

Comparative Morphology of Urohyal Bone and Otolith in Taxonomic Identification of Two Mullet Species (Mugilidae: Teleostei) in Persian Gulf

Vahideh Salehi Nejad Ranjbar¹, Azad Teimori¹, Majid Askari Hesni^{1*},
Mohammadreza Lashkari²

¹ Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

² Department of Biodiversity, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences,
Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

Abstract

Mulletts have fisheries values. These fishes show high interspecific similarities, and this often made them difficult to identify. Therefore, finding the morphological characters for their identification is very important. In this study, taxonomic significance of the hard structures such as Urohyal bone and sagittal otolith were examined. To do this objective, a total of 56 mullet specimens belong to *Chelon subviridis* and *Chelon klunzingeri* were collected from Bandar-e-Lengeh, Bandarabbas and Qeshm, and fixed in 75 % ethanol. In laboratory, urohyal bones and sagittal were extracted following the standard method, and their morphology described and interspecific variations were studied. The results showed that both morphology and morphometry of these hard structures can be especially useful in discrimination of the mullets. However, it seems that urohyal bone has particular importance in species separation. Therefore, in addition to the genetic studies, studying of the urohyal bone can play important role in understanding of taxonomic and phylogenetic relationships of the fishes.

Keywords: Taxonomy, Persian Gulf, Hard structures, Mugilidae

* mahesni@gmail.com

ریخت‌شناسی مقایسه‌ای استخوان دم لامه و سنگریزه شنوایی در شناخت تاکسونومیک دو گونه از کفال ماهیان در خلیج فارس

وحیده صالحی نژاد رنجبر^۱، آزاد تیموری^۱، مجید عسکری حصنی^{۱*}، محمدرضا لشکری^۲

^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

^۲ گروه تنوع زیستی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

چکیده

کفال ماهیان از جمله ماهیان باارزش شیلاتی هستند. این ماهیان شباهت‌های ریختی بین‌گونه‌ای زیادی دارند که اغلب شناخت آن‌ها را دشوار می‌کنند؛ از این رو، یافتن صفات ریختی برای تشخیص این ماهیان ضروری است. در این پژوهش، ارزش تاکسونومیک ساختارهای سخت شامل استخوان دم لامه (یوروهیال) و سنگریزه شنوایی ساژیتا ارزیابی شد. به این منظور، ۵۶ نمونه ماهی کفال از دو گونه *Chelon* و *Chelon subviridis* (Valenciennes, 1836) و *klunzingeri* (Day, 1888) از بندر لنگه، بندرعباس و قشم صید و در الکل ۷۵ درصد تثبیت شدند. در آزمایشگاه استخوان دم لامه و اتولیت ساژیتا استخراج، ریخت‌شناسی آن‌ها توصیف و تغییرات بین‌گونه‌ای آن‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی این ساختارها می‌تواند در تفکیک کفال ماهیان کاربرد ویژه‌ای داشته باشد. هرچند هر دو ساختار در شناسایی و تفکیک گونه‌های مطالعه‌شده نقش دارند، به نظر می‌رسد استخوان یوروهیال اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین، مطالعه دقیق استخوان یوروهیال گروه‌های مختلف ماهیان می‌تواند نقش مهمی در مطالعات ژنتیکی و نیز درک روابط تاکسونومیک و فیلوژنتیکی ماهیان داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تاکسونومی، خلیج فارس، ساختارهای سخت، کفال ماهیان

مقدمه

در طبقه‌بندی Nelson (۲۰۰۶)، ۱۷ جنس و ۷۲ گونه برای این خانواده در نظر گرفته شد که بیشتر گونه‌ها در سه جنس *Mugil* و *Chelon Liza* قرار داده شدند. از نظر ریخت‌شناسی، بیشتر اعضای این خانواده بسیار به یکدیگر شبیه هستند و این عامل محدودکننده‌ای برای پاسخگویی به سؤالات درباره روابط خویشاوندی کفال ماهیان است (Papasotiropoulos et al., 2007)؛ علیرغم این طبقه‌بندی، موقعیت

کفال ماهیان، ماهیان استخوانی هستند که ارزش شیلاتی نسبتاً زیادی دارند و از قدیم جزء ماهیان خوراکی بسیار مهمی بودند که هر جا وفور داشتند به‌صورت تجاری صید می‌شدند. همچنین کفال ماهیان با داشتن رشد سریع و تحمل زیاد (از جمله تحمل به میزان شوری) در استخرهای پرورشی استفاده می‌شوند (Satari et al., 2003؛ Fazli et al., 2014).

* mahesni@gmail.com

این استخوان برای تعیین سن ماهی استفاده می‌شود (Esmaeili, 2001) و مشخص شده که یوروهایال تنوع ریختی زیادی در گروه‌های مختلف ماهیان دارد و دارای ارزش تاکسونومیک است (Esmaeili and Teimori, 2006؛ Esmaeili et al., 2010).

بخش زیرین گوش داخلی ماهیان سه حفره اوتریکول، ساکول و لاژنا دارد که درون آن‌ها سنگریزه‌های شنوایی یا اتولیت‌ها قرار می‌گیرند (Farrell, 2011). اتولیت‌ها ساختارهای سفید و متراکمی از کربنات کلسیم (آراگونیت) هستند که در شنوایی و تعادل ماهی نقش مهمی دارند. سنگریزه‌های شنوایی لاپیلوس، ساژیتا و آستریسکوس به ترتیب درون حفره‌های اوتریکول، ساکول و لاژنا قرار دارند. چون ساژیتا بزرگ‌ترین سنگریزه شنوایی در اکثر ماهیان و فسیل یافت شده در بیشتر رسوبات زمین‌شناسی است در مطالعات تاکسونومیک، تبارزایی و شیلاتی به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Reichenbacher et al., 2007, 2009؛ Teimori et al., 2012a, 2014). همچنین اتولیت‌ها از نخستین ساختارهای آهکی هستند که در مراحل جنینی تشکیل می‌شوند و ریخت کلی آن‌ها در مراحل جنینی شکل می‌گیرد (Furlani et al., 2007). احتمالاً ویژگی‌های شکلی اتولیت‌ها منشأ ژنتیکی دارد و در شناسایی گونه‌ها به کار می‌رود.

تاکنون مطالعه‌ای درباره ساختارهای استخوان دم‌لامه و اتولیت کفال ماهیان حوضه شمالی خلیج فارس انجام نشده است و تحقیق حاضر با هدف مطالعه، استفاده و ارزیابی این دو ساختار سخت در شناسایی و تفکیک دو گونه کفال ماهی شامل گونه *Chelon subviridis* (Valenciennes, 1836) و *Chelon klunzingeri* (Day, 1888) در آب‌های ساحلی خلیج فارس انجام شد.

تاکسونومیک تعداد زیادی از گونه‌ها و جنس‌های این خانواده به علت شباهت‌های ریختی بسیار هنوز مبهم است (Rossi et al., 1998؛ Semina et al., 2007). مطالعه دقیق روابط تاکسونومیک جمعیت‌ها و گونه‌های این خانواده همانند سایر گروه‌های ماهیان که وضعیت تاکسونومیک پیچیده‌ای دارند از اولویت‌های تحقیقات ماهی‌شناسان و محققان تنوع زیستی است. مطالعات محیط‌زیستی، بوم‌شناختی و فیزیولوژیک کفال ماهیان نیز با توجه به قدرت سازگاری زیاد آن‌ها به محدوده وسیعی از شرایط نظیر دما، شوری و تغذیه اهمیت دارند.

به دلیل وجود شباهت‌های ظاهری، استفاده از سایر ویژگی‌ها و ساختارها همانند ویژگی‌های مولکولی و همچنین ساختارهای آناتومیک و سخت مانند استخوان دم لامه (یوروهایال) و سنگریزه شنوایی (اتولیت) ابزارهای مناسبی برای شناسایی گونه‌ها و حتی جمعیت‌ها در اختیار ماهی‌شناسان قرار می‌دهد (Teimori et al., 2012a-b).

استخوان یوروهایال، استخوان منفرد میانی در سر ماهیان است که از جلو به استخوان لامی شکمی و از ناحیه جلویی به اولین بازی‌برانشیال (Basibranchial) متصل است و از عقب، عضلات آن را به کمر بند سینه‌ای متصل می‌کنند. به عبارتی این استخوان از سطح شکمی بین ناحیه سر و تنه ارتباط برقرار می‌کند. استخوان یوروهایال از استخوانی شدن یک لیگامنت میانی تشکیل می‌شود و ناحیه ایستموس (ناحیه گوش‌تالود که به سمت جلو در بین برانش‌های گلوی ماهی امتداد یافته است) را محافظت می‌کند. از لحاظ ریخت‌شناسی، این استخوان یک تیغه پستی دارد که عمود بر پهلوهای افقی آن قرار گرفته است (Kusaka, 1974؛ Chollet-Villapando et al., 2014). معمولاً

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده و جمع آوری نمونه‌ها

منطقه مطالعه، آب‌های ساحلی برخی نقاط استان هرمزگان در بخش شمالی خلیج فارس بود. نمونه‌ها با تور پره، تور ثابت، تورهای گوش‌گیر و صید انتظاری (مشتا) از سه ایستگاه از اوایل تابستان ۱۳۹۳ تا اواخر تابستان ۱۳۹۴ جمع‌آوری، در الکل ۷۵ درصد تثبیت و به

آزمایشگاه منتقل شدند. برای مطالعات دقیق‌تر، نمونه‌هایی انتخاب شدند که از نظر طولی به هم نزدیک بودند. ایستگاه‌ها، موقعیت جغرافیایی، نوع گونه و تعداد نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است. نمونه‌ها پس از زیست‌سنجی با تخته بیومتری و کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر، شماره‌گذاری و در موزه جانورشناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان نگهداری شدند.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها و تعداد نمونه‌های مطالعه‌شده در هر ایستگاه

ایستگاه	نام گونه	تعداد نمونه	موقعیت جغرافیایی
بندرلنگه	<i>Chelon subviridis</i> (Valenciennes, 1836)	۷	N ۲۶/۹۸۹۹
	<i>Chelon klunzingeri</i> (Day, 1888)	۱۲	E ۵۴/۹۵۰۱
بندرعباس	<i>Chelon subviridis</i> (Valenciennes, 1836)	۹	N ۲۷/۱۷۳۳
	<i>Chelon klunzingeri</i> (Day, 1888)	۱۰	E ۵۶/۲۶۷۱
قشم	<i>Chelon subviridis</i> (Valenciennes, 1836)	۱۰	N ۲۶/۹۶۹۹
	<i>Chelon klunzingeri</i> (Day, 1888)	۸	E ۵۶/۲۶۵۰

استخراج و آماده‌سازی یوروهایال و اتولیت

یوروهایال و استخوان دم لانه نمونه‌ها زیر استریو میکروسکوپ تشریح و با ابزار مناسب تشریح (پنس ریز، تیغ جراحی و قیچی کوچک) به ترتیب زیر استخراج شدند:

یوروهایال: ابتدا سر ماهی از جلوی باله سینه‌ای جدا و ۵ تا ۸ دقیقه (بسته به اندازه ماهی) در آب جوش قرار داده شد. سپس عضلات سر ماهی با پنس و تیغ جراحی جدا و استخوان دم لانه خارج شد. برای شفاف‌سازی، استخوان‌ها ۵ دقیقه در محلول هیدروکسیدپتاسیم ۱ درصد قرار داده شدند. سپس استخوان‌های دم لانه جداشده با مسواک ظریف تمیز و با ذکر اطلاعاتی نظیر گونه ماهی، تاریخ جمع‌آوری، شماره نمونه و بعضی ویژگی‌های ریخت‌سنجی ماهی به صورت خشک در موزه جانوری بخش زیست‌شناسی

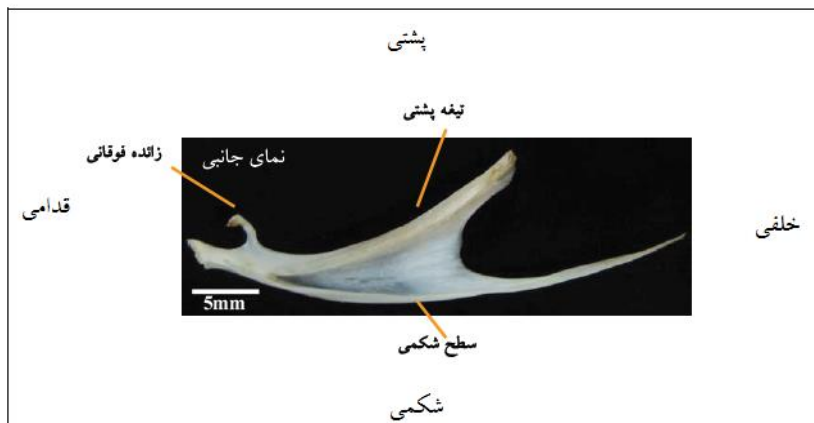
دانشگاه شهید باهنر کرمان (ZM-SBUK) نگهداری شدند. برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی با استریومیکروسکوپ و دوربین Dino-Lite از سه نمای پشتی، جانبی و شکمی استخوان‌ها عکس برداری شد.

اتولیت: از تیغ جراحی برای ایجاد شکافی از نوک پوزه تا انتهای سر در ناحیه پشتی استفاده شد و با پنس ظریف اتولیت‌های سمت چپ و راست استخراج شدند. اتولیت‌ها ۶ ساعت در محلول هیدروکسیدپتاسیم ۱ درصد قرار گرفتند تا از بافت اضافی تمیز و شفاف شوند و سپس در آب مقطر شستشو شدند. برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی با استریومیکروسکوپ و دوربین Dino-Lite از اتولیت‌ها عکس برداری شد (تصاویر از سطح پروکسیمال تهیه شدند).

ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی استخوان یوروهیال

ریخت‌شناسی: در این مطالعه برای توصیف ریختی یوروهیال از صفاتی نظیر شکل کلی استخوان یوروهیال،

شکل ناحیه قدامی، وجود داشتن یا نداشتن خار و همچنین شیار در ناحیه قدامی، شکل تیغه پشتی، شکل ناحیه شکمی و توصیف پهلوهای شکمی استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- شکل کلی استخوان یوروهیال و ویژگی‌های ریخت‌شناسی آن (Laghaikhah Jahromi *et al.*, 2010)

(به ویژه ناحیه سر) استانداردسازی شدند؛ در نهایت ۱۴ ویژگی ریخت‌سنجی تهیه و تجزیه و تحلیل شدند (جدول ۲).

ریخت‌سنجی: طول کل یوروهیال، عرض و ارتفاع آن با کولیس و دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و با استفاده از چندین ویژگی ریختی بدن ماهی

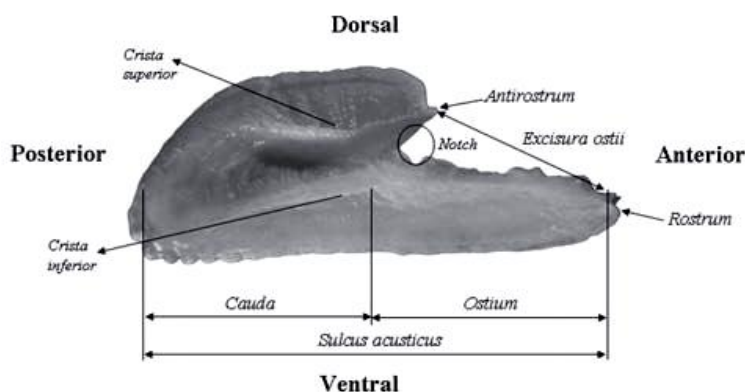
جدول ۲- ویژگی‌های ریخت‌سنجی یوروهیال و توصیف آن‌ها

شماره	اختصار	توصیف صفات نسبی یوروهیال
۱	UL.HL	طول اتولیت / طول سر ماهی * ۱۰۰
۲	UH.UL	ارتفاع یوروهیال / طول یوروهیال * ۱۰۰
۳	UW.UL	عرض یوروهیال / طول یوروهیال * ۱۰۰
۴	UL.UW	طول یوروهیال / عرض یوروهیال * ۱۰۰
۵	UL.TL	طول یوروهیال / طول کل ماهی * ۱۰۰
۶	UL.SL	طول یوروهیال / طول استاندارد ماهی * ۱۰۰
۷	UL.Prod	طول یوروهیال / فاصله جلو چشمی * ۱۰۰
۸	UL.Pood	طول یوروهیال / فاصله پشت چشمی * ۱۰۰
۹	UL.Inod	طول یوروهیال / فاصله بین دو چشم * ۱۰۰
۱۰	UH.TL	ارتفاع یوروهیال / طول کل ماهی * ۱۰۰
۱۱	UH.SL	ارتفاع یوروهیال / طول استاندارد * ۱۰۰
۱۲	UH.Prod	ارتفاع یوروهیال / فاصله جلو چشمی * ۱۰۰
۱۳	UH.Pood	ارتفاع یوروهیال / فاصله پشت چشمی * ۱۰۰
۱۴	UH.Inod	ارتفاع یوروهیال / فاصله بین دو چشم * ۱۰۰

ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی اتولیت

ریخت‌شناسی: هر اتولیت شکل و ویژگی‌های خاصی دارد که مختص همان گونه است (Nolf, 1985). از نظر ریخت‌شناسی، هر اتولیت دارای روستروم (Rostrum) و آنتی‌روستروم (Antirostrum) همراه با شیار سولکوس است (شکل ۲). دیگر صفات مؤثر در ریخت‌شناسی اتولیت توصیف طرح کلی شکل، نوع برآمدگی‌های حاشیه، موقعیت شیار سولکوس آکوستیکوس (sulcus acusticus) روی اتولیت، شکل شیار در ناحیه جلویی و ناحیه دمی،

توصیف منطقه اوستیال (Ostial) در شیار سولکوس آکوستیکوس هستند (Tuset *et al.*, 2008).
ریخت‌سنجی: صفات ریخت‌سنجی اتولیت در جدول ۳ فهرست شده‌اند. برای اندازه‌گیری پارامترهای ریخت‌سنجی اتولیت‌ها، ابتدا با دوربین دیجیتال (Dino-lite) متصل به استریومیکروسکوپ و بزرگنمایی ۰/۲۵ عکس‌برداری شد و سپس با ابزارهای نرم‌افزار Dino-lite، پارامترهای ریخت‌سنجی اندازه‌گیری شدند. صفات اندازه‌گیری شده استانداردسازی و در نهایت ۵ صفت ریخت‌سنجی آنالیز شدند.



شکل ۲- شکل اتولیت چپ ساژتا و نامگذاری قسمت‌های مختلف آن (Tuset *et al.*, 2008)

جدول ۳- توصیف ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی اتولیت

شماره	صفت نسبی	توصیف صفت نسبی
۱	طول نسبی پشتی	(طول بخش بالایی / طول بخش پایین) * ۱۰۰
۲	طول نسبی میانی	(طول بخش میانی / طول بخش پایین) * ۱۰۰
۳	طول نسبی روستروم	(طول روستروم / طول بخش پایین) * ۱۰۰
۴	ارتفاع نسبی روستروم	(ارتفاع روستروم / ارتفاع کل) * ۱۰۰
۵	شاخص طول ارتفاع	(طول بخش پایین / ارتفاع کل) * ۱۰۰

ارزیابی معنی‌دار بودن صفات و از آنالیز تابع تشخیص (Discriminant Function Analysis, DFA) برای بررسی میزان دسته‌بندی صحیح افراد گروه‌های مختلف استفاده شد.

آنالیز ریخت‌سنجی

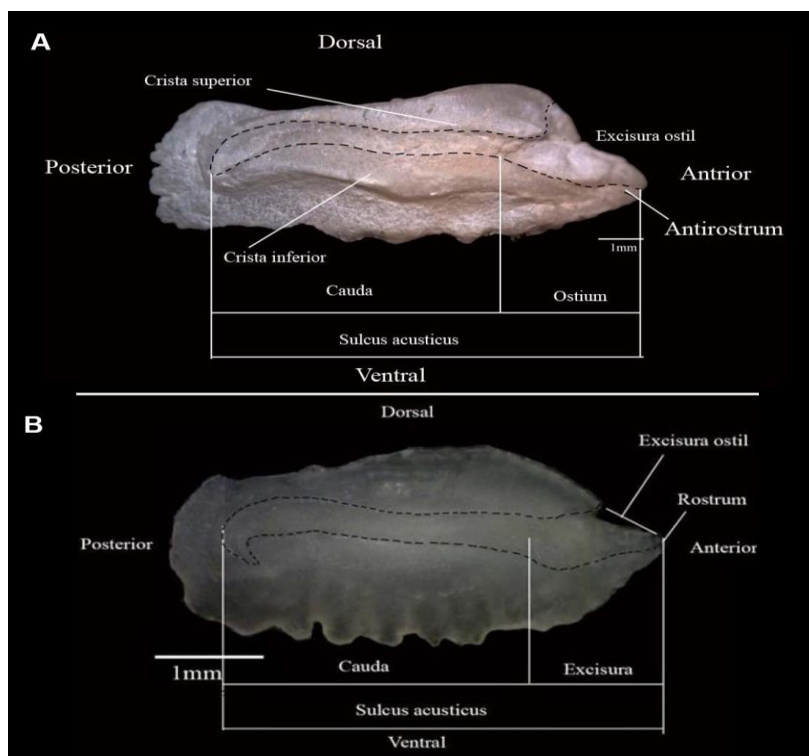
آنالیزهای ریخت‌سنجی با نرم‌افزار IBM (SPSS 21) انجام شد. از آنالیز واریانس یک‌طرفه با تست دانکن (ANOVA Post hoc, Duncan test $P < 0.05$) برای

نتایج

ریخت‌شناسی و توصیف اتولیت ساژیتا در دو گونه مطالعه‌شده

گونه *Chelon subviridis* (Valenciennes, 1836): اتولیت ساژیتا مستطیلی‌شکل (Rectangular)، دارای روستروم واضح و نوک‌تیز و اتولیت فاقد آنتی‌روستروم مشخص است. سطح پروکسیمال دارای تحدب اندک و سطح دیستال اغلب صاف است. فاقد دندان مشخص است و غالباً کنگره‌های نامنظم و ضعیف در سطح شکمی دیده می‌شوند. ناحیه Postrostrum صاف و گاهی با کنگره‌های نامنظم است. شیار سولکوس آکوستیکوس عمیق است و تا انتها ادامه دارد و در ناحیه بالای خط میانی اتولیت (Supra median) قرار دارد. قسمت دمی سولکوس لوله‌ای (Tubular) است و در انتها به سمت شکمی انحنا دارد. ناحیه دهانی (Ostial) شیار آکوستیکوس پهن و قیف‌مانند (Funnel like) است.

به‌طور کلی دارای پهنا و انحنا کمتری نسبت به اتولیت دیگر گونه مطالعه‌شده در این پژوهش است (شکل ۳، A).
گونه *Chelon klunzingeri* (Day, 1888): اتولیت ساژیتا تخم‌مرغی‌شکل (Oval) و گاهی مستطیلی‌شکل، روستروم نوک‌تیز و اغلب اتولیت بدون آنتی‌روستروم مشخص است. اتولیت در سطح پروکسیمال دارای تحدب و در سطح دیستال صاف است. طول و عمق شیار سولکوس آکوستیکوس زیاد و موقعیت قرارگیری آن بالای خط میانی (Supra median) است. موقعیت باز شدن شیار آکوستیکوس به صورت دهانی (Ostial) و باریک‌تر از گونه *C. subviridis* است. ناحیه اوستیال قیفی‌شکل (Funnel like) و ناحیه دمی و انتهایی شیار لوله‌ای‌شکل (Tubular) است. برآمدگی‌هایی از نوع Crenate در حاشیه شکمی اتولیت وجود دارند و حاشیه پشتی غالباً صاف است (شکل ۳، B).



شکل ۳- تصویر اتولیت سمت چپ ساژیتا (سطح پروکسیمال) در دو گونه مطالعه‌شده: A. *C. subviridis*; B. *C. klunzingeri*

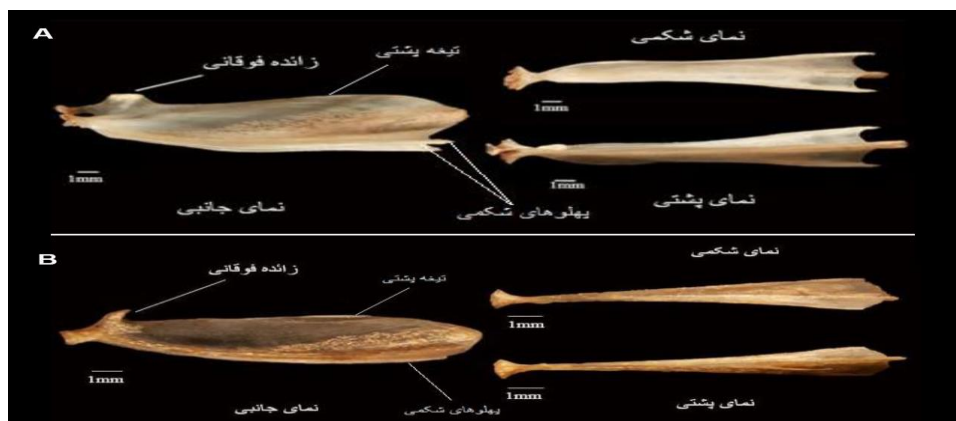
ریخت‌شناسی و توصیف استخوان یوروهیال در دو گونه مطالعه‌شده

گونه *C. subviridis*: ناحیه قدامی دوشاخه است و زائیده مسطح و منفردی (زائیده فوقانی) بلافاصله در شروع ناحیه قدامی و به سمت بالا وجود دارد؛ زائیده فوقانی در فاصله اندکی از ناحیه قدامی قرار دارد. تیغه پشتی دارای شیب ملایم و شروع آن بلافاصله از ناحیه قدامی است. سطح شکمی مثلثی‌شکل و شیاردار است. انتهای عقبی یوروهیال W شکل است و اغلب در ناحیه عقبی، پهلوهای شکمی و تیغه پشتی در یک امتداد قرار دارند و گاهی تیغه پشتی جلوتر است. ارتفاع تیغه پشتی بیشتر از عرض پهلوهای شکمی و شکل استخوان دم لاله در این گونه پهن‌تر از گونه *C. klunzingeri* است (شکل ۴، A).

گونه *C. klunzingeri*: ناحیه قدامی دوشاخه نیست، زائیده فوقانی منفرد، نوک‌تیز و تقریباً ضخیمی در انتهای قدامی وجود دارد که جهت آن به سمت بالا و عقب است. پهلوهای شکمی در انتهای عقبی دوشاخه نیستند، تیغه پشتی در انتهای عقبی جلوتر از پهلوهای شکمی است، سطح شکمی مثلثی‌شکل است و شیار کم‌عمق دارد. منشأ تیغه پشتی کمی عقب‌تر از ناحیه قدامی است. تیغه پشتی در ناحیه قدامی بدون شیب و گاهی دارای شیب ملایم است. ارتفاع تیغه پشتی بیشتر از

عرض پهلوهای شکمی است، زائیده قدامی با فاصله کمی از ناحیه قدامی قرار دارد (شکل ۴، B).

مقایسه بین‌گونه‌ای ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی اتولیت: میانگین و انحراف معیار صفات ریخت‌سنجی نسبی اتولیت در گونه‌های مطالعه‌شده در جدول ۴ نشان داده شده است. آنالیز تک‌متغیره ANOVA با تست دانکن ($P < 0.05$) برای مقایسه تفاوت صفات ریخت‌سنجی نسبی اتولیت ساژیتا بین دو گونه مطالعه‌شده انجام شد. نتایج، گوناگونی بین‌گونه‌ای صفات RDL، RRL، RRM و L/H را نشان دادند اما تست دانکن معنی‌دار بودن آن را تأیید نکرد ($P > 0.05$). با این حال، گونه *C. klunzingeri* در چهار صفت نامبرده با گونه دیگر اختلاف معنی‌دار دارد ($P < 0.05$). صفت نسبی RRH بین گونه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0.05$). همچنین، براساس تحلیل تابع متمایزکننده برای ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی اتولیت، ۶۸ درصد افراد به‌طور صحیح در جمعیت اصلی خود دسته‌بندی شدند که تأییدکننده نتایج آنالیز تک‌متغیره است. بیشترین درصد (۷۷/۲ درصد) موفقیت در طبقه‌بندی صحیح افراد مربوط به گونه *C. klunzingeri* بود (جدول ۵).



شکل ۴- تصویر استخوان یوروهیال از سه نمای جانبی، شکمی و پشتی در دو گونه مطالعه‌شده: A. *C. subviridis*؛ B. *C. klunzingeri*

جدول ۴- میانگین و انحراف معیار صفات ریخت‌سنجی نسبی اتولیت در گونه‌های مطالعه‌شده *C. klunzingeri* و *C. subviridis*

<i>C. klunzingeri</i>			<i>C. subviridis</i>			ویژگی ریخت‌سنجی
حداکثر	حداقل	انحراف معیار \pm میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار \pm میانگین	
۹۵/۷۲	۷۶/۸۶	۴/۷۸ \pm ۰/۶۴	۹۹/۷۳	۶۳/۵۵	۸۲/۸۸ \pm ۰/۷۹	RDL
۱۱۵/۴۹	۸۶/۳۹	۵/۸۰ \pm ۰/۷۶	۱۲۱/۰۳	۸۰/۷۳	۹/۱۵ \pm ۱/۱۰	RML
۷۰/۳۵	۳۳/۳۲	۸/۶۰ \pm ۱/۱۳	۹۴/۳۱	۳۴/۹۱	۸/۷۱ \pm ۰/۰۴	RRH
۱۶/۱۳	۲/۹۳	۲/۷۳ \pm ۰/۳۶	۱۷/۰۷	۴/۰۷	۲/۳۸ \pm ۰/۲۸	RRL
۲۵۱/۹۴	۱۷۷/۲۰	۱۶/۹۷ \pm ۲/۲۴	۲۶۰/۷۶	۱۷۲/۴۷	۲۰/۵۴ \pm ۲/۴۷	L.H

جدول ۵- آنالیز تابع تشخیص گونه‌های مطالعه‌شده *C. klunzingeri* و *C. subviridis* بر پایه ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی اتولیت، ضریب تغییرات (Wilks Lambda) تابع اول (۰/۵۸) و تابع دوم (۰/۸۵)

مجموع	<i>C. klunzingeri</i>	<i>C. subviridis</i>	نام گونه
۱۰۰	۱۸/۸	۵۹/۴	<i>C. subviridis</i>
۱۰۰	۷۷/۲	۱۹/۳	<i>C. klunzingeri</i>

اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$). همچنین صفت‌های نسبی UL/SL ، $UL/Prod$ ، $LU/Pood$ ، UL/TL و UL/UW ، گونه *C. subviridis* را از گونه دیگر متمایز می‌کنند ($P < 0.05$). صفت UL/HL اختلاف معناداری نشان نمی‌دهد ($P > 0.05$). براساس نتایج آنالیز تجزیه تابع تشخیص، دو گونه کاملاً از یکدیگر تفکیک و ۹۵/۸ درصد از افراد به‌طور صحیح در جمعیت اصلی خود دسته‌بندی شدند (جدول ۷).

مقایسه بین‌گونه‌ای ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی یوروهیال

میانگین و انحراف معیار صفات ریخت‌سنجی نسبی یوروهیال گونه‌های مطالعه‌شده در جدول ۶ نشان داده شده است. تحلیل واریانس یک‌طرفه ANOVA با تست دانکن ($P < 0.05$) نشان داد که از ۱۵ صفت ریخت‌سنجی، ۱۳ صفت اختلاف معنی‌دار دارند. از مجموع این ۱۳ صفت نیز ۶ صفت $UH/Prod$ ، $UH/Pood$ ، UH/TL ، UH/SL و UH/UL بین گونه‌های مطالعه‌شده

جدول ۶- میانگین و انحراف معیار صفات ریخت‌سنجی نسبی یوروهیال در گونه‌های مطالعه‌شده *C. subviridis* و *C. klunzingeri*، صفت‌هایی که تفاوت معنی‌دار دارند با * مشخص شده‌اند.

صفت نسبی	<i>C. klunzingeri</i>			<i>C. subviridis</i>		
	حد اکثر	حداقل	انحراف معیار \pm میانگین	حد اکثر	حداقل	انحراف معیار \pm میانگین
UL.HL	۶۶/۴۶	۵۳/۶۹	۵۲/۰۰ \pm ۶/۷۸	۹۶/۵۳	۳۸/۸۳	۵۳/۹۵ \pm ۳/۵۱
UH.UL*	۲۸/۰۰	۱۶/۱۸	۲۱/۵۵ \pm ۲/۱۴	۳۲/۹۱	۲۲/۳۴	۲۷/۵۲ \pm ۲/۲۲
UW.UL*	۱۸/۲۵	۹/۴۰	۱۲/۴۰ \pm ۱/۵۱	۲۳/۱۴	۱۲/۳۵	۱۷/۳۹ \pm ۱/۸۵
UL.UW*	۱۰۶۴/۲۹	۵۴۷/۸۶	۸۱۷/۲۴ \pm ۹۴/۵۹	۸۰۹/۷۷	۴۳۲/۱۱	۵۸۱/۸۱ \pm ۶۵/۷۸
UL.TL*	۱۴/۹۷	۷/۱۸	۱۱/۶ \pm ۱/۳۷	۱۲/۹۰	۷/۱۹	۹/۸۴ \pm ۱/۰۱
UL.SL*	۱۸/۰۴	۹/۲۲	۱۴/۴۵ \pm ۱/۹۵	۱۵/۲۴	۸/۴۰	۱۲/۰۱ \pm ۱/۲۵
UL.PrOd*	۳۵۲/۲۰	۱۴۲/۵۰	۲۲۷/۶۴ \pm ۴۶/۲۳	۳۲۲/۱۴	۱۴۲/۸۲	۱۹۹/۷۹ \pm ۳۱/۸۷
UL.PoOd*	۱۳۵/۲۹	۰/۹۰	۹۴/۹۲ \pm ۱۹/۶۵	۱۱۲/۹۵	۶۱/۵۵	۸۸/۹۶ \pm ۱۰/۰۸
UL.InOd*	۱۹۸/۸۰	۰/۲۰	۱۵۹/۹۴ \pm ۲۶/۸۹	۱۸۱/۴۷	۵۰/۹۰	۱۲۱/۳۹ \pm ۲۰/۶۴
UH.TL*	۳/۰۷	۱/۵۶	۲/۴۸ \pm ۰/۲۶	۳/۶۰	۲/۰۷	۲/۶۹ \pm ۰/۲۸
UH.SL*	۴/۰۰	۲/۲۸	۳/۰۹ \pm ۰/۳۶	۴/۳۱	۲/۴۲	۳/۲۹ \pm ۰/۳۴
UH. PrOd*	۸۱/۸۰	۳۶/۶۷	۴۸/۸۲ \pm ۱۰/۲۲	۷۸/۷۱	۴۱/۴۶	۵۴/۷۳ \pm ۸/۶۶
UH.PoOd*	۳۰/۳۸	۰/۲۰	۲۰/۳۰ \pm ۴/۰۰	۳۰/۳۸	۱۷/۷۳	۲۴/۳۷ \pm ۲/۸۶
UH. InOd*	۴۳/۲۴	۰/۰۴	۳۳/۲۹ \pm ۵/۴۲	۵۲/۳۴	۱۵/۹۲	۳۳/۲۲ \pm ۵/۶۷

جدول ۷- آنالیز تابع تشخیص گونه‌های مطالعه‌شده *C. klunzingeri* و *C. subviridis* بر پایه ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی یوروهیال، ضریب تغییرات (Wilks Lambda) تابع اول (۰/۰۷۶) و تابع دوم (۰/۵۰)

نام گونه	<i>C. subviridis</i>	<i>C. klunzingeri</i>	مجموع
<i>C. subviridis</i>	۹۷/۳	۲/۷	۱۰۰
<i>C. klunzingeri</i>	۲/۷	۹۳/۲	۱۰۰

بحث

آن‌ها مربوط است (Nelson, 2006). ماهیان زیستگاه‌های متنوعی برای خود انتخاب می‌کنند و رفتار، نحوه تغذیه و شکل بدن آن‌ها با نوع زیستگاه ارتباط مستقیم دارد؛ به همین علت ماهیان در زیستگاه‌های مختلف سازگاری‌های متفاوتی از خود

ماهیان متنوع‌ترین گروه از مهره‌داران به شمار می‌آیند. این تنوع در شکل، اندازه، آناتومی، فیزیولوژی، اکولوژی، رفتار و سایر ویژگی‌های آن‌ها دیده می‌شود و به نحوه زندگی و شرایط محیط‌زیست

نشان می‌دهند. بررسی وضعیت جمعیت‌ها از اولویت‌های محققان در بررسی مسایل تنوع زیستی و محیط‌زیست برای حفاظت گونه‌ها است؛ بنابراین، این نوع مطالعات ارزش ویژه‌ای در علم تاکسونومی و تکامل علاوه بر علوم یادشده دارند.

در مطالعه روابط جمعیت‌ها و گونه‌های ماهیان، گروه‌هایی وضعیت پیچیده‌ای دارند و درک موقعیت جمعیت‌ها و روابط آن‌ها به آسانی میسر نیست؛ از این رو، در مطالعات حفاظتی به این گروه‌ها کمتر توجه می‌شود و اعضای خانواده کفال ماهیان مثال خوبی از این گروه‌ها هستند. علیرغم اهمیتی که این ماهیان در برنامه‌های تغذیه‌ای مناطق مختلف جهان دارند براساس ویژگی‌های ظاهری به‌دشواری تشخیص داده می‌شوند. مطالعه حاضر سعی دارد با ارزیابی دو ساختار سخت و مهم استخوان یوروهیال و سنگریزه شنوایی، دو گونه از این ماهیان را تفکیک کند. این مطالعه نشان می‌دهد اگرچه هر دو ساختار در شناسایی و تفکیک گونه‌های مطالعه‌شده نقش دارند، به نظر می‌رسد استخوان یوروهیال اهمیت ویژه‌ای دارد. این نتیجه در مطالعات قبلی نیز برای سایر گروه‌های ماهیان تأیید شده است (Swain and Foote 1999; Arratia and Schultze, 2001; Chollet-Villapando, 1990; Johdal et al., 2014).

نتایج این پژوهش درباره استخوان یوروهیال نیز تفاوت دو گونه مطالعه‌شده را تأیید می‌کند. به نظر می‌رسد ویژگی‌های ریختی استخوان یوروهیال نسبت به اتولیت نقش بیشتری در تفکیک تاکسونومیک گونه‌های کفال ماهیان دارند. به احتمال زیاد این یافته‌ها را می‌توان به دیگر گروه‌های ماهیان نیز تعمیم داد، همان‌طور که Esmaili و همکاران در سال ۲۰۱۰ از استخوان دم لامه برای شناسایی گونه‌ها و تاکسونومی استفاده کردند و نتایج مطالعات آن‌ها با یافته‌های مطالعه حاضر منطبق است.

به‌طور کلی، مطالعه دقیق استخوان یوروهیال علاوه بر مطالعات ژنتیکی گروه‌های مختلف ماهیان می‌تواند نقش مهمی در حل مشکلات تاکسونومیک و فیلوژنتیکی این گروه از مهره‌داران داشته باشد و راه را برای انجام برنامه‌های حفاظتی سازمان‌هایی نظیر محیط‌زیست و شیلات باز کند.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت مادی و معنوی معاونت پژوهشی و فن‌آوری و همچنین گروه زیست‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان برای انجام شدن تحقیق حاضر کمال تشکر و قدردانی را دارند.

در پژوهش حاضر، مقایسه تفاوت‌های ریختی دو گونه مختلف نشان داد که این گونه‌ها در برخی ویژگی‌های ریخت‌سنجی و ریخت‌سنجی نسبی اتولیت و یوروهیال با هم اختلاف معنی‌دار دارند (ANOVA, Post hoc Duncan test, $P < 0.05$). اگرچه گونه‌ها به یک خانواده تعلق دارند اما تفاوت‌های شکلی خاص هر گونه است و می‌تواند به شناسایی گونه‌ها کمک کند

در پژوهش حاضر، مقایسه تفاوت‌های ریختی دو گونه مختلف نشان داد که این گونه‌ها در برخی ویژگی‌های ریخت‌سنجی و ریخت‌سنجی نسبی اتولیت و یوروهیال با هم اختلاف معنی‌دار دارند (ANOVA, Post hoc Duncan test, $P < 0.05$). اگرچه گونه‌ها به یک خانواده تعلق دارند اما تفاوت‌های شکلی خاص هر گونه است و می‌تواند به شناسایی گونه‌ها کمک کند

منابع

- Arratia, G. and Schultze, H. P. (1990) The urohyal: development and homology within osteichthyans. *Journal of Morphology* 203(3): 247-282.
- Chollet-Villapando, J. G., Agüero, J. and Carcia-Rodríguez, F. J. (2014) Comparison of urohyal bone morphology among gerreid fish (Perciformes: Gerreidae). *Italian Journal of Zoology* 81(2): 246-255.
- Esmaeili, H. R. (2001) Biology of an exotic fish, silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) from Gobindsagar Reservoir, Himachal Pradesh, India. PhD thesis, Panjab University, Chandigarh.
- Esmaeili, H. R., Gholami, Z., Teimori, A. and Baghbani, S. (2010) Morphology of Urohyal bone and its importance in taxonomy of some freshwater fishes of South Caspian Sea basin. *Iranian Journal of Biology* 23: 448-459 (in Persian).
- Esmaeili, H. R. and Teimori, A. (2006) Morphology of Urohyal bone and its importance in taxonomy of some freshwater fishes of Iran. *Iranian Journal of Fisheries* 15: 1-8 (in Persian).
- Farrell, A. P., Stevens, E. D., Cech, J. J. and Richards, J. G. (2011) *Encyclopedia of fish physiology: From genome to environment*. Academic Press, Elsevier, London.
- Fazli, H., Kor, D., Daryanabard, Gh. and Tavakoli, M. (2014) Spatial and temporal distribution of mullets in Iranian water of Caspian Sea. *Fisheries Journal*, 8(2): 53-62 (in Persian).
- Furlani, D., Gales, R. and Pemberton, D. (2007) *Otoliths of common Australian temperate fish: a photographic guide*. CSIRO Publishing.
- Johdal, M. S., Esmaeili, H. R. and Tandon, K. K. (2001) A comparison of back-calculated lengths of silver carp derived from bony structures. *Journal of Fish Biology* 59(6): 1483-1493.
- Kusaka, T. (1974) *The Urohyal of Fishes*. University of Tokyo Press, Tokyo.
- Laghaikhah Jahromi, F., Esmaeili, H. R., Teimori, A., Nokhatolfoghahai, M. and Hosseini Ostovani, Sh. (2010) Morphology of urohyal bone and its importance in identification of two coral reef fishes (Perciformes: Scaridae). *Journal of Aquatic Sciences* 1(3): 61-69 (in Persian).
- Nelson, J. S. (2006) *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, Inc., London.
- Nolf, D. (1985) *Otolithi piscium. Handbook of paleoichthyology*. Gustav Fischer, Stuttgart, New York.
- Papasotiropoulos, V., Klossa-Kilia, E., Alahiotis, S. and Kiliass, G. (2007) Molecular phylogeny of grey mullets (Teleostei: Mugilidae) in Greece: evidence from sequence analysis of mtDNA segments. *Biochemistry and Genetic* 45: 623-636.
- Reichenbacher, B., Kamrani, E., Esmaeili, H. R. and Teimori, A. (2009) The endangered cyprinodont *Aphanius ginaonis* (Holly, 1929) from southern Iran is a valid species: evidence from otolith morphology. *Environmental Biology of Fishes* 86: 507-521.
- Reichenbacher, B., Sienknecht, U., Kuchenhoff, H. and Fenske, N. (2007) Combined otolith morphology and morphometry for assessing taxonomy and diversity in fossil and extant killifish (*Aphanius prolebias*). *Journal of Morphology* 268: 898-915.
- Rossi, A. R., Capula, M., Crosetti, D., Campton, D. E. and Sola, L. (1998) Genetic divergence and phylogenetic inferences in five species of Mugilidae (Pisces: Perciformes). *Marine Biology* 131: 213-218.
- Satari, M., Shasavani, D. and Shafee, Sh. (2003) *Ichthyology (2), Systematic*. Haghshenas Publisher, Rasht. (in Persian).

- Semina, A. V., Polyakova, N. E., Makhotkin, M. A. and Brykov, V. A. (2007) Mitochondrial DNA divergence and phylogenetic relationships in mullets (Pisces: Mugilidae) of the Sea of Japan and the Sea of Azov revealed by PCR-RFLP-analysis. *Russian Journal of Marine Biology* 33: 187-192.
- Stiassny, M. L. J. (1993) What are grey mullets?. *Bulletin of Marine Sciences* 52: 197-219.
- Swain, D. P. and Foote, C. J. (1999) Stocks and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research* 43: 113-128.
- Teimori, A., Esmaili, H. R., Erpenbeck, D. and Reichenbacher, B. (2014) A new and unique species of the genus *Aphanius nardo*, 1827 (Teleostei: Cyprinodontidae) from Southern Iran: A case of regressive evolution. *Zoologischer Anzeiger* 253: 327-337.
- Teimori, A., Jawad, J. L. A., Al-Kharusi, L. H., Al-Mamry, J. M. and Reichenbacher, B. (2012a) Late Pleistocene to Holocene diversification and historical zoogeography of the Arabian killifish (*Aphanius dispar*) inferred from otolith morphology. *Scientia Marina* 76: 637-645.
- Teimori, A., Schulz-Mirbach, T., Esmaili, H. R. and Reichenbacher, B. (2012b) Geographical differentiation of *Aphanius dispar* (Teleostei: Cyprinodontidae) from Southern Iran. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 50: 251-337.
- Tuset, V. M., Lombarte, A. and Assis, C. A. (2008) Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina* 72: 7-198.