

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.01399

养殖半滑舌鲷仔稚鱼骨骼畸形的发生过程

马慧^{1,2}, 庄志猛², 柳淑芳², 马骞^{2,3}, 王秀利¹

1. 大连海洋大学, 生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023;

2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 山东 青岛 266071;

3. 厦门大学, 海洋环境学院, 福建 厦门 361005

摘要: 采用硬骨-软骨双染色技术对半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis* Günther)早期发育阶段仔稚鱼全骨骼进行染色, 研究其骨骼畸形发生的时间与部位及相应部位的畸形类型。实验结果表明, 1~50 日龄半滑舌鲷仔稚鱼的 32 批次 495 个骨骼标本中, 骨骼畸形类型有 14 种, 主要表现为脊椎骨的融合、增生、局部肥大, 髓棘和脉棘的分叉和分离, 尾鳍的分叉等。骨骼畸形主要发生于变态后期(25 日龄)和变态后(40 日龄), 2 个发育阶段的畸形率分别 31.58% 和 25%。骨骼畸形的部位多见于脊柱的 PH、HE 和 CA 区, CE 区尚未发现畸形。骨骼畸形会严重影响鱼类的外部形态、减缓生长及降低其市场价值。本研究初步探讨了养殖条件下半滑舌鲷骨骼畸形的发生过程, 为阐明其早期发育机制及优化苗种培育和养殖条件等提供基础资料。

关键词: 半滑舌鲷; 仔稚鱼; 骨骼发育; 畸形

中图分类号: S961

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)06-1399-07

半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis* Günther)属鲽形目(Pleuronectiformes)、鲷亚目(Soleoidei)、舌鲷科(Cynoglossidae)、舌鲷属, 为东北亚特有名贵冷温性海水鱼类, 具有活动范围小、营养等级低、适宜盐度广、温度宽、个体大、生长快等优良性状, 是一种理想的近海增殖对象^[1]。随着半滑舌鲷野生资源量急剧下降, 海洋捕捞产量极为有限, 市场长期处于供不应求的局面。

目前, 半滑舌鲷生殖调控及规模化人工繁育技术已获得重大突破, 达到年产百万尾商品苗种工厂化培育水平^[2]。但人工繁育的半滑舌鲷苗种在发育过程中经历了功能性和形态学变化后, 会大量出现形态异常的个体, 尤其是骨骼畸形个体。骨骼畸形会严重影响鱼类的外部形态、减缓生长及降低其市场价值。本研究通过观察半滑舌

鲷早期骨骼发育过程中的形态学变化, 鉴别养殖条件下骨骼畸形的类型及其发生时间与部位, 旨在为阐明其早期发育机制、降低仔鱼死亡率和优化苗种培育养殖条件等提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 仔稚鱼培育

于 2010 年 8 月在山东省莱州市明波水产有限公司养殖繁育中心进行半滑舌鲷仔稚鱼培育。半滑舌鲷亲鱼来源于捕获的野生鱼, 亲鱼经人工诱导催熟。在亲鱼培养池中雌雄个体同时排卵、排精并完成自然受精。受精卵孵化条件为: 水温为 20.3~21.4℃, 盐度为 32, pH 为 7.8~8.6。将孵化的鱼苗进行室内培育, 培育池的规格为 10 m³, 用水为经沉淀过滤的自然海水, 进行连续微充气。

收稿日期: 2011-03-31; 修订日期: 2011-06-15.

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871913); 山东省泰山学者工程专项(2009.03-2014.02); 山东省自主创新成果转化重大专项(2009ZHZX1A1201).

作者简介: 马慧(1983-), 女, 硕士研究生, 从事生物化学与分子生物学研究. E-mail: mahuicuikai@163.com.

通信作者: 柳淑芳, 副研究员, 从事海洋分子生态学研究. E-mail: liusf@ysfri.ac.cn

培育密度 1×10^4 尾 / m^3 , 水温 $21 \sim 22^\circ C$, 盐度为 32, pH8.0, 白天光照为 $10 \sim 200$ lx, 夜间光照小于 1 lx。仔鱼孵化后第 3 天开口摄食, 投喂经营养强化的轮虫; 每天投喂 2 次, 投喂量 $5 \sim 10$ 尾/mL; 第 10 天开始投喂卤虫, 投喂量为 $0.1 \sim 2$ 尾/mL; 第 16 天时投喂强化大卤虫; 第 35~50 天投喂野生大卤虫。

1.2 样品采集

对 1~50 日龄幼鱼进行连续取样, 共取样 32 批次, 样品总数为 495 尾。取样时序为: 1~30 日龄(每日取样)、40 日龄、50 日龄。取样数量为: 前 20 日龄仔稚鱼, 每批次取样约 20 尾; 20 日龄后, 每批次取样约 10 尾。每次在早晨投饵前从培育池中随机取一定数量的仔稚鱼, 用于统计分析和骨骼发育观察。首先用吸水纸将鱼体表的水分吸干, 然后用解剖镜(Nikon SMZ800)和游标卡尺测定全长(L_T), 用电子天平测定体质量(M_B)。采集的样品保存于 10% 中性福尔马林中, 用于制作骨骼标本。

1.3 骨骼标本制作

采用 Dingerkus 等^[3]的硬骨-软骨双染色技术, 对半滑舌鲷发育早期的仔稚鱼全骨骼进行染色。染色剂中的阿利新蓝与软骨上的酸性黏液特异结合, 将软骨染成蓝色; 而茜素红与骨细胞增殖发育成硬骨的过程中产生的钙离子形成螯合物, 使硬骨着红色。经酶液透明、酒精梯度脱水后, 骨骼标本放入加有少量麝香酚的甘油中保存。在体视显微镜(Nikon SMZ800)下进行骨骼观察, 并拍照记录。各部位骨骼的命名参照 Harder^[4]、Matsuoka^[5]和 Hosoya^[6]的命名方法。

1.4 脊柱的分区及骨骼畸形的类型

参照 Lewis^[7]对庸鲷(*Hippoglossus hippoglossus*)脊柱的分区方法, 将半滑舌鲷的脊柱从头部至尾部划分为 4 个区: 头区(CE), 前胸区(PH), 胸区(HE)和尾区(CA)(图 1)。

硬骨鱼类骨骼畸形的归类参照 Eugenia 等^[8]对尖吻重牙鲷(*Diplodus puntazzo*)骨骼畸形的研究报道。

1.5 统计分析

经由 Primer5 软件对 1 至 50 日龄半滑舌鲷的全长进行聚类分析。并利用 SPSS11.5 软件对所有

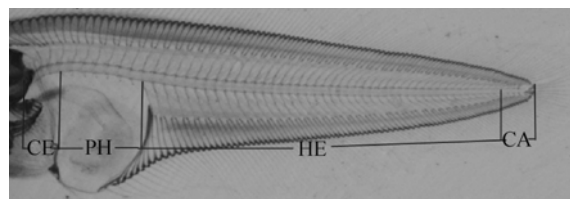


图 1 半滑舌鲷脊柱的分区

CE: 头区; PH: 前胸区; HE: 胸区; CA: 尾区

Fig.1 An illustration of a vertebral column of *Cynoglossus semilaevis*

CE: cephalic region; PH: pre-haemal region; HE: haemal region; CA: caudal region.

数据进行分析, 结果用平均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm SD$)表示。对变态高峰期、变态后期和变态后这 3 个发育期的数据进行单因素方差分析(ANOVA)和最小显著差法(LSD)进行差异显著性比较, 当 $P < 0.05$ 时表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 仔稚鱼发育阶段的划分

根据 1~50 日龄半滑舌鲷的全长聚类分析结果(图 2)及其早期发育的形态学特征和眼睛迁移

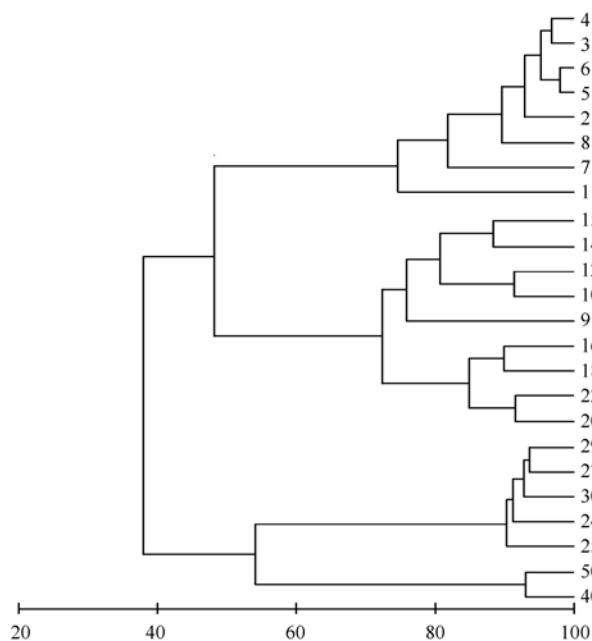


图 2 依据半滑舌鲷仔稚鱼全长聚类结果划分的 5 个发育阶段

Fig.2 Five development stages of *Cynoglossus semilaevis* larva and juvenile by body length cluster

的过程, 参考 Gabriela 和 Jessica^[9]对夏鲮仔稚鱼发育阶段划分的原理和方法, 本研究中半滑舌鲷仔稚鱼的发育过程可分为 5 个阶段, 具体划分见表 1。

2.2 骨骼畸形发生的时间、部位及其变化

从 1~50 日龄 495 尾半滑舌鲷仔稚鱼样品中, 有 10 尾共计 16 处发生骨骼畸形, 可归为 14 种类型。主要表现为脊椎骨的融合、增生、局部肥大, 髓棘和脉棘的分叉和分离, 尾鳍的分叉等(表 2 与图 4A-L)。

对现有 32 批次 495 尾半滑舌鲷仔稚鱼进行统计, 骨骼畸形主要发生于变态后期(25 日龄)和变态后(40 日龄), 两个阶段的畸形率分别 31.58% (6/19)和 25%(4/16)。分析 10 尾骨骼异常个体畸形发生的部位, 发现骨骼畸形多见于脊柱的 PH (6/10)、HE(8/10)和 CA(2/10)区(表 2 与图 4A-L)。

半滑舌鲷的脊柱 CE 区尚未发现骨骼畸形。

3 讨论

本研究中半滑舌鲷早期形态发育规律与已有报道基本一致^[10]。半滑舌鲷仔稚鱼在经历了功能性和形态学的发育变化后, 有些个体发生了骨骼畸形。半滑舌鲷的骨骼畸形主要发生在变态后期(25 日龄)和变态后(40 日龄), 此时其脊椎骨已骨化, 这可能与变态后期和变态后个体体型发生了剧烈改变、内脏器官的增殖分化^[11]及外界破坏力(水流)对不同骨骼元素的形态形成的作用力不同^[12]等环境因素的影响有关。据报道, 塞内加尔鲷(*Solea senegalensis*) 在变态高峰期(45 日龄)所有的脊椎骨全部骨化, 此时骨骼畸形频率最高^[13]。庸鲷(*Hippoglossus hippoglossus*) 亦在变态高峰期(31~41 日龄)骨骼骨化后发生畸形频率最高^[8]。

表 1 半滑舌鲷仔稚鱼 5 个发育阶段的参数
Tab. 1 Parameters of five development stages of *Cynoglossus semilaevis* larvae and juvenile

项目 item	I 期 Stage I	II 期 Stage II	III 期 Stage III	IV 期 Stage IV	V 期 Stage V
日龄/d days after hatchry	1-8	9-15	16-23	24-30	40-50
全长/mm total length (L_T)	3.3-8.5	8.7-10.5	11.1-15.4	16.76-17.8	35.8-40.4

表 2 半滑舌鲷骨骼畸形发生的部位及类型
Tab. 2 Alphanumeric dichotomic key of the vertebral regions and considered abnormlities used to classify deformities in *Cynoglossus semilaevis* larvae and juvenile

畸形类型 abnormality type	前胸区 prehemal region	胸区 hemal region	尾区 caudal region
supernumerary hemal spine (Fig. A & D)	+	+	
unfused hemal arch (Fig. B)	+		
compressed vertebrae (Fig. B)	+		
fusion of adjacent hemal spine (Fig. C & I)		+	
supernumerary neural spine (Fig. D)		+	
fusion of adjacent neural spine (Fig. E)		+	
vertebral body deformity (Fig. F)	+	+	
bifurcated neural spine (Fig. G)		+	
vertebral hypertrophy (Fig. H)		+	
vertebral body fusion (Fig I)	+		
elongate vertebrae body (Fig. J)	+		
detached hemal and neural spine (Fig. J)		+	
supernumerary caudal (Fig. K)			+
bifurcated caudal fin (Fig. L)			+

注: “+”表示出现畸形。
Note: “+” donate appearance deformities.

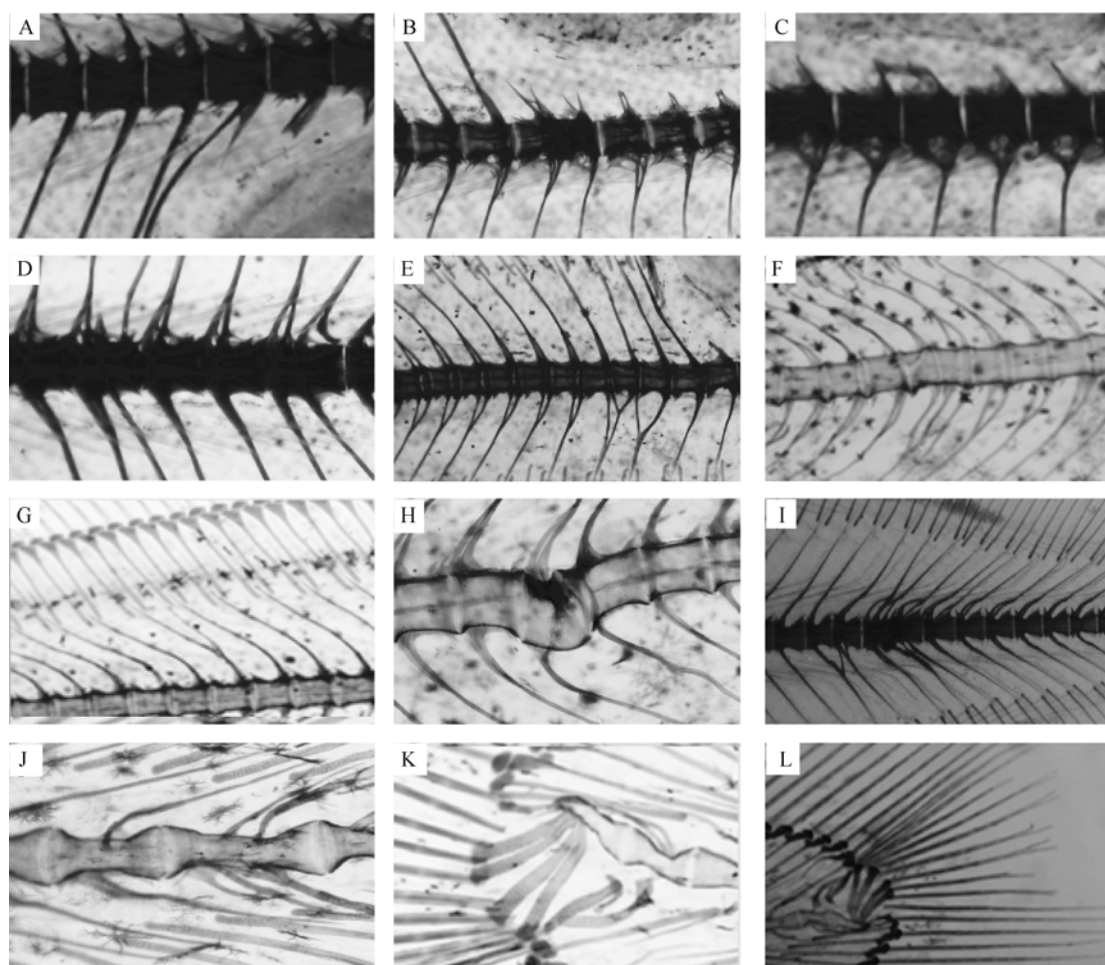


图 3 半滑舌鲷仔稚鱼的骨骼畸形

A. 脊柱 PH 部位脉棘的增生; B. 脊柱 PH 部位畸形的椎骨和未融合的脉弓; C. 脊柱 PH 部位相邻肾脉弓的融合; D. 脊柱 HE 部位脊椎骨的畸形及髓棘和脉棘的增生; E. 脊柱 HE 部位相邻髓棘的融合; F. 脊柱 HE 部位脊椎骨和脉弓的畸形; G. 脊柱 HE 部位髓棘分叉; H. 脊柱 HE 部位肥大的椎骨; I. 脊柱 HE 部位脊椎骨的畸形及相邻脉棘融合, 髓棘分离; J. 脊柱 CA 部位伸长的尾椎骨及分离的髓棘和脉棘; K. 尾鳍的增生; L. 尾鳍畸形, 及尾鳍的分叉。

Fig.3 Abnormalities in vertebral column of *Cynoglossus semilaevis* larva and juvenile

A. Supernumerary haemal spine in the prehaemal region of the vertebral column; B. Vertebra deformity and unfused haemal arch in the prehaemal region of the vertebral column; C. Fusion of adjacent haemal arch in the prehaemal region of the vertebral column; D. Vertebra deformity, Supernumerary of neural spines and haemal spines in the haemal region of the vertebral column; E. Fusion of adjacent neural spines; F. Abnormal vertebra and haemal arch in the haemal region of the vertebral column; G. Bifurcated neural spine in the haemal region of the vertebral column; H. Vertebral hypertrophy in the haemal region of the vertebral column; I. Abnormal vertebra, fusion of adjacent haemal spines and detached neural spine in the haemal region of the vertebral column; J. Elongate Vertebrae body, detached hemal and neural spine in the caudal region of the vertebral column; K. Supernumerary of caudal fin; L. Abnormal caudal fin and bifurcated caudal fin.

大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 在整个早期发育阶段均出现骨骼畸形^[14]。夏鲱 (*Paralichthys dentatus*) 在变态期发生畸形频率较高^[9]。从现有研究结果看, 比目鱼类骨骼畸形的发生时间并不完全一致(表 3), 推测鱼类骨骼畸形的发生可能和脊椎骨的骨化有一定的联系。

鱼类脊柱畸形发生的区域并不是随机的。半滑舌鲷骨骼畸形主要发生于脊柱的 PH、HE 和 CA 区, CE 区未发现畸形。据报道, 斑马鱼的骨骼畸形也主要生于脊柱的 PH、HE 和 CA 区, CE 区也未发现畸形^[15]。庸鲽脊柱的 PH 区最易发生骨骼畸形, 其次是 HE 区^[7]。大菱鲆脊柱的 HE 区骨骼

畸形频率最高^[14]。而牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)最易发生畸形的部位是尾部复合体, 畸形率为 30%~60%^[6]。但塞内加尔鲷(*Solea senegalensis*)脊柱的 CE 区出现骨骼畸形的频率最高, 达 28%^[13]。塞内加尔鲷为什么与其他比目鱼的畸形部位有所

不同, 具体原因尚不清楚。另外, 从畸形发生的组织部位来看, 半滑舌鲷骨骼畸形频率最高的是脊椎骨 25 日龄为 15.8%(3/19), 40 日龄为 12.5%(2/16); 最低的是尾鳍, 25 日龄为 0, 40 日龄为 6.25%(1/16)(表 3)。

表 3 6 种比目鱼骨骼畸形种类、发生部位、时间和个发育阶段的畸形率
Tab. 3 Skeleton deformities type, location, time and malformation rate in six Flounder fish development stage

鱼类 fish	畸形种类 type	发生部位 location	发生时间/d time	各发育阶段的畸形率 abnormality rate
半滑舌鲷 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	14	PH, HE, CA	25	31.6%(6/19)
庸鲽 ^[7] <i>Hippoglossus hippoglossus</i>			40	25%(4/16)
夏鲆 ^[9] <i>Paralichthys dentatus</i>	5	PH, HE	33-41	83.3% (10/12)
			41	91.7% (11/12)
			35-40	/
大菱鲆 ^[14] <i>Scophthalmus maximus</i>	21	HE	40-50	/
			54-65	/
			21-24	33.3%(14/42)
			25-28	23.1%(7/29)
牙鲆 ^[6] <i>Paralichthys olivaceus</i>	24	CA	29-34	23.6%(9/37)
塞内加尔鲷 ^[13] <i>Solea senegalensis</i>			35-60	27.3%(35/129)
			/	30%-60%
			1-45	28%(50/179)

骨骼畸形会影响鱼的摄食和游泳能力, 并进一步导致其生长变慢和成活率下降^[16-18]。目前, 对脊柱畸形发生的原因还没有明确的答案。骨骼畸形的发生受遗传和外界环境因素的共同影响, 其中, 环境因子和养殖条件对骨骼发育的影响最大^[16, 19-21], 如亲本的营养(维生素 C, 色氨酸, 磷脂或者维生素 D)缺乏会导致其子代出现各种类型的骨骼畸形^[22-23]。卵的密度、机械力、热击、水体污染、辐射、盐度、缺氧和光强都会引起畸形的发生^[24-26]。另外, 近亲交配会富集遗传畸形^[27-29]。还有研究表明疾病和鳔的异常发育也会影响到骨骼发育^[30-33]。目前, 尚未见有关半滑舌鲷骨骼发育过程的研究报道, 要探明其骨骼发育畸形的直接原因, 还应对养殖环境、营养因子和遗传因素等进行综合深入的研究。

参考文献:

[1] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民, 等. 渤海鱼类种类组成及数量分布[J]. 海洋水产研究, 1988, 9: 10-98.
[2] 柳学周, 庄志猛, 马爱军, 等. 半滑舌鲷繁殖生物学及繁育技术研究[J]. 海洋水产研究, 2005, 26(5): 7-14.

[3] Dingerkus G, Uhler L D. Enzyme clearing of alcyan blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage [J]. Stain Tech, 1977, 52: 229-232.
[4] Harder W. Anatomy of Fishes [M]. Lubrecht & Cramer Ltd, 2 Revised edition. 1976: 31-91.
[5] Matsuoka M. Development of skeletal tissue and skeletal muscle in the Redsea bream, *Pagrus major* [J]. Seikai Regional Fisheries Research Lab, 1987, 65: 1-114.
[6] Hosoya K, Kawamura K. Skeletal formation and abnormalities in the caudal complex of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel) [J]. Bull Natl Res Inst Fish Sci, 1998, 12: 97-110.
[7] Lewis L M, Lall S P, Witten P E. Morphological description of the early stages of spine and vertebral development in hatchery-reared larvae and juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) [J]. Aquaculture, 2004, 241: 47-59.
[8] Favalaro E, Antonio M. Meristic character counts and incidence of skeletal anomalies in the wild *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777) of an area of the south-eastern Mediterranean Sea [J]. Fish Physiol Biochem, 2006, 32: 159-166.
[9] Gabriela M Martinez, Jessica A Bolker. Embryonic and Larval Staging of Summer Flounder (*Paralichthys dentatus*) [J]. J Morphol, 2003, 255: 162-176.

- [10] 万瑞景, 姜言伟, 庄志猛. 半滑舌鳎早期形态及发育特征[J]. 动物学报. 2004, 50(1): 91–102.
- [11] Gwak W S, Tanaka M. Changes in RNA, DNA and protein contents of laboratory-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* during metamorphosis and settlement [J]. Fish Sci, 2002, 68: 27–33.
- [12] Martinez G M, Baron M P, Bolker J A. Skeletal and pigmentation defects following retinoic acid exposure in larvae summer flounder, *Paralichthys dentatus* [J]. World Aquacult Soc, 2007, 38: 353–366.
- [13] Gavaia P J, Dinis M T, Cancela M L. Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larvae and juvenile stages of hatchery-reared Sengal sole (*Sole senegalensis*) [J]. Aquaculture, 2002, 211: 305–323.
- [14] 佟雪红. 大菱鲆早期发育及相关生理特性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010: 87–104.
- [15] Ferreri F, Nicolais C, Boglione C, et al. Skeletal characterization of wild and reared zebrafish: anomalies and meristic characters [J]. Fish Biol, 2000, 56: 1115–1128.
- [16] Hilomen-Garcia G V. Morphological abnormalities in hatchery-bred milkfish (*Chanos chanos*, Forsskal) fry and juveniles [J]. Aquaculture, 1997, 152: 55–166.
- [17] Koumoundouros G, Gagliardi F, Divanach P, et al. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry [J]. Aquaculture, 1997, 149: 215–226.
- [18] Haga Y, Takeuchi T, Seikai T. Influence of all-trans-retinoic acid on pigmentation and skeletal formation in larvae Japanese flounder [J]. Fish Sci, 2002, 68: 560–570.
- [19] Lindesjoo E, Thulin J, Bengtsson B E, et al. Abnormalities of a: gill cover bone, the operculum, in perch *Perca fluviatilis* from a pulp mill effluent area [J]. Aquat Toxicol, 1994, 28: 189–207.
- [20] Estevez A, Kanazawa A. Effect of (n-3) PUFA and vitamin A *Artemia* enrichment on pigmentation success of turbot, *Scophthalmus maximus* (L) [J]. Aquac Nutr, 1995, 1(3): 159–168.
- [21] Dedi J, Takeuchi T, Hosoya K, et al. Effect of vitamin A levels in *Artemia nauplii* on the caudal skeleton formation of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. Fish Sci, 1998, 64: 344–345.
- [22] Akiyama T, Murai T, Mori K. Role of tryptophan metabolites in inhibition of spinal deformity of chum salmon fry caused by tryptophan deficiency [J]. Bull Jpn Sot Sci Fish, 1989, 52: 1249–1254.
- [23] Hinton D E, Baumann P C, Gardner G R, et al. Histopathological biomarkers. In: Huggett R J, Kimerle R A, Mehrle P M, et al. Biomarkers: Biochemical, Physiological and Histological Markers of Anthropogenic Stress [C]. Lewis, Boca Raton, FL, 1992: 155–209.
- [24] Haya K. Toxicity of pyrethroid insecticides to fish [J]. Environ. Toxicol. Chem, 1989, 8: 381–391.
- [25] Wiegand M D, Hataley J M, Kitchen C L, et al. Induction of developmental abnormalities in larvae goldfish, *Cartrssius uurutus* L., under cool incubation conditions [J]. Fish Biol, 1989, 35: 85–95.
- [26] Caris M G. and Rice S D. Abnormal development and growth reductions of pollock *Therugra chulcogramma* embryos exposed to water-soluble fractions of oil [J]. Fish Bull US, 1990, 88: 29–37.
- [27] Kincaid H L. Inbreeding in rainbow trout (*Salmo guirdneri*) [J]. Fish Res Board Can, 1976, 33: 2420–2426.
- [28] Papema I. Swimbladder and skeletal deformations in hatchery bred *Sparus aurata* [J]. Fish Biol, 1978, 12: 109–114.
- [29] Piron R D. Spontaneous skeletal deformities in the Zebra Danio (*Brachydanio rerio*) bred for fish toxicity tests [J]. Fish Biol, 1978, 13: 79–83.
- [30] Kitajima C, Tsukashima Y, Fujita S, et al. Relationship between uninflated swimbladders and lordotic deformity in hatchery reared sea bream *Pagrus major* [J]. Bull Jpn Sot Sci Fish, 1981, 47: 1289–1294.
- [31] Chatain B. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*) [J]. Aquaculture, 1994, 119: 371–379.
- [32] Kitajima C, Iwamoto H, Fujita S. Relation between curvature of vertebral column and hatchery-reared undeveloped swimbladder in red sea bream, *Pagrus major*. Bull [J]. Nagasaki Pref Inst Fish, 1977, 3: 23–32.
- [33] Papema I. Swimbladder and skeletal deformations in hatchery bred *Sparus aurata* [J]. Fish Biol, 1978, 12: 109–114.

Skeletal deformities in the larvae and juveniles of cultured tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*)

MA Hui^{1,2}, ZHUANG Zhimeng², LIU Shufang², MA Qian^{2,3}, WANG Xiuli¹

1. College of life Science and Technology, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;

2. Key Laboratory for fishery resources and ecological environment of Shandong, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

3. College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China

Abstract: The tongue sole (*Cynoglossus semilaevis* Günther) is an increasingly important marine flatfish with significant potential for aquaculture China. We documented skeletal development and deformities in tank-reared *C. semilaevis* larvae and juveniles ($n=459$). The specimens were double stained with alcian blue and alizarin red. We identified 14 types of skeletal malformations, including vertebral body fusion, hyperplasia, local hypertrophy, detached haemal and neural spines, bifurcated haemal and neural spines, and a bifurcated caudal fin. These skeletal malformations were most common during the post-metamorphosis stage (day 25, 31.8% of specimens) and later during metamorphosis (day 40, 25% of specimens). Malformations were most common in the PH (prehaemal region), HE (haemal region), and CA (caudal region) of the vertebral column, but were absent in the CE (cephalic region). Our results provide insight into the developmental process and optimization of rearing conditions for *C. semilaevis*.

Key words: *Cynoglossus semilaevis*; larvae ; juvenile; skeletal development; skeletal deformities

Corresponding author: LIU Shufang. E-mail: liusf@ysfri.ac.cn

欢迎订阅 2012 年度《海洋渔业》

《海洋渔业》创刊于 1979 年, 是中国科学技术协会主管、中国水产学会和中国水产科学研究院东海水产研究所主办的学术期刊。《海洋渔业》主要刊载水产生物学、海水养殖与增殖、水产生物病害与防治、水产生物营养与饲料、渔业生态与渔业水域生态环境保护、海洋水产资源开发利用与保护、渔具与渔法、水产品保鲜与综合利用、渔业机械与仪器等方面的水产基础理论研究和水产应用基础研究的论文、综述和简报, 读者对象主要为海洋水产科技工作者、水产院校师生和渔业行政管理人员等。

《海洋渔业》于 2006 年被“中国科技论文统计源期刊”(中国科技核心期刊)收录, 2009 年被中国科学引文数据库(CSCD)(扩展库)(2009–2010 年)和《中文核心期刊要目总览》收录, 还先后被《中国期刊全文数据库》(CJFD)、《万方数据—数字化期刊群》、《中文科技期刊数据库》、联合国《水科学和渔业文摘》(ASFA)等期刊数据库收录, 2009 年被中国科技协会学会学术部评定为“中国科协示范精品科技期刊”。

《海洋渔业》为国内外公开发行人, 国内统一刊号: CN31–1341/S, 国际标准刊号: SN1004–2490, 邮发代号: 4–630。季刊, 大 16 开, 120 页, 逢季中月 25 日出版。定价: 6 元/册。读者可在当地邮局订阅, 也可直接汇款至编辑部订阅。

编辑部地址: 海市军工路 300 号, 邮编: 200090, 电话: 021–65680116, 021–65684690 转 8048

传真: 021–65683926, E-mail: haiyangyuye@126.com, 网址: www.eastfishery.ac.cn