

## مطالعه تغییرات درون‌گونه‌ای ساختار سنگریزه شنوایی و استخوان یوروهیال در سیاه‌ماهی *Capoeta fusca* (Nikolskii, 1897) (ماهیان استخوانی عالی، کپورماهیان) در حوضه آبریز لوت

مجید عسکری حصنی\*، فاطمه محمدی، آزاد تیموری و سید مسعود مجدزاده

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

تاریخ پذیرش: ۹۸۸/۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۱۳

### چکیده

ساختارهای سخت از جمله سنگریزه شنوایی و استخوان یوروهیال ارزش تاکسونومیکی بالایی در مطالعات درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای ماهیان استخوانی دارند. در این پژوهش گوناگونی‌های درون‌گونه‌ای در ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی سنگریزه شنوایی و استخوان یوروهیال در سیاه‌ماهی گونه *Capoeta fusca* (Nikolskii, 1897) مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌های ماهی از پنج جمعیت متعلق به حوضه آبریز لوت در استان خراسان جنوبی صید و در الکل ۷۵ درصد تثبیت شد. سپس سنگریزه شنوایی و استخوان دم‌لامه ماهیان استخراج و ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. آستریسکوس در این گونه بزرگتر از سایر سنگریزه‌ها، دایره‌ای یا مستطیلی شکل و از نوع gyto است. آستریسکوس دارای یک لب بزرگ توسعه‌یافته و یک لوب کوچک و آنتی‌روستروم می‌باشد و بخش داخلی آن مقعر و بخش خارجی محدب است. براساس نتایج ریخت‌سنجی اتولیت، جمعیت‌ها در صفات LH, RRL و RRH اختلاف معنی‌دار داشتند ( $P < 0.05$ ). ناحیه قدامی استخوان یوروهیال فاقد زائده و ناحیه عقبی شکاف نسبتاً عمیقی دارد. تیغه پشتی در انتهای جلویی کاملاً جلوتر از پهلوهای شکمی و ارتفاع آن تقریباً هم‌اندازه عرض پهلوهای شکمی و انتهای دو بخش جانبی نوک‌تیز است. براساس نتایج ریخت‌سنجی یوروهیال، اغلب صفات نسبی یوروهیال بین جمعیت‌ها اختلاف معنی‌دار نشان دادند ( $P < 0.05$ ). بطور کلی، ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی دو ساختار مطالعه شده اختلاف قابل‌توجه بین‌جمعیتی دارند که احتمالاً به علت تفاوت در زیستگاه (به‌ویژه جریان آب و تغذیه) این جمعیت‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیاه‌ماهی، تاکسونومی، ساختارهای سخت، کپورماهیان، حوضه لوت.

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۳۴۳۱۳۲۲۰۸۶، پست الکترونیکی: mahesni@gmail.com

### مقدمه

سنگریزه شنوایی یا اتولیت از جمله اولین ساختارهای آهکی می‌باشد که در مراحل جنینی تشکیل می‌شود و ریخت‌شناسی کلی آن در مراحل جنینی شکل می‌گیرد (۱۷) و از لحاظ زیستی در شنوایی و تعادل ماهیان استخوانی دخالت دارند (۱۶). در ماهیان سه سنگریزه شنوایی به نام‌های ساژیتا، آستریسکوس و لاپیلوس دیده می‌شود که در ماهیان اتوفیزی از جمله راسته کپورماهی شکلان

خصوصیات ریختی ماهیان از قبیل ویژگی‌های شمارشی، زیست‌سنجی شکل بدن و ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی ساختارهای سخت از جمله سنگریزه شنوایی یا اتولیت (Otolith) (۳۰ و ۳۲) و استخوان دم‌لامه یا یوروهیال (Urohyal) (۴ و ۱۸) در شناسایی و تشخیص گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان استفاده می‌شوند (۳۱).

خانواده شناسایی شده است (۲۲). جنس *Capoeta* Valenciennes, 1842 از این خانواده دارای هشت گونه در حوضه‌های آبی ایران می‌باشد که یکی از گونه‌های مهم آن‌گونه *Capoeta fusca* (Nikolskii, 1897) است (۱۴). به علت پراکنش وسیع گونه‌های سیاه ماهی در ایران، گوناگونی‌های زیادی در صفات ظاهری به‌ویژه رنگ و صفات شمارشی و مورفومتریک آنها دیده می‌شود و اخیراً تغییراتی در موقعیت تاکسونومیک آنها ایجاد شده است (۷). به همین دلیل، جایگاه تاکسونومیک تعدادی از گونه‌ها، زیرگونه‌ها و جمعیت‌های آن به‌صورت حل نشده باقی‌مانده است (۷، ۸ و ۱۹). با توجه به وجود شباهت‌های ظاهری زیاد در بسیاری از گونه‌های این جنس، به نظر می‌رسد استفاده از سایر ویژگی‌ها و ساختارها همانند ساختارهای آناتومیک و سخت مانند سنگریزه شنوایی، و استخوان دم‌لامه ابزارهای مناسبی برای شناسایی گونه‌ها و حتی جمعیت‌ها در اختیار محققان و ماهی‌شناسان قرار دهد (۳۱ و ۳۲). از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای بر روی ساختارهای سنگریزه شنوایی و استخوان یوروهیال در جمعیت‌های سیاه ماهی *Capoeta fusca* (Nikolskii, 1897) صورت نگرفته است، لذا تحقیق حاضر باهدف توصیف خصوصیات ریختی این ساختارها در شناسایی برخی جمعیت‌های این گونه انجام شده است.

### مواد و روشها

در این پژوهش با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی جمعیت‌ها، چهار جمعیت از گونه سیاه‌ماهی *Capoeta fusca* موجود در قنات‌ها و چشمه‌های شهرستان‌های بیرجند، سریشنه، خوسف و قائنات در استان خراسان جنوبی مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از تعیین ایستگاه‌ها، موقعیت جغرافیایی نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد (جدول ۱ و شکل ۱). نمونه‌ها از خردادماه سال ۱۳۹۳ تا خردادماه سال ۱۳۹۴ به‌صورت فصلی با استفاده از تور دستی بزرگ، جمع‌آوری، در الکل ۷۵ درصد تثبیت و

آستریسکوس و در اغلب ماهیان دریایی ساژیتا بزرگترین سنگریزه شنوایی می‌باشد (۱۲). نقش اصلی اتولیت‌های ساژیتا و آستریسکوس در شنوایی و نقش اصلی لاپیلوس در حس تعادل می‌باشد (۲۵). آستریسکوس و ساژیتا در مقایسه با لاپیلوس بیشترین تغییرات شکلی را دارند (۱۲). هر سنگریزه شنوایی شکل و ویژگی‌های خاصی دارد که مختص همان گونه و یا حتی جمعیت‌ها است (۲۴ و ۲۶)، بنابراین در مطالعات تاکسونومیک، تبارزایی و شبیلاتی کاربرد و اهمیت بیشتری دارند (۲۶ و ۲۹). از نظر ریخت-شناسی، اتولیت دارای ساختارهایی از جمله روستروم، آنتی روستروم و شیار سولکوس است که در مطالعات تاکسونومیک و تکاملی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۹، ۲۱ و ۳۰). علاوه بر اندازه و شکل کلی، ویژگی‌های دیگر ریختی اتولیت که در بررسی تغییرات تاکسونومیک نقش دارند شامل: موقعیت قرارگرفتن سولکوس، ارتفاع نسبی، طول نسبی میانی، شکل لبه پشتی و تحتانی اتولیت می‌باشند (۳۱). این ویژگی‌ها می‌توانند اطلاعات ارزشمندی در زمینه شناسایی و تفکیک گونه‌ها و نیز بررسی گوناگونی‌های درون‌گونه‌ای ارائه دهند (۲۸ و ۳۱). استخوان یوروهیال، استخوانی منفرد در ناحیه زیرین سر ماهیان است که از جلو به استخوان لامی شکمی، از ناحیه جلویی به اولین بازی‌برانیشال و از عقب بوسیله عضلات به کمر بند سینه‌ای متصل می‌باشد (۴ و ۲۰). در مطالعات ماهی‌شناسی، از استخوان دم‌لامه بطور معمول جهت تعیین سن و بررسی فاکتورهای رشد ماهی استفاده می‌شود (۱۵)، اما تنوع ریختی آن سبب شده که از این ساختار جهت شناسایی ماهیان نیز استفاده گردد (۱۳ و ۱۸).

کپورماهیان از جمله مهمترین گونه‌های ماهیان در آب‌های شیرین، اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، چشمه‌ها و قنات‌ها محسوب می‌شوند و اغلب گونه‌های این خانواده از جمله گونه مورد مطالعه توسط مردم محلی مورد تغذیه قرار گرفته و نیز در برخی نقاط در صید ورزشی استفاده می‌شوند. تاکنون حدود ۳۶۷ جنس و ۳۰۰۶ گونه از این

استخوان‌ها به مدت یک دقیقه در محلول هیدروکسید پتاسیم یک درصد قرار داده شدند. سپس استخوان‌های یوروهیال جدا شده به کمک مسواک ظریف تمیز و با اطلاعاتی از قبیل؛ گونه ماهی، تاریخ جمع‌آوری، شماره نمونه به صورت خشک در موزه جانورشناسی بخش زیست‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان (ZM-SBUK) نگهداری شدند. برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی، پس از عکسبرداری، استخوان‌ها از سه نمای پشتی، جانبی و شکمی مطالعه شدند.

**ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی اتولیت:** برای مطالعه ریخت‌شناسی از اتولیت‌ها عکسبرداری و طبق روش ارائه شده در Assis (۲۰۰۳) توصیف شدند و همچنین براساس روش ارائه شده در Reichenbacher et al. (۲۰۰۷) (۲۷)، تعداد هشت صفت ریخت‌سنجی اندازه‌گیری شد. با استاندارد نمودن صفات ریختی خام، تعداد ۱۰ صفت ریخت‌سنجی نسبی مطابق جدول ۲ محاسبه و مورد آنالیز قرار گرفت. برای استاندارد سازی داده‌های خام از فرمول زیر استفاده گردید.

$$[100 \times (\text{صفت استاندارد} / \text{صفت اتولیت})]$$

به آزمایشگاه انتقال داده شدند. با توجه به وضعیت زیستگاه‌ها و با در نظر گرفتن حفاظت نمونه‌ها، تعداد محدودی از ماهیان نمونه‌برداری شدند. نمونه‌ها پس از زیست‌سنجی توسط کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر، شماره گذاری و در موزه جانورشناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان نگهداری شدند.

**استخراج و آماده‌سازی سنگریزه شنوایی و استخوان یوروهیال:** پس از زیست‌سنجی ماهیان، با ایجاد یک شکاف با تیغ جراحی از نوک پوزه تا انتهای سر در ناحیه پشتی سر و با استفاده از یک پنس ظریف، سنگریزه‌های سمت چپ و راست استخراج و با اتانول ۹۰ درصد و یک مسواک کوچک در زیر استریومیکروسکوپ تمیز و سپس با آب مقطر شستشو داده جهت عکس‌برداری به صورت خشک نگهداری شدند (۱۱). عکسبرداری از سطح پروکسیمال سنگریزه‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ و دوربین Dino-Lite انجام شد. جهت استخراج استخوان یوروهیال، ابتدا سر ماهی از جلوی باله سینه‌ای جدا گردید و به مدت ۳-۵ دقیقه در آب جوش قرار داده شد. سپس، عضلات سر ماهی با استفاده از پنس و تیغ جراحی جدا و استخوان یوروهیال خارج گردید. به منظور شفاف‌سازی،

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها و جزئیات نمونه‌برداری از گونه *C. fusca* در استان خراسان جنوبی (حوضه لوت).

نام ایستگاه	نوع زیستگاه	شهرستان	تعداد نمونه	موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها		میانگین طول استاندارد (میلی‌متر)
				عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	
دل‌آباد	قنات	قائنات	۱۱	۷۲° ۲۲۶۲۶	۳۲° ۶۸۰۷۹	۱۱۲/۲۷±۸/۵۶
شوکت‌آباد	قنات	بیرجند	۱۱	۵۹° ۳۰۲۴۴	۳۲° ۸۰۵۰۱	۵۲/۷۲±۲/۴۱
نوکنند	چشمه	سربیشه	۱۱	۵۹° ۵۱۴۵۴	۳۲° ۷۷۵۳۳	۷۰/۹۲±۴/۴۲
حاجی‌آباد	قنات	بیرجند	۱۱	۵۹° ۱۶۸۲۸	۳۲° ۸۸۰۲۹	۵۱/۹۹±۳/۳۴
فدشک	چشمه	خوسف	۱۱	۵۹° ۸۷۷۹۰	۳۲° ۷۱۰۲۸	۵۵/۶۶±۱/۱۸



شکل ۱- ایستگاه‌های نمونه‌برداری در استان خراسان جنوبی، (۱) دل‌آباد، (۲) شوکت‌آباد، (۳) نوکند، (۴) حاجی‌آباد و (۵) فدشک

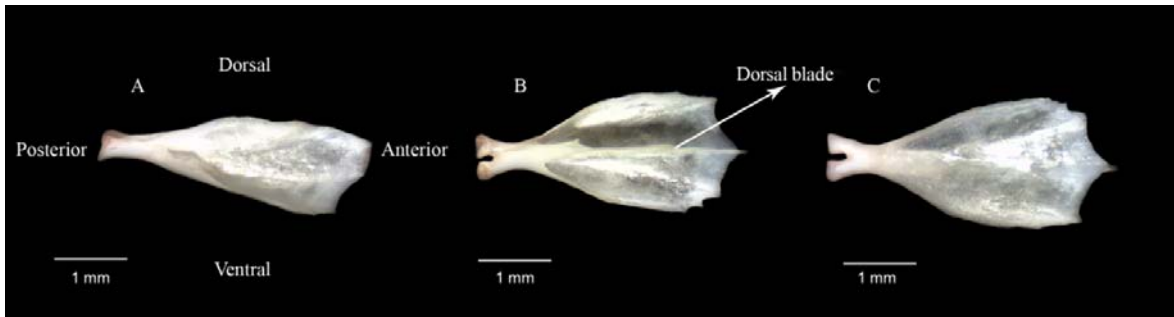
جدول ۲- ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی اتولیت آستریسکوس و توصیف آنها.

علامت اختصاری	توصیف صفت نسبی	ردیف	علامت اختصاری	توصیف صفت نسبی	ردیف
RRL	نسبت طول روستروم به طول میانی اتولیت	۶	ML.FSL	نسبت طول میانی اتولیت به طول استاندارد ماهی	۱
RAL	نسبت طول آنتی روستروم به طول میانی اتولیت	۷	ML.FHL	نسبت طول میانی اتولیت به طول سر ماهی	۲
RRH	نسبت ارتفاع روستروم به ارتفاع اتولیت	۸	ML.FHD	نسبت طول میانی اتولیت به ارتفاع سر ماهی	۳
RAH	نسبت ارتفاع آنتی روستروم به ارتفاع اتولیت	۹	RML	نسبت طول میانی به طول پشتی اتولیت	۴
L.H	شاخص طول اتولیت نسبت به ارتفاع اتولیت	۱۰	RDL	نسبت طول پشتی به طول شکمی اتولیت	۵

با استفاده از چندین ویژگی ریختی بدن ماهی (به‌ویژه ناحیه‌ی سر) به‌عنوان صفت استاندارد، استانداردسازی شدند و در نهایت تعداد ۲۷ ویژگی ریخت‌سنجی تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (جدول ۳). برای استاندارد سازی داده‌های خام از فرمول زیر استفاده گردید.

$$[100 \times (\text{صفت استاندارد} / \text{صفت یوروهیال})]$$

ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی استخوان یوروهیال: در این مطالعه جهت توصیف ریختی یوروهیال، از صفات زیر شامل: شکل کلی استخوان یوروهیال، شکل ناحیه‌ی قدامی، شیار ناحیه قدامی، شکل تیغه پشتی، شکل ناحیه شکمی و توصیف پهلوهای شکمی استفاده گردید (شکل ۲). جهت ریخت‌سنجی یوروهیال، طول کل به همراه عرض و ارتفاع آن با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و



شکل ۲- شکل کلی استخوان یوروهیال در یک گونه سیاه ماهی، (A نمای جانبی، B نمای پشتی و C نمای شکمی (محمدی و همکاران، ۱۳۹۶).

واریانس یک‌طرفه و در غیر این صورت از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. همچنین، برای مشخص شدن سطح معنی‌داری صفات بین جمعیت‌ها، آزمون تعقیبی دانکن (ANOVA, Duncan Test  $\leq 0.05$ ) و یا Tamhane's T2 انجام شد. تمام آنالیزهای آماری در نرم‌افزار SPSS ver. 22 صورت گرفته است.

آنالیز آماری: برای مطالعه بین‌جمعیتی ویژگی‌های ریخت-سنجی نسبی از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) و یا آزمون کروسکال-والیس (Kruskal wallis) استفاده گردید. در صورت برقراری فرض یکسانی واریانس گروه‌ها (P-Value of Test of Homogeneity of Variances  $\geq \alpha=0.05$ )

جدول ۳- ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی استخوان یوروهیال و توصیف آنها.

علامت اختصاری	توصیف صفات نسبی یوروهیال	ردیف	علامت اختصاری	توصیف صفات نسبی یوروهیال	ردیف
H.HD	نسبت ارتفاع یوروهیال به ارتفاع سرماهی	۱۵	L.UH	نسبت طول یوروهیال به ارتفاع یوروهیال	۱
H.MaxBD	نسبت ارتفاع یوروهیال به بیشترین ارتفاع ماهی	۱۶	L.UW	نسبت طول یوروهیال به پهنای یوروهیال	۲
H.ProD	نسبت ارتفاع یوروهیال به فاصله جلوی چشم ماهی	۱۷	H.UW	نسبت ارتفاع یوروهیال به پهنای یوروهیال	۳
H.PosD	نسبت ارتفاع یوروهیال به فاصله پشت چشم ماهی	۱۸	L.TL	نسبت طول یوروهیال به طول کل ماهی	۴
H.InoD	نسبت ارتفاع یوروهیال به فاصله بین دو چشم ماهی	۱۹	L.SL	نسبت طول یوروهیال به طول استاندارد ماهی	۵
W.SL	نسبت عرض یوروهیال به طول استاندارد	۲۰	L.HL	نسبت طول یوروهیال به طول سر ماهی	۶
W.HL	نسبت عرض یوروهیال به طول سر	۲۱	L.HD	نسبت طول یوروهیال به ارتفاع سرماهی	۷
W.HD	نسبت عرض یوروهیال به ارتفاع سر	۲۲	L.MaxBD	نسبت طول یوروهیال به بیشترین ارتفاع ماهی	۸
W.Maxb	نسبت عرض یوروهیال به بیشترین ارتفاع بدن	۲۳	L.ProD	نسبت طول یوروهیال به فاصله جلوی چشم	۹
W.Minb	نسبت عرض یوروهیال به کمترین ارتفاع بدن	۲۴	L.PosD	نسبت طول یوروهیال به فاصله پشت چشم ماهی	۱۰
W.Prod	نسبت عرض یوروهیال به فاصله جلو چشم	۲۵	L.InoD	نسبت طول یوروهیال به فاصله بین دو چشم	۱۱
W.Posd	نسبت عرض یوروهیال به فاصله پشت چشم	۲۶	H.TL	نسبت ارتفاع یوروهیال به طول کل ماهی	۱۲
W.In.or.d	نسبت عرض یوروهیال به فاصله بین دو چشم	۲۷	H.SL	نسبت ارتفاع یوروهیال به طول استاندارد ماهی	۱۳
			H.HL	نسبت ارتفاع یوروهیال به طول سر ماهی	۱۴

و یک antirostrum در موقعیت قدامی وجود دارند که تا حدودی مشخص می‌شوند. بخش داخلی اتولیت، مقعر و بخش خارجی آن، محدب است. به‌غیر از قسمت قدامی، سایر قسمت‌ها دارای دندان‌هایی است که بیشترین و عمیق‌ترین آن‌ها در قسمت خلفی اتولیت دیده می‌شود (شکل ۳).

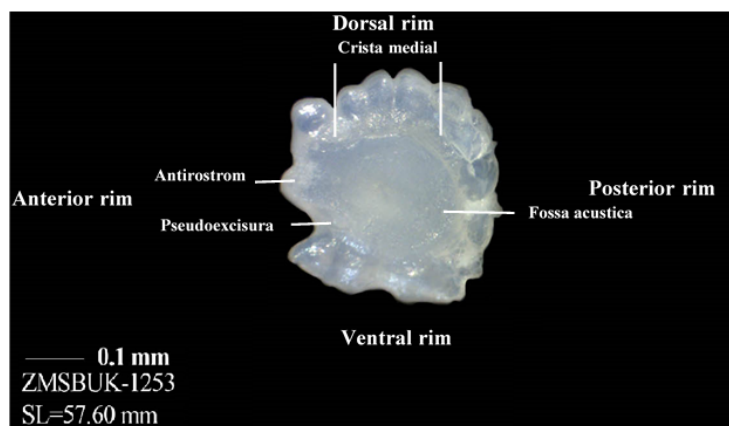
## نتایج

اتولیت آستریسکوس در این گونه از نوع gyro است که دارای یک lobus major توسعه‌یافته و lobus minor تحلیل رفته است. داخل بخش مرکزی در یک دور تقریباً کامل، fossa acustica وجود دارد که فاقد انحناء است و پیرامون آن crista medial می‌باشد. یک pseudoexcisura

در جمعیت شوکت‌آباد و فدشک تقریباً مستطیلی و در سایر جمعیت‌ها دایره‌ای شکل می‌باشد.

ناحیه پشتی اتولیت در جمعیت‌های نوکند و فدشک تقریباً صاف و در جمعیت‌های دل‌آباد، شوکت‌آباد و حاجی‌آباد قوس‌دار است. ساختار ناحیه عقبی اتولیت در جمعیت‌های مختلف، متفاوت بود به طوری که ساختار صاف در فدشک و شوکت‌آباد، کمانی در حاجی‌آباد و زاویه‌دار در دل‌آباد و نوکند مشاهده شد. تعداد و عمق دندان‌های اتولیت ماهیان در فدشک از سایر ایستگاه‌های دارای این‌گونه بیشتر و در نوکند کمترین تعداد بود.

تغییرات درون‌گونه ای ریخت‌شناسی اتولیت آستریسکوس در گونه *Capoeta fusca*: تصاویر اتولیت آستریسکوس سمت راست این‌گونه در شکل ۴ نشان داده شده است. ناحیه جلویی دارای بیشترین تنوع ریختی در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بویژه در قسمت‌های آگریسورا و سودوانتی روستروم است. ناحیه شکمی اتولیت در جمعیت‌های شوکت‌آباد و فدشک در انتهای عقبی گوشه‌دار و در جمعیت‌های دل‌آباد، حاجی‌آباد و نوکند تقریباً بدون زاویه هستند به همین علت شکل اتولیت



شکل ۳- اتولیت سمت راست آستریسکوس در گونه *Capoeta fusca*.



شکل ۴- ریخت‌شناسی اتولیت آستریسکوس در جمعیت‌های مختلف از گونه *Capoeta fusca*.

والیس، دو صفت RRL و RRH در اتولیت برحسب جمعیت متفاوت بودند ( $P < 0/05$ ) (جدول ۵). براساس آزمون تعقیبی Games- Howell صفت RRL و RRH در بین جمعیت نوکند با حاجی‌آباد و فدشک تفاوت معنی‌داری نشان دادند ( $P > 0/05$ ) (جدول ۶).



شکل ۵- ریخت‌شناسی اتولیت آستریسکوس در هرکدام از جمعیت‌های مورد مطالعه در گونه *Capoeta fusca*

تغییرات درون‌جمعیتی در ساختار اتولیت آستریسکوس در گونه *Capoeta fusca*: ریخت‌شناسی اتولیت آستریسکوس در هرکدام از جمعیت‌های مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است. در هر جمعیت از این‌گونه نیز، تعداد، عمق و پراکندگی دندان‌های اطراف اتولیت به هریک شکل خاصی می‌دهد که کاملاً با نمونه دیگری از همان جمعیت کاملاً متفاوت است. ناحیه شکمی تفاوت چندانی را نشان نمی‌دهد. ناحیه پشتی در هر جمعیت بین زاویه‌دار تا صاف مشابه جمعیت دل‌آباد و یا بین کمانی تا صاف مشابه سایر جمعیت‌ها تا حدی متغیر است. ناحیه عقبی در اتولیت جمعیت‌های فدشک و دل‌آباد تفاوت کمتری را نسبت به جمعیت‌های شوکت‌آباد، نوکند و حاجی‌آباد نشان می‌دهند. در ناحیه جلویی، در جمعیت‌های دل‌آباد، نوکند و فدشک کمترین تفاوت رؤیت شد اما در جمعیت شوکت‌آباد، در قسمت سودآنتی روستروم و در جمعیت حاجی‌آباد در قسمت آنتی روستروم تغییراتی مشاهده می‌گردد.

مقایسه درون‌گونه‌ای صفات ریخت‌سنجی اتولیت در ماهی *C. fusca*: باتوجه به برقراری فرض یکسانی واریانس گروه‌ها برای صفات L.H، RDL، RML، ML.FSL، ML.FHL و ML.FHD جهت بررسی تفاوت این صفات برحسب جمعیت‌های مختلف از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد که فقط میانگین صفت L.H برحسب جمعیت متفاوت بود ( $P < 0/01$ ) (جدول ۴) و براساس آزمون تعقیبی Duncan جمعیت نوکند در صفت L.H با سایر ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌دار نشان داد ( $P < 0/01$ ). ولی صفات RDL، RML، ML.FSL، ML.FHL و ML.FHD در اتولیت ماهی *C. fusca* بر حسب جمعیت تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ( $P > 0/05$ ). از طرفی صفات RAL، RRL، RAH و RRH که شرط یکسانی واریانس گروه‌ها برای آنها برقرار نبود براساس آزمون کروسکال

جدول ۴- آزمون ANOVA جهت مقایسه صفات ریخت‌سنجی پارامتریک اتولیت در ماهی *C. fusca* برحسب ایستگاه

صفت	F	صفت	F
L.H	۶/۴۱**	ML.FSL	۱/۷۲
RDL	۰/۷۸	ML.FHL	۲/۰۷
RML	۱/۰۷	ML.FHD	۲/۴۸

جدول ۵- آزمون کروסקال والیس جهت مقایسه صفات ریخت‌سنجی غیرپارامتریک اتولیت و یوروهیال ماهی *C. fusca*

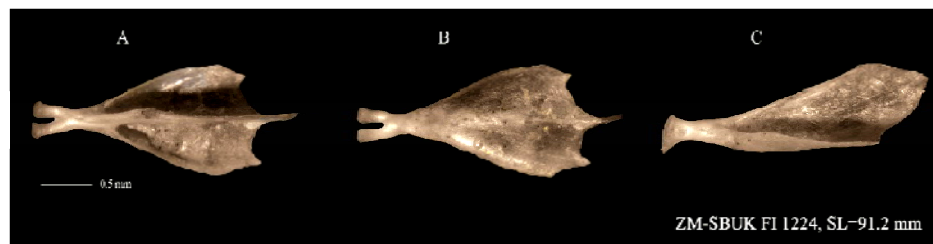
اتولیت	
صفت	χ <sup>۲</sup>
RAL	۴/۷۹
RRL	۹/۴۲*
RAH	۱/۵۹
RRH	۹/۵۹*

جدول ۶- آزمون تعقیبی Games-Howell بر پایه صفات ریخت‌سنجی غیرپارامتریک اتولیت و یوروهیال در ماهی *C. fusca* برحسب جمعیت، ستاره نشان‌دهنده میزان معنی‌داری مقادیر می‌باشد (P < ۰/۰۵).

اتولیت		
صفت	جمعیت‌ها	تفاوت میانگین‌ها
RRL	نوکنند و حاجی‌آباد	*-۵/۷۷
	نوکنند و فدشک	*-۵/۷۴
RRH	نوکنند و حاجی‌آباد	*-۱۱/۹۵
یوروهیال		
H.In.or.d	نوکنند و حاجی‌آباد	*-۵/۵۴

اند، انتهای دو بخش جانبی ساختار دندان مانند مشاهده می‌گردد. ارتفاع تیغه پشتی تقریباً هم‌اندازه عرض پهلوهیال شکمی است. منشأ تیغه پشتی بافاصله کمی از ناحیه عقبی و بلافاصله بعد از شکاف عقبی قرار دارد و دارای شیب نسبتاً ملایمی به سمت عقب می‌باشد (شکل ۶).

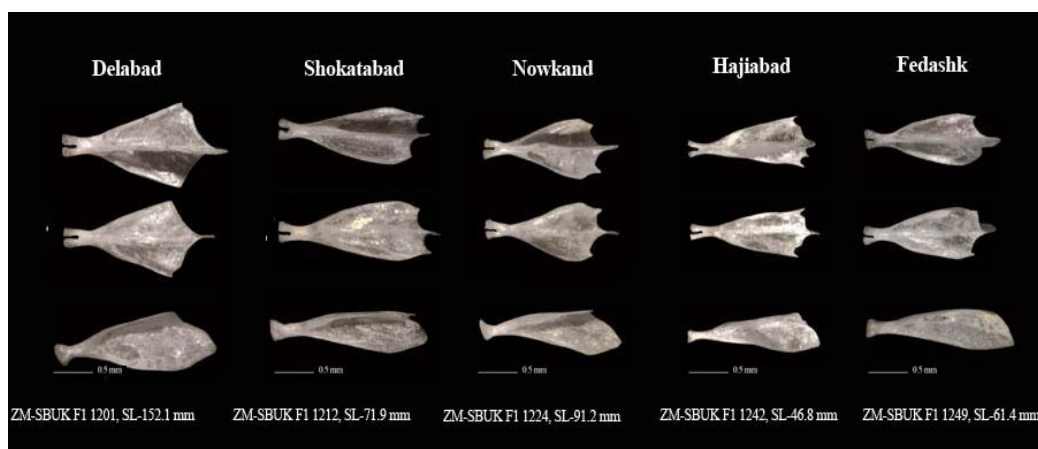
ریخت‌شناسی یوروهیال در گونه *C. fusca*: ناحیه قدامی استخوان یوروهیال فاقد زائده و ناحیه عقبی شکاف نسبتاً عمیقی دارد. تیغه پشتی در انتهای جلویی کاملاً جلوتر از پهلوهیال شکمی است. یوروهیال دارای پهلوهیال شکمی و پهنی است که به دو سمت جانبی گسترش یافته-

شکل ۶- ریخت‌شناسی کلی استخوان یوروهیال در گونه *C. fusca*، به ترتیب از سمت چپ، (A) نماهای پشتی، (B) شکمی (C) جانبی



نسبت سایر جمعیت‌ها کوتاه‌تر و در جمعیت نوکند نسبت به سایر ایستگاه‌ها بلندتر است. شیب انتهای جلویی تیغه پشتی در جمعیت‌های مختلف، متفاوت است و از نمای جانبی یوروهیال‌ها، تصاویر متفاوتی ایجاد کرده است. در ناحیه جلویی در دو سمت پهلوهیال شکمی جمعیت‌های حاجی‌آباد، شوکت‌آباد و نوکند دندان‌هایی در طول یوروهیال وجود دارد که در جمعیت دل‌آباد و فدشک وجود ندارند (شکل ۷).

تغییرات درون گونه‌ای در استخوان یوروهیال در گونه *C. fusca*: از جمله تفاوت‌های بین جمعیت‌ها می‌توان به تفاوت در عرض پهلوهیال شکمی اشاره کرد که در جمعیت حاجی‌آباد نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر است، به همین خاطر استخوان کشیده‌تر به نظر می‌رسد. نمای سطح شکمی در ایستگاه دل‌آباد مثلثی شکل و پهن‌تر از سایر ایستگاه‌ها و نوک تیغه پشتی نازک‌تر و بلندتر است. در ناحیه عقبی، شکل و طول قسمت شکاف‌دار و عمق شکاف در جمعیت‌های مختلف، متفاوت و در جمعیت دل‌آباد

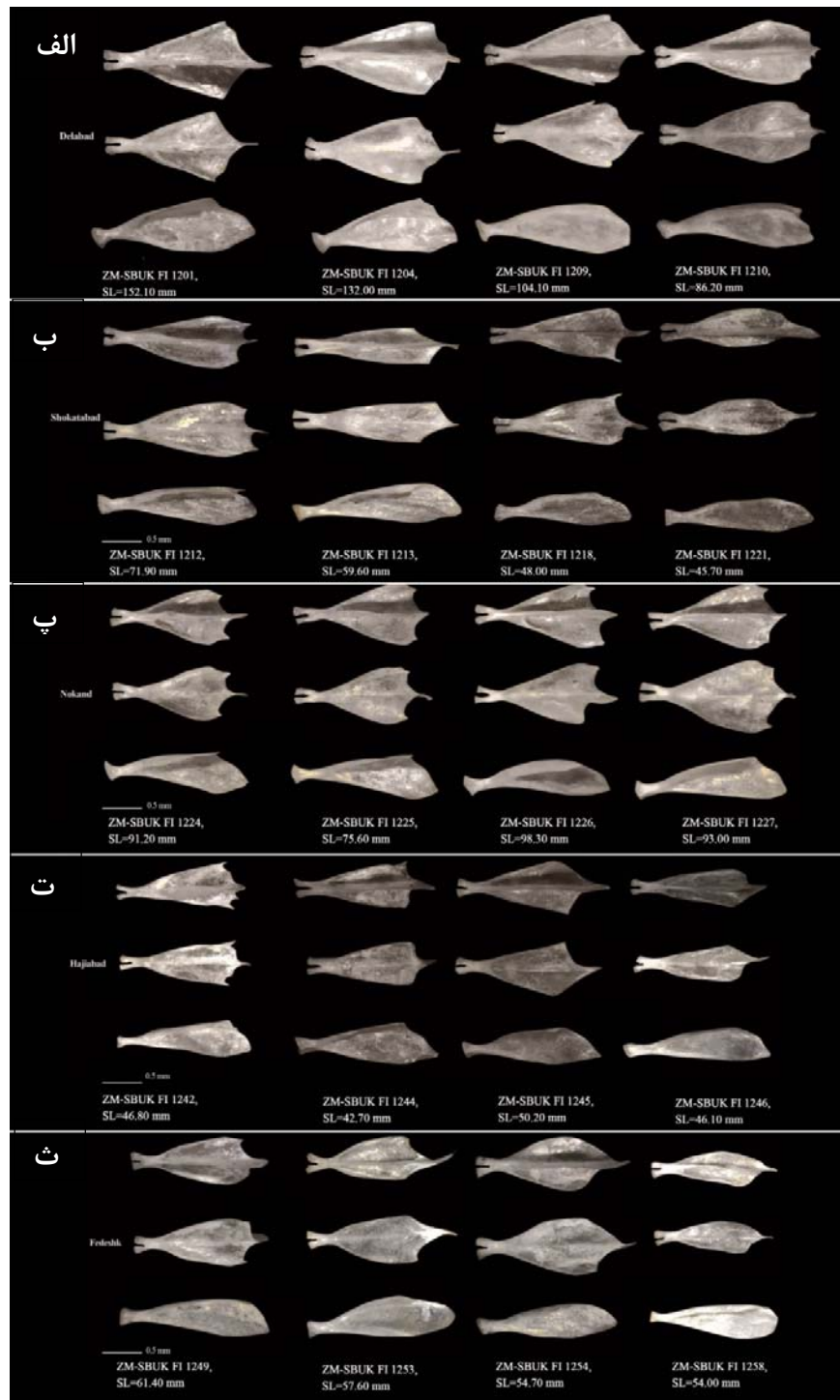


شکل ۷- ریخت‌شناسی استخوان یوروهیال از سه نمای پشتی، شکمی و جانبی (از بالا به پایین) از پنج جمعیت مربوط به گونه *C. fusca*.

آزمون تحلیل واریانس با بیش از ۹۵ درصد و ۹۹ درصد اطمینان، میانگین صفات ریخت‌سنجی استخوان یوروهیال شامل،  $L.Prod$ ,  $L.HD$ ,  $L.Maxb$ ,  $L.SL$ ,  $H.W$ ,  $L.H$ ,  $H.Prod$ ,  $H.Maxb$ ,  $H.HD$ ,  $H.SL$ ,  $L.In.or.d$ ,  $L.Posd$ ,  $W.Prod$ ,  $W.Minb$ ,  $W.Maxb$ ,  $W.HD$ ,  $W.HL$ ,  $H.Posd$  و  $W.In.or.d$  برحسب جمعیت در ماهی *C. fusca* متفاوت بود (جدول ۷) اما سه صفت  $L.W$ ,  $H.HL$  و  $H.In.or.d$  تغییرات معنی‌دار نشان ندادند ( $P < 0.05$ ). بر اساس آزمون تعقیبی Duncan در برخی صفات تفاوت معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده گردید که بیشترین تغییرات را ایستگاه‌های حاجی‌آباد و نوکند با سایر ایستگاه‌ها داشتند (جدول ۸).

تغییرات درون‌جمعیتی در ساختار استخوان یوروهیال در گونه *C. fusca*: سطح شکمی و پشتی در انتهای پهلوهیال، تفاوتی اندکی را نشان می‌دهند. در ناحیه عقبی تغییراتی در شکل عمق قسمت شکاف‌دار دیده می‌شود. ناحیه جلویی بسته به شکل پهلوهیال، در نمونه‌های هر جمعیت متفاوت است. تیغه پشتی تفاوت چندانی را در نمونه‌های هر جمعیت نشان نمی‌دهد (شکل ۸). برای هرکدام از جمعیت‌ها، تصاویر ردیف اول مربوط به نمای پشتی، ردیف دوم مربوط به نمای شکمی و ردیف سوم مربوط به نمای جانبی است.

مقایسه درون گونه‌ای صفات ریخت‌سنجی استخوان یوروهیال در ماهی *C. fusca*: باتوجه به سطح معناداری



شکل ۸- ریخت‌شناسی استخوان یوروهیال از سه نمای پشتی، شکمی و جانبی در جمعیت‌های مختلف از گونه *Capota fusca* در استان خراسان جنوبی. الف) دل‌آباد، ب) شوکت‌آباد، پ) نوکند، ت) حاجی‌آباد، ث) نوکند.

جدول ۷- آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) جهت مقایسه صفات ریخت‌سنجی پارامتریک استخوان یوروهیال ماهی *C. fusca* برحسب ایستگاه

صفت	F	صفت	F	صفت	F
L.H	۲/۹۴*	L.Posd	۷/۴۱**	W.SL	۲/۱۷
H.W	۷/۲۲**	L.In.or.d	۶/۷۰**	W.HL	۳/۳۴*
L.SL	۷/۱۴**	H.SL	۴/۴۰**	W.HD	۳/۱۶
L.HL	۲/۵۲	H.HD	۲/۷۰*	W.Maxb	۳/۲۵*
L.Maxb	۴/۴۳**	H.Maxb	۳/۷۸**	W.Minb	۹/۳۹**
L.Minb	۲/۵۷	H.Minb	۱/۰۱	W.Prod	۴/۴۹**
L.HD	۳/۳۰*	H.Prod	۲/۶۴*	W.Posd	۱/۵۹
L.Prod	۶/۱۲**	H.Posd	۳/۹۰**	W.In.or.d	۲/۸۲*

\*\*P&lt;۰/۰۱

\*P&lt;۰/۰۵

جدول ۸- نتایج آزمون تعقیبی Duncan بر پایه صفات ریخت‌سنجی نسبی پارامتریک یوروهیال در جمعیت‌های *C. fusca*. مقادیر با تفاوت معنی‌دار

بصورت برجسته و ستاره‌دار مشخص شده‌اند

جمعیت‌های گونه <i>C. fusca</i>				تعداد	صفت	ردیف
فدشک	حاجی‌آباد	نوکنند	شوکت‌آباد			
۳۶۳/۲۴	۳۷۹/۸۶	۴۰۲/۵۰	۳۸۱/۴۶	۳۱	L.H	۱
۸۳/۹۳	۸۷/۷۵	۶۱/۱۰	۸۵/۶۰	۳۱	H.W	۲
۸/۳۴	۹/۴۸	۷/۸۴	۸/۶۱	۳۱	L.SL	۳
۳۰/۷۱	۳۹/۷۴	۳۱/۹۰	۳۵/۳۶	۳۱	L.Maxb	۴
۴۶/۰۵	۵۲/۶۸*	۴۴/۸۲	۴۵/۹۹	۳۱	L.HD	۵
۹۵/۶۹	۹۹/۱۶	۹۶/۰۳	۹۷/۷۰	۳۱	L.Prod	۶
۶۳/۸۸	۷۳/۱۷	۶۰/۴۹	۶۷/۵۰	۳۱	L.Posd	۷
۸۲/۱۸	۹۳/۵۸*	۷۷/۸۳	۷۹/۸۳	۳۱	L.In.or.d	۸
۲/۳۲	۲/۵۲	۱/۹۵	۲/۲۵	۳۱	H.SL	۹
۱۲/۸۹	۱۳/۹۹	۱۱/۱۵	۱۲/۰۶	۳۱	H.HD	۱۰
۸/۵۵	۱۰/۵۶	۷/۹۳	۹/۲۷	۳۱	H.Maxb	۱۱
۲۶/۵۹	۲۶/۴۳	۲۳/۸۸	۲۵/۶۴	۳۱	H.Prod	۱۲
۱۷/۸۲	۱۹/۴۶	۱۵/۰۵	۱۷/۷۲	۳۱	H.Posd	۱۳
۱۰/۸۸	۱۰/۷۳	۱۲/۹۸	۱۰/۳۱	۳۱	W.HL	۱۴
۱۵/۳۶	۱۶/۲۰	۱۸/۲۵	۱۴/۳۲	۳۱	W.HD	۱۵
۱۰/۲۳	۱۲/۲۳	۱۲/۹۶	۱۱/۰۳	۳۱	W.Maxb	۱۶
۲۶/۵۴	۲۷/۳۱	۳۵/۰۸*	۲۴/۴۱	۳۱	W.Minb	۱۷
۳۱/۹۴	۳۰/۳۴	۳۹/۱۰*	۳۰/۵۵	۳۱	W.Prod	۱۸
۲۷/۴۰	۲۸/۹۱	۳۱/۷۱	۲۴/۸۳	۳۱	W.In.or.d	۱۹

به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم اکوسیستم‌های آب‌های داخلی به‌خصوص قنات‌ها و چشمه‌ها محسوب می‌گردند (۱۰ و ۱۴) که در طی سال‌های متمادی توسط انسان و یا عوامل طبیعی مانند سیل و بارندگی‌های شدید بین آب‌های داخلی جایجا شده‌اند (۱۴).

بنابراین این جایجایی‌ها می‌تواند باعث تغییرات زیستگاه و در نتیجه تغییر در ریخت و شکل اندام‌های خارجی و داخلی ماهیان از جمله اتولیت‌ها و استخوان یوروهیال گردد. ساختارهای سخت از جمله اتولیت‌ها به‌عنوان یکی از

برای صفات L.W, H.HL و H.In.or.d که شرط یکسانی واریانس گروه‌ها برای آنها برقرار نبود نتایج آزمون کروسکال والیس نشان داد که صفت H.In.or.d در استخوان یوروهیال ماهی *C. fusca* برحسب جمعیت متفاوت می‌باشد ( $P < 0/05$ ) (جدول ۵)، که براساس آزمون تعقیبی Games-Howell این صفت در بین جمعیت‌های نوکنند و حاجی‌آباد تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۶).

## بحث

اعضای خانواده کپورماهیان از جمله گونه‌های سیاه ماهی

و همکاران (۱۳۸۸) (۲) تنوع ریختی اتولیت در کپورماهی شکلان حوضه جنوبی دریای خزر نشان دهنده تنوع شکل از کروی، تخم‌مرغی شکل، مستطیلی و دوکی شکل می‌باشد که نشان دهنده تنوع ریختی در ساختار اتولیت کپورماهیان دارد بنابراین می‌توان از این ساختار در تفکیک گونه‌ها و جمعیت‌های این ماهیان استفاده کرد.

در مطالعه حاضر زانده ناحیه عقبی یوروهیال در ماهی *C. fusca* دارای شکاف عمیق و دوشاخه بود اما براساس مطالعه اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) (۱) در گونه *C. capoeta* انتهای عقبی فاقد شکاف بوده است. مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۶) (۶) بر روی گونه *C. saadii* نشان داد که زانده عقبی دوشاخه و دارای شکاف عمیق بوده است اما ناحیه عقبی بسیار پهن‌تر از گونه *C. fusca* بوده است. در مطالعه حاضر از مهمترین تغییرات بین جمعیتی در ساختار استخوان یوروهیال می‌توان به تفاوت در عرض باله‌های شکمی اشاره کرد که در جمعیت‌های شوکت‌آباد و حاجی‌آباد نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر است و استخوان کشیده‌تر به نظر می‌رسد و در ناحیه عقبی، طول قسمت شکاف‌دار و عمق شکاف در جمعیت‌های مختلف، متفاوت بود. این تفاوت در ساختار استخوان یوروهیال جمعیت‌های سیاه ماهی توئینی حوضه دجله *C. coadi* نیز مشاهده شده است (۵). اما در مطالعه گونه‌های *Barbus lacerta* و *B. cyri* از خانواده کپورماهیان، تفاوت شاخصی در اجزای قوس لامی از جمله استخوان یوروهیال مشاهده نگردیده است (۲۳). ساختارهای آناتومیکی داخلی مانند استخوان یوروهیال متأثر از وضعیت رشد ماهیان می‌باشند به طوری که در ماهیان جوان که سر رشد کمتری دارد استخوان یوروهیال باریک و کشیده و در بلوغ به همراه رشد سر، ناحیه یوروهیال هم رشد کرده و پهن‌تر می‌گردد (۲۰) از طرفی عواملی مانند نوع تغذیه و بستر می‌تواند بر این ساختار مؤثر باشد باتوجه به اینکه قنات‌ها مصنوعات انسانی هستند و در برخی از آنها بستر قلوه‌سنگی و یا سیمانی ایجاد شده است روی نحوه تغذیه

ابزارهای مهم در مطالعات تاکسونومیکی، فیلوژنتیکی و اکولوژیکی محسوب می‌شوند مطالعات تنوع ریختی در اتولیت‌ها در گونه‌های مختلف ماهیان صورت گرفته است، اما تاکنون مطالعه‌ای در مورد ساختار اتولیت در سیاه ماهی گونه *Capoeta fusca* صورت نگرفته بود. براساس مطالعه حاضر اتولیت آستریسکوس در این گونه تقریباً کروی است و از نوع gyro است که دارای یک *lobus major* توسعه‌یافته و *lobus minor* تحلیل رفته است. بخش داخلی اتولیت، مقعر و بخش خارجی آن، محدب است. به‌غیراز قسمت قدامی، سایر قسمت‌ها دارای دندان‌هایی است که بیشترین و عمیق‌ترین آن‌ها در قسمت خلفی اتولیت دیده می‌شود. برخی جمعیت‌های این گونه از جمله جمعیت فدشک و شوکت‌آباد مستطیلی شکل بودند. براساس نتایج شاخص L.H یا شاخص طول به ارتفاع اتولیت‌ها بین جمعیت‌ها اختلاف معنی‌دار نشان داد و همچنین، دو صفت RRL و RRH در اتولیت برحسب جمعیت متفاوت بودند و اختلاف معنی‌دار بین برخی جمعیت‌ها نشان داد بنابراین نتایج ریخت‌سنجی اتولیت هم نشان‌دهنده تنوع شکل مستطیلی و کروی در بین جمعیت‌هاست و تأیید کننده تغییر شکل در جمعیت‌ها می‌باشد اما سایر شاخص‌های ریخت‌سنجی اتولیت بین جمعیت‌ها تفاوت معنی‌دار نشان نداد. براساس مطالعات اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۸) (۲) اتولیت گونه *C. capoeta* مستطیلی شکل و براساس مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۶) (۶) شکل اتولیت گونه *C. saadii* کروی شکل گزارش شده است. بنابراین مطالعات نشان می‌دهد زیستگاه می‌تواند تأثیرات زیادی بر ساختار و شکل اتولیت‌ها داشته باشد. سایر مطالعات نیز نشان داده عوامل محیطی، تغذیه‌ای و ژنتیکی بر آناتومی و ساختار اتولیت‌ها اثرگذار هستند و می‌توانند بر تغییر ساختارهای جمعیت‌ها و گونه‌ها تأثیرگذار باشند (۲۶ و ۳۰). براساس مطالعه بامشاد و همکاران (۱۳۹۵) (۳) تنوع ریختی در ساختار اتولیت بین جمعیت‌های مختلفی از ماهی کفال *Liza aurata* مشاهده شده است. براساس مطالعه اسماعیلی

گردد (۲۰). ماهیانی مانند *Sphyraena putnamae* و *Tylosurus crocodilus* با وجود اینکه از دو خانواده متفاوت می‌باشند اما شکل کلی یوروهیال در هر دو تا حدودی مشابه بوده است که مربوط به زیستگاه و تغذیه مشابه در دو گونه می‌باشد اما براساس تغییرات جزئی و ریخت‌سنجی امکان تفکیک دو گونه وجود دارد استخوان یوروهیال ارتباط بسیار نزدیکی با حرکت، شکار و نحوه باز و بسته شدن دهان در زمان تغذیه دارد (۱۸). بنابراین براساس مطالعات گوناگونی‌های ریختی یوروهیال بسیار متأثر از زیستگاه و تغذیه است و می‌تواند به‌عنوان یک ساختار سخت مهم در مطالعات تاکسونومیک و اکولوژیکی ماهیان مورد استفاده قرارگیرد.

براساس نتایج حاضر ساختار سنگریزه شنوایی و استخوان یوروهیال نقش مهمی در تفکیک جمعیت‌ها و مطالعات درون‌گونه‌ای دارند و می‌توان از این ساختارها در تفکیک و تمایز بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای استفاده کرد.

نمونه‌های مختلف و در نتیجه بر ساختارهای تغذیه‌ای مانند یوروهیال اثرگذار هستند. بطور کلی گونه‌هایی که در شرایط سخت و زیستگاه‌های با تنش‌های محیطی و انسانی (از جمله قنات‌ها) یافت می‌شوند دارای قابلیت سازگاری و تغییرپذیری بیشتری هستند که این تغییرپذیری باعث تغییر در تنوع ریختی آنها نیز می‌گردد. در مطالعه حاضر تغییر در ساختار یوروهیال به‌عنوان ساختار مؤثر در تغذیه سیاه ماهی در جمعیت‌های مختلف مشاهده گردید به‌طوری که آنالیز ریخت‌سنجی یوروهیال نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در اکثریت صفات نسبی بین جمعیت‌های مختلف بود. براساس نتایج حاضر تغییرات درون جمعیتی شاخصی در ساختار یوروهیال دیده نشد تنها در ناحیه عقبی تغییراتی در شکل عمق قسمت شکاف دار مشاهده گردید و ناحیه جلویی بسته به شکل پهلوها، در نمونه‌های هر جمعیت متفاوت است که می‌تواند بسته به رشد و اندازه ماهی و میزان عضلات اطراف یوروهیال این تغییرات جزئی مشاهده

## منابع

۱. اسماعیلی، ح.، غلامی، ز.، تیموری، آ.، و باغبانی، س.، ۱۳۸۹. ریخت‌شناسی استخوان دم لاله و جایگاه آن در تاکسونومی تعدادی از ماهیان آب شیرین حوضه جنوبی دریای خزر، مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۳، شماره ۳، صفحات ۱۴-۱.
۲. اسماعیلی، ح.، غلامی، ز.، باغبانی، س.، و حجت انصاری، ط.، ۱۳۸۸. ریخت‌شناسی سنگریزه‌های شنوایی (اتولیت) در برخی از گونه‌های ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر، مجله زیست‌شناسی کاربردی، جلد ۲۲، صفحات ۲۷-۱۸.
۳. بامشاد، م.، عسکری حسنی، م.، تیموری، آ.، و مجدزاده، س. م.، ۱۳۹۵. ریخت‌شناسی سنگریزه شنوایی ساژیتا در ماهی کفال طلایی *Liza aurata* (Risso, 1810) در زیستگاه‌های ساحلی حوضه جنوبی دریای خزر، فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبریان، سال چهارم، شماره اول، صفحات ۴۸-۳۳.
۴. صالحی نژاد رنجبر، و.، تیموری، آ.، عسکری حسنی، م.، و لشکری، م.، ۱۳۹۵. ریخت‌شناسی مقایسه‌ای استخوان دم لاله و *damascina* species complex (Pisces: Teleostei: Cyprinidae) inferred from comparative
۵. رضوی پور، پ.، ایگدری، س.، و پورباقر، ه.، ۱۳۹۳. مطالعه استخوان‌شناسی سیاه ماهی توتینی *Capoeta damascina Valenciennes, 1842* حوضه دجله، نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، دوره دوم، شماره سوم، صفحات ۱۶-۱.
۶. محمدی، ف.، عسکری حسنی، م.، تیموری، آ.، و مجدزاده، س. م.، ۱۳۹۶. ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی استخوان دم‌لامه و سنگریزه شنوایی سیاه‌ماهی گونه *Capoeta saadii* (Heckel, 1847) جمع‌آوری شده از حوضه آبریز کرمان، فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبریان، سال پنجم، شماره چهارم، صفحات ۱۳۵-۱۱۳.
7. Alwan, N., 2011. Systematics, taxonomy, phylogeny and zoogeography of the *Capoeta*

- morphology and molecular markers. Dissertation for obtaining the doctoral degree the Natural Sciences, Johann Wolfgang Goethe University in Frankfurt am Main, 286 p.
8. Alwan, N., Esmaili, H. R., and Krupp, F., 2016. Molecular phylogeny and zoogeography of the *Capoeta damascina* species complex (Pisces: Teleostei: Cyprinidae). *Plos one*, 11(6), 0156434 p.
  9. Annabi, A., Said, K., and Reichenbacher, B., 2013. Inter-population differences in otolith morphology are genetically encoded in the killifish *Aphanius fasciatus* (Cyprinodontiformes). *Scientia Marina*, 77, PP: 269-279.
  10. Askari Hesni, M., Tahami, M. S., Parsi, B., Zangiabadi, S., and Gholami, A., 2014. New report of *Capoeta damascina* (Teleostei: Cyprinidae) from aqueducts and springs in Kerman province, Iran. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4 (3), PP: 196-201.
  11. Assis, C. A., 2003. The lagenar otoliths of teleosts: their morphology and its application in species identification, phylogeny and systematics. *Journal of Fish Biology*, 62, PP: 1268-1295.
  12. Berra, T. M., and Aday, D. D., 2004. Otolith description and age-and-growth of Kurtus gulliveri from northern Australia. *Journal of Fish Biology*, 65, PP: 354-362.
  13. Chollet-Villalpando, J. G., Cruz-Agüero, J. D. L., and García-Rodríguez, F. J., 2014. Comparison of urohyal bone morphology among gerreid fish (Perciformes: Gerreidae), *Italian Journal of Zoology*, 81 (2), PP: 246-255.
  14. Coad, B. W., 2018. Freshwater fishes of Iran. Available from <http://www.briancoad.com>.
  15. Esmaili, H. R., 2001. Biology of an exotic fish, silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val., 1844) from Gobindsagar Reservoir, Himachal Pradesh, India. Thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in the faculty of science, Panjab University, Chandigarh, 287p.
  16. Farrell, A. P., Stevens, E. D., Cech, J. J., Richards, J. G., 2011. *Encyclopedia of fish physiology: From genome to environment*. Academic Press, Elsevier, London, 2163 p.
  17. Furlani, D., Gales, R., and Pemberton, D., 2007. *Otoliths of common Australian temperate fish: a photographic guide*. CSIRO Publishing, 208 p.
  18. Jawad, L. A., Jahromi, F. L. K., Teimori, A., Mehraban, H., and Esmaili, H. R., 2016. Comparative morphology of the urohyal bone of fishes collected from the Persian Gulf and Oman Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, PP: 1-17.
  19. Krupp, F., and Schneider, W., 1989. The fishes of the Jordan River drainage basin and Azraq Oasis. PP: 347-416.
  20. Kusaka, T., 1974. *The Urohyal of fishes*, University of Tokyo Press, Tokyo, 320p.
  21. Lombarte, A., and Leonart, J., 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 37, PP: 297-306.
  22. Nelson, J. S., Grande, T. C., and Wilson, M. V., 2016. *Fishes of the World*. John Wiley and Sons. 624 p.
  23. Nikmehr, N., Eagderi, S., and Jalili, P., 2016. Osteological description of *Barbus lacerta* Heckel, 1843 (Cyprinidae) from Tigris basin of Iran. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4), PP: 473-477.
  24. Ponton, D., 2006. Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species? *Journal of Morphology*, 267, PP: 750-757.
  25. Popper, A. N., Ramcharitar, J. U., and Campana, S. E., 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, 56, PP: 497-504.
  26. Reichenbacher, B., Kamrani, E., Esmaili, 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, PP: 507-521.
  27. 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, PP: 898-915.
  28. Reichenbacher, B., Krijgsman, W., Lataster, Y., Pipperr, M., Van Baak, C. G., Chang, L., Kälin, D., Jost, J., Doppler, G., Jung, D., and Prieto, J., 2013. A new magnetostratigraphic framework for the lower Miocene (Burdigalian/Ottangian, Karpatian) in the North Alpine Foreland Basin. *Swiss Journal of Geosciences*, 106(2), PP: 309-334.

29. Salehi, V., Askari-Hesni, M., Teimori, A., and Lashkari, M. R., 2016. The sagittal otolith morphology of four selected mugilid species from Iranian waters of the Persian Gulf (Teleostei: Mugilidae). *International Journal of Aquatic Biology*, 4(5), PP: 318-324.
30. 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, PP: 327-337.
31. Teimori, A., Esmaili, H. R., Gholami, Z., Zarei, N., and Reichenbacher, B., 2012a. *Aphanius arakensis*, a new species of tooth-carp (Actinopterygii, Cyprinodontidae) from the endorheic Namak Lake basin in Iran, *Zookeys*, 215, PP: 55-76.
32. 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, PP: 251-337.

## The intraspecific variations of otolith and urohyal bone structures in *Capoeta fusca* (Nikolskii, 1897) (Teleostei: Cyprinidae) in Loot Basin

Askari Hesni M., Mohammadi F., Teimori A. and Madjzadeh S.M.

Dept. of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, I.R. of Iran.

### Abstract

Hard Structures such as otolith and urohyal have high taxonomical value in intraspecific and interspecific studies of teleostei. In this study the intraspecies variations in morphology and morphometry of the otolith and urohyal bone were investigated in *Capoeta fusca* (Nikolskii, 1897). Fish specimens were collected from five populations located in Loot Basin in Southern Khorasan province and preserved in 75% ethanol. The otolith and urohyal bones were extracted by standard method, and their morphology described and morphometric characters were analyzed. Results showed the astriscus is the biggest otolith and was gyro-type with major and minor lobus. Astriscus was circle or rectangular between different populations with the inner part concave and the outer part convex. The morphometric analyses showed that populations have significant differences in L.H., RRL and RRH ( $P < 0.05$ ). The anterior part of the urohyal bones was without appendage, and posterior part with deep groove, dorsal plate is more front of ventral edges and its height is equal to ventral edges. End of lateral edges are with dentin structures. The urohyal morphometric analyses indicated that the most relative characters were showed significant differences between all populations. In conclusion, morphologic variations of the asteriscus and urohyal are important in intraspecies and interspecies differentiation.

**Key words:** *Capoeta*, Taxonomy, Hard structures, Cyprinidae, Loot Basin.