

鲢肌间小骨发育的形态学观察

柯中和 张炜 蒋燕 鲍宝龙*

(上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 200090;
吴江市水产养殖有限公司 江苏 吴江 215200)

摘要: 分别利用形态解剖和整体骨骼染色的方法,对鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)成鱼肌间小骨的形态、分布,以及仔、稚鱼肌间小骨的形态发生和出现进行观察。结果表明,鲢肌间小骨有I形、卜形、y形、一端多叉形、两端多叉形和树枝形6种类型,肌间小骨越靠前端形态越复杂。肌间小骨在43 dpf首先出现在尾部,然后往前依次出现,到55 dpf全部出现。出现一枚髓弓小骨的仔鱼最小体长是10.50 mm,出现一枚脉弓小骨的仔鱼最小体长是13.66 mm。各种复杂形态的肌间小骨均是从I形发展而来。本文结果为今后研究肌间小骨发生的分子机制提供了形态学基础。

关键词: 鲢;肌间小骨;髓弓小骨;脉弓小骨;形态;发育

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)06-88-09

Developmental Morphology of the Intermuscular Bone in *Hypophthalmichthys molitrix*

KE Zhong-He ZHANG Wei JIANG Yan BAO Bao-Long*

(The Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University,
Ministry of Education, Shanghai 200090; Wujiang Fishery Farm, Wujiang, Jiangsu 215200, China)

Abstract: To further understand the development process of intermuscular bones in teleosts, a modified bone clearing and staining experiment was conducted to investigate morphological development of intermuscular bone in silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*. It is showed that intermuscular bone has different shapes including I type, one-end-unequal-bifork type (卜 type), one-end-equal-bifork type (y type), one-end-multifork type, two-end-multifork type, and tree-branch type. Generally, the morphological complexity of most intermuscular bones in anterior body was more than that in posterior body. The initial ossification of intermuscular bone is observed in the posterior part of the body at 43 dpf, and then each of the intermuscular bones is ossified anteriorly, and the morphological characters at 55 dpf are the same as those found in adult fish. The minimum length of silver carp with first ossified epineural bone is 10.50 mm, and with first ossified epipleural bone is 13.66 mm. The primary morphology of intermuscular bone is I type, and more complicated morphology of ossified intermuscular bones are gradually derived from I type during ossifying process. This study provides some very important information about the morphological development of intermuscular bone in silver carp, which will be helpful for us to further understand the molecular mechanism underlying intermuscular bone development.

基金项目 上海市教委重点学科项目(No. Y1101),上海市科委基础重大项目(No. 06dj14003),国家自然科学基金项目(No. 30771668);

* 通讯作者, E-mail: blbao@shfu.edu.cn;

第一作者介绍 柯中和,男,硕士研究生;研究方向:发育生物学;E-mail: kezhh@yahoo.com.cn。

收稿日期: 2008-04-25, **修回日期:** 2008-09-11

Key words: *Hypophthalmichthys molitrix*; Intermuscular bone; Epineural bone; Epipleural bone; Morphology; Development

鱼类的肌间小骨 (intermuscular bone) 也称肌间刺, 位于肌节之间, 且都是通过结缔组织连在其他骨骼上。轴上肌肌节之间的肌间小骨连在髓弓上, 称为髓弓小骨 (epineural bone); 轴下肌肌节之间的肌间小骨连在脉弓上, 称为脉弓小骨 (epipleural bone); 水平隔膜里的肌间小骨连在椎体上, 称为椎体小骨 (epicentral bone)^[1,2]。真骨鱼类开始出现形态比较简单的肌间小骨, 到我国主要淡水鱼类养殖品种比较集中的鲤科鱼类, 肌间小骨的形态已非常复杂^[3]。我国的淡水鱼类养殖品种主要是以“四大家鱼”为主的鲤科鱼类, 所以非常有必要开展鲤科养殖鱼类肌间小骨发育规律的研究, 为今后培育无肌间小骨的鲤科鱼类打下基础。

国外主要是 Patterson 等对 125 属真骨鱼的代表种的肌间小骨进行了详细的观察和分析, 其中描述了我国主要淡水养殖鱼类鲤科鱼中鳊属的一种^[2]。国内有关鱼类肌间小骨形态学的研究报道不多, 主要在有关鱼类系统解剖的专著中有所涉及^[3-6]。近年来, 国内开始重视对鱼类肌间小骨的研究, 董在杰等^[7]对几种常见鲤科鱼类肌间小骨进行了初步的观察, 吕耀平等^[8]对低等真骨鱼类肌间小骨的形态学进行了较为系统的比较研究。关于鱼类肌间小骨形态发育, 仅秉志^[4]报道过幼鲤 (*Cyprinus carpio*) 肌间小骨的形态学观察。但对肌间小骨发育过程中形态变化的详尽描述及其规律的研究报道很少。本文以我国传统的“四大家鱼”之一的鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 为研究对象, 对鲢肌间小骨发育过程中的形态变化进行了详细的观察和描述, 并总结和探讨了鲢发育过程中肌间小骨形态的发育规律, 为今后揭示肌间小骨发生的分子机制提供前期的形态学基础。

1 材料与方法

1.1 材料来源 鲢仔、稚鱼样本取自江苏省吴江市水产养殖有限公司, 从受精后 27 d (day past

fertilization, dpf) 开始, 每隔 4 d 取一次样本, 用 95 % 酒精固定, 一直取到受精后 55 d, 即肌间小骨全部出现为止。共取得样本 123 尾。成体鲢购自上海市图们路市场。

1.2 仔、稚鱼骨骼染色方法 在 Gaviaia 方法^[9]基础上进行了修改, 具体如下: (1) 95 % 酒精固定的仔鱼依次经过 95 %、90 %、70 %、50 %、30 % 和 15 % 酒精梯度复水, 每次 30 min, 最后用去离子水漂洗两次, 每次 10 min; (2) 将仔鱼放置于 TBST 溶液中 (50 mmol/L Tris pH 7.4, 150 mmol/L NaCl, 0.1 % (v/v) Triton X-100) 处理 30 min, 用去离子水漂洗 10 min, 以去除残余的 TBST 溶液; (3) 转移标本至 1 % KOH 溶液中浸泡 30 min, 使组织透明, 体长大于 20 cm 的仔鱼适当延长浸泡时间直至组织透明; (4) 经透明的标本转移至新的 1 % KOH 溶液中, 滴加茜素红染色液 (1 g 茜素红溶于 100 ml 1 % KOH 溶液中配制成染色液), 直至溶液颜色变为深紫色, 染色 6 h 左右, 倒掉染色液, 用 1 % KOH 溶液洗去组织中残余的染色液; (5) 用 1 % KOH 溶液覆盖标本, 加入 1 % 体积的双氧水, 放置在强光下照射, 褪去色素, 当标本表面出现气泡时终止反应, 倒掉溶液, 加 1 % KOH 溶液漂洗; (6) 依次经过 50 %、100 % 甘油脱水, 最终用加入少许麝香草酚的甘油保存标本。骨骼染色的标本经体视解剖镜观察和拍照, 记录肌间小骨数目、位置及形态。

1.3 成体鲢肌间小骨观察方法 把处死的鱼用保鲜膜包裹, 放入灭菌锅, 在 0.05 ~ 0.1 MPa 的压力范围内蒸 5 min 后, 取出, 降至室温后, 剥去皮肤, 用镊子小心剔除肌肉, 依次从前往后取出髓弓小骨和脉弓小骨, 分离肌间小骨表面附着的结缔组织, 按照在鱼体内的位置摆放肌间小骨, 然后用 PC1057 佳能数码相机拍照, 记录成体肌间小骨的分布及形态。肌间小骨的形态分型, 采用吕耀平等^[8]的标准。为了便于描述肌间小骨的分布和形态, 将肌间小骨按照体

内的顺序依次用数字编号。

2 结果

2.1 鲢肌间小骨的形态与分布 鲢只有髓弓小骨和脉弓小骨,没有椎体小骨。鲢肌间小骨有 I 形、卜形、y 形、一端多叉形、两端多叉形和树枝形 6 种类型,没有发现两端两分叉的类型。在鲢仔稚鱼中,卜形表现为 y 形、一端多叉形、两端多叉形和树枝形发育过程中的过渡形态。成体鲢没有发现卜形髓弓小骨存在。脉弓小骨形态较髓弓小骨简单,脉弓小骨只有 I 形、卜

形、y 形和一端多叉形(图版)。

鲢成体两侧肌间小骨各种形态的分布情况见表 1、图版 (以表 1 中 号样本为代表)。在所有髓弓小骨中,从前到后排列,第 1 到第 7 枚形态均较复杂,有树枝形、两端多叉形和一端多叉形,第 7 到第 27 枚主要为 y 形,少数个体在此区间有 1~2 枚为 I 形;第 28 枚往后的主要为 I 形,少数个体最后 1~2 枚髓弓小骨末端有很小的分支。前面的脉弓小骨主要为 y 形,后面的脉弓小骨主要为 I 形。左右侧各种形态的肌间小骨分布略有不同,但差异不大。

表 1 成体鲢各种形态肌间小骨分布的统计

Table 1 The statistics of various intermuscular bones distribution in adult *H. molitrix*

类型 Types	样本号 Sample No.	体侧 Body side	各种形态类型的肌间小骨分布 The distribution of various types of intermuscular bones					
			树枝形 Tree type	两端多叉形 Two-end- bifork type	一端多叉形 One-end- multifork type	y 形 y type	卜形 卜 type	I 形 I type
髓弓小骨 Epineural bone		左	1~5		6	7~28		29~38
		右	1~2	3~6		7~27		28~38
		左	1~3	4~6	7	8~26		27~38
		右	1~3	4~6		7~27		28~37
		左	1~3	4~6		7~26		27~38
		右	1~3	4~6		7~21, 23~26		22,27~37
		左	1,2	3,4	5,6	7~26, 28~29		27,30~40
		右	1~3	4~6		7~26,28		27,29~39
		左				2~9	1	10~20
		右				2~10		1,11~20
		左				1~5	7	6,8~18
	脉弓小骨 Epipllearal bone		右				4~8,10	
		左		2		1,3~11		12~23
		右				2~11		1,12~21
		左				2~10		1,11~21
		右				1~9		10~20

编号为 、 、 和 的成体鲢体长分别为 39.10、39.60、36.65 和 40.20 cm,表中阿拉伯数字为肌间小骨从前往后的编号。

The standard length of adult *H. molitrix* numbered as , , , and are 39.10, 39.60, 36.65, and 40.20 cm, respectively; the numbers in the table are serial numbers of intermuscular bone from anterior to posterior.

2.2 肌间小骨的骨化时机 本实验所检测 27~55 dpf 鲢仔稚鱼体长范围在 7.68~23.88 mm 之间。39 dpf 及之前的鲢仔稚鱼没有发现肌间小骨存在;43 dpf 的鲢仔稚鱼样本中,观察的 14 尾仅有 4 尾出现了肌间小骨;在肌间小骨出现

时,其他骨骼包括主轴骨骼及附肢骨骼已骨化完全(图版 :A,B),鲢髓弓小骨与脉弓小骨骨化时间接近。第一枚髓弓小骨出现在尾部,位于 35~36 肌节之间(图版 :B);脉弓小骨首先出现在尾部的 33~35 肌节之间(图版 :C);肌

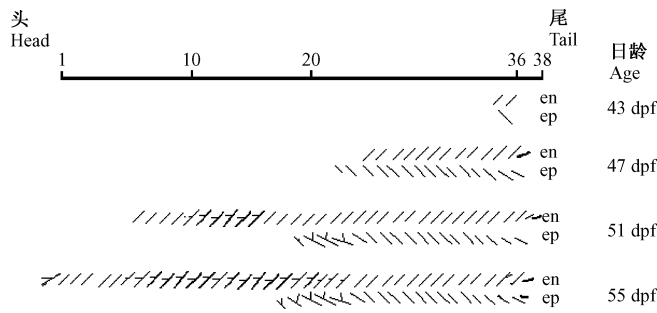


图 1 鲢肌间小骨的骨化顺序示意图

Fig. 1 Outline of ossification process of intermuscular bones in *H. molitrix*

en. 髓弓小骨; ep. 脉弓小骨. en. Epineural bone; ep. Epipleural bone.

图中黑色直线上的数字代表肌节。The numbers above the black line represents the number of myotome.

间小骨是从尾部向前端依次出现,骨化顺序归纳为图 1。

对已出现肌间小骨鲢的各日龄组平均体长、髓弓小骨平均数目、脉弓小骨平均数目和肌

间小骨平均数目进行了统计(表 2)。观察中发现,出现第 1 枚髓弓小骨的鲢最小体长是 10.50 mm,出现第 1 枚脉弓小骨的鲢最小体长是 13.66 mm。

表 2 鲢不同日龄体长及肌间小骨数目平均值

Table 2 The average standard length and average amount of intermuscular bone at different ages in *H. molitrix*

日龄 Age (dpf)	样本量 Sample capacity	体长 Standard length (mm)	髓弓小骨数目 Amount of epineural bone	脉弓小骨数目 Amount of epipleural bone	肌间小骨数目 Amount of intermuscular bone
43	14	14.39 (11.42 ~ 20.46)	3.6 (0 ~ 41)	1.5 (0 ~ 17)	5.1 (0 ~ 58)
47	16	15.37 (10.5 ~ 20.3)	20.1 (0 ~ 76)	13.9 (0 ~ 39)	34.0 (0 ~ 115)
51	16	17.98 (11.9 ~ 21.62)	62.6 (0 ~ 78)	31.2 (0 ~ 39)	93.8 (0 ~ 116)
55	11	22.36 (20.04 ~ 26.48)	76.0 (73 ~ 79)	38.0 (34 ~ 41)	104.0 (109 ~ 118)

括号内数据表示范围。The data in brackets show the range.

2.3 肌间小骨各种形态的发生 观察发现,肌间小骨的最初形态是 I 形,其他的各种复杂形态均是从 I 形发展而来。髓弓小骨最初形态都是没有分叉的 I 形(图版 :A),在 51 dpf 背鳍下方的 I 形髓弓小骨最先开始分叉,髓弓小骨主干的中间部分形成一小分叉(图版 :B),分叉向髓弓延伸,I 形变成了 T 形。然后随着体长的不断增大,髓弓小骨主干部分与分支部分变长,最后形成了 y 形。观察发现 55 dpf 的仔鱼躯体前端 1~6 枚仍为 I 形(图版 :C),然而成体躯体前端 1~6 枚形态相当复杂,这说明形态越复杂的肌间小骨形成越晚。通过解剖成体发现,号 1~6 枚均为形态最复杂的树枝形,号 1~3 枚为树枝形,4~6 枚为两端多叉形(表

1),可以推断,树枝形由 I 形-y 形-两端多叉形发育而来。位于 20 肌节之前的脉弓小骨是 y 形,其发生过程与髓弓小骨相同,最初形态是 I 形(图版 :D),在 51 dpf 开始分叉形成 y 形(图版 :E)。

3 讨论

本研究是为今后培育无肌间小骨的鲤科鱼类(包括鲢)所做的前期基础工作。如今后通过发育生物学的理论和手段来培育无肌间小骨的鲤科鱼类,首先要解决的是理论上的可能性,抑制肌间小骨骨化会不会影响到其他骨骼的发育。从鲢的肌间小骨骨化的时间来看,其骨化的时间较晚,在受精后 43 d 左右开始形成,且

发育的时间很长,到受精后 55 d 才全部出现。肌间小骨开始骨化时,鲢其他骨骼包括主轴骨骼和附肢骨骼都已骨化完全。肌间小骨在其他骨骼骨化之后才开始骨化,这在斑马鱼(*Danio rerio*)中也同样观察到^[10]。因此,如果在其他骨骼骨化之后开始抑制肌间小骨骨化,应该不会影响其他骨骼的发育和骨化。虽然肌间小骨曾被认为可以支持大侧肌的运动,可在鱼类肌肉中起传递力量的作用^[4,11],但并没有直接的证据证明这种作用,仅仅是推测。鉴于目前对肌间小骨的具体作用并不明确,抑制肌间小骨骨化会不会影响到鱼本身的生命活动,目前尚无定论。但根据高等真骨鱼类无肌间小骨的事实,没有肌间小骨的鲤科鱼类可能不会影响到鱼本身的生命活动。通过吕耀平等^[8]对低等真骨鱼类肌间小骨进化过程的分析,对于现生鲤科鱼类,肌间小骨可能是一种痕迹器官。因此,抑制鲤科鱼类肌间小骨骨化,培育无肌间小骨的鲤科鱼类,在理论上具有较大的可能性。

鲢各种肌间小骨的骨化是一个复杂的过程,成体鲢各肌间小骨的形态复杂性也是各不相同的。总的来说,躯体前部的髓弓小骨形态较为复杂,而尾部要相对简单。同样,肋骨后面的脉弓小骨的形态相对复杂,而尾部要略为简单。在鲢的发育过程中,最先骨化的髓弓小骨和脉弓小骨均出现在尾部,然后依次往前骨化。可见,各肌间小骨骨化的先后,与最终肌间小骨的形态复杂性相关。形态比较复杂的肌间小骨(如树枝型肌间小骨),在最终骨化完全以前,可能需要更多的时间对肌间小骨的前体(肌间隔的结缔组织)的形态进行充分的分化,然后再骨化。否则骨化后,相对就不易再进行形态的重塑。在复杂形态肌间小骨的骨化过程中,可以观察到鲢肌间小骨骨化有一个过程。最初观察到的所有鲢各肌节间的肌间小骨最初形态均为 I 形,直到 51 d,才发现背鳍下方各肌节的髓弓小骨开始分化成 y 形,到 55 d,再骨化为更复杂形态的髓弓小骨。纵观各种形态的肌间小骨骨化过程,肌间小骨的形态都是从 I 形基础上发展而来。Patterson 等从系统进化的角度分析认

为最原始的肌间小骨形态是没有分叉的^[2]。吕耀平等^[8]调查了各种低等真骨鱼类肌间小骨形态,认为肌间小骨的演化从简单到复杂,是从 I 形逐步演化为卜形、y 形、两端多叉形和树枝形。本文从鲢个体发育的结果,支持此观点。肌间小骨左右侧最初骨化基本同步,同一肌节的肌间小骨同时出现,但骨化过程并不同步。可能的原因之一是,鲢成体本身的某些左右侧肌间小骨的形态不一样^[7]。斑马鱼的肌间小骨也是从尾部到躯体前部依次骨化^[10]。从鲢尾部形态比较简单的肌间小骨开始骨化,而躯体前部形态复杂的肌间小骨较晚骨化,提示我们,诱导肌间隔结缔组织形态分化的信号可能是从躯体前部向尾部呈梯度分布,而此后诱导形态已分化的肌间隔结缔组织的骨化信号则可能是从躯体尾部向头部呈梯度分布。

肌间小骨开始骨化的时机与鲢日龄或体长的关系,对于今后检测相关分子信号和干扰肌间小骨形成的抑制剂作用时机的选择很重要。43 d 鲢,肌间小骨开始出现;47 d 鲢,肌间小骨平均数目达到了 34.0 枚;51 d 鲢,肌间小骨平均数目达到 93.8 枚;55 d 鲢,肌间小骨基本上全部出现,达到 104.0 枚。今后进行肌间小骨骨化方面的分子机制研究,应该关注在此日龄或体长范围的发育过程。而关于肌间小骨前体结缔组织的形态分化,在此之前就已开始,具体的分化时间需要进一步的观察。

骨骼骨化是一个非常复杂的过程,目前关于软骨性硬骨骨化过程的分子调控机制的研究报道逐渐增多,而关于膜性硬骨骨化过程的分子调控,了解的仍然非常少^[12]。在鱼类肌间小骨的发育分子机制方面,至今仍旧是空白。肌间小骨形态发生规律的研究,是研究其发育分子机制的基础。本研究中,鲢肌间小骨的形态发生规律可以提示我们,鲢肌间小骨的发育过程,可能包括两个步骤,首先是肌间小骨前体结缔组织的形态分化,然后是从尾部向躯体前部依次骨化。今后可以尝试通过抑制结缔组织的形态分化起始及骨化的起始这两个途径来达到抑制肌间小骨发育的目的。

肌间小骨为膜性硬骨^[1, 3, 4, 10], 在发生过程中不经过软骨阶段, 由间叶细胞直接骨化为硬骨^[12]。用染料茜素红可以把硬骨染成红色。鱼类骨骼染色的方法多数采用 Dingerkus 等的方法^[13], 但刚出现的肌间小骨由于硬骨化程度低, 不易染上红色。Dingerkus 等方法的缺点是骨化早期的硬骨, 特别是肌间小骨骨化早期含钙较少, 很难着色。Gaviaia 方法的优点是针对早期仔鱼骨骼染色, 缩短了阿利新蓝染色时间, 并且在软骨染色后加中和步骤, 减少硬骨脱钙。本研究在 Gaviaia 方法上减少了软骨染色步骤, 对于膜化硬骨取得了较好的染色效果, 使我们能比较详尽地观察到肌间小骨骨化过程。

致谢 上海海洋大学张敏老师和杨琳琳、谢彩霞、邢巨斌同学在实验过程中提供帮助, 上海海洋大学龚小玲副教授对本文提出了宝贵的修改意见, 特此致谢!

参 考 文 献

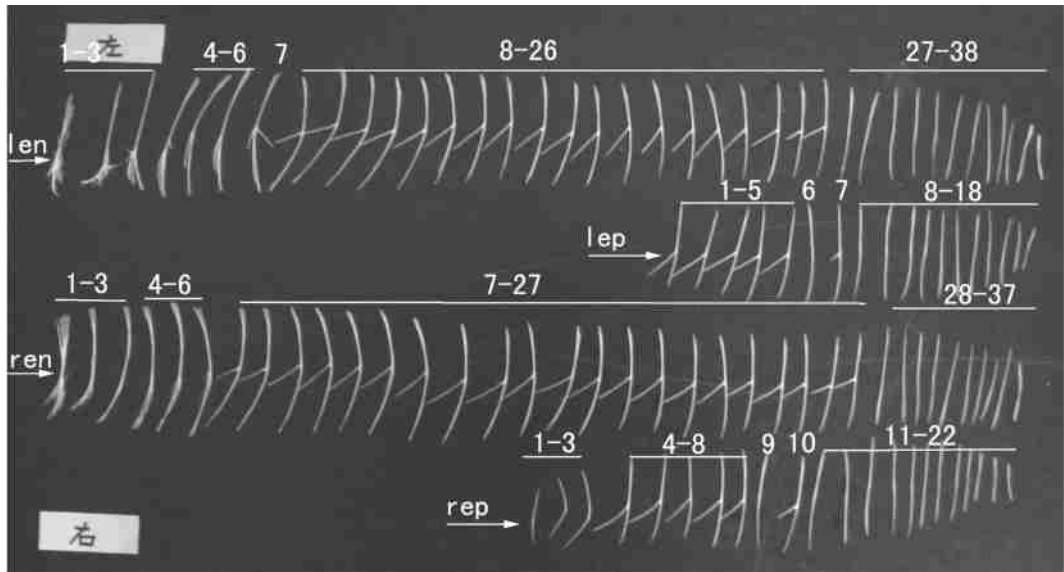
- [1] 孟庆闻, 苏锦祥, 李婉端. 鱼类比较解剖. 北京: 科学出版社, 1987, 102 ~ 103.
- [2] Patterson C, Johnson G D. The intermuscular bones and ligaments of Teleostean Fishes. *Smithsonian Contribution to Zoology*, 1995, **559**: 1 ~ 85.
- [3] 邓子真. 鲫鱼骨骼的研究. *动物学报*, 1959, **11** (2): 236 ~ 252.
- [4] 秉志. 幼鲤大侧肌肌隔骨针的观察. *动物学报*, 1962, **14** (2): 175 ~ 178.
- [5] 孟庆闻, 苏锦祥. 白鲢的系统解剖. 北京: 科学出版社, 1960, 44 ~ 46.
- [6] 李思忠, 王惠民. 中国蝶形目鱼类骨骼的研究. 脊椎骨、肋骨、上肋骨及肌隔骨刺. *动物学报*, 1987, **33** (3): 267 ~ 276.
- [7] 董在杰, 黄代中, 李丽娟等. 几种常见鲤科鱼类肌间刺的初步研究. *上海水产大学学报*, 2006, **15** (4): 425 ~ 429.
- [8] 吕耀平, 鲍宝龙, 蒋燕等. 低等真骨鱼类肌间骨的比较分析. *水产学报*, 2007, **31** (5): 661 ~ 668.
- [9] Gavaia P J, Sarasquete C, Cancela M L. Detection of mineralized structures in early stages of development of marine Teleostei using a modified alcian blue-alizarin red double staining technique for bone and cartilage. *Biotechnic and Histochemistry*, 1999, **75** (2): 79 ~ 84.
- [10] Bird N C, Mabee P M. Developmental morphology of the axial skeleton of the Zebrafish, *Danio rerio* (Ostariophysi: Cyprinidae). *Developmental Dynamics*, 2003, **228** (3): 337 ~ 357.
- [11] Johnson G D, Patterson C. The intermuscular system of acanthomorph fishes: a commentary. *American Museum Novitates*, 2001, **3312** (1): 1 ~ 24.
- [12] Karsenty G, Wagner E F. Reaching a genetic and molecular understanding of skeletal development. *Dev Cell*, 2002, **2** (4): 389 ~ 406.
- [13] Dingerkus G, Uhler D. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Technol*, 1977, **52**: 229 ~ 232.

柯中和等: 鲢肌间小骨发育的形态学观察

图版

KE Zhong He *et al.*: Development Morphology of the Intermuscular Bone
in *Hypophthalmichthys molitrix*

Plate



肌间小骨按照从头到尾的顺序依次排列,图中数字为肌间小骨的编号。

len. 左侧髓弓小骨; lep. 左侧脉弓小骨; ren. 右侧髓弓小骨; rep. 右侧脉弓小骨。

The intermuscular bone posed from anterior region to posterior region. The number in the figure represents the serial number of intermuscular bone from anterior to posterior.

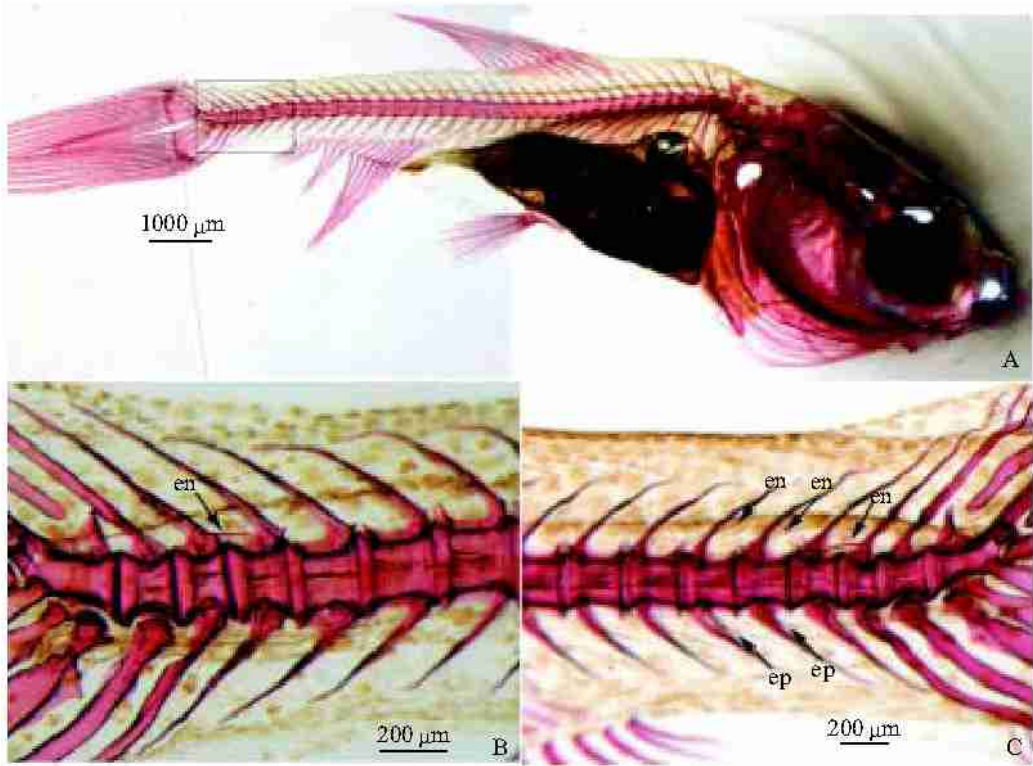
len. Epineural bone on the left; lep. Epipleural bone on the left; ren. Epineural bone on the right; rep. Epipleural bone on the right.

柯中和等: 鲢肌间小骨发育的形态学观察

图版

KE Zhong-He *et al.*: Development Morphology of the Intermuscular Bone
in *Hypophthalmichthys molitrix*

Plate



A. 43 dpf 鲢整体骨骼染色结果, 红色信号表明骨骼已经骨化; B. 图 A 方框区域放大照片, 箭头指示最早骨化的肌间小骨(髓弓小骨); C. 椎体下方箭头指示 43 dpf 鲢尾部出现 2 枚脉弓小骨, 位于 33 和 35 肌节之间。

en. 髓弓小骨; ep. 脉弓小骨。

A. Whole-mount staining of skeleton of *H. molitrix* at 43 dpf. Red signal indicates ossified bones; B. Enlarged view of the pane area in A. The arrow indicates one earliest ossified intermuscular bone (epineural bone); C. The arrow below the centrum indicates the earliest two ossified epipleural bones, located between 33 and 35 myotomes.

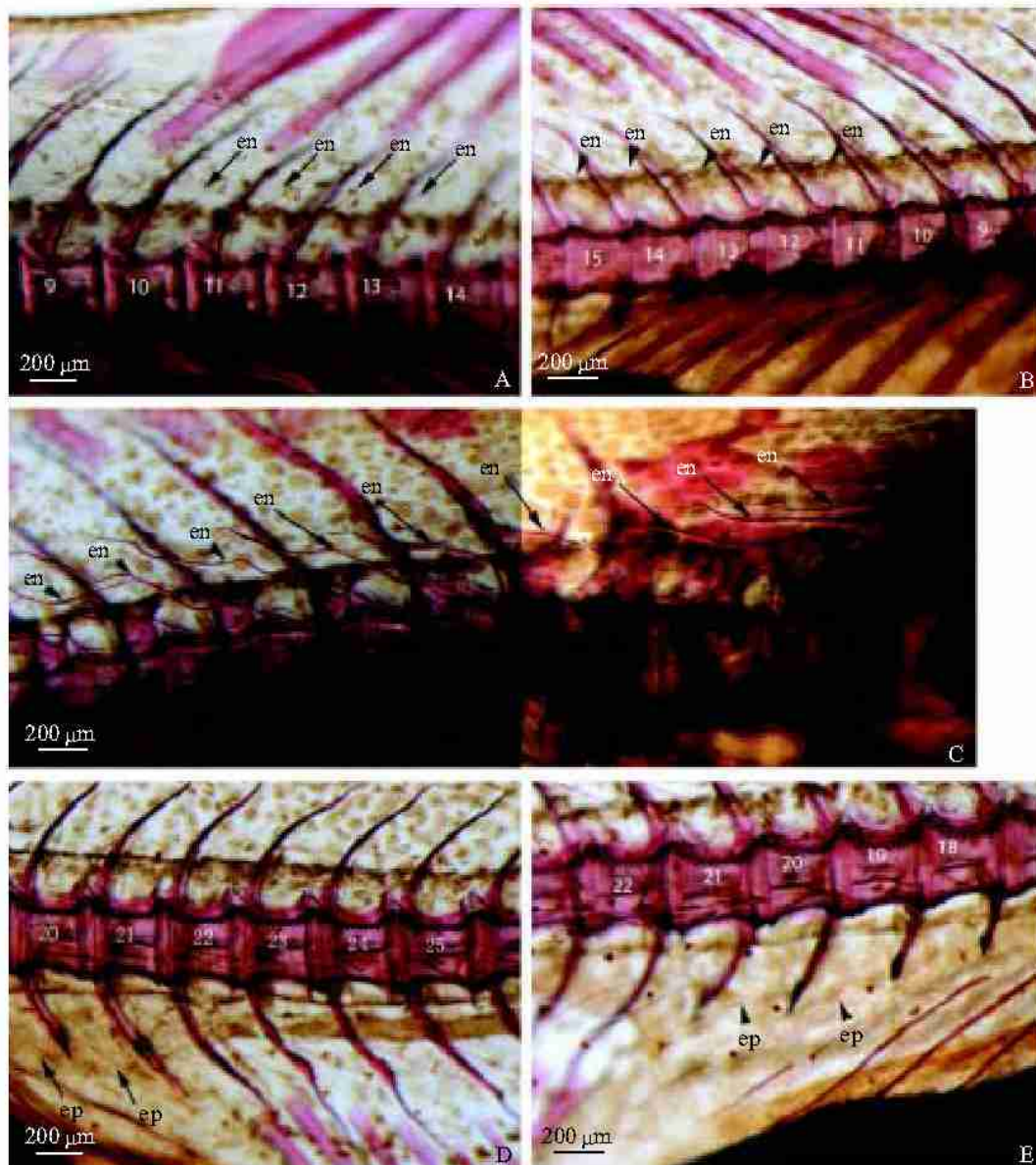
en. Epineural bone; ep. Epipleural bone.

柯中和等: 鲢肌间小骨发育的形态学观察

图版

KE Zhong-He *et al.*: Development Morphology of the Intermuscular Bone
in *Hypophthalmichthys molitrix*

Plate



A. 箭头指示背鳍下方 I 形髓弓小骨尚未开始分叉; B. 无尾箭头指示背鳍下方 I 形髓弓小骨开始分叉形成 卜形; C. 55 dpf 的仔鱼, 第 1~6 枚髓弓小骨为 I 形(箭头指示); D. 箭头指示臀鳍前面第 19、20 肌节 I 形脉弓小骨尚未开始分叉; E. 无尾箭头指示臀鳍前面 19、20 肌节脉弓小骨分叉形成 y 形。
en. 髓弓小骨; ep. 脉弓小骨。

A. The arrow indicates unbranched epineural bone under dorsal fin; B. The arrow head indicates that I type epineural bones branched and formed 卜 type bone; C. The 1st - 6th epineural bones were I type bones at 55 dpf larval *H. molitrix* (indicated with arrow); D. The arrow indicates unbranched epineural bones in front of anal fin located at 19 and 20 myotomes; E. The arrow head indicates that unbranched epineural bones in front of anal fin located at 19 and 20 myotomes branched and formed y type bone.
en. Epineural bone; ep. Epipleural bone.