

# 大黄鱼脊椎骨及其早期发育研究

黄伟卿<sup>1,2</sup>, 张艺<sup>3</sup>, 周逢芳<sup>2</sup>, 阮少江<sup>2</sup>, 林培华<sup>1</sup>, 周振平<sup>1</sup>, 丁建发<sup>2</sup>, 刘家富<sup>3</sup>,  
杨俊凡<sup>2</sup>

(1. 宁德市鼎诚水产有限公司, 福建 宁德 352100; 2. 宁德师范学院 生命科学学院, 福建 宁德 352100; 3. 宁德市水产技术推广站, 福建 宁德 352100)

**摘要:** 为完善大黄鱼(*Larimichthys crocea*)的骨骼生物学特性和以脊椎骨为数量性状的新品种选育提供理论依据, 作者统计了大黄鱼成鱼脊椎骨骨节数量性状, 并采用软骨—硬骨双染色方法对其成体及5~40日龄仔稚幼鱼脊椎骨骨节的发育过程进行观察, 并对骨节数量和生长进行统计分析。结果表明: 统计成体48尾中, 骨节数主要是26, 占83.3%, 具有27、25个骨节的分别占12.5%和4.17%。骨节组成也不尽一致, 26个骨节的组成有两种, 一种是由11个腹椎和15个尾椎组成, 另一种是由12个腹椎和14个尾椎组成; 而27个骨节的由12个腹椎和15个尾椎组成, 25个骨节的由11个腹椎和14个尾椎组成。在水温24~25°C、盐度25~26培育条件下, 仔稚幼鱼鱼苗22日龄骨节出现骨化现象, 38日龄完全骨化, 骨节数量有25个、26个和27个3种, 分别占比总数的11.54%、73.08%和15.38%; 脊椎骨发育过程中出现了椎骨融合、脉棘和髓棘冗余、分叉以及椎体增生等发育异常现象。骨节的长度(y)与日龄(x<sub>1</sub>)的关系符合二项式  $y = 0.0095x^2 - 0.0981x + 3.7161 (R^2 = 0.9607)$ , 平均增长率为0.295 mm/d。

**关键词:** 大黄鱼(*Larimichthys crocea*); 成体与鱼苗; 脊椎骨; 生长发育

**中图分类号:** S917.4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3096(2021)02-0051-08

DOI: 10.11759/hykw20200605003

大黄鱼(*Larimichthys crocea*)属于硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鲈形目(Perciformes)、石首鱼科(Sciaenidae)、黄鱼属(*Larimichthys*), 为暖水性集群洄游鱼类, 主要分布在中国南海、东海和黄海南部, 因其肉质鲜美、体色金黄、嘴唇深红、吉祥象征, 深受消费者喜爱<sup>[1-3]</sup>。2019年产量达22.6万吨, 居中国海水养殖鱼类产量之首, 已成为中国最大规模的海水养殖鱼类和八大优势出口水产品之一<sup>[1-5]</sup>。目前, 关于大黄鱼的研究主要集中在养殖技术<sup>[6]</sup>、肌肉营养<sup>[7]</sup>、遗传育种<sup>[8]</sup>和病害防治<sup>[9]</sup>等方向, 并取得了丰硕的成果。

鱼类的骨骼作为鱼体的基本结构, 能够支撑鱼类的身体、保护内脏器官以及在协调肌肉的运动方面起重要作用。在鱼类的长期进化过程中, 其骨骼发育时序、形态构造与其栖息环境相适应, 已经成为研究鱼类系统进化和分类的重要依据, 也是深入研究鱼类组织器官功能发育的重要途径<sup>[10-12]</sup>。于超勇等<sup>[12]</sup>对1~60日龄的大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)仔稚鱼脊椎骨发育研究表明, 脊柱椎体于28日龄时开始由头端向尾端骨化, 至50日龄时脊柱椎体全部完成骨骼元件骨化, 脊柱及附肢骨骼早期

发育与其巡游运动模式向机动运动模式的转变、摄食能力增强密切相关。曹晓颖等<sup>[13]</sup>对1~35日龄鱲(*Siniperca chuatsi*)仔稚鱼脊椎骨发育研究发现, 脊柱于15日龄由前向后骨化, 20日龄背肋与腹肋由基部向末端骨化, 29日龄骨化完成。脉弓与脉棘、髓弓与髓棘均由前向后、由基部向末端骨化, 脉棘与髓棘骨化时间晚于相应的椎体, 髓骨化发育与其早期运动、摄食与御敌等行为密切相关。王秋荣等<sup>[14]</sup>研究青石斑鱼(*Epinephelus awoara*)骨骼发育异常时发现, 脊柱发育异常主要表现在脊柱前凸、脊柱后凸和脊柱侧凸以及椎骨的愈合、变形等症状。在大

收稿日期: 2020-06-05; 修回日期: 2020-07-05

基金项目: 青岛海洋科学与技术试点国家实验室培育计划(2018-MFS-T02); 宁德师范学院校级专项资助计划科研项目(2019ZX406); 国家级大学生创新训练项目(202010398015)

[Foundation: Youth Talent Program Supported by Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, No. 2018-MFS-T02; Ningde Normal University Special Fund Program, No. 2019ZX406; National Innovation Training Program for College Students, No. 202010398015]

作者简介: 黄伟卿(1988-), 男, 助工, 主要从事水产增养殖, E-mail: 393634584@qq.com; 刘家富, 通信作者, E-mail: 13905936391@126.com; 丁建发, 通信作者, E-mail: 269222940@qq.com

黄鱼骨骼的研究方面,刘家富<sup>[1]</sup>介绍了闽-粤东族大黄鱼的脊椎骨有26个骨节,由11个腹椎和15个尾椎组成。丘书院<sup>[15]</sup>介绍了大黄鱼骨骼标本制作的5种使用方法,并且提出最后1个尾椎有6个尾下骨和上面3个尾上骨。王秋荣等<sup>[16]</sup>对人工繁育的大黄鱼仔稚鱼的脊柱、胸鳍骨骼以及尾鳍骨骼的发育进行探究,提出中轴骨骼和附肢骨骼的不断发育完善,能够增强大黄鱼呼吸、摄食、游泳的机能。王映等<sup>[17]</sup>运用了Micro CT技术对大黄鱼全鱼骨骼系统进行了扫描与三维重建用来区分大黄鱼野生群体与养殖群体。但关于大黄鱼脊椎骨不同数量骨节发育和异常现象方面的研究尚未见报道,旨为大黄鱼的生物学特征提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 大黄鱼的来源

2019年5月,从宁德市鼎诚水产有限公司养殖基地2400尾闽-粤东族大黄鱼中随机挑选平均体长 $34.26 \pm 1.36$  cm,体质量 $677.1 \pm 9.49$  g成鱼48尾进行骨骼节数和生物特性进行分析。将上述成鱼在室内水温24℃下,采用生物饵料牡蛎进行营养强化后作为亲本进行人工催产,并从子代5~40日龄仔稚鱼中,每个日龄随机取样30尾,进行骨骼节数及生物特性进行研究。

### 1.2 样本处理

成鱼的处理:48尾大黄鱼成鱼采用日本·米卡萨型号的X光机(型号:HF4WA)进行骨骼扫描后,将其煮熟并剔除肌肉,对脊椎骨骨节数进行统计、测量和拍照分析。

幼鱼的处理:大黄鱼幼鱼取样后,置于Leica S9i体视显微镜下进行观察,用显微镜配置的软件测量全长、体长以及骨骼长度等数据后,用10%的福尔马林进行固定保存,供日后制作骨骼标本时使用。

### 1.3 软骨-硬骨双染色法<sup>[10-14]</sup>对脊椎骨进行染色

固定:将固定于10%福尔马林3 d后的仔稚幼鱼置换于蒸馏水中浸泡1 d。

脱水:将仔稚鱼标本浸泡在梯度酒精(20%→40%→60%→75%)中,每种梯度浸泡1 d,最终在75%酒精中置于冰箱(4℃)中保存,染色前,再将仔

稚鱼置换于95%的酒精中浸泡1 d。

软骨染色:将样品浸泡于配制好的软骨染色液(20 mL冰醋酸+80 mL 95%酒精+10 mg Alcian Blue power)中5 h左右,直至鱼体表面、鳍条末端略有蓝色。

中性化:将上述样品浸泡于新鲜配制的饱和硼酸钠溶液中1 d。

漂白:将上述样品置换于80 mL(1% KOH)+20 mL(3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)溶液中浸泡1 d。

硬骨染色:将样品置换于配制好的硬骨染色液(5 mg Alizarin Red power +100 mL 1% KOH)中浸泡5~9 h(染色时间根据样品体积大小适当进行调整)。

褪色:将样品浸泡于1% KOH溶液中直到鱼体更加透明。最后将样品置换于甘油和1% KOH溶液的混合液中,按照二者不同比例依次更换,比如下,甘油:1% KOH=1:3→甘油:1% KOH=1:1→甘油:1% KOH=3:1,各比例分别浸泡1 d,直到鱼体透明,最后置换于纯甘油中保存。

### 1.4 数据处理

数据采用SPSS17.0统计分析。用Duncan's多重比较分析进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 大黄鱼脊椎骨骨节数及数量性状分析

闽-粤东族大黄鱼成鱼脊椎骨骨节数存在着25、26和27个3种情况,分别占总量的4.17%、83.33%和12.5%(图1、表1)。

大黄鱼脊椎骨不同的骨节数组成情况分别为:25个骨节的大黄鱼是由11个腹椎和14个尾椎组成。26个骨节的大黄鱼存在着2种腹椎与尾椎的组成形式,一种是由11个腹椎和15个尾椎组成,该组成模式占总量的55.6%;另一种是由12根腹椎和14根尾椎组成,该组成模式占总量的44.4%。27个骨节的大黄鱼是由12个腹椎和15个尾椎组成(表1)。

27骨节的大黄鱼的髓棘/椎体、横突/椎体、横突/髓棘比值分别为( $193.38 \pm 0.488$ )%、( $53.41 \pm 0.207$ )%和( $24 \pm 0.096$ )%,显著高于25骨节( $P < 0.05$ );26骨节大黄鱼的脉棘/椎体比值为( $185.47 \pm 1.875$ )%,显著高于25和27骨节( $P < 0.05$ );25骨节大黄鱼的脉棘/髓棘的比值为( $125.44 \pm 0.21$ )%,显著高于26和27骨节( $P < 0.05$ )(表2)。

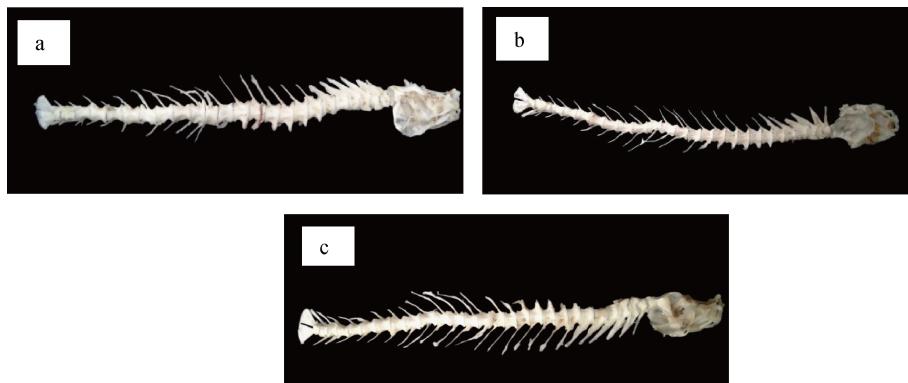


图 1 大黄鱼的脊椎骨

Fig. 1 Vertebrae of a large yellow croaker

a. 25 骨节; b. 26 骨节; c. 27 骨节

表 1 大黄鱼骨节数和组成模式

Tab. 1 Number of vertebra and the pattern of bone composition of a large yellow croaker

骨节数量 (个)	占总数比 (%)	组成模式		占比(%)
		腹椎(个)	尾椎(个)	
25	4.17	11	14	100
26	83.33	11	15	55.6
27	12.5	12	15	44.4

## 2.2 大黄鱼脊椎骨的发育和发育异常现象

大黄鱼在 5 日龄的脊索呈线状未分节(图 2a); 8 日龄时脊索出现明显分节, 脊柱前端出现两个髓弓(图 2b); 15 日龄时尾下骨以及脉弓发育明显, 以软

骨组织形式出现(图 2c); 16 日龄时随着尾下骨的增多, 着生在尾部脊索上的脉弓、髓弓随之出现(图 2d), 发育过程中脉弓比髓弓的生长速度快, 但在此期间仔稚鱼的脊柱尚未骨化。随着仔稚鱼脊柱的椎体从头部开始沿着尾部的方向开始骨化, 21 日龄仔稚鱼清晰可见 21~22 个脊椎骨, 髓棘、脉棘分别由髓弓、脉弓末梢延长形成(图 2e)。24 日龄发育出 22~23 个脊椎骨(图 2f), 26 日龄仔稚鱼的尾杆骨开始骨化(图 2g), 38 日龄仔稚鱼脊柱完成骨化(图 2h)。脊椎骨发育的骨节数有 25、26 以及 27 个之分。以 26 个骨节为主, 占比总数 73.08%, 其次是 27 个骨节, 占比总数 15.38%, 25 个骨节最少, 占比总数 11.54%(表 3)。

表 2 3 种骨节大黄鱼椎体、脉棘、横突以及髓棘的关系

Tab. 2 Relationship among vertebral body, pulse-spines, transverse processes, and myeloid spines of three kinds of a large yellow croaker with different vertebrae

骨节数量(个)	髓棘/椎体(%)	横突/椎体(%)	脉棘/椎体(%)	横突/髓棘(%)	脉棘/髓棘(%)
25	185.17±0.56 <sup>a</sup>	50.61±0.21 <sup>a</sup>	175.16±0.48 <sup>a</sup>	22.88±0.10 <sup>b</sup>	125.44±0.21 <sup>c</sup>
26	191.84±1.914 <sup>b</sup>	50.29±0.526 <sup>a</sup>	185.47±1.875 <sup>b</sup>	20.95±0.224 <sup>a</sup>	113.77±1.125 <sup>b</sup>
27	193.38±0.488 <sup>b</sup>	53.41±0.207 <sup>b</sup>	171.23±0.493 <sup>a</sup>	24±0.096 <sup>c</sup>	107.39±0.261 <sup>a</sup>

注: 不同字母表示显著性差异显著( $P<0.05$ )

表 3 大黄鱼子代脊椎骨骨节数量占比

Tab. 3 Proportions of the number of vertebral vertebrae in the larvae of a large yellow croaker

骨节数量(个)	占比(%)
25	11.54
26	73.08
27	15.38

大黄鱼仔稚鱼脊柱畸形主要表现在椎体分裂和增生。椎体分裂的现象, 主要出现在倒数第二个椎骨, 椎体下端分裂, 但不分离。椎体增生常见于在第 24~25 个椎骨, 多出的一个椎体, 其体积小、结构不完整、有脉棘、没有髓棘(图 3)。

大黄鱼成鱼存在椎体融合以及脉棘和髓棘冗余、分叉的畸形现象: 椎体融合的现象出现在 27 个

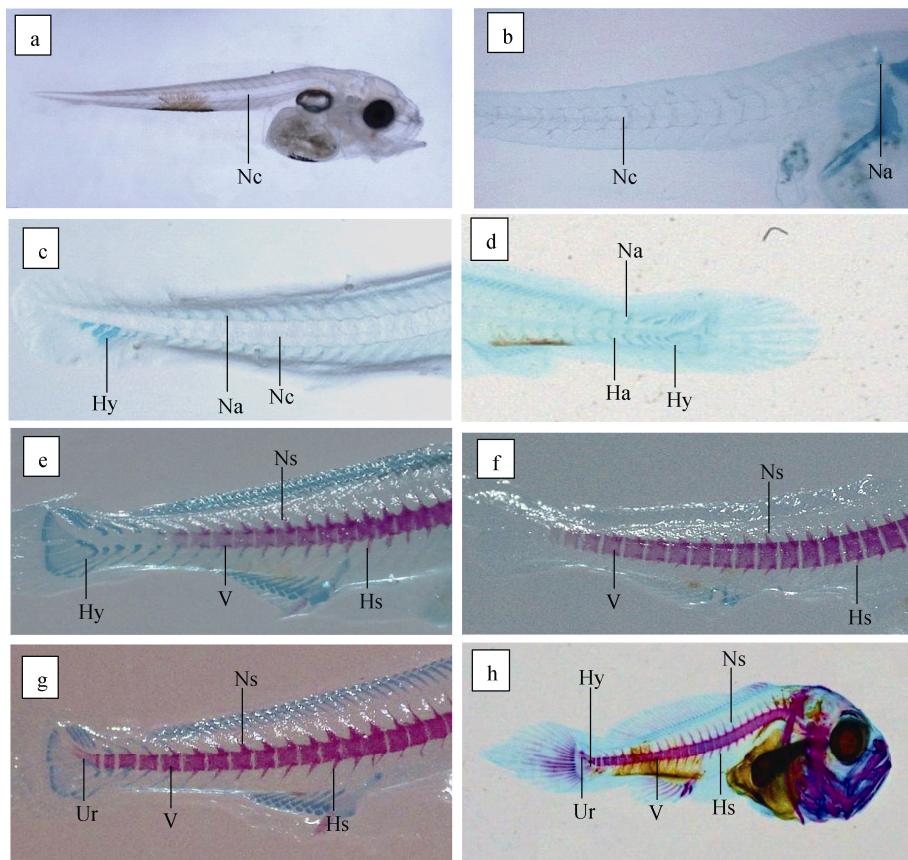


图 2 大黄鱼仔稚鱼脊椎骨发育

Fig 2 Development of vertebrae in a juvenile large yellow croaker

a. 5 日龄大黄鱼; b. 8 日龄大黄鱼; c. 15 日龄大黄鱼; d. 16 日龄大黄鱼; e. 21 日龄大黄鱼; f. 24 日龄大黄鱼; g. 26 日龄大黄鱼; h. 38 日龄大黄鱼; Nc. 脊索; Hy. 尾下骨 Na. 髓弓; Ha. 脉弓; V. 脊柱; Ns. 髓棘; Hs. 脉棘; Ur. 尾杆骨

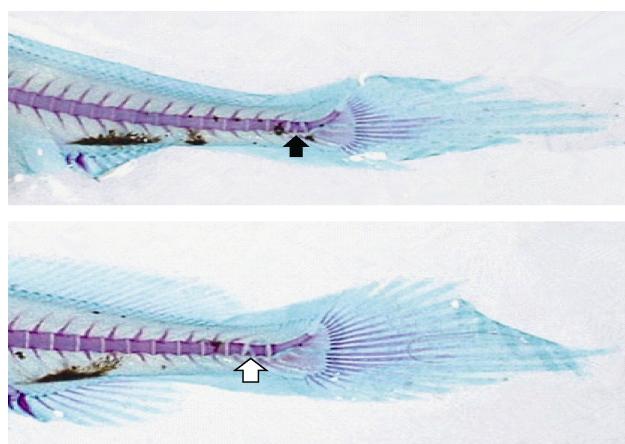


图 3 大黄鱼仔稚鱼骨骼发育异常

Fig. 3 Development of abnormal vertebrae of a juvenile large yellow croaker

注：黑色箭头表示椎体分裂；白色箭头表示椎体增生

脊椎骨的大黄鱼成鱼中，两个椎体融合为一，其椎体体积比正常的大，有2个髓棘和脉棘对侧分布；脉棘分叉和冗余25、26、27个脊椎骨的大黄鱼成鱼都存在，主要出现在尾椎的位置，分叉是从脉棘的基部或者中部开始一分为二，脉棘冗余存在相邻处或者相近处多一根脉棘，髓棘分叉现象出现较少，主要表现在髓棘出现树枝状分叉(图 4)。

### 2.3 大黄鱼仔稚鱼脊椎骨的生长

测量 5~40 日龄的大黄鱼脊椎骨的生长情况：脊椎骨( $y$ )与日龄( $x_1$ )符合二项式关系式为  $y = 0.0095x_1^2 - 0.1741x_1 + 4.2604(R^2 = 0.9607)$ ，平均增长率为 0.295 mm/d (图 5a)；与全长( $x_2$ )的关系，符合二项式关系式为  $y = 0.0123x_2^2 + 0.1273x_2 + 2.6721(R^2 = 0.9867)$ (图 5b)；与体长( $x_3$ )的关系，符合二项式关系式为  $y = 0.0013x_3^2 - 0.6242x_3 + 0.59(R^2 = 0.9607)$ (图 5c)。

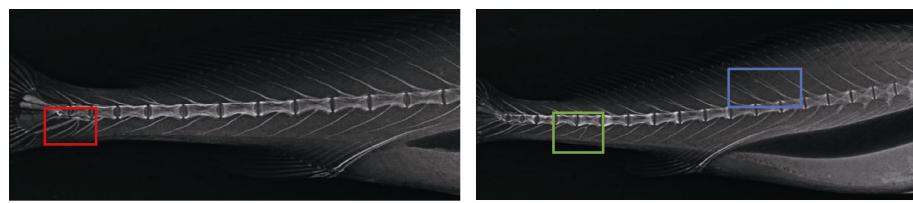


图 4 大黄鱼成鱼骨骼发育异常

Fig. 4 Development of abnormal vertebrae of an adult large yellow croaker

注: 红色框表示脉棘冗余; 绿色框表示脉棘分叉; 蓝色框表示髓棘分叉

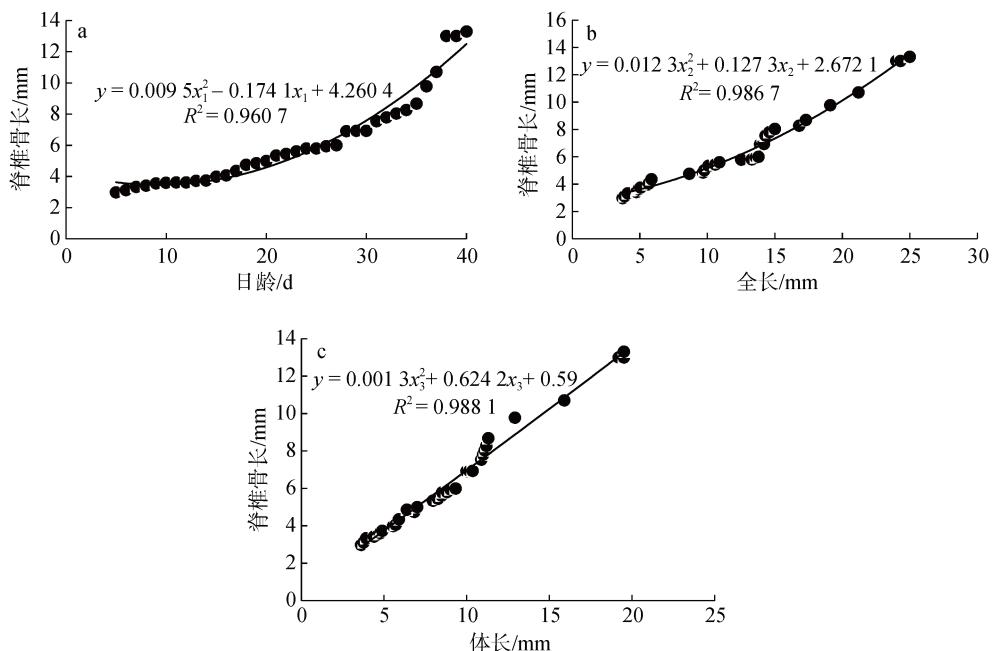


图 5 5~40 日龄大黄鱼仔稚骨骼生长

Fig. 5 Growth of bones of juvenile fish aged 5-40 days of a large yellow croaker

a. 脊椎骨长(y)与日龄(x<sub>1</sub>)之间的关系; b. 脊椎骨长(y)与全长(x<sub>2</sub>)之间的关系; c. 脊椎骨长(y)与体长(x<sub>3</sub>)之间的关系

### 3 讨论

#### 3.1 大黄鱼脊椎骨骨节数

本研究发现闽-粤东族成品大黄鱼存在 25、26 和 27 个 3 种大黄鱼脊椎骨骨节情况, 以 26 个脊椎骨骨节为主, 主要由 11 个腹椎和 15 个尾椎组成, 但也存在着 12 根腹椎和 14 根尾椎组成形式, 这一结果与刘家富<sup>[1]</sup>和丘书院<sup>[15]</sup>发现岱衢族、闽-粤东族和硇洲族 3 个种群大黄鱼中仅岱衢族存在脊椎骨骨节 27 个, 闽-粤东族与硇洲族大黄鱼群体的脊椎骨骨节数存在 25 和 26 个有所差异, 造成这一差异主要原因可能是由于闽-粤东族已混有岱衢族所致。同时本研究还发现,

大黄鱼仔稚幼鱼中也存在着 25、26 和 27 个 3 种大黄鱼脊椎骨骨节, 这一结果与王秋荣<sup>[16]</sup>等对 3~28 日龄闽-粤东族大黄鱼仔稚鱼骨骼发育研究结果表明 16 日龄仔稚鱼全部出现了 27 个脊椎骨存在差异。

#### 3.2 大黄鱼脊椎骨的发育

本文结果与王秋荣<sup>[16]</sup>等研究相同, 大黄鱼的脊柱骨的发育最初从髓弓、脉棘和尾下骨开始的, 椎体的顺序是从头部往尾部方向。王秋荣<sup>[16]</sup>等还发现发育至 16 日龄仔稚鱼尾下骨的增多, 着生在脊索上的脉弓、髓弓以软骨组织的形式清晰呈现, 发育至 28 日龄时脊椎骨骨化现象出现。这一结果与本研究发现发育至 21 日龄时才开始发生骨化有所差异, 这一差异笔

者认为与养殖水温等水环境的差异相关。

大黄鱼骨节的骨化顺序与其他一些鱼类不同,如尖吻鲈(*Lates calcarifer*)<sup>[11]</sup>、美洲鲥(*Alosa sapidissima*)<sup>[18]</sup>等,骨节的骨化则由头尾两端向中间进行;刀鲚(*Coilia nasus*)<sup>[19]</sup>则是以体前中部位置为起点向前、后两端发育。邓平平<sup>[20]</sup>等提出鱼类的早期发育过程中,形态结构与功能需求是相互影响的,这可能与其生态习性的形成有关,但其机理还需要进一步地分析验证。

### 3.3 大黄鱼脊椎骨骨节发育异常

造成鱼类骨骼发育异常的因素有很多,包括遗传、营养因素和环境条件等<sup>[16]</sup>。本研究,遗传、培育条件不适以及饵料营养缺陷可能是诱导骨骼发育异常的主要原因。

李凯彬<sup>[21]</sup>等研究表明骨骼发育异常现象的产生与遗传有关,不同的信号通路基因会对骨骼发育过程进行精细调控。本研究,成鱼均发育正常、子代却出现发育异常的现象,可能与某些发育异常的表现型受到隐性基因控制或者控制的基因发生突变有关。有研究表明,缺乏微量元素也会导致脊椎骨骨节发育异常的现象,如缺乏维生素K会导致底鳉(*Fundulus grandis*)椎体融合、髓弓畸形的发生,缺乏常量矿物质P会使大西洋鲑(*Salmo salar*)脊柱棘部畸形的发生,Ca元素的摄入不均衡会导致鱼类骨骼发育不良以及骨骼代谢异常的现象<sup>[14, 16, 22]</sup>。饵料中必需脂肪酸、微量矿物质等营养物质配比不平衡都会引起鱼类脊柱发育异常<sup>[23]</sup>。本试验期间主要以轮虫、丰年虫以及桡足类等生物饵料为主,轮虫营养强化不足、丰年虫投喂过多或者桡足类来源不同等均可能导致脊椎骨发育异常,也可能是由于养殖桶偏小导致养殖温差和溶解氧以及水流速变化大亦或是近岸海域取水造成盐度差异大等原因<sup>[14]</sup>造成本次幼鱼骨节发育异常的现象。

### 参考文献:

- [1] 刘家富. 大黄鱼养殖与生物学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2013.
- Liu Jiafu. Culture and biology of large yellow croaker[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2013.
- [2] 黄伟卿. 淡水养殖大黄鱼技术初探[J]. 水产科学, 2015, 34(5): 327-330.
- Huang Weiqing. Techiques on large yellow croaker in freshwater[J]. Fisheries Science, 2015, 34(5): 327-330.
- [3] 黄伟卿, 张艺, 王晓晓, 等. 低盐养殖大黄鱼肌肉营养成分分析[J]. 水产科技情报, 2019, 46(6): 301-307.
- Huang Weiqing, Zhang Yi, Wang Xiaoxiao, et al. Analysis of nutritional components in muscle of low salt cultured *Larimichthys crocea*[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2019, 46(6): 301-307.
- [4] 黄伟卿, 张艺, 柯巧珍, 等. 大黄鱼选育子二代生长性状研究[J]. 南方水产科学, 2013, 9(3): 14-19.
- Huang Weiqing, Zhang Yi, Ke Qiaozhen, et al. Growth traits research of the breeding group sub 2 generation of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*)[J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(3): 14-19.
- [5] 刘家富, 刘招坤. 福建闽东大黄鱼 *Larimichthys crocea*(Richardson)产业展望[J]. 现代渔业信息, 2008, 23(12): 3-5.
- Liu Jiafu, Liu Zhaokun. Outlook for large yellow croaker *Larimichthys crocea*(Richardson)industry in Min-dong[J]. Modern Fisheries Information, 2008, 23(12): 3-5.
- [6] 林培华. 大黄鱼室内低盐循环水养殖技术研究[J]. 科学养鱼, 2019, 2: 60-61.
- Lin Peihua. Study on indoor low-salt recirculating aquaculture technology of Large Yellow Croaker *Larimichthys crocea*[J]. Scientific Fish Farming, 2019, 2: 60-61.
- [7] 林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较[J]. 中国水产科学, 2006, 2: 286-291.
- Lin Limin, Wang Qiurong, Wang Zhiyong, et al. Comparison of biochemical compositions of muscle among three stocks and wild-caught large yellow croaker *Pseudosciaena crocea*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 2: 286-291.
- [8] 黄伟卿, 韩坤煌, 陈仕玺, 等. 海捕野生大黄鱼选育子代生长性能及现实遗传力分析[J]. 水产科学, 2016, 35(3): 204-209.
- Huang Weiqing, Han Kunhuang, Chen Shixi, et al. Realized heritability estimation on offspring growth traits of wild caught *Larimichthys crocea*[J]. Fisheries Science, 2016, 35(3): 204-209.
- [9] 李晓霞. 大黄鱼养殖主要病害及其防治措施[J]. 农村实用工程技术, 2001, 6: 24.
- Li Xiaoxia. Main diseases and control measures of *Pseudosciaena crocea*[J]. Rural practical engineering technology, 2001, 6: 24.
- [10] 苏锦祥, 孟庆闻, 唐宇平. 团头鲂骨骼系统的发育[J]. 水生生物学报, 1989, 1: 1-14.
- Su Jinxiang, Meng Qingwen, Tang Yuping. Development of skeletal system of *Megalobrama amblycephala* (Pisces: Cyprinidae)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1989, 1: 1-14.
- [11] 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 Shengjie, Ma Ting, Hu Jing, et al. Skeleton development observation of *Lates calcarifer* larva fish[J].

- Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(3): 592-598.
- [12] 于超勇, 官曙光, 于道德, 等. 大泷六线鱼仔稚鱼脊柱及附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 Chaoyong, Guan Shuguang, Yu Daode, et al. Development of vertebral column and appendicular skeleton in larvae and juveniles of fat greenling *Hexagrammos otakii*[J]. Journal of Dalian Oceanography, 2020, 35(1): 47-55.
- [13] 曹晓颖, 赵金良, 陈晓武, 等. 鲢仔稚鱼骨骼系统骨化发育[J]. 中国水产科学, 2019, 26(2): 304-313.  
Cao Xiaoying, Zhao Jinliang, Chen Xiaowu, et al. Early ossification of the skeletal system in larval and juvenile *Sini-perca chuatsi*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(2): 304-313.
- [14] 王秋荣, 毕建功, 林利民, 等. 青石斑鱼骨骼发育异常的形态特征[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(5): 417-421.  
Wang Qiurong, Bi Jiangong, Lin Limin, et al. Skeletal abnormalities in cultured juvenile yellow grouper *Epinephelus awoara*[J]. Journal of Dalian Oceanography, 2012, 27(5): 417-421.
- [15] 丘书院. 大黄鱼骨骼的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1957, 2: 99-109, 132-135.  
Qiu Shuyuan. On the skeleton of the great croaker, *Pseudosciaena crocea* Richardson[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1957, 2: 99-109, 132-135.
- [16] 王秋荣, 倪明莹, 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 Qiurong, Ni Yueying, Lin Limin, 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.
- [17] 王映, 赵金良, 柯巧珍, 等. 大黄鱼养殖群体和野生群体骨骼 micro CT 扫描显微结构比较[J]. 海洋科学, 2016, 40(12): 36-40.  
Wang Ying, Zhao Jinliang, Ke Qiaozhen, et al. Comparison of bone microstructures in cultured and wild stocks of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) using micro CT scanning[J]. Marine Sciences, 2016, 40(12): 36-40.
- [18] 邓平平, 施永海, 徐嘉波, 等. 美洲鲥仔稚鱼脊柱及附肢骨骼系统的早期发育[J]. 中国水产科学, 2017, 24(1): 73-81.  
Deng Pingping, Shi Yonghai, Xu Jiabo, 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.
- [19] 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 Yuange, Xia Dong, Zhong Junsheng, et al. Development of the vertebral column and the appendicular skeleton in the larvae and juveniles of *Coilia nasus*[J]. Journal of the Shanghai Ocean University, 2011, 20(2): 217-223.
- [20] 邓平平, 严银龙, 施永海. 褐菖鲉仔稚鱼脊柱及附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 Pingping, Yan Yinlong, Shi Yonghai. Early development of the vertebral column and appendicular skeleton in *Sebastiscus marmoratus* larvae[J]. Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.), 2018, 44(6): 735-742
- [21] 李凯彬, 刘春, 常藕琴, 等. 剑尾鱼侏儒突变的骨骼异常及其遗传[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 809-815.  
Li Kaibin, Liu Chun, Chang Ouqin, et al. The skeletal defects and inheritance in dwarf mutants of *Xiphophorus helleri*[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(6): 809-815.
- [22] Sullivan M, Reid S W J, Ternent H. The aetiology of spinal deformity in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: influence of different commercial diets on the incidence and severity of the preclinical condition in salmon parr under two contrasting husbandry regimes.[J]. Journal of Fish Diseases, 2007, 30(12): 759-767.
- [23] Clara B, Enric G, Paulo G. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 2: main typologies, occurrences and causative factors[J]. Reviews in Aquaculture, 2013, 5(S1): 121-167.

# Spinal vertebrae of a large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) along with its early development

HUANG Wei-qing<sup>1,2</sup>, ZHANG Yi<sup>3</sup>, ZHOU Feng-fang<sup>2</sup>, RUAN Shao-jiang<sup>2</sup>, LIN Pei-hua<sup>1</sup>, ZHOU Zhen-ping<sup>1</sup>, DING Jian-fa<sup>2</sup>, LIU Jia-fu<sup>3</sup>, YANG Jun-fan<sup>2</sup>

(1. Ningde Dingcheng Fishery Company Limited, Ningde 352100, China; 2. Department of Bioengineering, Ningde Normal University, Ningde 352100, China; 3. Fishery Technology Promotion Station, Ningde 352100, China)

Received: Jun. 5, 2020

Key words: *Larimichthys crocea*; adults and fry; vertebrae; growth and development

**Abstract:** To provide a theoretical basis for improving the biology of *Larimichthys crocea* and for breeding new varieties with vertebrae as quantitative characters, we conducted a statistical analysis of the spinal joints of the parent *L. crocea* by the double staining method. We statistically analyzed the growth and development of the spinal joints of an adult large yellow croaker, as well as the number and growth of the vertebral joints of the adult, juvenile, and offspring (aged 5–40 days) species of the croaker. The results showed that among 48 parents, 83.3% had 26 nodes, 12.5% had 27 nodes, and 4.17% had 25 nodes. There are two types of vertebrae in *L. crocea* with 26 joints. The first one comprises 11 abdominal vertebrae and 15 coccyges, whereas the second one comprises 12 abdominal vertebrae and 14 coccyges. The spine of *L. crocea* with 27 joints consists of 12 abdominal vertebrae and 15 coccyges; however, the spine of *L. crocea* with 25 joints consists of 11 abdominal vertebrae and 14 coccyges. Ossification appeared at the age of 22 days and was completed at the age of 38 days, under the conditions when the water temperature is 24°C–25°C with salinity of 25–26. There are also three types of the number of bone joints (25, 26, and 27), which accounted for 11.54%, 73.08%, and 15.38% of total numbers, respectively. Some abnormal phenomena such as the fusion of vertebrae, redundancy, the bifurcation of hemal and neural spines, and the hyperplasia of vertebrae were also observed during the development process of the vertebrae. The relationship between the node length ( $y$ ) and day-age ( $x_1$ ) was  $y=0.0095x^2 - 0.0981x + 3.7161$  ( $R^2=0.9607$ ), and it shows a negative heterotopic growth with an average growth rate of 0.295 mm/d.

(本文编辑: 谭雪静)