

银鲳早期鳞被的覆盖和初生鳞的发育

唐杰 周硕 王亚军 胡佳宝 王想兵 王冠林 蒋欢 严小军

EARLY COVER OF SQUAMATION AND THE DEVELOPMENT OF PRIMARY SCALES FOR *PAMPUS ARGENTEUS*

TANG Jie, ZHOU Shuo, WANG Ya-Jun, HU Jia-Bao, WANG Xiang-Bing, WANG Guan-Lin, JIANG Huan, YAN Xiao-Jun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0469>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

褶纹冠蚌钩介幼虫非寄生变态发育观察及早期稚蚌的生长

STUDIES ON THE NON-PARASITIC METAMORPHOSIS OF *CRISTARIA PLICATA* GLOCHIDIA AND THE DEVELOPMENT OF EARLY JUVENILES

水生生物学报. 2017, 41(2): 391–398 <https://doi.org/10.7541/2017.48>

大鳞副泥鳅、泥鳅和北方泥鳅肉质比较分析

THE ANALYSIS OF THE MEAT QUALITY OF *PARAMISGURNUS DABRYANUS*, *MISGURNUS ANGUILLICAUDATUS* AND *MISGURNUS BIPARTITUS*

水生生物学报. 2020, 44(6): 1222–1229 <https://doi.org/10.7541/2020.142>

东北七鳃鳗早期发育研究

THE EARLY DEVELOPMENT OF *LAMPETRA MORII*

水生生物学报. 2019, 43(4): 814–824 <https://doi.org/10.7541/2019.096>

鱼类肌间骨发育分子调控机制及遗传选育研究进展

RESEARCH PROGRESS ON MOLECULAR REGULATION MECHANISM AND GENETIC SELECTION OF INTERMUSCULAR BONES IN TELEOSTS

水生生物学报. 2021, 45(3): 680–691 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.092>

三疣梭子蟹*Pt-ddit4l*基因的克隆及表达分析

CLONING AND EXPRESSION ANALYSIS OF *Pt-ddit4l* IN SWIMMING CRAB (*PORTUNUS TRITUBERCULATUS*)

水生生物学报. 2021, 45(2): 334–340 <https://doi.org/10.7541/2021.2019.249>

缢基蜈蚣藻的修订——基于形态观察、早期发育及分子序列分析

RESEARCH ON THE REVISION OF *GRATELOUPIA CONSTRICTATA* LI ET DING BASED ON MORPHOLOGICAL OBSERVATIONS AND EARLY DEVELOPMENT OF SPORES AND MOLECULAR ANALYSES

水生生物学报. 2021, 45(3): 670–679 <https://doi.org/10.7541/2020.2019.272>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2023.2022.0469

银鲳早期鳞被的覆盖和初生鳞的发育

唐杰¹ 周硕¹ 王亚军¹ 胡佳宝^{1,2} 王想兵¹ 王冠林¹ 蒋欢¹ 严小军¹

(1. 宁波大学海洋学院应用海洋生物技术重点实验室, 宁波 315211;

2. 宁波大学土木与环境工程与地理科学学院, 宁波 315211)

摘要: 为了研究人工养殖银鲳早期鳞被的覆盖和初生鳞的发育过程, 采用茜素红染色法和苏木精-伊红染色法对人工养殖银鲳的鳞片进行了观察和测量。结果显示: 银鲳鳞片的起始中心有 3 个, 分别为尾柄中部区域、鳃盖后缘及胸鳍基部; 在 $(20\pm 1.8)^{\circ}\text{C}$ 的育苗水体中, 银鲳在体长 (30 ± 0.95) mm 开始出现鳞片, 鳃盖后缘及胸鳍基部的鳞片沿着侧线方向扩展, 直至与尾柄中心向侧线方向扩展的鳞片相接; 在体长 (45.58 ± 0.73) mm 鳞被覆盖完全。鳞被向头部扩展的速度快于向尾部扩展的速度, 向背部扩展的速度快于向腹部扩展的速度。银鲳整个生命阶段都为圆鳞, 不存在圆鳞-栉鳞的过渡。组织学结果显示: 鳞片是由鱼类表皮和真皮之间的成纤维细胞聚集发育而来的, 其过程共包括形态发生早期、形态发生晚期、分化早期和分化晚期 4 个阶段; 银鲳鳞片的发生在变态 (由梭形过渡到成年侧扁状外形) 之后, 且各鳍条均已完全形成, 与其他真骨鱼具有共性。这些研究结果丰富了银鲳早期发育的生物学数据, 有助于了解其在系统学和功能形态学上的特征。

关键词: 鳞被; 覆盖; 初生鳞; 发育; 银鲳

中图分类号: Q174

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2023)12-1948-06



鳞片作为皮肤的衍生物, 有研究表明, 在鳞片发育过程中, 表皮基底层细胞首先分化, 真皮细胞产生的物质沉积在表皮-真皮边界, 这些物质可能是成纤维细胞的牵引信号, 他们会立即在表皮深层表面附近聚集, 并与表皮基底细胞相互作用, 在适当的位置形成鳞片^[1]。鳞被具有维持鱼体骨架、减少游动摩擦力及抵御病原体入侵的作用^[2]。

关于鳞片的发生和覆盖过程, 1990 年日本学者 Sire 和 Arnulf^[3] 对硬骨鱼鳞片的形成进行总结, 他将硬骨鱼类鳞片发生的起始位置归纳为 7 个, 分别是尾柄中部区域、侧翼中部区域、体前部侧线区域、胸鳍和腹鳍之间的腹部、胸鳍基部、头颈部和鳃盖区域。国内学者对于鱼类鳞片起始部位的研究在 20 世纪末开始盛行, 目前我国研究者已对鲤 (*Cyprinus carpio*)、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys*

nobilis)、尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*)^[4]、黑鲷 (*Sparus macrocephalus*)^[5]、乌鳢 (*Channa argus*)^[6]、河川沙塘鳢 (*Odontobutis potamophilus*)^[7]、齐口裂腹鱼 (*Schizothorax prenanti*)^[8]、条石鲷 (*Oplegnathus fasciatus*)^[1]、斑马鱼 (*Danio rerio*) 及团头鲂 (*Megalobrama amblycephala*)^[9] 的鳞被发育进行了研究, 大部分鱼类鳞片的发育都具有 1 个起始位点, 条石鲷均具有 3 个起始位点, 乌鳢^[6] 和齐口裂腹鱼^[8] 则具有更多的起始位点, 分别为 4 个和 6 个。在对重口裂腹鱼 (*Schizothorax davidi*)^[10] 鳞被覆盖的研究中发现, 鳞片发生的先后顺序依次为鳃盖后缘侧线处、尾柄中部侧线处、臀鳍基部、腹鳍基部、背鳍基部和峡部, 躯干背部鳞片覆盖完成后峡部才开始发生鳞片, 最后与腹鳍基部发生的鳞片汇合完成腹中线覆盖, 这和很多鱼类鳞片覆盖终止于腹部是相同的^[4]。同属于鲤科鱼类的团头鲂、斑马鱼^[9]、

收稿日期: 2022-11-23; 修订日期: 2023-04-24

基金项目: 宁波市科技创新 2025 年重大专项(2021Z003); 宁波自然科学基金(202003N4121); 宁波甬江人才引进项目; 国家自然科学基金(31772869、31872586、31872195 和 42076118)资助 [Supported by Ningbo 2025 Science and Technology Innovation Major Project (2021Z003); Ningbo Natural Science Foundation (202003N4121); Ningbo Yongjiang Talent Introduction Project; National Natural Science Foundation of China (31772869, 31872586, 31872195 and 42076118)]

作者简介: 唐杰(1998—), 男, 硕士研究生; 主要从事鱼类分子与育种研究。E-mail: 1224899565@qq.com

通信作者: 王亚军, 教授; E-mail: wangyajun@nbu.edu.cn

齐口裂腹鱼^[8]、鲤、草鱼、鲢和鳙^[4]的鳞片出现的第一个部位通常是尾柄侧线或腮盖后缘部, 因此, 研究鱼类鳞片的发生过程, 也有助于研究鱼类亲缘关系^[11]。

银鲳 (*Pampus argenteus*), 归属鲈形目 (Perciformes), 鲳科 (Stromateidae), 鲳属 (*Pampus*), 是许多亚洲国家的经济鱼类, 捕捞量巨大, 因为环境破坏和捕捞技术发展, 野生资源锐减, 需要养殖填补。银鲳养殖难度极大, 经过连续 10 年的攻关, 我们团队目前已成功实现了银鲳的规模化繁育和养殖。目前, 关于银鲳的研究主要涉及银鲳遗传育种^[12, 13]、性腺发育^[14]及银鲳的人工繁育^[15]等。银鲳的鳞片较小、易脱落, 鳞片的出现常作为个体进入稚鱼期的重要标准^[16], 有关银鲳早期鳞片的发生及鳞被覆盖过程的研究尚未见报道。本研究主要采用形态学和组织学方法系统研究了银鲳鳞片的发生位置和覆盖过程, 初步阐明了银鲳鳞片发育的基本规律, 探讨了鳞片覆盖与个体年龄和生长的关系, 为探讨鱼类鳞片的发育模式提供了丰富的材料, 为进一步研究鱼类鳞片发生发育的分子机制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验鱼来源与管理

银鲳亲本均来自与宁波大学合作的浙江省宁波市象山县黄避岙乡象山港湾水产苗种有限公司, 2021年4月, 经自然受精获得银鲳胚胎, 收受精卵后将胚胎放入1000 L白色水桶(上直径137 cm, 下直径116 cm, 高74 cm)中孵化, 并放入氧气泵, 保持水体盐度 27.5—28.5、pH 8.0—8.2、水温 (20±1.8)℃、溶解氧 6—9 mg/mL。仔鱼出膜后5—7日龄开口摄食, 投喂经浓缩小球藻液强化12h以上或用专用强化剂强化后的轮虫。11—13日龄开始添加投喂经强化剂强化后的卤虫无节幼体, 并配合投喂强化后的轮虫至14—16日龄。14—16日龄后只投喂强化剂强化后的卤虫无节幼体, 停止投喂轮虫。18—20日龄后可以开始驯化投喂鱼苗培育专用颗粒饲料。采用虹吸的原理每天清除食物残渣及粪便, 并及时清除水体表面油膜, 每天更换1/10体积的新鲜海水。

1.2 实验样本的收集与处理

仔鱼出膜后每天关注其发育情况, 待90%以上的仔鱼腹鳍褶变为腹鳍之后(约20日龄)开始取样^[8], 每天用手抄网随机采集10尾样本, 直至鳞被覆盖完全。每间隔2d取样1次, 每次取样10尾, 测量体长和全长, 后用4%的多聚甲醛固定, 其中5尾用于茜素红染色观察鳞片最初出现的部位及鳞被覆盖

的模式, 另外5尾用于组织切片观察。

1.3 鱼体茜素红染色及组织切片观察

茜素红染色的方法借鉴李思发^[4]与王志强等^[9]的染色方法, 将经茜素红染色后的整鱼清洗后置于体视显微镜(型号: ZSM7045, 中国)下观察并拍照记录鳞片出现的起始部位及覆盖模式。之后用注射器针头小心将鱼体初生鳞片挑起, 用解剖刀轻轻刮下, 在正置显微镜(型号: RX-BH200M, 中国)下观察、拍照。

对于体长小于3.5 cm的银鲳初孵仔鱼采取整鱼取样的方式进行固定, 体长大于3.5 cm的银鲳初孵仔鱼切除头胸部后将组织块修剪成合适大小进行乙醇梯度脱水、二甲苯透明、石蜡包埋、切片机切片、苏木素-伊红染色和中性树脂封片。在显微镜下观察经HE染色后的组织学切片, 并用连接电脑的镜头拍照。

2 结果

2.1 银鲳早期鳞被的覆盖

银鲳鳞被共有3个起始中心, 其中尾柄中部是鳞片出现的主要部位, 而腮盖后缘处和胸鳍基部也是鳞片起始部位, 为次要部位。首先, 尾柄中部出现第一片鳞片; 其次, 腮盖后缘和胸鳍基部也作为鳞片起始部位分别向尾部和侧线方向生长, 并与尾柄中部向侧线方向生长的鳞片相接; 最后, 从尾柄中部向头部生长的鳞片与从腮盖后缘和胸鳍基部向尾柄方向生长的鳞片汇合, 鳞被完全覆盖, 其中鳞片向头部生长的速度明显快于向尾柄方向生长的速度。鳞片向头部扩展到腮盖, 向尾部能发育到尾鳍, 且尾鳍鳞片覆盖早于体表鳞被覆盖。根据银鲳鳞被在鱼体体表形成过程将其划分为5个阶段(图1)。

阶段A(全身无鳞): 体长小于25.0 mm, 鳞片尚未出现, 体表无鳞。

阶段B(尾柄中部鳞片出现): 体长(30±0.95) mm, 尾柄中部区域开始出现鳞片, 水平鳞列数1—2。

阶段C(双向发生): 体长(35.64±0.89) mm, 腮盖后缘和胸鳍基部开始出现鳞片, 水平鳞列数1—2; 尾柄中部区域水平鳞列数3—4, 并向头部和侧线方向扩展。

阶段D(快速生长): 体长(40.84±1.15) mm, 腮盖后缘和胸鳍基部出现的鳞片延伸至侧线向尾部与从尾柄中部向侧线方向生长的鳞片汇合, 尾柄中部水平鳞列数10—15, 尾鳍两翼长出鳞片。

阶段E(汇合覆盖): 体长(45.58±0.73) mm, 从尾柄中部向头部生长的鳞片与从腮盖后缘及胸鳍基

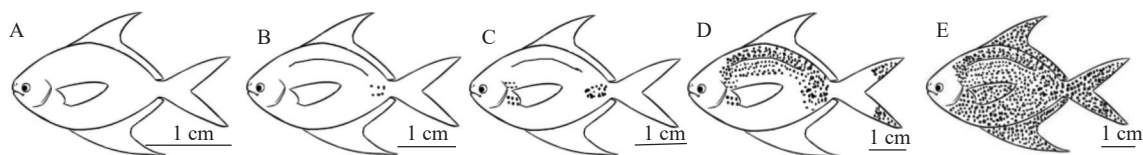


图1 银鲳早期鳞被形成示意图

Fig. 1 Early scale formation of silver pompano

部向尾柄方向生长的鳞片汇合, 体表鳞片覆盖完全。

2.2 银鲳初生鳞的形态结构及发育

银鲳鳞片为典型的细小圆鳞, 鳞焦位于鳞片的前区(朝鱼头方向而埋入鳞囊内的部分为前区, 朝着鱼尾部而露出囊外的为后区), 无辐射沟。以鳞焦为中心, 环纹以鳞焦形状成圈排列; 依据鳞片的着生部位不同, 鳞片的外形也存在差异。银鲳初生鳞根据体表分布部位的不同, 形状可分为圆形或椭圆形, 通常鳃盖后缘处、胸鳍基部及腹部鳞片为椭圆形, 而鱼体其他部位初生鳞多为圆形。初生鳞片细小柔软, 不宜观察, 需要借助茜素红染液染成粉红色才能发现, 初生鳞表面光滑, 无鳞嵴, 只具备将来发育成鳞焦的平坦部分。随着初生鳞的发育, 其外形、鳞嵴、鳞焦均随之发生变化。由于银鲳整个生命阶段都为圆鳞, 所以不存在圆鳞-栉鳞的过渡。银鲳初生鳞的发育对应鳞被覆盖也可以分为五个阶段。鳞片的外形也略有差异, 多为椭圆形, 也有圆形、方形和五边形等。

阶段A: 鳞片未出现。

阶段B: 鳞片出现, 形态近似规则圆形, 无鳞嵴(图2B)。

阶段C: 腹部鳞片为椭圆形, 环纹完整, 鳞嵴为2—3; 侧线上鳞片侧线管明显, 侧线管上环纹中断, 鳞嵴为3—4; 尾部鳞片环纹清晰, 鳞嵴为3—4; 胸鳍基部鳞片前区环纹缺失, 鳞嵴为3—4; 鳃盖后缘鳞片前区环纹缺失, 鳞嵴为3—4(图2C-a—e)。

阶段D: 腹部鳞片发育成扁圆形, 鳞嵴为4—5; 侧线管附近鳞片环纹更加清晰, 鳞嵴为7—8; 尾部鳞片进一步发育, 鳞嵴为10—11; 胸鳍基部鳞片前区仍缺失, 鳞嵴为5—6; 鳃盖后缘鳞片前区缺失, 鳞嵴为7—8(图2D-a—e)。

阶段E: 各部位鳞片在各自基础上继续以鳞焦为中心呈同心圆方式扩展, 鳞嵴为20—40不等(图2E-a—e)。

2.3 银鲳鳞片发生的组织学观察

通过苏木精-伊红染色法对出膜后的银鲳仔鱼进行组织切片染色, 通过分析比对, 银鲳鳞片的发生可分为4个阶段。

阶段A(形态发生早期): 成纤维细胞在表皮的生发层下聚集, 随着成纤维细胞在表皮与真皮临界

处的大量出现, 形成一层单独细胞层(图3A)。

阶段B(形态发生晚期): 在表皮和真皮临界处的成纤维细胞继续分化成更大的细胞, 开始形成鳞片乳突(图3B)。

阶段C(分化早期): 鳞片乳突不断分化成为两层鳞片生成结构, 并不断分泌骨质, 形成骨质鳞片即为鳞片原基。鳞片上下层出现新的真皮细胞层, 形成包围鳞片的小囊, 即鳞囊(图3C)。

阶段D(分化晚期): 鳞囊继续扩大, 鳞片基质更加明显(图3D)。

3 讨论

3.1 鱼类鳞片出现的起始部位和数量

在本研究中, 我们发现银鲳共有3个起始部位, 分别为尾柄中部区域、腮盖后缘以及胸鳍基部, 这种鳞片的起始位置和数量与条石鲷是一致的, 而团头鲂^[9]、草鱼、鳊^[4]、重口裂腹鱼^[10]和齐口裂腹鱼^[8]只有1个起始中心, 为腮盖后缘侧线处。斑马鱼^[9]、尼罗罗非鱼^[4]、莫桑比克罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)^[17]和小孔亚口鱼(*Minytrema melanops*)^[11]的起始中心为尾柄侧线处。此外, 还有一些鱼类起始中心在尾柄侧中央至体侧中央的连线上, 如梭鱼(*Sphyrænus*)^[18]、河川沙塘鳢^[7]和暗斑棘盖太阳鱼(*Pomoxis nigromaculatus*)^[19]。由此可见, 不同鱼类鳞片的起始中心和数量存在一定差异。

3.2 银鲳早期鳞片的发生和覆盖

鳞片的发生时间一般都在变态发育之后^[8]。鱼类生活史划分为前期仔鱼、早期仔鱼、后期仔鱼、稚鱼期和当年幼鱼期, 后期仔鱼的卵黄囊消失, 头部抬起前伸, 脊索末端向上弯曲等明显的形态变化称为变态^[20]。殷名称^[16]指出, 这些变态在外形上包括某些器官的有无和位置变更, 鳍褶、外鳃和体透明等仔鱼器官和特征的消失, 鳍条和鳞片的形成等。在本研究中, 银鲳鳞片的发生在变态(外形由梭形过渡到成年银鲳的侧扁状)之后, 且各鳍条均已完全形成, 与其他真骨鱼具有共性, 如齐口裂腹鱼的鳞片发生出现在腹鳍鳍褶变为腹鳍后^[8], 小孔亚口鱼^[5]的鳞片发生出现在背鳍鳍褶变为背鳍后、尾鳍变形为叉形之后。区又君等^[2]在对条石鲷初生鳞发育的研究时, 按照鳞被覆盖阶段一一对应

描述了单一鳞片的发育, 共分为5个阶段: 阶段A(鳞片未出现)、阶段B(原始的圆鳞形态)、阶段C(逐渐发育成栉鳞)、阶段D(鳞嵴2—16)和阶段E(鳞嵴8—18)。由于条石鲷鳞片最终阶段为栉鳞, 所以存在由圆鳞向栉鳞的过渡阶段, 而本研究中银鲳全生长阶段都为圆鳞, 不存在圆鳞向栉鳞的过渡阶段, 这一点与条石鲷鳞片发育是不一样的。

鳞片初次出现与体长有关。Armstrong^[20]在对斑马鱼的鳞片覆盖与发育研究中首次对Ward和Leonard^[21]年龄是决定鳞片出现的一个因素的观点提出质疑, 他发现不管斑马鱼年龄大小, 只有当它们的平均长度达到1.15 cm时, 才显示出鳞片发育的迹象。李思发^[4]在对鲤鳞片发育的研究中指出当鱼达到一定体长时鳞片就出现, 而年龄则没有这种显著影响, 年龄到了, 若体长没达到, 仍不能出现鳞片或达到一定的覆盖率。Sire和Arnulf^[3]对硬骨鱼鳞片形成的综述及其他鳞片发生发育研究者Cooper^[22]也直接将长度作为分析标准, 而不考虑年龄因素。本研究发现, 在银鲳初生鳞发育过程中, 由于温

度、饵料、养殖密度和养殖场地的差异, 银鲳仔鱼长出第一片鳞片的日龄参差不齐, 其中最小个体全长和体长分别为37.5和29.0 mm, 最大个体的全长和体长分别为42.5和31.5 mm, 验证了鳞片初次出现的时间与体长的直接关系。

3.3 鳞片发生组织学

本研究通过对银鲳鳞片组织进行切片并用HE染色观察发现银鲳鳞片发生主要经历形态发生早期、形态发生晚期、分化早期和分化晚期这几个阶段, 相比王志强等^[9]做的团头鲂和斑马鱼的鳞片组织发生来看, 不同鱼类鳞片的发育在组织学层面具有相似性。

4 结论

本研究结果表明, 银鲳鳞片发生主要经历形态与其他真骨鱼的鳞片发生过程基本相同。银鲳鳞片的发生共有3个起始部位, 分别为尾柄中部、腮盖后缘及胸鳍基部。银鲳鳞片的发生在变态(外形由梭形过渡到成年银鲳的侧扁状)之后, 各鳍条均

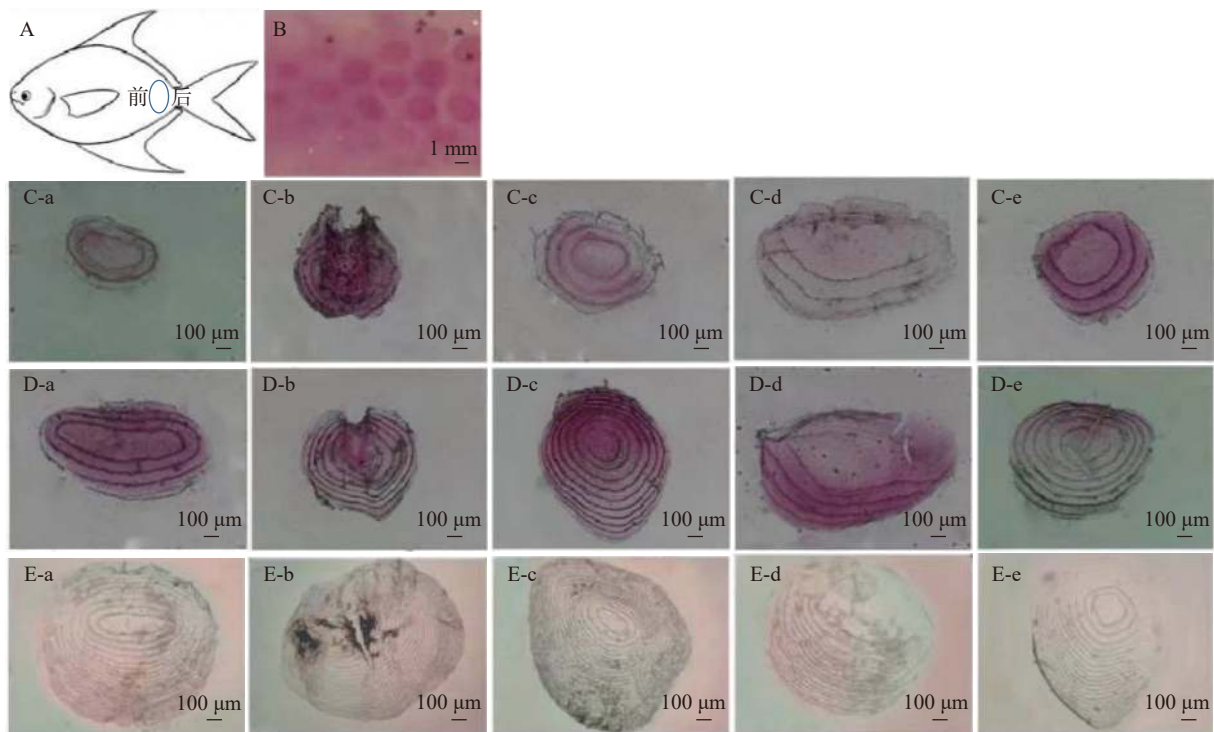


图2 银鲳各发育阶段不同部位的初生鳞片及鳞片方位示意图

Fig. 2 Scales at different developmental stages and position in silver pomfret and schematic diagram of the scale orientation

A. 鳞片方位示意图: 前区朝下, 后区朝上; B. 初生鳞片; C-a. 腹部鳞片; D-a. 腹部鳞片; E-a. 腹部鳞片; C-b. 侧线上鳞片; D-b. 侧线上鳞片; E-b. 侧线上鳞片; C-c. 尾部鳞片; D-c. 尾部鳞片; E-c. 尾部鳞片; C-d. 胸鳍基部鳞片; D-d. 胸鳍基部鳞片; E-d. 胸鳍基部鳞片; C-e. 腮盖后缘鳞片; D-e. 腮盖后缘鳞片; E-e. 腮盖后缘鳞片

A. schematic diagram of the scale orientation: front area facing down, back area facing up; B. primary scale; C-a. abdominal scales; D-a. abdominal scales; E-a. abdominal scales; C-b. lateral line scales; D-b. lateral line scales; E-b. lateral line scales; C-c. caudal peduncle scales; D-c. caudal peduncle scales; E-c. caudal peduncle scales; C-d. pectoral fin base scales; D-d. pectoral fin base scales; E-d. pectoral fin base scales; C-e. posterior margin of gill cover scales; D-e. posterior margin of gill cover scales; E-e. posterior margin of gill cover scales

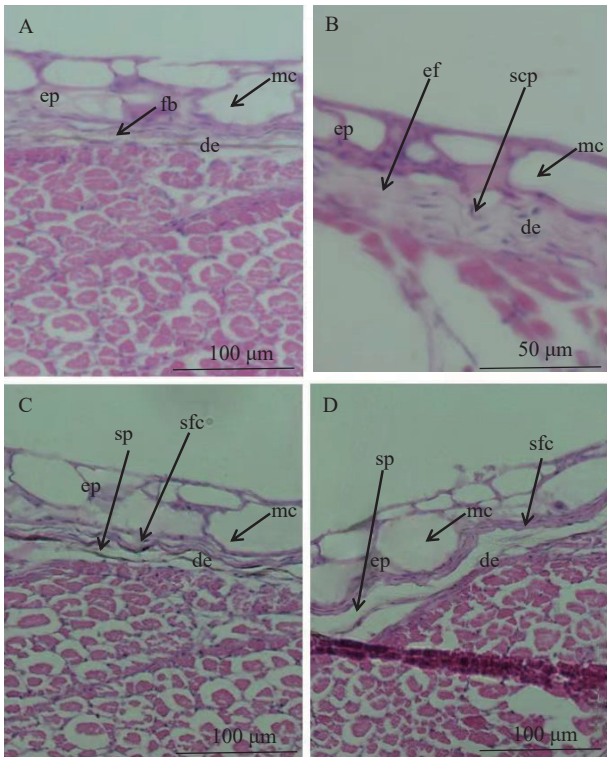


图3 银鲷稚鱼鳞片发生组织结构(HE染色)

Fig. 3 The histology of scales development in juvenile silver pomfret (HE staining)

ep. 表皮; de. 真皮; fb. 成纤维细胞; mc. 黏液细胞; ef. 弹性细胞; scp. 鳞片乳突; sfc. 鳞片形成细胞; sp. 鳞囊

ep. epidermis; de. dermis; fb. fibroblast; mc. mucous cell; ef. elastic fibers; scp. scales and mastoids; sfc. scales form cells; sp. scale follicle

已完全形成, 和其他真骨鱼具有共性。鳞片初次形成与体长有关, 体长超过29.0 mm才能长出第一片鳞片。银鲷整个生命阶段都为圆鳞, 不存在圆鳞-栉鳞的过渡。

参考文献:

- [1] Sire J Y, Akimenko M A. Scale development in fish: a review, with description of sonic hedgehog (shh) expression in the zebrafish (*Danio rerio*) [J]. *The International Journal of Developmental Biology*, 2004, **48**(2/3): 233-247.
- [2] Ou Y J, Li J E, Ai L, *et al.* Early development of squamation for *Oplegnathus fasciatus* [J]. *South China Fisheries Science*, 2016, **12**(5): 112-117. [区又君, 李加儿, 艾丽, 等. 条石鲷早期鳞被的形成和初生鳞的发育 [J]. *南方水产科学*, 2016, **12**(5): 112-117.]
- [3] Sire J Y, Arnulf I. The development of squamation in four teleostean fishes with a survey of the literature [J]. *Japanese Journal of Ichthyology*, 1990, **37**(2): 133-143.
- [4] Li S F. The scale formation process and its relation to the growth of five species of fish [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1983, **7**(4): 343-351. [李思发. 五种鱼的鳞被复盖过程及其同生长的关系 [J]. *水产学报*, 1983, **7**(4): 343-351.]
- [5] Ding Y W, Li J E, Ou Y J. Early scale development in the black porgy *Spargus macrocephalus* (basilewsky) [J]. *Tropic Oceanology*, 1991, **10**(3): 16-20. [丁彦文, 李加儿, 区又君. 黑鲷早期鳞被的形成 [J]. *热带海洋*, 1991, **10**(3): 16-20.]
- [6] Xie C X, Zhou J, Xiong C X, *et al.* Early developmental and morphological characteristics of scale of Chinese snake-head fish, (*Channa argus*) [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1996, **15**(1): 68-72. [谢从新, 周洁, 熊传喜, 等. 乌鳢早期鳞被的形成及鳞片形态特征 [J]. *华中农业大学学报*, 1996, **15**(1): 68-72.]
- [7] Hu X C, Sun G Y. Early scale development in the bark sleeper *Odontobutis potamophilus* (Gunther) [J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 1996, **13**(3): 6-9. [胡先成, 孙幅英. 河川沙塘鳢早期鳞被的形成 [J]. *重庆师范学院学报(自然科学版)*, 1996, **13**(3): 6-9.]
- [8] Yan T M, Tang R J, Liu X S, *et al.* The scale formation and development in juvenile of *Schizothorax prenanti* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, **38**(2): 298-303. [严太明, 唐仁军, 刘小帅, 等. 齐口裂腹鱼鳞片发生及覆盖过程研究 [J]. *水生生物学报*, 2014, **38**(2): 298-303.]
- [9] Wang Z Q, Liu H, Geng R J, *et al.* Comparative study on the scales formation and development between *Megalobrama amblycephala* and *Danio rerio* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2019, **49**(1): 20-26. [王志强, 刘寒, 耿瑞静, 等. 团头鲂和斑马鱼鳞片的发生发育过程比较研究 [J]. *淡水渔业*, 2019, **49**(1): 20-26.]
- [10] Yan T M, Liu X S, Yang S, *et al.* Scale development and squamation chronology for *Schizothorax davidi* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2014, **49**(3): 391-398. [严太明, 刘小帅, 杨淞, 等. 重口裂腹鱼鳞片发育和覆盖过程 [J]. *动物学杂志*, 2014, **49**(3): 391-398.]
- [11] White D S. Early development and pattern of scale formation in the spotted sucker, *Minytrema melanops* (Cotto-stomidae) [J]. *Copeia*, 1977(2): 400.
- [12] Shi C Y, Zhao C P, Hu Y X, *et al.* Effects of high temperature stress on physiology and expression of related gene in *Pampus argenteus* [J]. *Journal of Applied Oceanography*, 2022, **41**(1): 1-7. [史琛榆, 赵淳朴, 胡艺潇, 等. 银鲷应对高温胁迫的生理响应及其相关基因表达研究 [J]. *应用海洋学报*, 2022, **41**(1): 1-7.]
- [13] Zhang M, Hu J, Zhu J, *et al.* Transcriptome, antioxidant enzymes and histological analysis reveal molecular mechanisms responsive to long-term cold stress in silver pomfret (*Pampus argenteus*) [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2022(121): 351-361.
- [14] Yang Y, Li Y, Wang Y, *et al.* The ultrastructure of spermatogenic cells and morphological evaluation of testicu-

- lar development in the silver pomfret (*Pampus argenteus*) [J]. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 2021, **50**(6): 1034-1042.
- [15] Hu J B, Le Q J, Du L H, *et al.* Advances in the artificially reproductive and breeding studies of silver pomfret (*Pampus argenteus*) [J]. *Journal of Biology*, 2016, **33**(4): 87-91+117. [胡佳宝, 乐琪君, 杜丽红, 等. 银鲳的人工繁育研究进展 [J]. 生物学杂志, 2016, **33**(4): 87-91+117.]
- [16] Yin M C. Advances and studies on early life history of fish [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1991, **15**(4): 348-358. [殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展 [J]. 水产学报, 1991, **15**(4): 348-358.]
- [17] Fujita K. Early development of the squamation in *Tilapia sparrmani* [J]. *Japanese Journal of Ichthyology*, 1971, **18**(2): 90-93.
- [18] Zhang F C, Su B R, Lin J B, *et al.* A preliminary observation on the development of scale in *Sphyrænus* [J]. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 1980(4): 99-104. [张非常, 苏炳仁, 林金榜, 等. 梭鱼 (*MUGIL SO-IUY BASILEWSKY*) 鳞片发生的初步观察 [J]. 南京大学学报(自然科学), 1980(4): 99-104.]
- [19] Xie H, Sun J, Xie Y H, *et al.* Metamorphic development and adapyability in fishes [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2008, **23**(5): 397-402. [解涵, 孙建, 解玉浩, 等. 鱼类的变态发育及其适应意义 [J]. 大连水产学院学报, 2008, **23**(5): 397-402.]
- [20] Armstrong J G. Squamation chronology of the zebrafish (*Cyprinidae*), *Brachydanio rerio* [J]. *Copeia*, 1973(4): 823.
- [21] Ward H C. Order of appearance of scales in the black crappie, *Pomoxis nigromaculatus* [J]. *Environmental Science*, 1954, **33**(3): 138-140.
- [22] Cooper J A. Scale development as related to growth of juvenile black crappie, *Pomoxis nigromaculatus* lesueur [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1971, **100**(3): 570-572.

EARLY COVER OF SQUAMATION AND THE DEVELOPMENT OF PRIMARY SCALES FOR *PAMPUS ARGENTEUS*

TANG Jie¹, ZHOU Shuo¹, WANG Ya-Jun¹, HU Jia-Bao^{1,2}, WANG Xiang-Bing¹,
WANG Guan-Lin¹, JIANG Huan¹ and YAN Xiao-Jun¹

(1. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, College of Oceanology, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2. School of Civil and Environmental Engineering and Geography Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: In order to study the early scale covering and primary scale development of captive *Pampus argenteus*, alizarin red staining and hematoxylin-eosin staining were used to observe and measure the scales of captive *Pampus argenteus*. The results showed that *Pampus argenteus* has three initial centers of scales, namely the middle region of caudal stalk, the posterior margin of gill cover and the base of pectoral fin. At water temperature of (20±1.8)°C, the scales of *Pampus argenteus* began to appear at (30±0.95) mm in length. The scales at the posterior edge of the gill cover and the base of the pectoral fin extend along the lateral line until they come into contact with the scales extending laterally from the center of the caudal peduncle. The scales were completely covered at the length of (45.58±0.73) mm, which spread to the head faster than to the tail, and to the back faster than to the abdomen. The whole life stage of *Pampus argenteus* is round scale, without the transition between round scale and comb scale. Histological results showed that the scale was formed by the aggregation of fibroblasts between the epidermis and dermis of fish, and the process included four stages: early morphogenesis, late morphogenesis, early differentiation and late differentiation. The scales of *Pampus argenteus* occur after metamorphosis (transition from spindle shape to adult lateral flat shape) and the fins are fully formed, which is in common with other ebony fish. These results enrich biological data of the early development of *Pampus argenteus* and contribute to the understanding of its systematics and functional morphology.

Key words: Scale; Covering; Primary scales; Development; *Pampus argenteus*