志勇,等.半滑舌鳎胚胎发育及其与水温的关系[J].中国水产科学,2004,11(1): 48-53.
- [24] 张雅芝,胡石柳,徐沈,等.双棘黄姑鱼的早期发育研究[J].集美大学学报,2006,11(1): 13-17.
- [25] 乔德亮,凌去非,殷建国,等.河鲈胚胎及卵黄囊期仔鱼发育[J].生物学杂志,2006,23(1): 34-38.
- [26] 豪富华,陈毅峰,蔡斌.西藏亚东鲑的胚胎发育[J].水产学

报, 2006, 30(3): 289-296.

1999: 82-86.

[27] 林浩然. 鱼类生理学 [M]. 广州: 广东高等教育出版社,

Embryonic and larval development of *Tridentiger trionocephalus*

ZHAO You^{1,2}, ZHUANG Ping^{1,2,3}, ZHANG Long-zhen^{1,2,3}, FENG Guang-peng^{1,3}, LIU Jian-yi¹, CHEN Li-hui^{1,2}

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China; 2. College of Aqua-life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China; 3. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China)

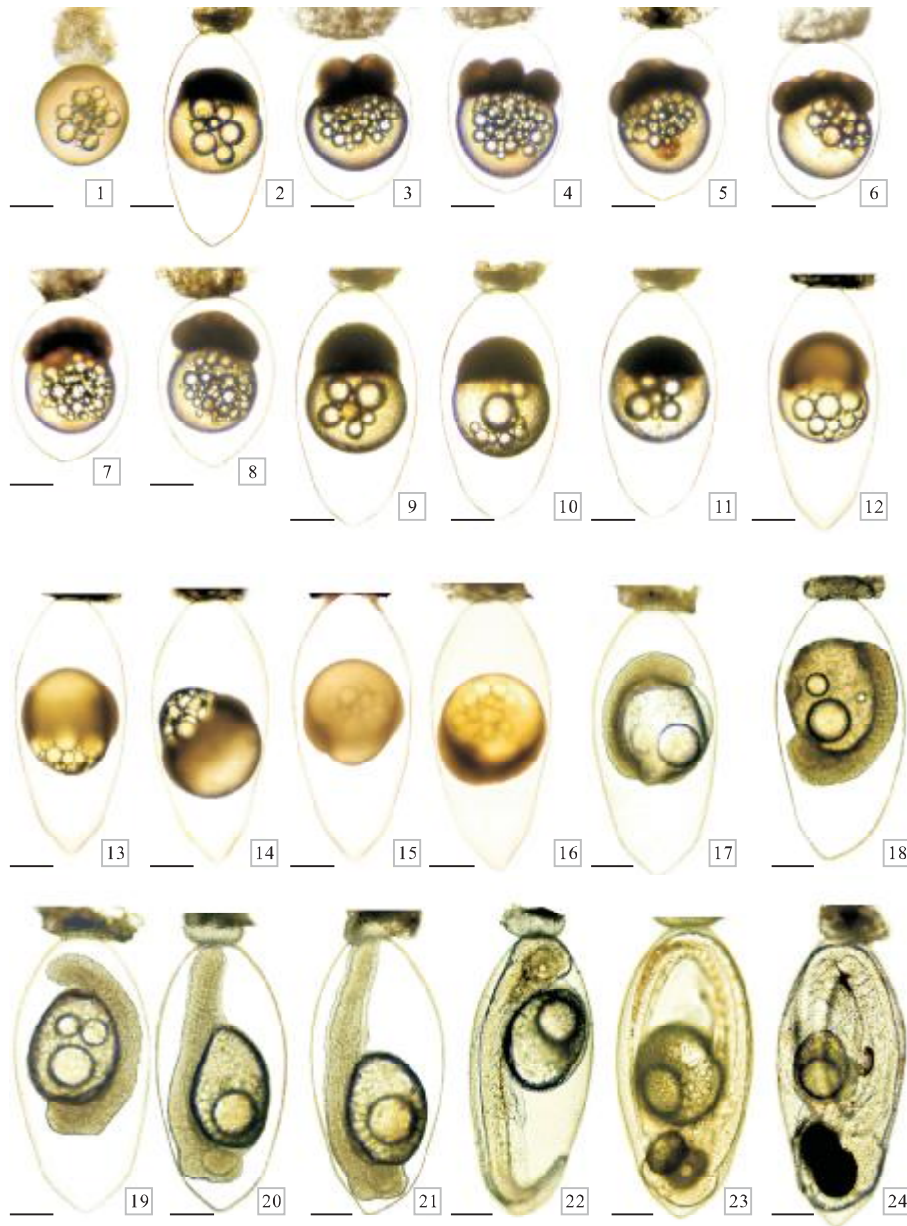
Abstract: *Tridentiger trionocephalus* is widely distributed along the coast of the Pacific Ocean. There is no information about morphological feature of their early life. Embryonic and larval development of *T. trionocephalus* were studied in this paper. The results indicated that the fertilized eggs of *T. trionocephalus* were spherical in shape, and the diameter was (0.482–0.606) mm. The developmental time of 25 embryonic developmental stages were described in great detail from fertilization to hatching. According to the morphological feature, the embryonic development of *Tridentiger trionocephalus* were divided into 7 stages, including the fertilized egg and the blastoderm form stage, the cleavage stage, the blastula stage, the gastrula stage, the neural stage, the organogenesis stage as well as the hatching stage. Under the water of temperature (21.5 ± 1.0) °C, salinity 4.0, pH (7.2–7.5), the embryonic development required at least 160 h. The starting time of seven stages of embryonic development were as follows: the fertilized egg and the blastoderm form stage was at 0 h post fertilization (pf). The cleavage stage was at 2 h 10 min post fertilization (pf). The blastula stage was at 6 h 50 min post fertilization (pf). The gastrula stage was at 14 h 30 min post fertilization (pf). The neural stage was at 22 h 30 min post fertilization (pf). The organogenesis stage was at 27 h post fertilization (pf). The hatching stage was at 150 h post fertilization (pf). It spent more time from heart beating to hatching than other stages, which covered 56 percent of the time of embryonic development. Meanwhile pectoral fin, kidney and bladder came into being before pre-stage of hatching stage. The larva was (2.534 ± 0.078) mm in total length. In the water of temperature (21.5 ± 1.0) °C, yolk sac disappeared in five days after hatching and the stage of larval development was finished. It formed peptic structure, athletic structure and metabolizing structure in the stage of larval development. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(4): 533–541]

Key words: *Tridentiger trionocephalus*; embryo; larva; early development; morphology

Corresponding author: ZHUANG Ping. E-mail: pzhuang@online.sh.cn

赵优等: 纹缟虾虎鱼胚胎与早期仔鱼的发育特征

ZHAO You et al: Embryonic and larval development of *Tridentiger trigonocephalus*



图版 I

1: 受精卵, $\times 40$; 2: 胚盘形成期, $\times 40$; 3: 2 细胞期, $\times 40$; 4: 4 细胞期, $\times 40$; 5: 8 细胞期, $\times 40$; 6: 16 细胞期, $\times 40$; 7: 32 细胞期, $\times 40$; 8: 多细胞期, $\times 40$; 9: 囊胚早期, $\times 40$; 10: 囊胚中期, $\times 40$; 11: 囊胚晚期, $\times 40$; 12: 原肠早期, $\times 40$; 13: 原肠中期, $\times 40$; 14: 原肠晚期, $\times 40$; 15: 神经胚期, $\times 40$; 16: 胚孔封闭期, $\times 40$; 17: 肌节出现期, $\times 100$; 18: 眼囊形成期, $\times 100$; 19: 耳囊形成期, $\times 100$; 20: 晶状体形成期, $\times 100$; 21: 肌肉效应期, $\times 100$; 22: 心跳期, $\times 100$; 23: 眼点出现期, $\times 100$; 24: 出膜前期, $\times 100$ 。标尺 = 0.2 mm。

Plate I

1: Fertilized egg, $\times 40$; 2: Blastodisc formation, $\times 40$; 3: 2-cell stage, $\times 40$; 4: 4-cell stage, $\times 40$; 5: 8-cell stage, $\times 40$; 6: 16-cell stage, $\times 40$; 7: 32-cell stage, $\times 40$; 8: Multicell stage, $\times 40$; 9: Early stage of blastula, $\times 40$; 10: Middle stage of blastula, $\times 40$; 11: Late stage of blastula, $\times 40$; 12: Early stage of gastrula, $\times 40$; 13: Middle stage of gastrula, $\times 40$; 14: Late stage of gastrula, $\times 40$; 15: Neurula stage, $\times 40$; 16: Stage of blastopore closing, $\times 40$; 17: Myomere formed, $\times 100$; 18: Stage of eyesac formation, $\times 100$; 19: Otocyst stage, $\times 100$; 20: Stage of eye lens formed, $\times 100$; 21: Stage of muscular effect, $\times 100$; 22: Stage of heart beating, $\times 100$; 23: Eyed stage, $\times 100$; 24: Pre-stage of hatching, $\times 100$. Bar = 0.2 mm.

赵优等: 纹缟虾虎鱼胚胎与早期仔鱼的发育特征

ZHAO You et al: Embryonic and larval development of *Tridentiger trignocephalus*



图版 II

1: 0 日龄仔鱼, $\times 40$; 2: 1 日龄仔鱼, $\times 40$; 3: 3 日龄仔鱼, $\times 40$; 4: 4 日龄仔鱼, $\times 40$; 5: 5 日龄仔鱼, $\times 40$; 6: 0 日龄仔鱼的耳囊 (a) 和鳃弓 (b), $\times 400$; 7: 0 日龄仔鱼的鳃丝, $\times 400$; 8: 0 日龄仔鱼的膀胱 (a) 和肾脏 (b), $\times 200$; 9: 1 日龄仔鱼的鳔 (箭头所示), $\times 200$; 10: 2 日龄仔鱼的胃 (a) 和食道 (b), $\times 200$; 11: 肛门贯通. 图 II -1~5 标尺长度均为 0.2 mm.

Plate II

1: 0 d Larva after hatching (DAH), $\times 40$; 2: 1 DAH, $\times 40$; 3: 3 DAH, $\times 40$; 4: 4 DAH, $\times 40$; 5: 5 DAH, $\times 40$; 6: Otocyst (a) and branchial arch (b) of 0 DAH, $\times 400$; 7: branchial filament of 0 DAH, $\times 400$; 8: Bladder (a) and kidney (b) of 0 DAH, $\times 200$; 9: swim-bladder of 1DAH, $\times 200$; 10: stomach (a) and esophagus (b) of 2 DAH, $\times 200$; 11: anus opening, $\times 200$. Bar=0.2 mm for Plate II -1~5.