

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00013

卵形鲳鲹胚后发育阶段鳃的分化和发育

区又君¹, 何永亮^{1,2}, 李加儿¹

1. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东 广州 510300;

2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306

摘要: 采用组织学和扫描电镜等方法, 研究了卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)胚后发育阶段鳃的分化和发育及其结构和功能的关系。观察发现, 仔稚鱼鳃的早期发育可分为 3 个阶段: 第 1 阶段(0~3 日龄)为原基期, 鳃原基形成但未分化, 鳃耙未出现, 仔鱼主要依靠鳍褶、皮肤和卵黄囊上的微血管进行呼吸; 第 2 阶段(4~17 日龄)为鳃丝分化、发育期, 鳃弓、鳃丝、鳃小片、鳃耙逐渐形成, 具备鳃的基本结构和形态特点; 第 3 阶段(18 日龄之后)为鳃器官生长发育完善期, 鳃弓、鳃丝、鳃小片、鳃耙发育完善, 鳃的形态和功能与成鱼相似。进一步研究发现, 鳃丝总数随仔稚鱼全长和体质量的增加而增加, 单个鳃小片面积和总呼吸面积随仔稚鱼体质量的增加而增大。结果表明, 卵形鲳鲹鳃的分化和发育是与仔、稚鱼的生长、形态发育和功能的完善相一致的。

关键词: 卵形鲳鲹; 鳃; 胚后发育; 分化

中图分类号: S961.2, S917.4

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)01-0013-09

鳃是鱼类进行气体交换、调节渗透压及离子平衡的重要器官, 其鳃丝承担主要的生理功能。在鱼类早期生活史阶段, 鳃发育经历了从无到有、从简单到复杂的重要过程, 其形态、大小、面积、数量和微细结构等的变化与鱼类幼体的生命活动、生长和存活等息息相关, 是鱼类器官发育中不可或缺的重要组成部分, 研究鱼类鳃的发育对于仔稚鱼的呼吸、摄食和渗透压调节的研究具有重要意义。有关鱼类鳃丝超微结构的研究, 已有较多报道, 如对虹鳟(*Salmo irideus*)^[1]、斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)^[2]、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)^[3]、黄鳍鲷(*Sarus latus*)和尼罗罗非鱼(*Oreochromis nilotica*)^[4]、红笛鲷(*Lutjanus erythropterus*)和卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)^[5]等成鱼的鳃进行了组织学观察, 但对鱼类早期生活史阶段鳃发育的研究极少, 目前只报道了短盖巨脂鲤(*Colossoma brachypomum*)鳃的胚后发育^[6]、浅色黄姑鱼(*Nibea coibor*)幼鱼鳃呼吸面积与体质量关系^[7]的研究等。卵形鲳是中国重要的海

水养殖鱼类, 研究其发育生物学对该鱼的人工繁殖和育苗生产具有重要的指导意义^[8]。卵形鲳鲹成鱼鳃的组织学研究和扫描电镜观察已有报道^[5], 本实验研究该鱼鳃的早期分化和发育, 以期通过鳃发育的结构与功能的适应, 为其仔稚幼鱼呼吸生理研究及组织、细胞病理诊断等提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

实验样品为卵形鲳鲹孵化后至 30 d 前的鱼苗, 取自南海水产研究所深圳试验基地, 受精卵在水温(24.73±2.11)℃, 盐度 20~24, pH8.0~8.2 条件下孵化, 经过 36~48 h 孵出仔鱼。初孵仔鱼放置在土池中的孵化箱内, 培养至开口后放入土池中培育, 育苗条件与受精卵孵化条件相同。每天取样 1 次, 每次取 20~30 尾。

1.2 鳃组织切片的制作

在显微镜下, 用解剖针剔除鱼体的其他组织, 分离出鱼鳃, 经 Bouin 氏液固定 24 h, 用 70%酒精

收稿日期: 2011-03-11; 修订日期: 2011-06-26.

基金项目: 国家 863 计划项目(2006AA10A414); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2008YD02).

作者简介: 区又君(1964-), 女, 研究员, 从事鱼类生物学、发育生物学与水产增养殖技术研究. E-mail: ouyoujun@126.com

冲洗, 各级乙醇脱水, 石蜡包埋, 在 Leica RM 2135 型切片机切片, 切片厚度 5 μm , 经苏木精-伊红染色, 中性树胶封片, 置于 Leica DM LB2 光学显微镜下观察并拍照。

1.3 扫描电镜样品的制备

在显微镜下, 用解剖针剔除鱼体的其他组织, 分离出鳃, 经生理盐水漂洗后, 放入 2.5%戊二醛固定, 在 4℃冰箱固定 12 h, 然后用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液(pH7.4)冲洗 3 次, 每次 15 min, 1%锇酸固定后, 4℃冰箱保存 2 h, 再用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液冲洗 3 次, 每次 15 min。50%~100%乙醇逐级脱水, 醋酸异戊酯置换, 常规临界干燥, 真空离子镀膜, 在 Philips EM400 型扫描电镜下观察、拍照。

1.4 呼吸面积的计算

鱼类的鳃分 2 侧生长, 每侧的半个鳃由 4 个鳃弓组成, 每个鳃弓着生有 2 列鳃丝, 每条鳃丝上着生有 2 列鳃小片。由于鱼类一般两侧对称生长, 面积相差很小, 所以本实验采用鱼体一侧的 4 个鳃弓。用 10%福尔马林固定数小时后观察。

鳃和鳃丝的各项测量值根据扫描电镜照片所示的比例用尺测量获得。鳃丝数量借助放大镜计数。总呼吸面积(A) 可用下式计算:

$$A = f \cdot N \cdot L \cdot n \cdot a^{[7, 9]}$$

式中 N 为鱼体一侧鳃丝总数, L 为平均鳃丝长, n 为每 mm 鳃丝上的鳃小片数, a 为鳃小片面积。f 为 8(因为鳃丝两侧都有鳃小片, 鳃小片有 2 个面, 鱼体两侧都有鳃)。共测量 250 个样本。

1.5 统计方法

应用 Excel 表和 SPSS13.0 统计软件分析, 计算其平均值和标准差, 并进行回归分析。

2 结果与分析

卵形鲳鲹具有 4 对完整的全鳃, 位于咽部后端两侧, 无附属结构。每一个鳃由鳃弓和两片鳃瓣构成, 鳃瓣由许多鳃丝连续排列而形成。

2.1 卵形鲳鲹鳃结构发育的组织学观察

初孵仔鱼: 鳃未出现。

1 d 仔鱼: 鳃裂出现。

2 d 仔鱼: 鳃盖雏形形成, 鳃呈弓形, 鳃丝、鳃耙不明显。

3 d 鳃结构: 鳃丝结构已初步分化, 鳃弓表皮由 2~3 层扁平上皮细胞构成, 内部具有软骨组织。鳃丝表面由单层扁平上皮细胞构成, 其细胞核拉得很长, 鳃丝很短, 只有 3~5 根鳃小片, 在每个鳃丝中都有一根鳃弓软骨, 鳃弓软骨起到支持鳃丝的作用, 在鳃丝中可以清晰地看到血管, 鳃耙未出现 (图版 I-1)。

6 d 鳃结构: 鳃丝长度变长, 其两端生长的鳃小片数目增多, 鳃小片长度变长, 在鳃小片中央可以清晰地看到毛细血管(图版 I-2)。鳃弓软骨变粗变长, 鳃弓复层上皮细胞增厚。鳃耙不明显(图版 I-3)。

10 d 鳃结构: 鳃弓延伸得很长, 在每根鳃丝上有 5~7 片鳃小片。鳃耙呈椭圆形, 鳃弓软骨明显, 骨质已很致密(图版 I-4)。

15 d 鳃结构: 鳃弓直径很粗, 鳃丝呈梳状排列, 末端膨大。鳃小片排列紧密, 较纤细 (图版 I-5)。

17 d 鳃结构: 鳃结构已发育完整, 鳃弓腹面入鳃丝动脉血管很粗, 伸入鳃丝, 然后再分支到鳃小片, 供鳃小片营养。鳃弓软骨呈长方体状, 排列紧密, 支持鳃丝。鳃小片最外层为上皮层, 内层为支持细胞, 支持细胞胞质呈淡红色, 核较大, 染成蓝紫色; 鳃小片内充满血细胞, 红细胞胞质呈鲜红色, 核较小, 染成蓝黑色。鳃小片的基部分泌细胞数量增多 (图版 I-6), 以后鳃组织的发育集中在数量性状上的变化。

30 d 鳃结构: 鳃弓表面被覆复层上皮, 鳃丝着生在鳃弓的一端, 另一端游离, 鳃小片垂直排列于鳃丝两侧, 末端膨大, 由上下两层单层呼吸上皮以及起支持作用的柱状细胞组成; 相邻两鳃丝基部之间的鳃弓上有隆起的味蕾(图版 I-7、8)。

2.2 卵形鲳鲹鳃发育的扫描电镜观察

4 d 鳃结构: 卵形鲳鲹仔鱼的鳃结构已具雏形, 鳃弓纤细, 在鳃弓上有很短的鳃丝, 鳃小片不明显, 鳃耙呈芽状(图版 II-1), 在鳃丝表面具有规则或不规则的多边形微嵴, 凹凸结构不明显, 也未观察到具有凸起、小孔等结构(图版 II-2)。

9 d 鳃结构: 鳃进一步发育, 鳃丝长度有显著性增长, 呈扁平状, 鳃小片结构已明显, 长度很短(图

版 II-3); 鳃丝、鳃耙、鳃弓上都已具有沟壑、凹凸不平结构, 鳃丝表面上皮细胞排列紧密, 界限已很明显(图版 II-4)。鳃弓上的两列鳃耙外形已形成, 可以观察到在鳃耙表面布满味蕾 (图版 II-5)。

15 d 鳃结构: 鳃弓进一步变粗, 支持着鳃耙和鳃丝, 鳃弓表面的上皮细胞间纹络加粗, 鳃弓上生长有大小不一的鳃丝, 在鳃丝的基部有很多小孔, 是分泌细胞(泌氯细胞, 黏液细胞等)对外的开口(图版 II-6)。鳃耙表面较鳃弓平坦, 也具有凹凸不平的沟壑结构。

20 d 鳃结构: 鳃弓支持着鳃丝和鳃耙, 表面有少许褶皱和颗粒状分泌物质, 鳃耙着生在鳃弓靠头部吻端的一侧, 稍弯曲, 鳃耙长度和厚度均有增长(图版 II-7)。鳃丝已呈梳状, 排列紧密, 鳃丝的上皮细胞呈现清晰的立体迷宫状微嵴, 细胞轮廓清晰, 上皮细胞间具有黏液细胞对外的开口(图版 II-8)。鳃小片均匀排列在鳃丝上, 厚度加大, 其表面有形状不同的向内凹陷的小孔, 分布有泌氯细胞分泌的颗粒物质(图版 II-9)。

25 d 鳃结构: 鳃丝呈长梳状, 已延伸得很长, 末端膨大, 鳃小片呈书页状紧密排列在鳃丝上(图版 II-10); 鳃耙已很粗, 在鳃耙上观察到很多小刺, 表面被具有微脊的扁平上皮细胞所覆盖, 鳃弓表面呈树皮状, 粗糙, 具有很多的沟壑、小孔。鳃丝基部可观察到泌氯细胞、黏液细胞等对外的开口(图版 II-11)。鳃小片呈椭圆状, 表面呈凹凸状。

30 d 鳃结构: 鳃结构发育已较完善, 鳃耙和鳃丝着生在鳃弓上, 鳃弓较宽, 鳃弓表面分布着较多味蕾。在鳃小片基部可见黏液细胞和泌氯细胞与外界连接的开口, 黏液细胞周围有大量颗粒状的分泌物(图版 II-12、13)。鳃丝表面着生很多泌氯细胞的对外开口, 并且表面具有很多不同形状的微嵴(图版 II-14)。鳃耙着生在鳃弓一侧, 稍弯曲, 表面凹凸不平, 末端呈钩状(图版 II-15)。鳃小片表面凹凸不平, 表皮内折, 下凹成坑状, 其上遍布楔形、新月形、长条形或各种不规则形状的小坑(图版 II-16)。

2.3 卵形鲳鲹仔稚鱼全长与鳃丝总数的关系

卵形鲳鲹仔稚鱼全长与一侧鳃丝总数之间呈幂函数关系: $N=10.108L^{0.9419}$, $R^2=0.9382$ (图 1),

其中 N 为一侧鳃丝总数, L 为仔稚鱼全长(mm)。经 SPSS 检验, $F=37.416$, $P<0.05$, 相关性显著, 表明仔稚鱼的鳃丝数量随全长的生长而呈指数增加。

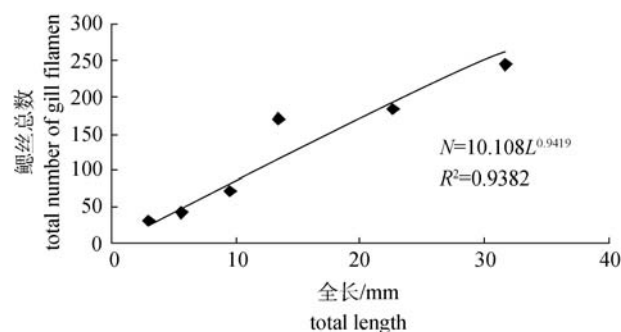


图 1 卵形鲳鲹仔稚鱼全长与鳃丝总数的关系

Fig.1 Relationship between total length and total number of gill filament in *Trachinotus ovatus* larvae and juveniles

2.4 卵形鲳鲹仔稚鱼体质量与鳃丝总数的关系

卵形鲳鲹仔稚鱼体质量与一侧鳃丝总数呈对数关系, 关系式为 $N=32.932\ln W+242.94$, $R^2=0.9251$ (图 2), 其中 N 为一侧鳃丝总数, W 为体质量(g)。经 SPSS 分析 $F=8.74$, $P<0.05$, 显著相关, 表明仔稚鱼的鳃丝数量随其体质量的增大而呈对数增加。

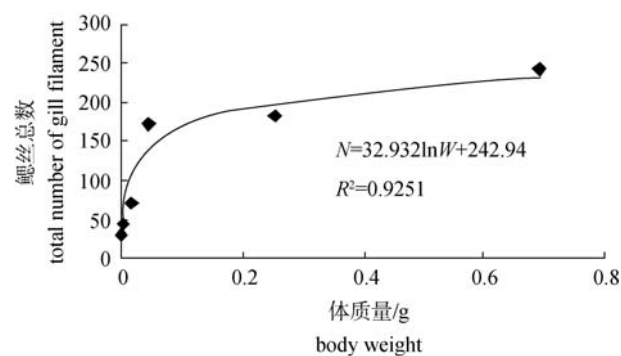


图 2 卵形鲳鲹仔稚鱼体质量与鳃丝总数的关系

Fig. 2 Relationship between body weight and total number of gill filament in *Trachinotus ovatus* larvae and juveniles

2.5 卵形鲳鲹仔稚鱼体质量与单个鳃小片呼吸面积的关系

仔稚鱼体质量(W)与单个鳃小片呼吸面积(y)之间呈幂函数关系, 其关系式为 $y=0.0046W^{0.5462}$, $R^2=0.9761$ (图 3)。经 SPSS 分析检验, $F=37.067$, $P<0.05$, 显著相关。

2.6 卵形鲳鲹稚鱼体质量与总呼吸面积的关系

卵形鲳鲹稚鱼的体质量(W)与总呼吸面积(y)的关系为线性关系: $y=976.76W+17.574$, $R^2=0.9847$ (图 4), 其中 y 为总呼吸面积(mm^2), W 为体质量(g)。经 SPSS 检验, $F=260.386$, $P<0.05$, 显著相关。

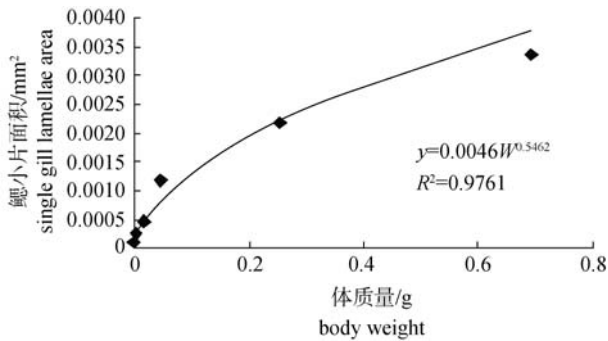


图 3 卵形鲳鲹稚鱼体质量与单个鳃小片面积的关系

Fig. 3 Relationship between body weight and area of single secondary gill lamellae in *Trachinotus ovatus* larvae and juveniles

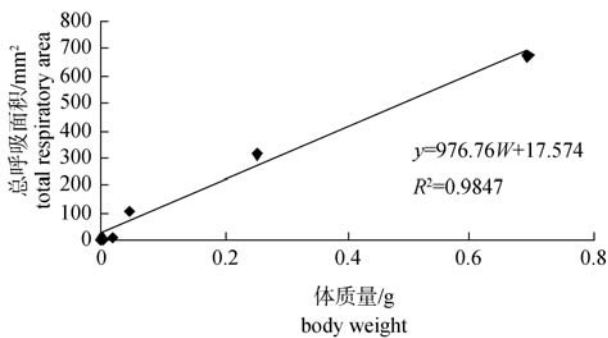


图 4 卵形鲳鲹稚鱼体质量与总呼吸面积的关系

Fig. 4 Relationship between body weight and total respiratory area in *Trachinotus ovatus* larva and juvenile

3 讨论

3.1 卵形鲳鲹鳃发育的分期

卵形鲳鲹稚鱼鳃的胚后发育从组织学方面可分为 3 个发育阶段: 第 1 阶段(0~3 日龄), 为鳃原基期, 鳃原基形成但未分化, 仔鱼主要依靠鳍褶、皮肤和卵黄囊上的微血管进行呼吸^[10], 仔鱼悬浮于水中、活动量较小, 代谢率及耗氧率都较低; 第 2 阶段(4~17 日龄), 为鳃结构的发育、分化期, 鳃弓、鳃丝、鳃小片、鳃耙逐渐形成, 鳃具备基本的结构和形态特点, 此期仔鱼从内源性营养过渡到外源性营养, 捕食和游泳能力不断增强,

活动渐趋活跃, 循环系统不断完善, 血细胞数量增加, 仔鱼代谢率及耗氧率不断增大; 第 3 阶段(18 日龄之后), 为鳃器官各部分的生长发育完善期, 鳃结构进一步发育和完善, 功能也进一步完善, 此时期稚幼鱼运动变得剧烈, 身体各部位功能渐趋完善, 仔、稚鱼和幼鱼生长迅速, 代谢旺盛。由此可见, 卵形鲳鲹鳃的分化和发育是与仔稚幼鱼的生长、形态发育、呼吸、运动、代谢等以及身体各部位功能的完善相一致的, 其发育阶段也是与卵形鲳鲹的早期发育阶段分期相对应的^[11]。

3.2 卵形鲳鲹稚鱼鳃发育的结构与功能的关系

卵形鲳鲹在 3 日龄时, 鳃弓开始分化, 鳃丝很短, 仅为鳃丝芽, 无鳃耙; 10 日龄鳃耙发育, 每个鳃丝有 5~7 鳃小片; 17 日龄, 鳃结构发育完整, 鳃丝长度增加, 形状为梳状, 鳃小片面积增加, 厚度减小, 呼吸面积增加; 至 30 日龄, 鳃丝的形态与成鱼相似, 鳃耙、鳃弓、鳃丝表面凹凸不平, 具有很多小沟、小孔等, 在鳃丝的基部和鳃小片上可以观察到黏液细胞、泌氯细胞向外的开孔。在鳃弓、鳃丝和鳃小片的表面具有大量的黏液细胞的分泌物, 起到对鳃丝的保护作用, 也有可能为水循环提供适宜的表面, 而且还可以防止细菌的侵入。泌氯细胞分泌氯化物, 用来维持体内渗透压平衡, 泌氯细胞被证明在海水硬骨鱼类中起到调节渗透压和离子平衡的作用。

仔稚鱼后期鳃丝表面具有规则或不规则分布的环形微嵴、沟、坑、孔等结构, 表面凹凸不平, 以增大鳃丝表面的阻力, 延缓水流经鳃丝表面的时间, 造成涡流^[3, 12], 从而有利于水分子和其他离子的吸附, 形成最大的适于气体交换的表面积, 这种最大化的表面积有利于 O_2 和 CO_2 的交换。卵形鲳鲹属于运动剧烈鱼类, 其早期发育阶段鳃丝的这种结构与其成鱼的鳃结构和功能^[5]一致, 也与红笛鲷、鲑点石斑鱼(*Epinephelus fario*)^[5, 13]等海水鱼类相似。鳃小片是气体交换的场所, 卵形鲳鲹鳃小片上布满了各种复杂的管道、沟、坑等结构, 这种结构有利于吸附水分子, 增大呼吸面积, 提高离子交换率。

3.3 卵形鲳鲹稚幼鱼鳃发育与呼吸的关系

呼吸活动是鱼类生命活动的基础, 鳃呼吸是鱼类主要的呼吸方式。在鳃未完成分化时, 鱼体主要通过鳍褶、皮肤和卵黄囊上的微血管进行呼吸。研究表明, 只有在鳃小片出现后, 鳃才成为主要的呼吸器官。由于呼吸方式的改变, 仔鱼常出现大量的死亡现象^[14]。

卵形鲳鲹全长与鳃丝总数呈幂函数关系, 体质量与鳃丝总数呈对数关系, 鳃丝随全长、体质量的增加, 其数量也在增加。单个鳃小片面积与体质量呈幂函数增加, 总呼吸面积与体质量呈线性增长趋势。随着个体长大, 鳃逐渐变大, 鳃的呼吸面积也随之增大, 表现为鳃小片的表面积增大, 从而扩大了血液与水流间的气体交换, 有利于水流循环运转, 不断接触呼吸面, 耗氧量不断增加, 耗氧量随体质量增加而增大。

参考文献:

- [1] Hughes G M. Scanning electron microscopy of the respiratory surfaces of trout gills[J]. J Zool(lond), 1979, 187(4): 443-453.
- [2] 李加儿, 区又君, 刘匆. 斑点叉尾鲴鳃结构的扫描电镜观察[J]. 南方水产, 2009, 5(5): 52-56.
- [3] 韩桢鐸, 宋学君, 岳丙宜. 草鱼鳃扫描电镜研究[J]. 南开大学学报: 自然科学版, 1992, 15(2): 12-17.
- [4] 李加儿, 区又君, 刘匆, 等. 黄鳍鲷和尼罗罗非鱼鳃丝表面结构扫描电镜观察[J]. 南方水产, 2009, 5(4): 26-30.
- [5] 李加儿, 区又君, 刘匆. 红笛鲷和卵形鲳鲹鳃的扫描电镜观察与功能探讨[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(6): 45-50.
- [6] 郭恩棉, 张艳萍, 王鑫. 短盖巨脂鲤鳃、伪鳃和鳃胚后发育学研究[J]. 海洋湖沼通报, 2005(3): 31-37.
- [7] 李加儿, 许晓娟, 区又君, 等. 浅色黄姑鱼鳃结构及其呼吸面积的研究[J]. 南方水产, 2008, 4(1): 22-27.
- [8] 区又君, 李加儿. 卵形鲳鲹的早期胚胎发育[J]. 中国水产科学, 2005, 12(6): 786-789.
- [9] 董双林, 李群, 王莉, 等. 几种鲤科鱼类鳃的研究 I-呼吸面积的研究[J]. 大连水产学院学报, 1989, 4(3/4): 41-46.
- [10] 区又君, 李加儿. 人工培育条件下鲢鱼早期发育的生理生态研究[J]. 热带海洋, 1998, 17(4): 29-39.
- [11] 何永亮, 区又君, 李加儿. 卵形鲳鲹早期发育的研究[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(4): 428-434.
- [12] Lewis S V, Porter I C. A scanning electron microscopic study of the gills of lamprey, *Lampetra fluniatilis* (L.)(J). Micron, 1976, 7: 205-211.
- [13] 黄建华, 李加儿, 刘匆, 等. 鲢点石斑鱼和大眼鳊鳃的扫描电镜观察[J]. 动物学研究, 2005, 26(1): 82-88.
- [14] Iwai T, Hughes G M. Preliminary morphometric study on gill development in black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*)(J). Bull Jpn Soc Fish, 1977, 43(8): 926-934.

《淡水渔业》2012 年征订启事

《淡水渔业》创刊于 1971 年, 是国内外公开发行的淡水渔业综合性学术期刊, 中文核心期刊, 中国科学引文数据库(CSCD)扩展库期刊, 中国自然科学核心期刊, 曾荣获全国优秀学术期刊、全国优秀水产报刊及湖北省优秀科技期刊等荣誉。主要刊载水产基础科学、生物技术、遗传与育种、渔业生态与资源、水生生物多样性、渔业环境与保护、渔业设施与机械、网具与捕捞、水产养殖与增殖、水产生物病害控制、水产动物营养与饲料、水产品质量安全、水产品加工与综合利用等方面的科学研究和突破性生产试验报告, 少量刊登研究简报和综述。全面反映我国淡水渔业新进展, 新成果, 为科研、教学和生产服务。

欢迎水产类及相关科研院所专业技术人员、大专院校师生、各级技术推广人员、管理人员和生产者订阅。

本刊为双月刊, 大 16 开, 96 页, 国内外公开发行。国内统一刊号 CN42-1138/S

邮发代号 38-32, 国际标准刊号 ISSN1000-6907。

本刊期定价 16 元, 全年 6 期共 96 元。读者可采用两种方式订阅: ①在当地邮局订阅; ②直接汇款到杂志社订阅。

通讯地址: 湖北省武汉市东湖新技术开发区武大科技园武大园一路 8 号

邮政编码: 430223 电 话: (027)81780185(传真)

E-mail: dsyy@chinajournal.net.cn

Differentiation and development of the gill in *Trachinotus ovatus* during larval and juvenile development

OU Youjun¹, HE Yongliang^{1,2}, LI Jiaer¹

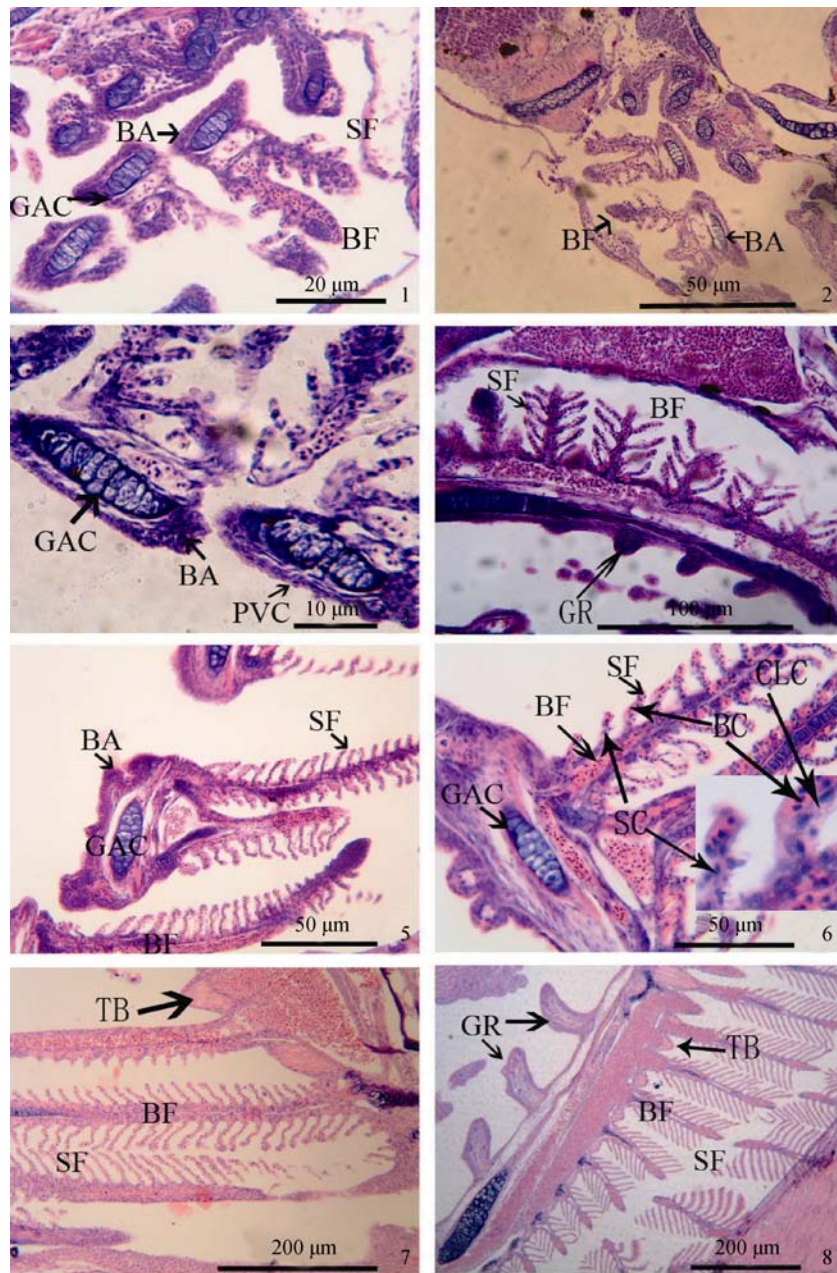
1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China

2. College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: We documented the differentiation and development of the gill and the relationship between gill structure and function in *Trachinotus ovatus* using histology and scanning electron microscopy. Development of the gill was divided into three stages in the larvae and juveniles. Stage I included organ-primordium formation between 0–3 days after hatching (DAH). During this stage, gill-primordia were present but undifferentiated, there were no gill rakers, and respiration occurred primarily via the finfold, skin, and the microvascular surface of the yolk-sac. Stage II occurred between 4–17 DAH and was characterized by differentiation and development of gill filaments. Gill arches, filaments, secondary gill lamella, and gill rakers developed gradually and the basic structure and morphology of the gill were established. Stage III was initiated at 18 DAH, at which time the gill organs (e.g., arches, filaments, secondary gill lamella, and rakers) resembled the adult in terms of morphology and function. The total number of gill filaments increased with the increasing body weight and body length in larvae and juveniles. Thus, the single secondary gill lamella area and total respiratory area also increased with an increase of body weight. The differentiation and development of the gill was in accordance with growth, development, and function in larval and juvenile *T. ovatus*.

Key words: *Trachinotus ovatus*; gill; postembryonic development; differentiation

Corresponding author: OU Youjun. E-mail: ouyoujun@126.com



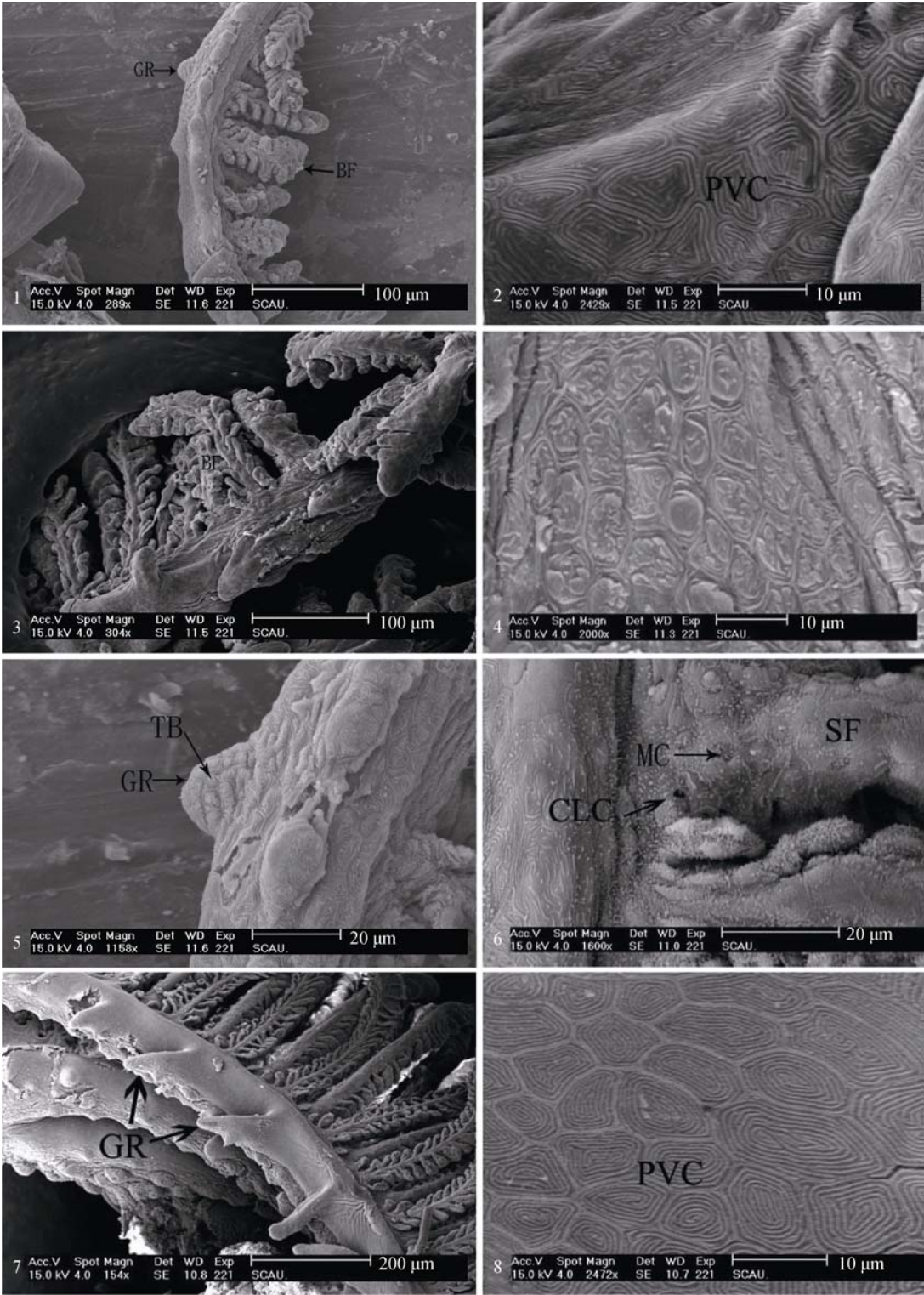
图版 I 卵形鲳鲹鳃胚后发育的光镜观察

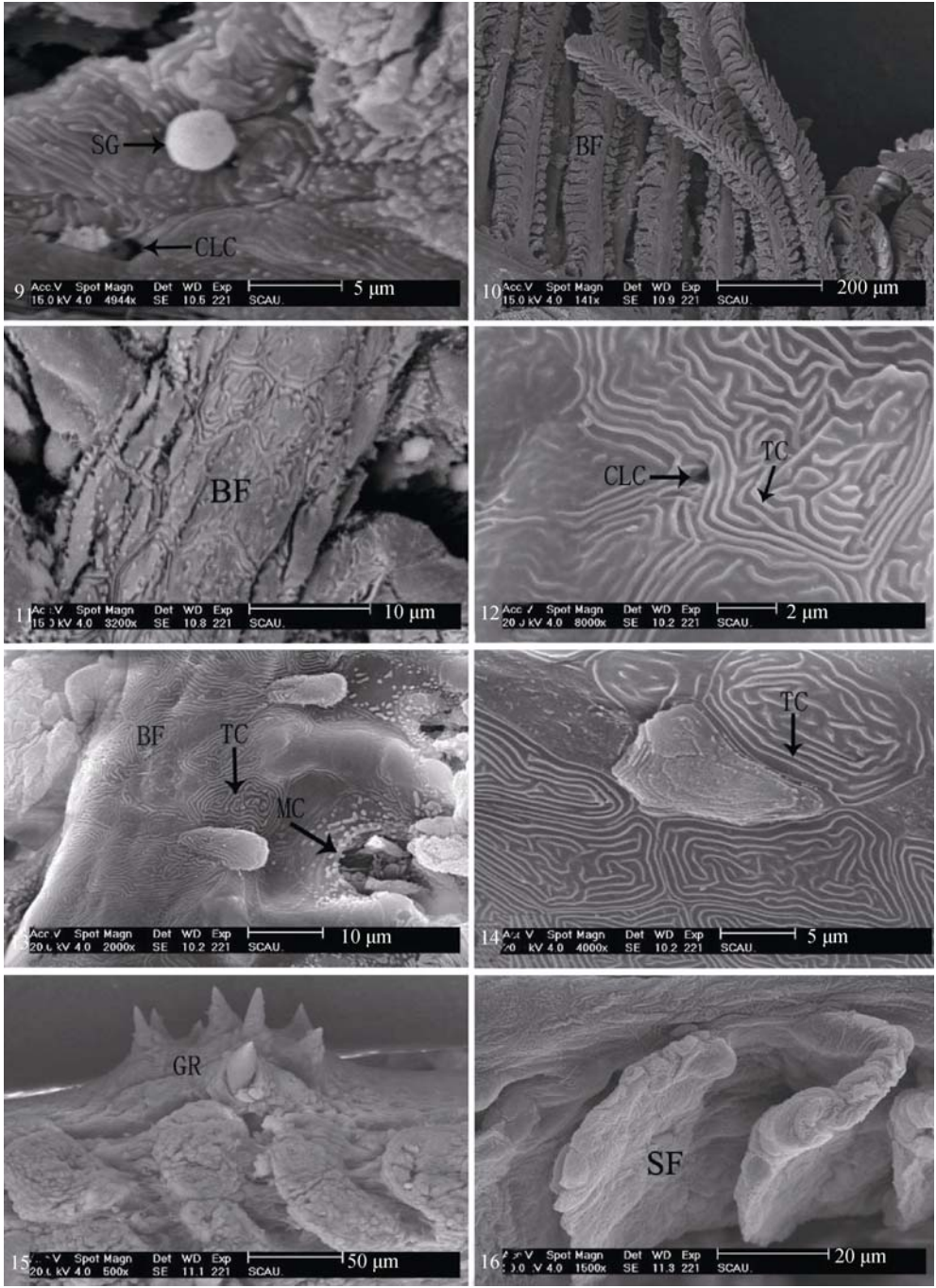
1: 3 日龄仔鱼; 2-3: 6 日龄仔鱼; 4: 10 日龄仔鱼; 5: 15 日龄仔鱼; 6: 17 日龄稚鱼; 7-8: 30 日龄幼鱼. BA: 鳃弓; BC: 血细胞; BF: 鳃丝; CLC: 氯细胞; GAC: 鳃弓软骨; GR: 鳃耙; MC: 黏液细胞; PVC: 扁平上皮细胞; SC: 支持细胞; SG: 分泌颗粒; SF: 鳃小片; TC: 微嵴; TB: 味蕾.

Plate I Light microscopical observation of gill in *Trachinotus ovatus* larvae and juveniles

1: 3th day after hatching; 2-3: 6th day after hatching; 4: 10th day after hatching; 5: 15th day after hatching; 6: 17th day after hatching; 7-8: 30th day after hatching.

BA: Branchial arch; BC: Blood cell; BF: Branchial filaments; CLC: Chloride cell. GAC: Gill arch cartilage; GR: Gill raker; MC: Mucous cell; PVC: Pavement cell; SC: Supporting cell; SG: Secretory granule; SF: Secondary filament; TC: Tiny crest; TB: Taste bud.





图版 II 卵形鲳鲹鳃胚后发育的扫描电镜观察

1-2: 4 日龄仔鱼; 3-5: 9 日龄仔鱼; 6: 15 日龄仔鱼; 7-9: 20 日龄稚鱼; 10-11: 25 日龄幼鱼; 12-16: 30 日龄幼鱼. BA: 鳃弓;
BC: 血细胞; BF: 鳃丝; CLC: 氯细胞; GAC: 鳃弓软骨; GR: 鳃耙; MC: 黏液细胞; PVC: 扁平上皮细胞; SC: 支持细胞;
SG: 分泌颗粒; SF: 鳃小片; TC: 微嵴; TB: 味蕾.

Plate II Scanning electron microscopical observation of gill in *Trachinotus ovatus* larvae and juveniles
1-2: 4th day after hatching; 3-5: 9th day after hatching; 6: 15th day after hatching; 7-9: 20th day after hatching; 10-11: 25th day after hatching;
12-16: 30th day after hatching.
BA: Branchial arch; BC: Blood cell; BF: Branchial filaments; CLC: Chloride cell. GAC: Gill arch cartilage; GR: Gill raker; MC: Mucous
cell; PVC: Pavement cell; SC: Supporting cell; SG: Secretory granule; SF: Secondary filament; TC: Tiny crest; TB: Taste bud.