

矛尾虾虎鱼仔稚鱼脊柱及附肢骨骼系统的发育观察

黄洁丽, 胡芬, 宋小晶, 陈渊戈, 钟俊生

Development of the vertebral column and appendicular skeleton in larvae and juveniles of *Chaeturichthys stigmatias*

HUANG Jieli, HU Fen, SONG Xiaojing, CHEN Yuange, ZHONG Junsheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20201203258>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

杭州湾北部有明银鱼仔稚鱼脊柱和附肢骨骼发育研究

Development of the vertebral column and the appendicular skeleton in the larvae and juveniles of *Salanx ariakensis* in the north of Hangzhou Bay

上海海洋大学学报. 2018, 27(6): 930 <https://doi.org/10.12024/jsou.20180402281>

黄河鲤肌间骨发育的形态学观察

Developmental and morphological study of intermuscular bones in *Cyprinus carpio haematopterus*

上海海洋大学学报. 2017, 26(4): 481 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170101936>

长江口南支水域刀鲚仔稚鱼资源量的年度变化

Annual variation of the resources of *Coilia nasus* larvae and juveniles in the southern branch of the Yangtze River estuary

上海海洋大学学报. 2021, 30(5): 828 <https://doi.org/10.12024/jsou.20200403023>

潮汐对长江口南支仔稚鱼种类组成及密度影响

Effect of tide on the species composition and density of the fish larvae and juveniles community in southern branch of Yangtze River estuary

上海海洋大学学报. 2020, 29(6): 855 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190302569>

杭州湾北部水域仔稚鱼组成的月度及年间比较

Monthly and annual comparison of fish larvae and juveniles composition in the north of Hangzhou Bay

上海海洋大学学报. 2017, 26(1): 103 <https://doi.org/10.12024/jsou.20160401748>

文章编号: 1674-5566(2022)01-0071-15

DOI:10.12024/jso.20201203258

矛尾虾虎鱼仔稚鱼脊柱及附肢骨骼系统的发育观察

黄洁丽¹, 胡 芬², 宋小晶², 陈渊戈², 钟俊生¹

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘 要: 采用软骨-硬骨双染色技术, 研究矛尾虾虎鱼 (*Chaeturichthys stigmatias*) 仔稚鱼 (体长范围为 4.7 ~ 45.1 mm) 脊柱及附肢骨骼系统的形态发育特征。结果显示: 4.7 mm 个体脊索为无分节的长圆柱形; 5.3 mm 个体随着髓弓、脉弓和尾下骨的出现, 脊柱开始发育; 7.1 mm 个体髓弓与脉弓延伸形成髓棘与脉棘, 脊柱出现分节的硬骨环, 并从前往后硬骨化; 22.9 mm 个体脊柱形成 40 ~ 43 枚椎骨 (躯椎 15 枚, 尾椎 25 ~ 28 枚)。矛尾虾虎鱼附肢骨骼系统的发育顺序依次为胸鳍、尾鳍、第二背鳍与臀鳍、第一背鳍与腹鳍。4.8 mm 个体可见软骨质的胸鳍支鳍骨和乌喙骨-肩胛软骨, 以及部分骨化的匙骨; 16.8 mm 个体肩带开始骨化。腹鳍支鳍骨最早在 8.9 mm 个体出现, 在 17.0 mm 个体开始骨化。6.6 mm 个体脊索上方中部与肛门后端分别出现 13 和 11 枚软骨质的支鳍骨; 第二背鳍先于第一背鳍出现, 背鳍支鳍骨与臀鳍支鳍骨分别在 13.0 mm 和 12.1 mm 个体中开始由前向后骨化, 第二背鳍与臀鳍第 1 枚鳍条分别在 22.7 mm 和 20.6 mm 个体中锐化成背棘与臀棘。5.8 mm 个体最早出现 2 枚尾下骨, 随着脊索末端向上弯曲, 10.9 mm 个体尾鳍基本成型, 共有 2 枚尾上骨、1 枚尾杆骨、1 枚尾椎髓体、1 枚侧尾下骨和 3 枚尾下骨, 且第 2 枚与第 3 枚尾下骨已愈合完全, 24.3 mm 个体尾鳍骨化基本完成。矛尾虾虎鱼仔稚鱼骨骼发育研究结果对其分类鉴定和早期发育功能趋向有重要作用。

关键词: 矛尾虾虎鱼; 仔稚鱼; 脊柱; 附肢骨骼; 早期发育; 骨骼染色

中图分类号: S 917.4; P 107 **文献标志码:** A

矛尾虾虎鱼 (*Chaeturichthys stigmatias*) 隶属于鲈形目 (Perciformes) 虾虎鱼亚目 (Gobioidei) 虾虎鱼科 (Gobiidae) 矛尾虾虎鱼属 (*Chaeturichthys*)^[1], 是一种广温性近岸小型底栖鱼类, 分布于中国沿海, 以及日本和朝鲜半岛, 常栖息于河口咸淡水滩涂淤泥底质水域, 也进入江河下游淡水水体中^[2]。主要摄食桡足类、多毛类^[3]、虾类和瓣鳃类^[4], 也是许多鱼类如许氏平鲷 (*Sebastes schlegeli*)^[5]、黄鲛鲷 (*Lophius litulon*)^[6]、蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*)^[7] 和牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)^[8] 等大中型鱼类的捕食对象。3 月达性成熟, 繁殖期从 4 月持续至 6 月上旬^[9-10]。

目前, 国内外学者对矛尾虾虎鱼的研究主要集中在基础生物学特征^[9-10]、生理生态^[11-13]、遗传

分析^[14-15]、耳石形态^[16] 和资源分布^[17-18] 等方面。鲈形目鱼类中, 已对石首鱼科的大黄鱼 (*Larimichthys crocea*)^[19]、笛鲷科的红鳍笛鲷 (*Lutjanus erythropterus*)^[20]、鲹科的卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*)^[21-22] 以及鲷科的鞍带石斑鱼 (*Epinephelus lanceolatus*)^[23] 和鳊 (*Siniperca chuatsi*)^[24-25] 等骨骼系统的早期发育作了详细报道, 但有关虾虎鱼科鱼类仔稚鱼骨骼的研究却尚未见报道。

本研究利用软骨-硬骨双染色技术, 对矛尾虾虎鱼早期发育过程中脊柱和附肢骨骼的形成及变化进行观察与描述, 旨在为矛尾虾虎鱼仔稚鱼分类鉴定提供科学依据, 并为其早期发育阶段的功能趋向及环境适应研究提供参考。

收稿日期: 2020-12-25 修回日期: 2021-07-07

基金项目: 中国水产科学研究院东海水产研究所基本科研业务费项目 (2019M05)

作者简介: 黄洁丽 (1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向为鱼类分类学。E-mail: 18368090552@163.com

通信作者: 钟俊生, E-mail: jszhong@shou.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料

2019年3月至2020年1月,在黄海南部近岸水域(119°00'~123°00'E,31°00'~35°00'N)设置47个站点(图1),使用“沪崇渔11050”和“沪崇渔11197”两艘渔船,在每月大潮期间使用仔稚鱼网(口径1.3 m,网长6.0 m,网目0.5 mm)进行水平拖网采样,每网拖曳10 mins,拖网速度为1~2 kn。采集到的样品现场用5%甲醛溶液固定保存。从所采集的样品中选取不同发育阶段的矛尾虾虎鱼100尾作为骨骼研究材料。

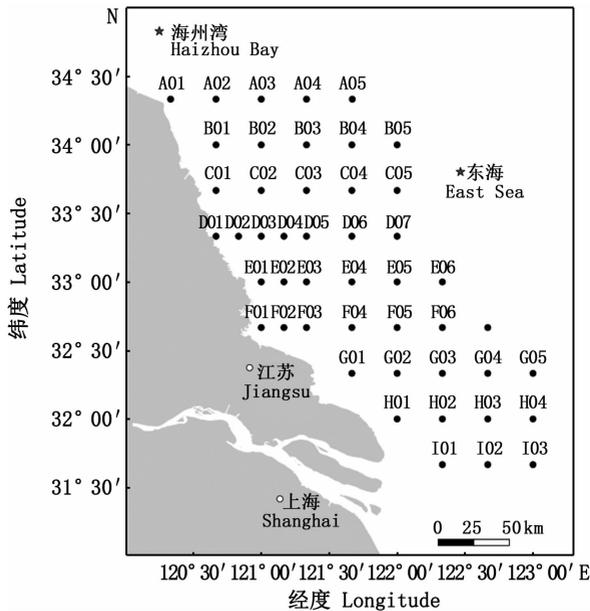


图1 采样站位图

Fig.1 Location of sampling stations

1.2 方法

1.2.1 测量

参照 KENDALL 等^[26]的仔稚鱼发育分期标准将所选取的矛尾虾虎鱼仔稚鱼划分为6个发育阶段:卵黄囊期(yolk-sac larval stage)为仔鱼孵化后至卵黄耗尽;前弯曲期(pre-flexion larval stage)仔鱼脊索末端呈直线形;弯曲期(flexion larval stage)仔鱼脊索末端上弯,尾下骨出现至末端与体轴倾斜;后弯曲期(post-flexion larval stage)仔鱼脊索末端继续上弯且尾下骨后缘与体轴垂直;稚鱼期(juvenile stage)鳍发育完成且鳞片开始出现;幼鱼期(young stage)鳞片基本发育完备,体色斑纹及身体比例趋于成体之形

态^[27-28]。当全长(total length, TL) ≤ 25.0 mm 时用体视显微镜(Leica M205FA)及配套软件(LASV4.12)测量,当全长 > 25.0 mm 时用游标卡尺(精确到0.1 mm)测量。前弯曲期和弯曲期仔鱼测量脊索长(notochord length, NL),后弯曲期仔鱼、稚鱼和幼鱼测量标准体长(standard length, SL)。测量后的样本编号分装保存,用体积分数为5%的甲醛溶液充分浸泡。

1.2.2 骨骼染色

参考杨安峰^[29]的硬骨-软骨双染色方法,研究矛尾虾虎鱼仔稚鱼的脊柱和附肢骨骼的形成及变化过程。主要步骤为:(1)清洗:将5%甲醛溶液固定的矛尾虾虎鱼仔稚鱼标本浸泡于蒸馏水中2~3 d,中间多次更换蒸馏水;(2)软骨染色:将清洗后的标本浸泡于软骨染色液(10 mg 阿利新蓝 8GX + 80 mL 95%乙醇溶液 + 20 mL 冰乙酸)中1~2 d,直至标本鳍条基部出现明显的蓝色;(3)梯度漂洗:将标本转移到95%乙醇溶液中浸泡2~3 h,并更换1次,随后依次通过呈递减浓度(75%、50%、30%)的乙醇溶液浸泡,最后放入蒸馏水中,每次标本转移须等标本完全沉底后才能再换入下一浓度梯度;(4)组织的消化与透明:将标本浸于胰蛋白酶溶液(1 g 胰蛋白酶 + 30 mL 饱和四硼酸钠水溶液 + 70 mL 蒸馏水)中,直至标本完全软化且透明;(5)建立 KOH 环境:转移标本至0.5% KOH 溶液中1 h;(6)硬骨染色:将透明标本置于硬骨染色液(0.5% KOH 溶液 + 足够的茜素红,直至溶液呈现深紫色)中12~24 h,直至硬骨呈现紫红色;(7)脱色和漂白:转移标本至0.5% KOH 溶液1 h,并加入1滴3% H₂O₂ 溶液曝光褪色;(8)保存:将标本依次移入体积比为3:1、1:1、1:3的0.5% KOH-甘油混合试剂中,每一梯度须至标本完全沉底后再转移入下一梯度,最终移至加有3~4粒百里酚的纯甘油中密封保存。

1.2.3 骨骼观察

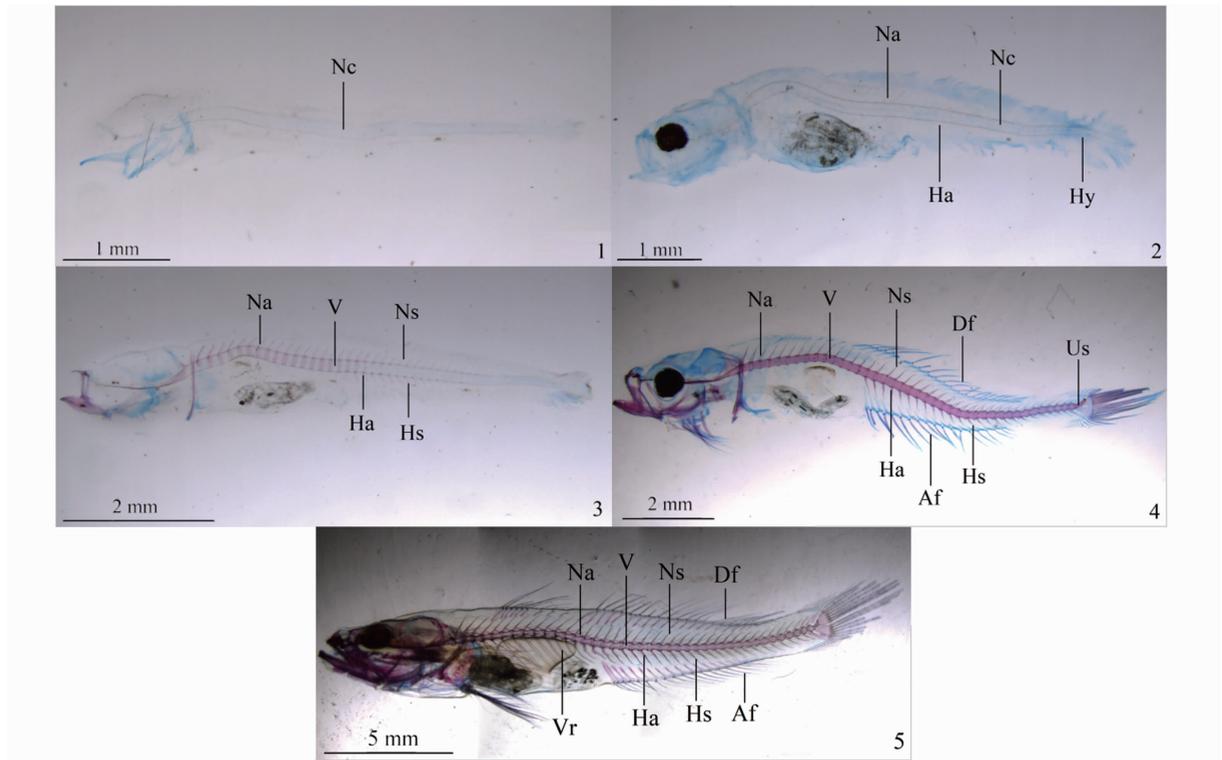
在体视显微镜(ZEISS Stemi 2000)下,对染色处理好的矛尾虾虎鱼仔稚鱼标本进行骨骼观察,详细记录仔稚鱼各发育阶段脊柱和附肢骨骼系统的形态变化特点。利用体视显微镜(Leica M205FA)及配套软件(LASV4.12)进行照片采集,采集的图像用 Adobe Photoshop CS 软件进行编辑处理。

2 结果

2.1 脊柱的发育

体长(下略)4.7 mm 个体脊索透明,呈长圆柱形,其中躯干部呈圆柱形,尾部呈锥形,无分节现象(图版 I -1)。尾下骨最早出现在 5.3 mm 个体中,且此时的髓弓与脉弓已从前至后开始发育,整个发育过程中,两者生长速度相对平行(图版 II -1)。6.5 mm 个体脊索在髓弓与脉弓的基部呈现规则的凹凸(图版 I -2)。随着尾下骨增多,脊索末端开始向上弯曲,6.6 mm 个体着生在尾部脊索上的髓弓与脉弓也以软骨形式出现,标志着髓弓和脉弓已全部形成(图版 II -2)。7.1 mm 个体髓弓与脉弓已基本完成从其基部向末梢方向进行的硬骨化,在此基础上,髓弓与脉弓逐渐

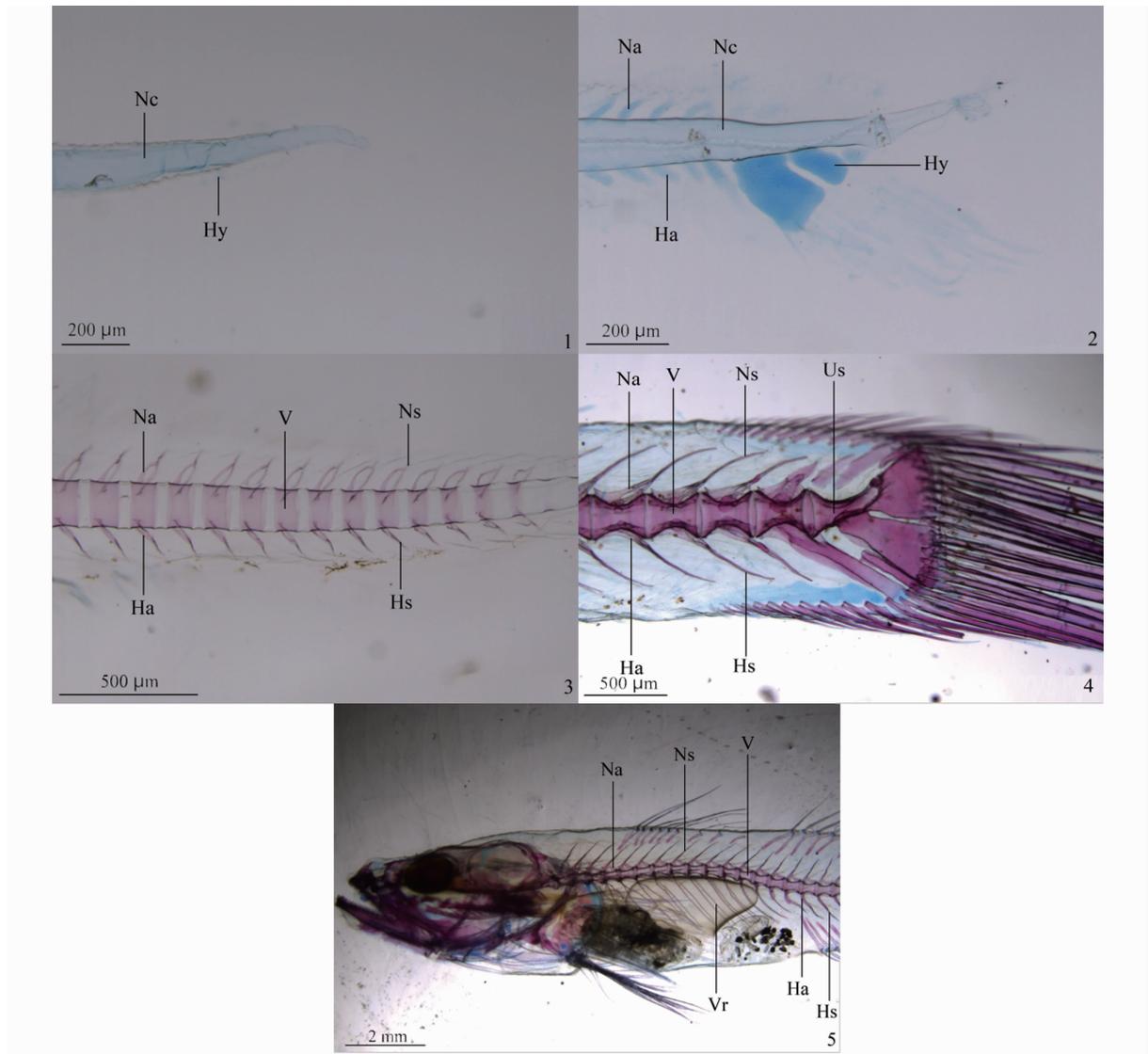
延伸形成髓棘和脉棘,但未见背肋与腹肋,脊柱前端已出现多个着色分节的硬骨环,在整个发生过程中,硬骨环与髓棘、脉棘均由前向后出现,但硬骨环的出现速度稍慢于髓棘与脉棘的形成速度(图版 I -3)。8.6 mm 个体脊柱上的硬骨环越来越多(图版 II -3)。9.9 mm 个体髓棘与脉棘已全部形成,除最后 2 节椎体上的髓棘与脉棘外,其余髓弓、脉弓、髓棘、脉棘、椎体以及尾杆骨均已完成硬骨化(图版 I -4)。最后 2 节椎体上的髓棘与脉棘在经历以软骨组织形式加长加粗和硬骨化后,在 20.6 mm 个体中骨化完全(图版 II -4)。15 根腹肋全部长出最早出现在 22.9 mm 个体中(图版 I -5,图版 II -5)。矛尾虾虎鱼脊柱骨化完成后,椎骨总数为 40 ~ 43 枚,其中躯椎 15 枚,尾椎 25 ~ 28 枚。



1. 体长 4.7 mm; 2. 体长 6.5 mm; 3. 体长 7.1 mm; 4. 体长 9.9 mm; 5. 体长 22.9 mm; Nc. 脊索; Hy. 尾下骨; Na. 髓弓; Ha. 脉弓; V. 脊柱; Ns. 髓棘; Hs. 脉棘; Us. 尾杆骨; Df. 背鳍; Af. 臀鳍; Vr. 腹肋。
 1. 4.7 mm NL; 2. 6.5 mm NL; 3. 7.1 mm NL; 4. 9.9 mm SL; 5. 22.9 mm SL; Nc. notochord; Hy. hypural; Na. neural arch; Ha. haemal arch; V. vertebra; Ns. neural spine; Hs. haemal spine; Us. urostyle; Df. dorsal fin; Af. anal fin; Vr. ventral rib.

图版 I 矛尾虾虎鱼脊柱的发育

Plate I Development of vertebral column in *Chaeturichthys stigmatias*



1. 体长 5.3 mm; 2. 体长 6.6 mm; 3. 体长 8.6 mm; 4. 体长 20.6 mm; 5. 体长 22.9 mm; Nc. 脊索; Hy. 尾下骨; Na. 髓弓; Ha. 脉弓; V. 脊柱; Ns. 髓棘; Hs. 脉棘; Us. 尾杆骨; Vr. 腹肋。

1. 5.3 mm NL; 2. 6.6 mm NL; 3. 8.6 mm NL; 4. 20.6 mm SL; 5. 22.9 mm SL; Nc. notochord; Hy. hypural; Na. neural arch; Ha. haemal arch; V. vertebra; Ns. neural spine; Hs. haemal spine; Us. urostyle; Vr. ventral rib.

图版 II 矛尾虾虎鱼部分脊柱的发育(放大图)

Plate II Development of partial vertebral column in *Chaeturichthys stigmatias* (enlarged drawing)

2.2 附肢骨骼的发育

矛尾虾虎鱼各鳍发育顺序依次为: 胸鳍最早出现, 尾鳍随后出现, 第二背鳍与臀鳍几乎同时出现, 第一背鳍与腹鳍最后出现。

2.2.1 胸鳍

胸鳍是矛尾虾虎鱼最早出现但发育最缓慢的鳍。匙骨是脊柱与附肢骨骼中最先发生骨化的骨骼, 在 4.8 mm 个体中可见部分骨化的匙骨, 以及软骨质的支鳍骨原基和乌喙骨-肩胛软骨, 其中匙骨细长呈条状, 乌喙骨-肩胛软骨则紧贴匙骨

前部呈弓形, 支鳍骨原基内有 1 个横向裂缝(图版 III-1)。随着发育, 匙骨上下两端延长, 在 6.0 mm 个体中匙骨已骨化完全(图版 III-2)。乌喙骨、肩胛骨进一步发育, 9.9 mm 个体肩胛骨上部已出现肩胛骨孔(图 III-3)。随着软骨质鳍条逐渐发育完整且清晰可见, 鳍条开始硬骨化, 最早出现在 13.0 mm 个体(图版 III-4)。16.8 mm 个体支鳍骨原基内的横向长条状裂缝渐渐变短, 鳍条在骨化的基础上出现了分节现象, 乌喙骨以及支鳍骨原基开始骨化(图版 III-5)。在 26.9 mm

个体中可见支鳍骨原基内已形成 4 块明显的硬骨化区域,且条状裂缝也已缩短成近似椭圆形的孔(图版 III-6)。41.9 mm 个体乌喙骨和鳍条已完成骨化,椭圆形小孔开始纵向延伸成细条状裂缝(图版 III-7)。随着发育,纵向裂缝渐渐变细,但胸鳍硬骨化进程缓慢,直至 45.1 mm 个体,肩胛骨仍为软骨,支鳍骨原基也仍未骨化完全(图版 III-8)。

2.2.2 腹鳍

腹鳍支鳍骨原基最早出现在 8.9 mm 个体的胸鳍下方(图版 IV-1)。10.9 mm 个体腹鳍支鳍骨原基共着生 2 根鳍棘和 10 根鳍条(图版 IV-2)。随着软骨质鳍条逐渐发育完整且清晰可见,在 13.0 mm 个体中鳍条由前至后开始骨化(图版 IV-3)。17.0 mm 个体腹鳍支鳍骨原基开始由中间向四周进行骨化(图版 IV-4)。18.6 mm 个体的鳍条在骨化的基础上出现分节现象,此时的支鳍骨原基仅部分骨化(图版 IV-5)。此后腹鳍硬骨化进程缓慢,直至 45.1 mm 个体腹鳍骨化完全(图版 IV-6)。

2.2.3 背鳍

第二背鳍支鳍骨先于第一背鳍出现,6.6 mm 个体脊索上方中部出现 13 枚软骨质的支鳍骨和鳍褶(图版 V-1),随后第二背鳍支鳍骨向后发育,数量不断增多直至维持在 21~23 枚。8.9 mm 个体第一、第二背鳍支鳍骨均已形成,数目分别为 9 枚和 22 枚,且第二背鳍担鳍软骨已出现,并开始形成软骨质鳍条,但第一背鳍鳍棘并未出现(图版 V-2)。鳍条开始硬骨化并分节最早出现在 9.9 mm 个体中,此时第一背鳍鳍棘开始发育,第二背鳍末端鳍条分叉明显(图版 V-3)。13.0 mm 个体第一背鳍 8 枚鳍棘均已出现,且第一、第二背鳍支鳍骨由头端至尾端开始骨化(图版 V-4)。22.7 mm 个体第一背鳍 8 枚鳍棘发育基本完成,第二背鳍第 1 枚鳍条已锐化呈背棘,此时第一、第二背鳍支鳍骨以及鳍条还未骨化完全,担鳍骨仍保持软骨(图版 V-5)。担鳍骨开始骨化最早出现在 26.9 mm 个体(图版 V-6)。45.1 mm 个体背鳍硬骨化基本完成,第一背鳍共 9 枚支鳍骨、8 枚鳍棘,第二背鳍共 23 枚支鳍骨、1 枚鳍棘和 22 枚鳍条,且第二背鳍末端鳍条分叉(图版 V-7)。

2.2.4 臀鳍

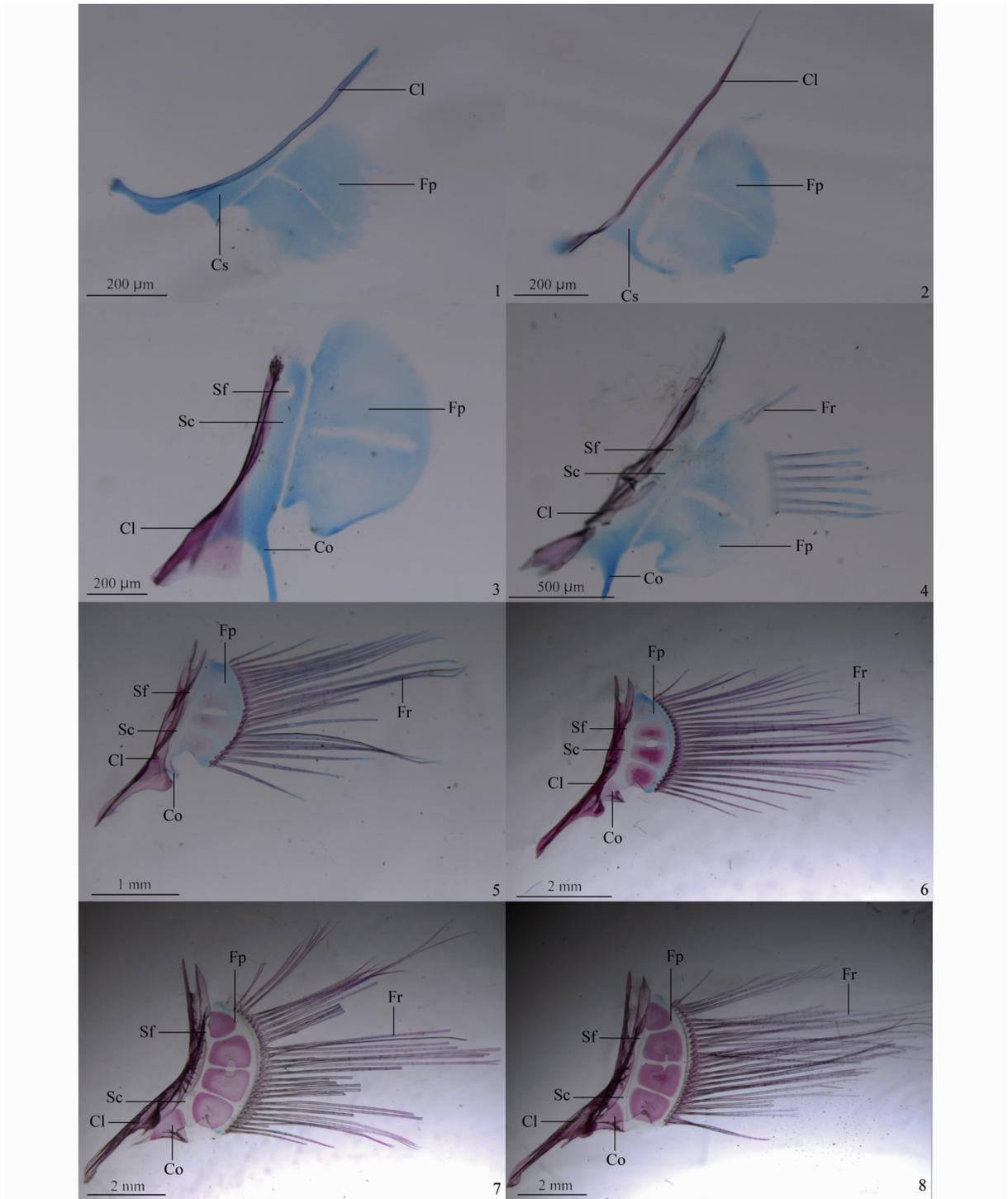
6.6 mm 个体肛门后端出现 11 枚软骨质的臀鳍支鳍骨和鳍褶(图版 VI-1)。8.7 mm 个体出现担鳍软骨,并开始形成软骨质鳍条,此时臀鳍支鳍骨数已增至 17 枚(图版 VI-2)。9.8 mm 个体臀鳍末端鳍条分叉,且第一枚臀鳍支鳍骨上生发有 2 枚担鳍软骨和 2 枚鳍条,共计 18 枚支鳍骨、19 枚鳍条(图版 VI-3)。10.9 mm 个体鳍条由前至后开始硬骨化并分节(图版 VI-4)。12.1 mm 个体臀鳍支鳍骨也开始硬骨化(图版 VI-5)。20.6 mm 个体第 1 枚臀鳍鳍条已锐化呈臀棘,此时臀鳍支鳍骨和鳍条还未骨化完全,而担鳍骨仍保持软骨,共计 19 枚支鳍骨、1 枚鳍棘、19 枚鳍条(图版 VI-6)。担鳍骨开始骨化最早出现在 26.9 mm 个体(图版 VI-7)。45.1 mm 个体臀鳍硬骨化基本完成,共 20 枚支鳍骨、1 枚鳍棘、20 枚鳍条(图版 VI-8)。

2.2.5 尾鳍

4.7 mm 个体尾鳍以透明鳍褶形式出现,未见染色的软骨组织(图版 VII-1)。5.8 mm 个体最早出现 2 枚尾下骨,即尾下骨 1~2(图版 VII-2)。6.6 mm 个体有 3 枚尾下骨,即尾下骨 1~3,尾索微微弯曲上翘,尾索下部鳍褶演变成 8 根软骨鳍条,着生在尾下骨上,尾索上部仍然是鳍褶(图版 VII-3)。8.7 mm 个体尾索上翘更加明显,尾下骨仍为 3 枚,但第 2 尾下骨和第 3 尾下骨呈现愈合趋势,上翘的尾索上方出现 2 枚尾上骨,下方出现 1 枚侧尾下骨,鳍条增至 11 枚,最后 3 节椎体上的髓弓与脉弓有所加粗,尤以最后 1 节椎体上脉弓与脉棘的延长加粗最为明显(图版 VII-4)。10.9 mm 个体脊索末端继续上翘并形成尾杆骨,尾鳍初具形态,尾鳍骨骼基本成型,共有 2 枚尾上骨、1 枚上翘的尾杆骨、1 枚尾椎髓体、1 枚侧尾下骨和 3 枚尾下骨,且第 2 和第 3 尾下骨已愈合完全,鳍条增至 17 枚,且呈现分节现象,尾杆骨已骨化完全,尾下骨及鳍条部分骨化(图版 VII-5)。16.8 mm 个体尾下骨除末端外都已骨化,最后一节椎体上的髓弓与脉弓也已完成硬骨骨化,但髓棘与脉棘、侧尾下骨以及尾椎髓体还未骨化完全,尾上骨仍以软骨形式存在(图版 VII-6)。18.2 mm 个体尾上骨开始骨化,尾椎髓体及侧尾下骨除末端外都已骨化,最后一节椎体上的髓棘

也已完成硬骨骨化,但脉棘还未骨化完全(图版 VII-7)。24.3 mm 个体尾部骨骼骨化基本完成,尾

鳍鳍条数仍然维持 17 枚(图版 VII-8)。

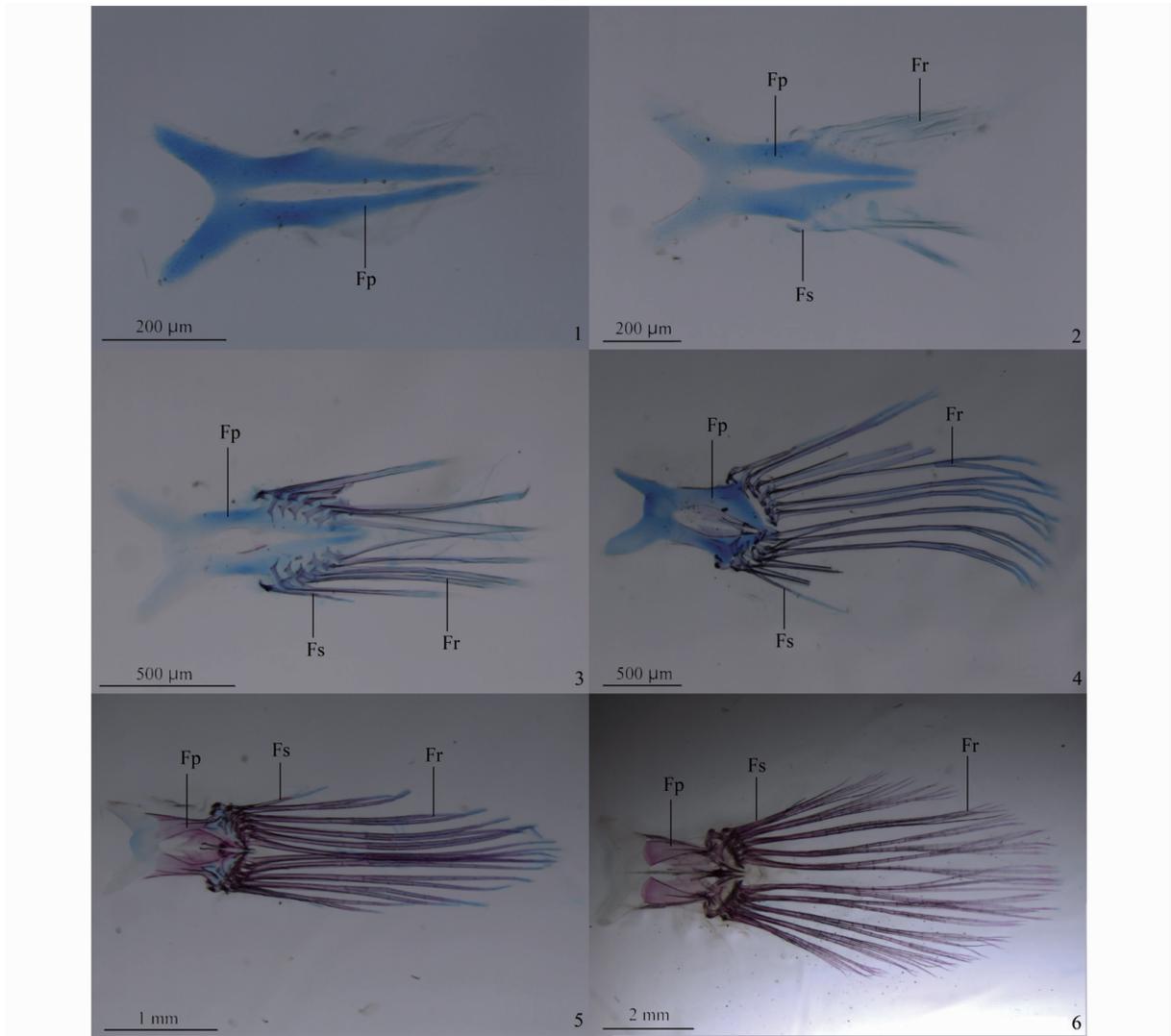


1. 体长 4.8 mm; 2. 体长 6.0 mm; 3. 体长 9.9 mm; 4. 体长 13.0 mm; 5. 体长 16.8 mm; 6. 体长 26.9 mm; 7. 体长 41.9 mm; 8. 体长 45.1 mm; Cl. 匙骨; Cs. 乌喙骨-肩胛骨软骨; Fp. 支鳍骨原基; Co. 乌喙骨; Sc. 肩胛骨; Sf. 肩胛骨孔; Fr. 鳍条。

1. 4.8 mm NL; 2. 6.0 mm NL; 3. 9.9 mm SL; 4. 13.0 mm SL; 5. 16.8 mm SL; 6. 26.9 mm SL; 7. 41.9 mm SL; 8. 45.1 mm SL; Cl. cleithrum; Cs. coracoid-scapula cartilage; Fp. fin plate; Co. coracoid; Sc. scapula; Sf. scapular foramen; Fr. fin ray.

图版 III 矛尾虾虎鱼胸鳍的发育

Plate III Development of pectoral fin in *Chaeturichthys stigmatias*

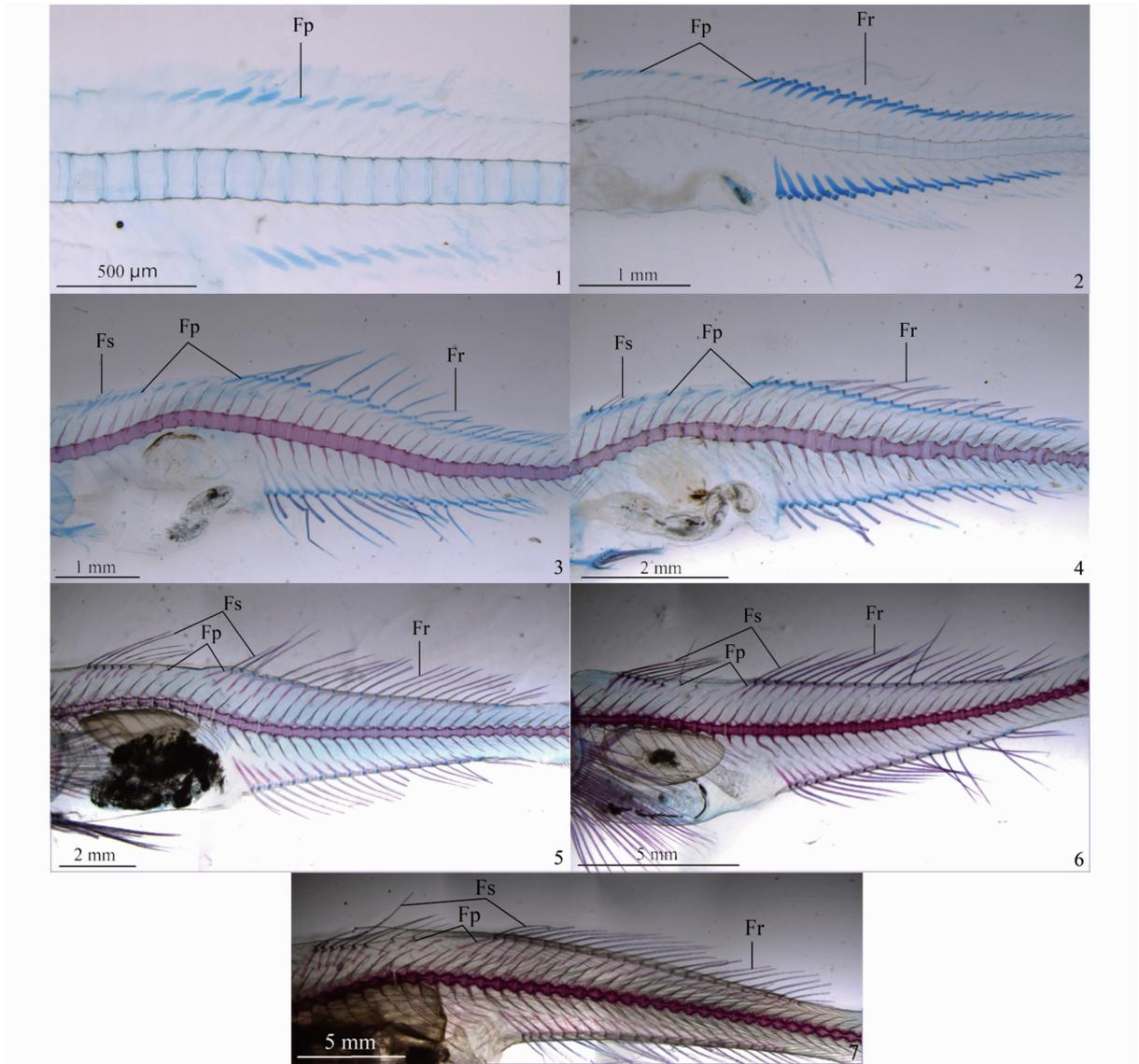


1. 体长 8.9 mm; 2. 体长 10.9 mm; 3. 体长 13.0 mm; 4. 体长 17.0 mm; 5. 体长 18.6 mm; 6. 体长 45.1 mm; Fp. 支鳍骨原基; Fr. 鳍条; Fs. 鳍棘。

1. 8.9 mm SL; 2. 10.9 mm SL; 3. 13.0 mm SL; 4. 17.0 mm SL; 5. 18.6 mm SL; 6. 45.1 mm SL; Fp. fin plate; Fr. fin ray; Fs. fin spine.

图版 IV 矛尾虾虎鱼腹鳍的发育

Plate IV Development of pelvic fin in *Chaeturichthys stigmatias*

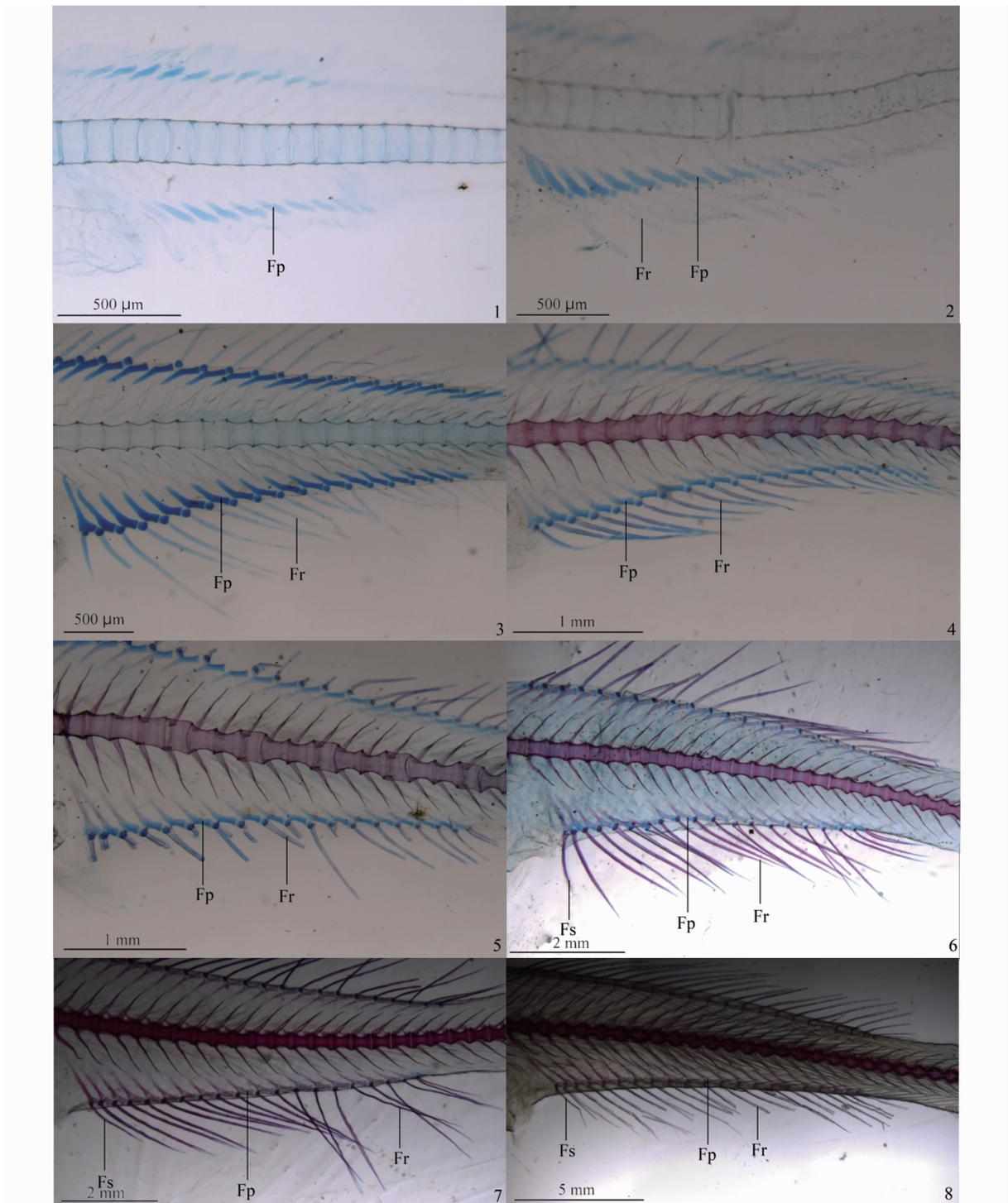


1. 体长 6.6 mm; 2. 体长 8.9 mm; 3. 体长 9.9 mm; 4. 体长 13.0 mm; 5. 体长 22.7 mm; 6. 体长 26.9 mm; 7. 体长 45.1 mm;
 Fp. 支鳍骨原基; Fr. 鳍条; Fs. 鳍棘。

1. 6.6 mm NL; 2. 8.9 mm SL; 3. 9.9 mm SL; 4. 13.0 mm SL; 5. 22.7 mm SL; 6. 26.9 mm SL; 7. 45.1 mm SL; Fp. fin plate;
 Fr. fin ray; Fs. fin spine.

图版 V 矛尾虾虎鱼背鳍的发育

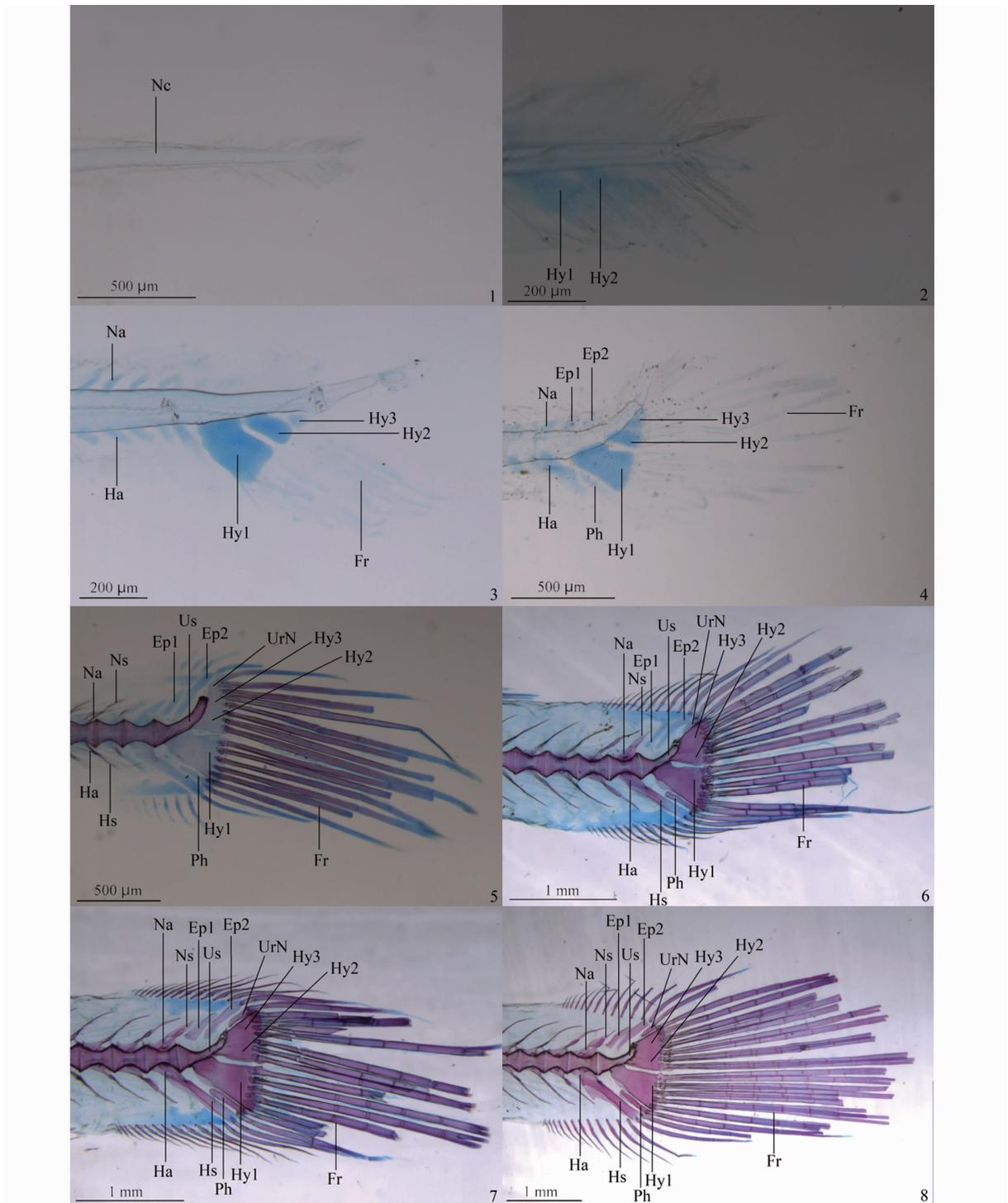
Plate V Development of dorsal fin in *Chaeturichthys stigmatias*



1. 体长 6.6 mm; 2. 体长 8.7 mm; 3. 体长 9.8 mm; 4. 体长 10.9 mm; 5. 体长 12.1 mm; 6. 体长 20.6 mm; 7. 体长 26.9 mm;
8. 体长 45.1 mm; Fp. 支鳍骨原基; Fr. 鳍条; Fs. 鳍棘。
1. 6.6 mm NL; 2. 8.7 mm NL; 3. 9.8 mm SL; 4. 10.9 mm SL; 5. 12.1 mm SL; 6. 20.6 mm SL; 7. 26.9 mm SL; 8. 45.1 mm SL;
Fp. fin plate; Fr. fin ray; Fs. fin spine.

图版 VI 矛尾虾虎鱼臀鳍的发育

Plate VI Development of anal fin in *Chaeturichthys stigmatias*



1. 体长 4.7 mm; 2. 体长 5.8 mm; 3. 体长 6.6 mm; 4. 体长 8.7 mm; 5. 体长 10.9 mm; 6. 体长 16.8 mm; 7. 体长 18.2 mm; 8. 体长 24.3 mm; Nc. 脊索; Hy1. 尾下骨 1; Hy2. 尾下骨 2; Hy3. 尾下骨 3; Fr. 鳍条; Na. 髓弓; Ha. 脉弓; Ns. 髓棘; Hs. 脉棘; Ph. 侧尾下骨; Ep1. 尾上骨 1; Ep2. 尾上骨 2; Us. 尾杆骨; UrN. 尾椎髓体。

1. 4.7 mm NL; 2. 5.8 mm NL; 3. 6.6 mm NL; 4. 8.7 mm NL; 5. 10.9 mm SL; 6. 16.8 mm SL; 7. 18.2 mm SL; 8. 24.3 mm SL; Nc. notochord; Hy1. hypural 1; Hy2. hypural 2; Hy3. hypural 3; Fr. fin ray; Na. neural arch; Ha. haemal arch; Ns. neural spine; Hs. haemal spine; Ph. parhypural; Ep1. epural 1; Ep2. epural 2; Us. urostyle; UrN. uroneural.

图版 VII 矛尾虾虎鱼尾鳍的发育

Plate VII Development of caudal fin in *Chaeturichthys stigmatias*

3 讨论

3.1 矛尾虾虎鱼仔稚鱼骨骼系统发育的适应性意义

鱼类骨骼系统的发育与其早期功能需求以及鱼体对环境的适应性有关^[30]。有限的内源性营养物质只能暂时促进鱼类发育,并不足以长期支撑个体生存与生长的营养和能量需要,从而促使其优先发展能摄取外源性营养物质相关功能的结构,如与平衡、运动和摄食有关的骨骼^[31-32]。

胸鳍是矛尾虾虎鱼最早发育的鱼鳍,4.8 mm 个体便可见软骨质的胸鳍支鳍骨原基和乌喙骨-肩胛软骨以及部分骨化的匙骨,骨化的匙骨支撑了胸舌骨肌,增强了鱼体摄食能力^[33],虽然其他鱼鳍仍以鳍褶的形式存在,但胸鳍的发育已为矛尾虾虎鱼仔鱼提供了基本的移动和左右平衡能力。尾鳍作为重要的推进器官,其摆动可为鱼体向前游进提供动力^[30],6.6 mm 个体脊索末端开始向上弯曲,且有 3 枚尾下骨,加上脊索与胸鳍的配合,鱼体初步具备了向前运动的能力。8.9 mm 个体最早出现腹鳍支鳍骨原基,使得其平衡能力有所提升。随着尾索上翘,尾鳍发育基本成型,10.9 mm 个体共形成 2 枚尾上骨、1 枚上翘的尾杆骨、1 枚尾椎髓体、1 枚侧尾下骨、1 枚单独的尾下骨和 2 枚结合的尾下骨,且各鱼鳍均已软骨骨化,鳍褶也已发育为鳍条,使得其游泳能力迅速增强,避敌和主动摄食能力也随之提升。随着矛尾虾虎鱼脊柱及四肢骨骼骨化逐步完成,各骨骼相互配合,鱼体平衡、运动能力也进一步加强。

3.2 矛尾虾虎鱼仔稚鱼骨骼系统发育的特殊性

鱼类各附肢支鳍骨早期发育的先后顺序一般是胸鳍最先发育,尾鳍紧随其后,然后再是其他鱼鳍,如大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)^[30]、美洲鲈(*Alosa sapidissima*)^[31]、褐菖鲈(*Sebastiscus marmoratus*)^[32]及日本鬼鲈(*Inimicus japonicus*)^[34]等,矛尾虾虎鱼亦是如此,其四肢骨骼的发育顺序依次为胸鳍、尾鳍、第二背鳍与臀鳍、第一背鳍与腹鳍。

矛尾虾虎鱼脊柱的发育起始于髓弓、脉弓和尾下骨的出现,各鳍支鳍骨先软骨化后硬骨化,而尾杆骨和脊柱则是骨膜直接硬骨化形成,软骨染色对尾杆骨和脊柱无显色作用。矛尾虾虎鱼的脊柱由头端至尾端发生硬骨化,这与大

鱼^[19]、大泷六线鱼^[30]、褐菖鲈^[32]、日本鬼鲈^[34]、菊黄东方鲀(*Takifugu flavidus*)^[35]、刀鲚(*Coilanasus*)^[36-37]和太平洋鲱(*Clupea pallasii*)^[38]相同,而美洲鲈^[31]与尖吻鲈(*Lates calcarifer*)^[39]的脊柱则是由头尾两端向中间发生硬骨骨化。矛尾虾虎鱼的髓弓、脉弓、髓棘、脉棘的骨化方向均由其基部向末梢方向进行,这与大多数鱼类相同,如大泷六线鱼^[30]、美洲鲈^[31]、褐菖鲈^[32]、菊黄东方鲀^[35]、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[40]、大西洋后丝鲱(*Opisthonema oglinum*)^[41]等,而日本鬼鲈^[34]与刀鲚^[36-37]却是从中间向基部和末端方向进行硬骨骨化。在生长发育过程中,矛尾虾虎鱼仔鱼部分鳍条锐化成棘,如背鳍与臀鳍的第 1 根鳍条锐化成背棘与臀棘,腹鳍两侧各形成 1 根腹棘,类似鳍棘结构在褐菖鲈^[32]与日本鬼鲈^[34]中也有,但其鳍棘数量远多于矛尾虾虎鱼,猜测这些棘可能与防御以及游泳能力的增强有关。

尾下骨数量及联合程度在不同鱼类中有所不同,矛尾虾虎鱼仅具有 3 枚尾下骨,这与有明银鱼(*Salanx ariakensis*)^[42]具有 6 枚、大黄鱼^[19]具有 5 枚、日本鬼鲈^[34]具有 4 枚、菊黄东方鲀^[35]具有 2 枚均不同。分类地位较低的鲱形目的美洲鲈^[31]与刀鲚^[36-37]均拥有 6 枚尾下骨,其中美洲鲈^[31]第 1、2 尾下骨中部呈联合趋势,而刀鲚^[36-37]则是第 2 侧尾下骨与第 1 尾下骨基部发生联合,而分类地位较高的鲈形目的大泷六线鱼^[30]与褐菖鲈^[32]均拥有 5 枚尾下骨,且高度联合形成上下两部分,其中大泷六线鱼^[30]是侧尾下骨与第 1、2 尾下骨发生联合,以及第 3、4、5 尾下骨发生联合,而褐菖鲈^[32]则是第 2 与第 3、第 4 与第 5 尾下骨发生联合。由此可见,尾下骨联合程度的高低从侧面反映了鱼类分类地位的高低。本研究中的矛尾虾虎鱼不仅尾下骨数量仅 3 枚,且只有第 2、3 尾下骨发生联合,侧面反映了虾虎鱼亚目分类地位并不高。此外,不同鱼类的尾上骨数量也存在较大差异。矛尾虾虎鱼具有 2 枚尾上骨,这与美洲鲈^[31]相同,而菊黄东方鲀^[35]没有尾上骨,塞内加尔鲷(*Solea senegalensis*)^[43]和大西洋鳊鲈(*Hippoglossus hippoglossus*)^[44]只有 1 枚尾上骨,大黄鱼^[19]、大泷六线鱼^[30]、褐菖鲈^[32]和日本鬼鲈^[34]具有 3 枚尾上骨。在发育过程中,尾上骨也会发生联合现象,如刀鲚^[36-37]虽具有 3 枚尾上骨,但在生长发育过程中第 1、2 尾上骨会联合成

为尾上骨 1+2,但矛尾虾虎鱼却并没有出现联合现象,2 枚尾上骨均独立。

研究鱼类的骨骼发育不仅对鱼类分类学、发育学有重要意义,而且能更好地了解鱼类不同发育阶段的环境偏好及功能需求^[30]。本研究对矛尾虾虎鱼早期发育过程中脊柱和附肢骨骼的形成及变化进行了观察与描述,有助于进一步了解其早期发育阶段的功能趋向性及环境适应性,也为虾虎鱼科仔稚鱼的骨骼发育研究提供参考依据。

参考文献:

- [1] 朱元鼎,张春霖,成庆泰. 东海鱼类志[M]. 北京:科学出版社,1963:428-429.
ZHU Y D,ZHANG C L,CHENG Q T. The Fishes of East China Sea[M]. Beijing:Science Press,1963:428-429.
- [2] 赵盛龙,徐汉祥,钟俊生,等. 浙江海洋鱼类志[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2016:798-799.
ZHAO S L,XU H X,ZHONG J S,et al. Fauna of Marine Fishes in Zhejiang[M]. Hangzhou:Zhejiang Science and Technology Press,2016:798-799.
- [3] 倪勇,伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京:中国农业出版社,2006:657-658.
NI Y,WU H L. Fishes of Jiangsu Province[M]. Beijing:Chinese Agricultural Press,2006:657-658.
- [4] 张波,吴强,金显仕. 1959—2011 年莱州湾渔业资源群落食物网结构的变化[J]. 中国水产科学,2015,22(2):278-287.
ZHANG B,WU Q,JIN X S. Interannual variation in the food web of commercially harvested species in Laizhou Bay from 1959 to 2011[J]. Journal of Fishery Sciences of China,2015,22(2):278-287.
- [5] 张波,李忠义,金显仕. 许氏平鲈的食物组成及其食物选择性[J]. 中国水产科学,2014,21(1):134-141.
ZHANG B,LI Z Y,JIN X S. Food composition and prey selectivity of *Sebastes schlegeli*[J]. Journal of Fishery Sciences of China,2014,21(1):134-141.
- [6] 薛莹,徐宾铎,高天翔,等. 北黄海秋季黄鮟鱇摄食习性的初步研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2010,40(9):39-44.
XUE Y,XU B D,GAO T X,et al. Preliminary study on the feeding habit of *Lophius litulon* during autumn in the north Yellow Sea[J]. Periodical of Ocean University of China,2010,40(9):39-44.
- [7] 邓景耀,孟田湘,任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究[J]. 生态学报,1986,6(4):70-78.
DENG J Y,MENG T X,REN S M. Food web of fishes in Bohai Sea[J]. Acta Ecologica Sinica,1986,6(4):70-78.
- [8] 窦硕增,杨纪明. 渤海南部牙鲆的食性及摄食的季节性变化[J]. 应用生态学报,1993(1):74-77.
DOU S Z,YANG J M. Feeding habit and seasonal variation of ingesting of left-eyed flounder in south Bohai Sea. [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,1993(1):74-77.
- [9] 邓维德. 矛尾虾虎鱼生长与繁殖的初步研究[D]. 昆明:云南大学,2010.
DENG W D. A preliminary study of growth and reproduction of *Chaeturichthys stigmatias* [D]. Kunming: Yunnan University,2010.
- [10] 孟宽宽,王晶,张崇良,等. 黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼渔业生物学特征[J]. 中国水产科学,2017,24(5):939-945.
MENG K K,WANG J,ZHANG C L,et al. The fishery biological characteristics of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China,2017,24(5):939-945.
- [11] 黄瑞,徐丰恺. 鱼藤酮对花鲈、矛尾虾虎鱼的急性毒性研究[J]. 海洋湖沼通报,2017(1):96-101.
HUANG R,XU F K. Study on the acute toxicity of rotenone to *Lateolabrax japonicas* and *Chaeturichthys Stigmatias* Richardson[J]. Transactions of Oceanology and Limnology,2017(1):96-101.
- [12] WANG H W,ZHU N,CAI D B,et al. Evaluation and content of various heavy metals found in the fish (*Chaeturichthys Stigmatias* Richardson) collected from the oil spill area of Bohai Bay (China) during the summer [J]. Advanced Materials Research,2014,3248:1448-1451.
- [13] TANG Q S,GUO X W,SUN Y,et al. Ecological conversion efficiency and its influencers in twelve species of fish in the Yellow Sea ecosystem[J]. Journal of Marine Systems,2006,67(3):282-291.
- [14] 曲丽艳. 基于形态、线粒体及核基因对东海 28 种虾虎鱼类的系统进化分析[D]. 上海:上海海洋大学,2018.
QU L Y. Phylogenetic analysis of 28 species of gobies in the East China Sea based on morphology, barcode and nuclear genes[D]. Shanghai:Shanghai Ocean University,2018.
- [15] SUN Y N,WEI T,JIN X X. Unusual features of control region and a novel NADH 6 genes in mitochondrial genome of the finespot goby, *Chaeturichthys stigmatias* (Perciformes, Gobiidae)[J]. Mitochondrial DNA,2015,26(5):665-667.
- [16] YU X,CAO L,LIU J H,et al. Application of otolith shape analysis for stock discrimination and species identification of five goby species (Perciformes: Gobiidae) in the northern Chinese coastal waters[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology,2014,32(5):1060-1073.
- [17] 刘潇,张崇良,任一平,等. 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼资源丰度的时空分布[J]. 中国水产科学,2015,22(04):791-798.
LIU X,ZHANG C L,REN Y P,et al. Spatiotemporal variation in the distribution and abundance of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China,2015,22(4):791-798.

- [18] 刘健,张崇良,薛莹,等. 黄河口两种鱼类资源密度不同估算方法的比较[J]. 中国水产科学,2017,24(4):845-852.
LIU J,ZHANG C L,XUE Y,et al. Comparative study on two methods for estimating fishery resource density for two species from Yellow River Estuary[J]. Journal of Fishery Sciences of China,2017,24(4):845-852.
- [19] 王秋荣,倪玥莹,林利民,等. 大黄鱼仔稚鱼脊柱、胸鳍及尾鳍骨骼系统的发育观察[J]. 水生生物学报,2010,34(3):467-472.
WANG Q R,NI Y Y,LIN L M,et al. Development of the vertebral column and the pectoral and caudal fins in larvae of the large yellow croaker *Larimichthys crocea* (Richardson) [J]. Acta Hydrobiologica Sinica,2010,34(3):467-472.
- [20] 程大川. 红鳍笛鲷仔、稚鱼发育[D]. 南京农业大学,2016.
CHENG D C. Ontogenetic development of crimson snapper *Lutjanus erythropterus* [D]. Nanjing Agricultural University, 2016.
- [21] 郑攀龙,马振华,郭华阳,等. 卵形鲳鲹尾部骨骼胚后发育研究[J]. 南方水产科学,2014,10(5):45-50.
ZHENG P L, MA Z H, GUO H Y, et al. Ontogenetic development of caudal skeletons in *Trachinotus ovatus* larvae [J]. South China Fisheries Science,2014,10(5):45-50.
- [22] 郑攀龙. 卵形鲳鲹仔稚鱼骨骼发育及骨骼畸形研究[D]. 上海:上海海洋大学,2015.
ZHENG P L. Skeletal ontogeny and malformation of golden pompano *Trachinotus ovatus* larvae [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University,2015.
- [23] 吕雪娇,王雨浓,刘清华,等. 鞍带石斑鱼仔稚幼鱼骨骼发育与生长特性研究[J]. 海洋科学,2018,42(5):116-121.
LV X J,WANG Y N,LIU Q H,et al. Research on skeletal development and allometric growth in larval and juvenile *Epinephelus lanceolatus* [J]. Marine Sciences,2018,42(5):116-121.
- [24] 曹晓颖,赵金良,陈晓武,等. 鳊仔稚鱼骨骼系统骨化发育[J]. 中国水产科学,2019,26(2):304-313.
CAO X Y,ZHAO J L,CHEN X W,et al. Early ossification of the skeletal system in larval and juvenile *Siniperca chuatsi* [J]. Journal of Fishery Sciences of China,2019,26(2):304-313.
- [25] 曹晓颖. 鳊鱼骨骼结构、骨化发育及颌骨重塑的初步研究[D]. 上海:上海海洋大学,2019.
CAO X Y. A preliminary study on the skeletal structure, ossification development and jaw remodeling of mandarin fish [D]. Shanghai:Shanghai Ocean University,2019.
- [26] KENDALL A W JR,AHLSTROM E H,MOSER H G. Early life history stages of fishes and their characters [M] // MOSER H G, RICHARDS W J, COHEN D M, et al. Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Laurence: Allen Press Inc,1984:11-22.
- [27] 李联飞,钟俊生,曾娇,等. 潮汐对长江口南支刀鲚仔稚鱼垂直分布及昼夜变化的影响[J]. 上海海洋大学学报,2020,29(1):74-82.
LI L F,ZHONG J S,ZENG J,et al. Vertical distribution and changes during day and night of *Coilia nasus* larvae and juveniles depending on flood and ebb tide in southern branch of Yangtze River estuary [J]. Journal of Shanghai Ocean University,2020,29(1):74-82.
- [28] 曾娇,钟俊生,李联飞,等. 潮汐对长江口南支仔稚鱼种类组成及密度影响[J]. 上海海洋大学学报,2020,29(6):855-867.
ZENG J,ZHONG J S,LI L F,et al. Effect of tide on the species composition and density of the fish larvae and juveniles community in southern branch of Yangtze River estuary [J]. Journal of Shanghai Ocean University,2020,29(6):855-867.
- [29] 杨安峰. 硬骨-软骨双染色技术[J]. 动物学杂志,1987,22(2):40-41.
YANG A F. Clearing and staining technique of cartilage and bone [J]. Chinese Journal of Zoology,1987,22(2):40-41.
- [30] 于超勇,官曙光,于道德,等. 大泷六线鱼仔稚鱼脊柱及四肢骨骼系统的发育观察[J]. 大连海洋大学学报,2020,35(1):47-55.
YU C Y,GUAN S G,YU D D,et al. Development of vertebral column and appendicular skeleton in larvae and juveniles of fat greenling *Hexagrammos otakii* [J]. Journal of Dalian Ocean University,2020,35(1):47-55.
- [31] 邓平平,施永海,徐嘉波,等. 美洲鲈仔稚鱼脊柱及四肢骨骼系统的早期发育[J]. 中国水产科学,2017,24(1):73-81.
DENG P P,SHI Y H,XU J B,et al. Early development of the vertebral column and appendicular skeleton of *Alosa sapidissima* [J]. Journal of Fishery Sciences of China,2017,24(1):73-81.
- [32] 邓平平,严银龙,施永海. 褐菖鲉仔稚鱼脊柱及四肢骨骼系统的早期发育[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2018,44(6):735-742.
DENG P P,YAN Y L,SHI Y H. Early development of the vertebral column and appendicular skeleton in *Sebastes marmoratus* larvae [J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences),2018,44(6):735-742.
- [33] MATSUOKA M. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream [J]. Bulletin of Seikai Regional Fisheries Research Laboratory,1987(65):1-114.
- [34] 崔国强,陈阿琴,吕为群. 日本鬼鲉脊柱和四肢骨骼的早期发育[J]. 水产学报,2013,37(2):230-238.
CUI G Q,CHEN A Q,LYU W Q. Early development of the vertebral column and the appendicular skeleton in the *Inimicus japonicus* [J]. Journal of Fisheries of China,2013,37(2):230-238.
- [35] 张宗锋,施永海,谢永德,等. 菊黄东方鲀脊柱、四肢骨骼及皮刺的早期发育[J]. 上海海洋大学学报,2016,25(6):853-865.

- ZHANG Z F, SHI Y H, XIE Y D. Early development of the vertebral column, appendicular skeleton and aculeus in the Tawny puffer (*Takifugu flavidus*) [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(6): 853-865.
- [36] 陈渊戈, 夏冬, 钟俊生, 等. 刀鲚仔稚鱼脊柱和附肢骨骼发育[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 217-223.
- CHEN Y G, XIA D, ZHONG J S, et al. Development of the vertebral column and the appendicular skeleton in the larvae and juveniles of *Coilia nasus* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(2): 217-223.
- [37] 张宗锋, 施永海, 张根玉, 等. 刀鲚脊柱及附肢骨骼早期发育研究[J]. 水产科技情报, 2015, 42(4): 175-178.
- ZHANG Z F, SHI Y H, ZHANG G Y, et al. Study on the vertebral column and the appendicular skeleton in the larvae of *Coilia nasus* [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2015, 42(4): 175-178.
- [38] GWYN A M. The development of the vertebral column of the Pacific Herring (*Clupea pallasii*) [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1940, 5(1): 11-22.
- [39] 周胜杰, 马婷, 胡静, 等. 尖吻鲈仔鱼骨骼发育观察[J]. 南方农业学报, 2018, 49(3): 592-598.
- ZHOU S J, MA T, HU J, et al. Skeleton development observation of *Lates calcarifer* larva fish [J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(3): 592-598.
- [40] TONG X H, LIU Q H, XU S H, et al. Skeletal development and abnormalities of the vertebral column and of the fins in hatchery-reared turbot *Scophthalmus maximus* [J]. Journal of Fish Biology, 2012, 80(3): 486-502.
- [41] RICHARDS W J, MILLER R V, HOUDE E, et al. Egg and larval development of the Atlantic thread herring, *Opisthonema oglinum* [J]. Fishery Bulletin, 1974, 72(4): 1123-1136.
- [42] 王晓东, 何鸣笛, 曾娇, 等. 杭州湾北部有明银鱼仔稚鱼脊柱和附肢骨骼发育研究[J]. 上海海洋大学学报, 2018, 27(6): 930-937.
- WANG X D, HE M D, ZENG J, et al. Development of the vertebral column and the appendicular skeleton in the larvae and juveniles of *Salanx ariakensis* in the north of Hangzhou Bay [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2018, 27(6): 930-937.
- [43] GAVAIA P J, DINIS M T, CANCELA M L. Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larval and juvenile stages of hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*) [J]. Aquaculture, 2002, 211(1): 305-323.
- [44] LEWIS L M, LALL S P. Development of the axial skeleton and skeletal abnormalities of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from first feeding through metamorphosis [J]. Aquaculture, 2006, 256(1): 124-135.

Development of the vertebral column and appendicular skeleton in larvae and juveniles of *Chaeturichthys stigmatias*

HUANG Jieli¹, HU Fen², SONG Xiaojing², CHEN Yuange², ZHONG Junsheng¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090, China)

Abstract: The development of vertebral column and appendicular skeleton of the larvae and juveniles of *Chaeturichthys stigmatias* was described. A series of wild specimens of 4.7 – 45.1 mm in body length were cleared and stained for both cartilage and bone. The observation showed that the notochord was not segmented, and cylindrical in specimen 4.7 mm NL. With the appearance of neural arches, haemal arches and hypurals in specimen 5.3 mm NL, the vertebral column started to develop. The neural and haemal arches in specimen 7.1 mm NL extended to neural and haemal spines, respectively. Segmental bone rings formed in specimen 7.1 mm NL. The ossification of vertebral column from anterior to posterior, and completely ossified in specimen 22.9 mm SL. The trunk and caudal vertebra were formed in 15 and 25 – 28 cervical vertebra segments, respectively. The appendicular skeleton developed in the following sequence: pectoral fins, caudal fins, second dorsal fins and anal fins, first dorsal fins and pelvic fins. Cartilage of pterygiophore of pectoral fins, coracoid-scapula cartilage, and partially ossified cleithrum were observed in specimen 4.8 mm NL. The pectoral girdle was ossified in specimen 16.8 mm SL. The pelvic fins began to form in specimen 8.9 mm SL, and ossifying occurred in specimen 17.0 mm SL. The development of dorsal fins and anal fins began with the appearance of 13 and 11 hyaloidin pterygiophores in specimen 6.6 mm NL. The second dorsal fin was formed earlier than the first dorsal fin. The dorsal fins and anal fins began to ossify from anterior to posterior in specimen 13.0 mm SL and specimen 12.1 mm SL, respectively. The first fin rays of second dorsal fins and anal fins were transformed into dorsal spine and anal spine in specimen 22.7 mm SL and specimen 20.6 mm SL. The development of the caudal fin began with the appearance of the hypurals in specimen 5.8 mm NL. The caudal fin was basically formed, with two pieces of epural, one piece of urostyle, one piece of uroneural, one piece of parhypural and three pieces of hypurals, and the second and third hypurals were combined together in specimen 10.9 mm SL. The caudal fin was ossified in specimen 24.3 mm SL. The study on the early development of the vertebral column and the appendicular skeleton in *C. stigmatias* is important for classification and functional adaptation during early development environment.

Key words: *Chaeturichthys stigmatias*; larva and juvenile; vertebral column; appendicular skeleton; ossification development; skeletal staining