

# 波纹唇鱼骨骼系统特征的研究

周胜杰<sup>1,2,3</sup>, 杨蕊<sup>1,2,3</sup>, 于刚<sup>1,2,3</sup>, 戴世明<sup>1,2,3</sup>, 马振华<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300; 2. 三亚热带水产研究院, 海南 三亚 572018; 3. 海南省深远海渔业资源高效利用与加工重点实验室, 海南 三亚 572018)

**摘要:** 为揭示波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)骨骼形态特征, 作者采用 X 射线成像法对波纹唇鱼骨骼进行相关研究。研究发现, 波纹唇鱼下口位具牙齿, 颌骨密度较大, 舌颌骨下端具白齿状结构; 脊柱由 10 枚躯椎和 13 枚尾椎构成, 第 1~10 枚脊椎骨连接 10 对腹肋, 第 6~9 枚脊椎骨具椎体横突, 第 11~22 枚脊椎骨连接 12 枚脉棘, 第 1~21 枚脊椎骨连接 21 枚髓棘, 第 22 枚脊椎上脉棘不明显; 第 2~8 枚脊椎可观察到背肋; 4 块尾上骨(含 1 块髓棘)和 5 块尾下骨(含两块脉棘); 肩带位于第 1~3 枚脊椎下方; 腰带位于第 5 枚脊椎骨下方腹面; 背鳍位于第 5~21 枚脊椎骨上方; 臀鳍位于第 13~19 枚脊椎骨下方腹面。研究结果表明, X 射线法可以清晰观察波纹唇鱼骨骼, 实现无伤化研究珍稀鱼类; 为适应在珊瑚礁中穿梭、捕食和增加消化能力, 波纹唇鱼具有独特的骨骼构造。波纹唇鱼骨骼的研究丰富了南海珊瑚礁鱼类的基础, 为其分类及演化提供参考。

**关键词:** 波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*); 骨骼系统; X 射线透视法; 珊瑚礁鱼类

中图分类号: S917.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2022)08-0130-07  
DOI: 10.11759/hyxx20220509003

波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)隶属鲈形目(Perciformes)、隆头鱼亚目(Labroidae), 隆头鱼科(Labridae)、唇鱼属(*Cheilinus*), 别名苏眉鱼、龙王鲷<sup>[1]</sup>。其肉质鲜嫩爽滑, 营养价值高, 深受人们喜爱。多年来, 由于滥捕滥杀、环境恶化、珊瑚礁栖息地破坏等造成了天然海域波纹唇鱼数量的剧减, 甚至濒临绝种。2004 年被列入《世界自然保护联盟红皮书》濒危物种。因其眼睛后方有两道状如眉毛的条纹, 因此在中国称之为“苏眉”; 又因其高高隆起的头部像拿破仑的帽子, 在国外称之为“拿破仑”。波纹唇鱼主要分布于太平洋和印度洋的热带亚热带珊瑚礁海域, 在中国主要分布于南海诸岛、广东沿海地区<sup>[2]</sup>。其体长可达 2.5 m, 体质量可达 190 kg, 属大型名贵热带珊瑚礁鱼类之一<sup>[2]</sup>。目前对于波纹唇鱼的研究主要集中于中毒急救<sup>[2-3]</sup>、雌雄激素基因的表达、免疫、驯化养殖、疾病、消化道形态、染色体分析、生理生化、种群分析等方面<sup>[1, 4-14]</sup>。

鱼类的骨骼是具有支撑身体、保护内脏器官、提供肌肉附着点等功能的重要组织<sup>[15-17]</sup>, 同时骨骼特性可作为鱼类进化研究重要依据之一<sup>[18-21]</sup>。鱼类骨骼研究方法主要有 3 种: (1) 骨骼染色法, 主要针对仔、稚、幼鱼等小型鱼类; (2) 蒸煮剔骨法, 主要针

对中、大型鱼类; (3) X 射线透视法, 主要针对中、大型鱼类<sup>[22-28]</sup>。其中仅 X 射线透视法具有可活体检测的优点, 是其他两种方法所不具备的。因此, 本研究采用 X 射线技术对波纹唇鱼的骨骼照射, 获取其骨骼照片、进行细节特点描述并与相近种属鱼类比对, 旨在全面了解波纹唇鱼的骨骼特征并探讨其骨骼结构对环境适应, 研究结果将丰富波纹唇鱼的基础研究数据, 为开展其种质资源保护等提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

波纹唇鱼为中国水产科学研究院南海水产研究

收稿日期: 2022-05-09; 修回日期: 2022-05-20

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费专项(2020TD55, 2020XT0301); 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助(2021SD09)

[Foundation: Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund CAFS, Nos. 2020TD55, 2020XT0301; Central Public Interest Scientific Institution Basal Research Fund South China Sea Fisheries Research Institute CAFS, No. 2021SD09]

作者简介: 周胜杰(1990—), 男, 山东济宁人, 助理研究员, 硕士, 主要从事海水鱼类繁育与深远海养殖研究工作, 电话: 17733199494, E-mail: zhousj\_1704@126.com; 马振华(1981—), 通信作者, 主要从事海水鱼类繁育与深远海养殖研究工作, 电话: 13580518971, E-mail: zhenhua.ma@scafsri.ac.cn

所热带水产研究开发中心与三亚热带水产研究院完成科研项目时驯化养殖的物种, 随机抽取 3 尾活体, 全长 72.7~79.1 cm, 体质量 7 400~7 900 g。

## 1.2 实验方法

体态完整波纹唇鱼活体经 MS-222 麻醉后, 采用数字化 X 射线摄影系统(型号: Dira-50, 生产商: 东山迪纳医疗器械有限公司)进行扫描、拍照, 以此获得波纹唇鱼骨骼影像图。因波纹唇鱼体型过大, 分为头部、躯干和尾部进行拍摄。X 射线机参数设置: kV 为 70, mA 为 80, mS 为 50, 其中 kV(Kilovolt Peak)为 X 光设备的输出能力, mA 为毫安, mS 为毫秒, 二者的乘积为 X 射线的剂量。

## 1.3 数据计算和统计分析

采用软件 Adobe Photoshop CS6 及 Microsoft of-

fice 进行图片编辑处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 波纹唇鱼头部骨骼特征

图 1b 为波纹唇鱼头部 X 光照片, 其额骨与上枕骨连接在一起构成颅骨上部, 颅骨上部平滑呈一条直线, 并无向上突出的骨骼结构, 与图 1a 外观有较大差异, 说明额头突出与骨骼结构无关。脑颅骨颅腔部分前后径较短, 压缩了颅骨的脑容量, 基枕骨粗而短, 从侧面说明了颅腔容积较小。齿骨及上颌骨密度较大且其上具有细小牙齿, 具有粗壮的下颌骨, 齿骨与下颌骨紧密结合, 齿骨、下颌骨、上颌骨较粗壮且密度大使其具备抓捕和咬开坚硬食物的功能; 图 1b 上舌骨后端及舌颌骨下端具有类似人类臼齿的结构, 可起到碾压食物的作用。



图 1 波纹唇鱼与其骨骼 X 光照片

Fig. 1 *Cheilinus undulatus* photo and its X-ray photos

a: 波纹唇鱼, 图中比例尺长 4 cm; b: 1. 上颌骨, 2. 前颌骨, 3. 副蝶骨, 4. 额骨, 5. 上枕骨, 6. 基枕骨, 7. 舌颌骨(下端具臼齿状结构), 8. 齿骨, 9. 关节骨, 10. 角舌骨, 11. 前鳃盖骨, 12. 鳃条骨, 13. 间舌骨, 14. 乌喙骨, 15. 肩胛骨, 16. 匙骨; c: 1. 腰带, 2. 腹鳍, 3. 胸鳍, 4. 腹肋, 5. 背肋, 6. 臀鳍支鳍骨, 7. 臀鳍, 8. 脉棘, 9. 髓棘, 10. 背鳍, 11. 背鳍支鳍骨, 12. 躯椎, 13. 尾椎; d: 1. 尾椎, 2. 尾下骨, 3. 尾鳍, 4. 尾上骨  
a: *Cheilinus undulatus*, the scale bar in the picture is 4 cm long; The scale bar in the picture is 4 cm long; b: 1. maxilla, 2. premaxilla, 3. parasphenoid, 4. frontal bone, 5. supraoccipital, 6. basioccipital bone, 7. hyomandibularbone (Molar-like structure at the lower end), 8. dentary bone, 9. articular bone, 10. ceratohyal bone, 11. preopercular bone, 12. branchial bone, 13. interhyoid bone, 14. coracoid bone, 15. scapula, 16. cleithrum; c: 1. girdle, 2. pelvic fin, 3. pectoral fin, 4. ventral rib, 5. dorsal rib, 6. anal fin bone, 7. anal fin, 8. vein spine, 9. medullary spine, 10. dorsal fin, 11. dorsal fin bone, 12. trunk vertebra, 13. caudal vertebra; d: 1. caudal vertebra, 2. subcaudal bone, 3. caudal fin, 4. supracaudal bone

## 2.2 波纹唇鱼脊椎骨及附肢骨的特征

图 1b~图 1d 为波纹唇鱼骨骼照片,其脊椎骨有 23 枚,由 10 枚躯椎(腹椎)和 13 枚尾椎构成,单个椎骨粗短且密度较大,其中第 1~21 枚脊椎骨具髓棘,共 21 根。第 1 枚椎骨即开始有腹肋,第 1~10 枚脊椎骨直接连接 10 对弧形腹肋,第 6~9 枚脊椎骨具椎体横突,第 6~7 椎体出现微弱的横突;第 8~9 枚脊椎骨具发达的椎体横突。第 2~8 枚脊椎可观察到背肋。第 11~22 枚脊椎骨具脉棘。鱼鳔在体内形成空腔,鱼鳔的形态及大小非常清晰。

胸鳍支鳍骨位于第 4~5 枚脊椎下方,约腹部向上 1/3 处,肩胛骨、匙骨、乌喙骨等肩带骨位于 1~3 枚脊椎骨下方;腹鳍基点位于第 5 枚脊椎骨下方腹面,与斜上方两枚无名骨构成腰带。背鳍起点位于第 5 枚脊椎骨上方背面,结束点位于第 21 枚脊椎骨上方背面,共 18 枚支鳍骨,第 6~7 枚鳍条变短但未消失,因此具贯穿身体的背鳍。臀鳍具 9 枚支鳍骨,位于第 13~19 枚脊椎骨下方,可左右摆动或收回,具有一定的运动和维持平衡的能力。

波纹唇鱼尾鳍上下对称,为正尾型(homo-cercal),第 21 脊椎骨髓棘和脉棘与第 22 脊椎骨脉棘增粗增长向斜后方延伸,增强尾部的骨骼机械强度。具尾杆骨上翘后退化痕迹。

## 3 讨论

### 3.1 波纹唇鱼头部骨骼特征

鱼类头部及吻部的形态和构造能够反映其在生态系统中的定位,同时头部骨骼的构造能够反映其在进化过程中的地位<sup>[16, 17]</sup>。波纹唇鱼头部骨骼紧凑,颅骨上部平滑呈一条直线,并无向上突出的骨骼结构,与其外观(头部隆起)有较大差异,头部隆起可能是波纹唇鱼的性征,与骨骼无关。在拍照操作过程中头部隆起部分触感较软,轻微压力可发生形变,有类似果冻的触感,可从侧面印证这一点。波纹唇鱼属下口位,有利于捕捉底栖生物,与其作为珊瑚礁鱼类喜食螃蟹及虾类的习性相一致。颌骨及齿骨具牙齿,齿骨、下颌骨、上颌骨较粗壮且密度大,有利于有效捕捉猎物并咬碎其坚硬外壳。而其舌颌骨处具白齿状骨骼,可对食物进行研磨,防止食物骨骼(外骨骼)刺伤消化道,同时促进消化吸收。本研究 X 射线透视法对紧密结合的颅骨、眼周、耳周等骨骼无法区分,与蒸煮剔骨法相比存在部分不足<sup>[18]</sup>。

### 3.2 波纹唇鱼脊椎骨及附肢骨的特征

脊椎骨是鱼类骨骼系统重要组成部分。有研究表明,不同种类鱼脊椎骨的数量和结构不尽相同,鲐(*Pneumatophorus japonicus*)脊椎骨 30 枚<sup>[29]</sup>,蓝点马鲛(*Scomberomorus nipponius*)椎骨 40 枚<sup>[29]</sup>,尖吻鲈(*Lates calcarifer*)24 枚脊椎骨<sup>[23, 30]</sup>,青石斑鱼(*Epinephelus awoara*)脊椎骨为 24 枚<sup>[31]</sup>,长尾大眼鲷(*Priacanthus tayenus*)脊椎骨 20 枚<sup>[15]</sup>,鲷鱼(*Euthynnus affinis*)<sup>[25]</sup>具 38 枚脊椎骨。本研究中波纹唇鱼的脊椎骨数量为 23 枚,与上述几种鱼类脊椎骨数量均不相同。波纹唇鱼与同为鲈形目的尖吻鲈和青石斑鱼之间脊椎骨数量的差异较小<sup>[23, 30, 31]</sup>,不同的是波纹唇鱼脊椎由 10 枚躯椎(腹椎)和 13 枚尾椎构成。同为隆头鱼科的侧斑离鳍鱼(*Hemipteronotus verrens*)具 23 枚椎骨<sup>[32]</sup>,与波纹唇鱼相同。有研究表明同一科鱼类肋骨数量亦不相同,同属尖吻鲈科(Latidae)的大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)与尖吻鲈<sup>[33]</sup>,侧斑离鳍鱼肋骨 7 对与波纹唇鱼 10 对亦不相同。同为隆头鱼科的侧斑离鳍鱼第 1-2 椎骨无肋骨,而本研究发现波纹唇鱼第一脊椎具肋骨,差异明显。青干金枪鱼(*Thunnus tonggol*)第 11 枚脊椎骨开始出现椎体横突,与本研究不同,鲷和点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)第 6 枚椎骨开始出现椎体横突,与本研究相同<sup>[25, 26, 34]</sup>。点带石斑鱼第 3~10 枚椎骨具背肋,本研究中波纹唇鱼第 2~8 枚椎骨具背肋<sup>[25, 26]</sup>。

在鱼类的胚后发育过程中胸鳍和腹鳍通常发育较早,背鳍和尾鳍发育较晚,其发育的节点与鱼的种类和生存环境有关<sup>[35, 36]</sup>。波纹唇鱼背鳍位于第 5~21 枚脊椎骨上方,几乎贯穿了整个鱼体,背鳍第 6~7 枚鳍条变短但并未消失,因此没有第一背鳍和第二背鳍的区分。有研究表明鲷鱼肩带位于第 5~6 枚脊椎处;腰带位于第 6 枚脊椎骨下方<sup>[25]</sup>。本研究中波纹唇鱼有所不同,肩带位于第 1~3 枚脊椎下方;腰带位于第 5 枚脊椎骨下方。波纹唇鱼的胸鳍和腹鳍位置更靠前,因此转弯能力更强,同时可以悬浮在水中或倒退,相同的是胸鳍和腹鳍均可收回紧贴皮肤表面,减少阻力。

### 3.3 波纹唇鱼尾骨特征

尾鳍是为鱼类高速运动提供动力的主要器官,有研究表明,通过分析鱼类尾部骨骼的构造及各构件特点能够为确定物种在分类学上的地位以及进化历程提供证据指导<sup>[22, 34, 35]</sup>。对于鱼类尾部骨骼发育已有相关的研究,如:虱目鱼(*Chanos chanos*)、塞内加尔鲷

(*Solea senegalensis*)、单斑重牙鲷(*Diplodus sargus*)、大西洋鲷(*Sparus aurata*)、卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)和尖吻鲈<sup>[28, 36-40]</sup>。研究发现,大部分鱼类在发育过程中均存在尾杆骨上翘的阶段,因此发育完全的尾骨中存在缩回并上翘的尾杆骨,同时以尾杆骨为界限将尾骨分为尾上骨和尾下骨,尾骨为鳍条提供固定点,且不同鱼类的尾上骨和尾下骨数量有所差异<sup>[28, 37-40]</sup>。波纹唇鱼 X 光照片中尾鳍上下对称,为正尾型,尾杆骨有上翘痕迹,与多数鱼类尾杆骨形态相似。有研究表明同为鲈形目的鲷鱼和青干金枪鱼尾杆骨没有上翘痕迹,与本研究中波纹唇鱼形态差异较大<sup>[25, 26]</sup>。

有研究表明骨骼的形态结构反映了生物在其生命历程中的所受机械负荷<sup>[41]</sup>,往往正常动物体内骨骼会根据负荷的改变而随时间重塑其形状<sup>[42]</sup>,鱼类尾部骨骼信息能够促进了解鱼类不同发展阶段的功能趋势和环境偏好<sup>[43]</sup>。波纹唇鱼尾鳍椭圆形,面积较大,第21脊椎骨髓棘和脉棘与第22脊椎骨脉棘增粗增长向斜后方延伸,增强尾部的骨骼机械强度,尾柄有肌肉包裹。以上结构均可作为波纹唇鱼在海水中捕食提供爆发性游动的骨骼结构支持。

## 4 结论

综上所述,波纹唇鱼具有与生活习性相匹配的骨骼结构。锋利的牙齿有利于捕捉食物,高密度的颌骨有利于咬碎虾蟹类外壳,舌颌骨具类似臼齿的结构,可碾压粉碎虾蟹类的作用,与其喜食虾蟹类的特性相一致。胸鳍靠前且灵活,利于转弯和倒退,能很好地适应复杂的珊瑚礁地形,实现自由穿梭。尾鳍椭圆且较大,尾柄粗壮,尾柄处髓棘脉棘增粗且向尾部延伸,增加了尾部的机械强度,是典型的爆发型结构,不适合长时间游动,与珊瑚礁鱼类突袭式捕食相适应。同时也证明 X 射线法可实现无伤化研究鱼类骨骼。

### 参考文献:

- [1] 区又君, 廖光勇, 李加儿. 波纹唇鱼消化道的形态学和组织学[J]. 热带海洋学报, 2012, 31(6): 83-89.  
OU Youjun, LIAO Guangyong, LI Jiaer. Morphology and histology of the digestive tract in *Cheilinus undulatus*[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2012, 31(6): 83-89.
- [2] 张贺真, 王爱丽, 刘郁. 苏眉鱼中毒的急救护理[J]. 罕少疾病杂志, 2005, 4: 28-29, 37.  
ZHANG Hezhen, WANG Aili, LIU Yu. Emergency care

- of patients with hump head wrasse poisoning[J]. Journal of Rare And Uncommon Diseases, 2005, 4: 28-29, 37.
- [3] 郑泽璇, 肖秀娟, 郑泽红, 等. 一起食物中毒分析报告[J]. 华南预防医学, 2005, 6: 74.  
ZHENG Zexuan, XIAO Xiujian, ZHENG Zehong, et al. A report of an outbreak of food poisoning[J]. South China Journal of Preventive Medicine, 2005, 31(6): 74.
- [4] 邹文慧, 单麟茜, 韩邦, 等. 波纹唇鱼雄激素受体基因的克隆与表达分析[J]. 水产科学, 2018, 37(6): 835-841.  
ZOU Wenhui, SHAN Linqian, HAN Bang, et al. Cloning and expression profiles of androgen receptor gene in humpheaded wrasse *Cheilinus undulatus*[J]. Fisheries Science, 2018, 37(6): 835-841.
- [5] 韩邦, 周智, 王茜, 等. 热应激对波纹唇鱼免疫功能的影响[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2018, 36(3): 271-277.  
HAN Bang, ZHOU Zhi, WANG Qian, et al. Effects of heat stress on the immune function of humphead wrasse (*Cheilinus undulates*)[J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2018, 36(3): 271-277.
- [6] 单麟茜. 睾酮及雌二醇对波纹唇鱼 Cyp19a1a 启动子的调控[D]. 海口: 海南大学, 2018.  
SHAN Linqian. Testosterone and estradiol regulate the promoter of Cyp19a1a in humhead wrasse (*Cheilinus undulatus*)[D]. Haikou: Hainan University, 2018.
- [7] 李雨欣, 王秀英, 张国庆. 基于 mtDNA 控制区的波纹唇鱼的 4 个不同地理群体的遗传多样性[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2017, 35(4): 359-365.  
LI Yuxin, WANG Xiuying, ZHANG Guoqing. Genetic diversity and divergence of *Cheilinus undulates* from four different geographic populations based on mt DNA control region[J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2017, 35(4): 359-365.
- [8] 王永波, 王秀英, 刘金叶, 等. 野生波纹唇鱼驯养过程中的寄生虫病及其防治[J]. 水产科技情报, 2016, 43(4): 178-180, 184.  
WANG Yongbo, WANG Xiuying, LIU Jinye, et al. Parasitic diseases and their control during domestication of wild *Cheilinus undulates*[J]. Fisheries Science and Technology Information, 2016, 43(4): 178-180, 184.
- [9] 陈猛猛, 骆剑, 陈国华, 等. 波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)的胚胎发育及初孵仔鱼的形态观察[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(5): 38-44.  
CHEN Mengmeng, LUO Jian, CHEN Guohua, et al. Embryonic development and morphologic observations of newly-hatched *Cheilinus undulatus* larvae[J]. Progress in Fishery Sciences, 2015, 36(5): 38-44.
- [10] 胡静, 侯新远, 尹绍武, 等. 波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)不同地理种群遗传多样性的微卫星分析[J]. 海洋科学进展, 2013, 31(4): 538-545.

- HU Jing, HOU Xinyuan, YIN Shaowu, et al. Genetic diversity of difference geographical populations of *Cheilinus undulatus* revealed by microsatellite analysis[J]. *Advances in Marine Science*, 2013, 31(4): 538-545.
- [11] 彭艳辉, 骆剑, 尹绍武, 等. 波纹唇鱼微卫星分子标记的筛选及适用性分析[J]. *海洋科学*, 2012, 36(5): 109-116.  
PENG Yanhui, LUO Jian, YIN Shaowu, et al. Screening and suitability analysis of microsatellite markers in *Cheilinus undulatus*[J]. *Marine Sciences*, 2012, 36(5): 109-116.
- [12] 胡静, 齐兴柱, 尹绍武, 等. 波纹唇鱼 mtDNA D-loop 序列变异分析[J]. *海洋科学*, 2012, 36(4): 50-56.  
HU Jing, QI Xingzhu, YIN Shaowu, et al. The variation analysis of mtDNA D-loop sequence of *Cheilinus undulatus*[J]. *Marine Sciences*, 2012, 36(4): 50-56.
- [13] 廖光勇, 区又君, 李加儿. 波纹唇鱼血细胞显微结构和血液生化指标[J]. *海洋科学进展*, 2011, 29(3): 379-385.  
LIAO Guangyong, OU Youjun, LI Jiaer. Microstructure of peripheral blood cell and serum biochemical indices of *Cheilinus undulatus*[J]. *Advances in Marine Science*, 2011, 29(3): 379-385.
- [14] 霍蕊, 张本, 陈国华, 等. 波纹唇鱼染色体核型分析[J]. *海洋科学*, 2009, 33(4): 94-97.  
HUO Rui, ZHANG Ben, CHEN Guohua. The karyotype of *Cheilinus undulates*[J]. *Marine Sciences*, 2009, 33(4): 94-97.
- [15] 李仲辉, 马云霞, 杨太有. 长尾大眼鲷骨骼学的研究[J]. *水产科学*, 2012, 31(12): 741-744.  
LI Zhonghui, MA Yunxia, YANG Taiyou. Observation of skeleton system spotfin bigeye *Priacanthus tayenus richardsoni*[J]. *Fisheries Science*, 2012, 31(12): 741-744.
- [16] 李仲辉, 靳萍, 杨太有. 斑鳍方头鱼骨骼学研究[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2012, 40(2): 137-139.  
LI Zhonghui, JIN Ping, YANG Taiyou. Skeleton system of branchiostegus auratus[J]. *Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition)*, 2012, 40(2): 137-139.
- [17] 杨太有, 李仲辉. 二长棘鲷和黄鳍鲷骨骼系统的比较[J]. *广东海洋大学学报*, 2008, 28(3): 1-5.  
YANG Taiyou, LI zhonghui. A study on osteology of *Parargyrops edita* (tanaka) and *Sparus latus* (houttuyn)[J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2008, 28(3): 1-5.
- [18] 宋小广, 刘海平, 刘艳超, 等. 双须叶须鱼脑颅骨骼形态学的研究[J]. *高原农业*, 2019, 3(2): 159-167.  
SONG Xiaoguang, LIU Haiping, LIU Yanchao, et al. Morphology of neurocranium skeleton in *Ptychobarbus dipogon*[J]. *Journal of Plateau Agriculture*, 2019, 3(2): 159-167.
- [19] 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 Xuejiao, WANG Yunong, LIU Qinghua, et al. Research on skeletal development and allometric growth in larval and juvenile *Epinephelus lanceolatus*[J]. *Marine Sciences*, 2018, 42(5): 116-121.
- [20] 赵晓进, 王凤产. 淇河鲫表层头骨构造描述性研究[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 47(5): 112-116.  
ZHAO Xiaojin, WANG Fengchan. Descriptive research of superficial skull construction of *Carassius auratus* in Qihe river[J]. *Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition)*, 2019, 47(5): 112-116.
- [21] 吴飞翔, 孙元林, 房庚雨. 我国西南地区中三叠世安尼期龙鱼属(*Saurichthys*)一新种[J]. *古脊椎动物学报*, 2018, 56(4): 273-294.  
WU Feixiang, SUN Yuanlin, FANG Gengyu. A new species of *Saurichthys* from the middle triassic (Anisian) of southwestern China[J]. *Vertebrata Palasiatica*, 2018, 56(4): 273-294.
- [22] 邱奉同. 鲫鱼骨骼标本制作法[J]. *生物学教学*, 1998, 9: 29-30.  
QIU Fengtong. Crucian carp skeletal *Specimen preparation*[J]. *Biology Teaching*, 1998, 9: 29-30.
- [23] 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.
- [24] 王小琦, 孙岩, 张洋, 等. 斑马鱼模型在常见骨疾病研究中的应用[J]. *中国比较医学杂志*, 2017, 27(6): 86-91.  
WANG Xiaoqi, SUN Yan, ZHANG Yang, et al. Application of zebrafish models in the research on bone diseases[J]. *Chinese Journal of Comparative Medicine*, 2017, 27(6): 86-91.
- [25] 周胜杰, 杨蕊, 于刚, 等. 鲮脊椎骨与附肢骨骼描述[J]. *南方水产科学*, 2022, 18(1): 84-89.  
ZHOU Shengjie, YANG Rui, YU Gang, et al. Description of *Euthynnus affinis* vertebrae and appendages[J]. *South China Fisheries Science*, 2022, 18(1): 84-89.
- [26] 杨蕊, 于刚, 胡静, 等. 青干金枪鱼骨骼系统研究[J]. *南方水产科学*, 2021, 17(2): 36-43.  
YANG Rui, YU Gang, HU Jing, et al. Research on skeleton system of *Thunnus tonggol*[J]. *South China Fisheries Science*, 2021, 17(2): 36-43.
- [27] 贾楠. 基于传统机器视觉方法的骨骼 X 光片诊断方法研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学; 2019: 12-15.  
JIA Nan. Research on diagnosis method of bone x-ray image based on traditional machine vision method[D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2019: 12-15.

- [28] KOHNO H, AGUILAR R O, OHNO A, et al. Osteological development of the feeding apparatus in early stage larvae of the seabass, *Lates calcarifer*[J]. Ichthyol Res, 1996, 43(1): 1-9.
- [29] 李仲辉. 鲈和蓝点马鲛骨骼系统的比较[J]. 湛江海洋大学学报, 2000, 3: 1-7.  
LI Zhonghui. Comparative study on the skeletal system of *Pneumatophorus japonicus* (Hourruyn) and *Scomberomorus niphomius* (C. et V.)[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2000, 3: 1-7.
- [30] 周胜杰, 胡静, 马振华, 等. 尖吻鲈尾部骨骼胚后发育研究[J]. 水产科学. 2018, 37(3): 342-347.  
ZHOU Shengjie, HU Jing, MA Zhenhua, et al. Ontogenetic development of caudal skeletons in silver sea perch *Lates calcarifer*[J]. Fisheries Science, 2018, 37(3): 342-347.
- [31] 王秋荣, 毕建功, 林利民. 青石斑鱼骨骼发育异常形态特征[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(5): 417-421.  
WANG Qiurong, BI Jiangong, LIN Limin. Skeletal abnormalities in cultured juvenile yellow grouper *Epinephelus awoara*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2012, 27(5): 417-421.
- [32] 李仲辉, 关建义. 侧斑离鳍鱼 *Hemipteronotus Verrens*(J.et.E.)骨骼的研究[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2007, 1: 157-159.  
LI Zhonghui, GUAN Jianyi. Observations on the skeleton of *Hemipteronotus Verrens*(J. et. E.)[J]. Journal of Henan Normal University(Natural Science), 2007, 1: 157-159.
- [33] 李仲辉, 杨太有. 大口黑鲈和尖吻鲈骨骼系统的比较研究[J]. 动物学报, 2001, S1: 110-115.  
LI Zhonghui, YANG Tiayou. Studies on osteology of *Micropterus salmoides*(lacepede) and *lates calcarifer* (bloch)[J]. Acta Zoologica Sinica, 2001, S1: 110-115.
- [34] 陈晓峰. 两种石斑鱼骨骼系统比较解剖研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2007: 29-83.  
CHEN Xiaofeng. Comparative studies of the skeleton system of two groupers[D]. Xiamen: Xiamen University, 2007: 29-83.
- [35] 郑珂, 岳昊, 郑攀龙. 海水养殖鱼类仔、稚鱼骨骼发育与畸形发生[J]. 中国水产科学. 2016, 23(1): 250-261.  
ZHENG Ke, YUE Hao, ZHENG Panlong. Skeletal ontogeny and deformities in commercially cultured marine fish larvae[J]. Journal of Fishery Sciences of China. 2016, 23(1): 250-261.
- [36] KOHNO H, AGUILAR R O, OHNO A. Morphological aspects of feeding and improvement in feeding ability in early stage larvae of the milkfish, *Chanos chanos*[J]. Ichthyol Res, 1996, 43(2): 133-140.
- [37] 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]. Aquacult, 2002, 211(1/2/3/4): 305-323.
- [38] KOUMOUNDOUROS G, SFAKIANAKIS D G. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus sargus* (Teleostei: Perciformes: Sparidae)[J]. Marine Biology, 2001, 139(5): 853-862.
- [39] KOUMOUNDOUROS G, GAGLIARDI F, DIVANACH P, et al. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry[J]. Aquacult, 1997, 149(3): 215-226.
- [40] 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 Panlong, MA Zhenhua, GUO Huayang, et al. Ontogenetic development of caudal skeletons in *Trachinotus ovatus* larvae[J]. South China Fisheries Science, 2014, 10(5): 45-50.
- [41] FORWOOD M R. Physical activity and bone development during childhood: insights from animal models[J]. J Appl Physiol, 2008, 105(1): 334-341.
- [42] WOLFF J. Das gesetz der transformation der knochen[J]. Deut Med Wochenschr, 1892, 19(47): 1222-1224.
- [43] FUKUHARA A O. Study on the development of functional morphology and behaviour of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes[J]. Contrib Fish Res Jpn Sea Block, 1992, 25: 1-22.

## Characteristics of the bone system of *Cheilinus undulatus*

ZHOU Sheng-jie<sup>1, 2, 3</sup>, YANG Rui<sup>1, 2, 3</sup>, YU Gang<sup>1, 2, 3</sup>, DAI Shi-ming<sup>1, 2, 3</sup>,  
MA Zhen-hua<sup>1, 2, 3</sup>

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. Sanya Tropical Fisheries Research Institute, Sanya 572018, China; 3. Processing of Marine Fishery Resources of Hainan Province, Sanya 572018, China)

**Received:** May 9, 2022

**Key words:** *Cheilinus undulatus*; bone system; X-ray perspective; coral reef fish

**Abstract:** To investigate the skeletal morphological characteristics of *Cheilinus undulatus*, X-ray imaging was used. The study found that the lower mouth of Sumei fish has teeth, the jawbone density is high, and a molar-like structure is present at the lower end of the hyomandibular bone. The spine comprises 10 trunk vertebrae and 13 coccygeal vertebrae, and vertebrae 1–10 connect 10 pairs of abdominal ribs. Vertebrae 6–9 have transverse processes of the vertebral body, vertebrae 11–22 are connected with 12 medullary spines, vertebrae 1–21 are connected with 21 medullary spines, and the 22nd vertebral spines are not apparent. Dorsal ribs can be observed in eight vertebrae. There are four supracaudal bones (including one medullary spine) and five infracaudal bones (including two vein spines). The shoulder girdle is below vertebrae 1–3, and the girdle below vertebra 5. On the ventral surface below the vertebrae, the dorsal fin is located above the vertebrae 5–21, and the anal fin is located below vertebrae 13–19. The results of the study reveal that the X-ray method can be used to clearly observe the skeleton of Sumei fish and realize noninvasive studies of rare fish. Sumei has a unique skeletal structure that allows it to adapt to shuttling and preying and to increase digestion in coral reefs. The study of the skeletal structure of Sumei fish enriches the research foundation of coral reef fishes in the South China Sea and provides a reference for their classification and evolution.

(本文编辑: 谭雪静)