ریخت‌شناسی سنگریزه های شنوایی (اتولیت) در برخی از گونه‌های ماهیان حوضه‌ی جنوبی دریای خزر

حمید رضا اسماعیلی،[۱] زینب غلامی [۲]
طلعت حجت انصاری،[۳] سمیه باغبانی[۴]

چکیده

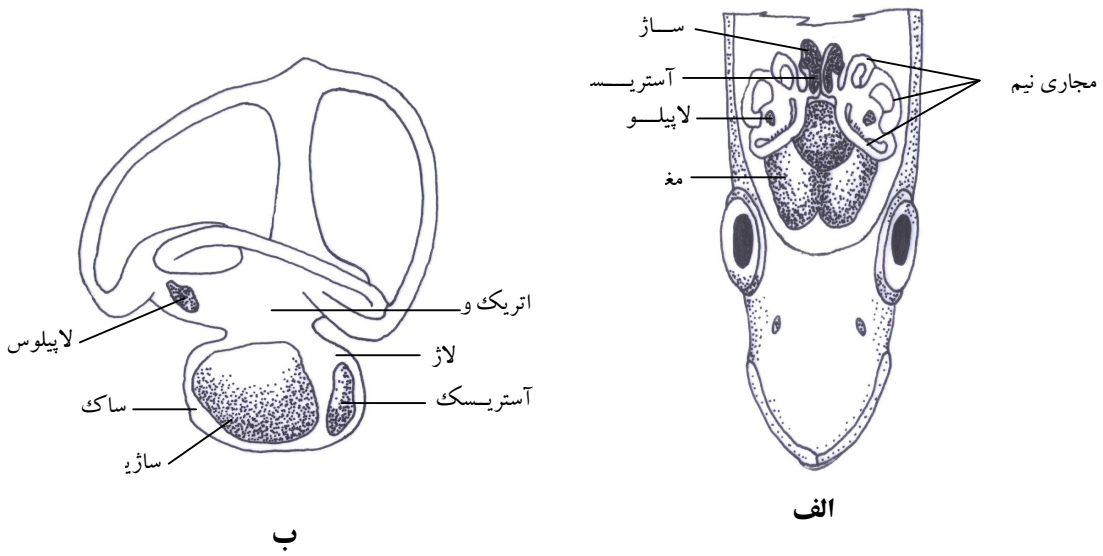
اتولیت یا سنگریزه شنوایی عناصر اسکلتی نسبتا سختی هستند که حاوی مواد معدنی و آلی بوده و در سر ماهیان قرار دارند. این سنگریزه ها سه جفت بوده و به نام های ساژیتا، لاپیلوس و آستریسکوس خوانده می شوند. در پژوهش حاضر ریخت شناسی سنگریزه ی شنوایی ۱۳ گونه ماهی از ۱۲ جنس، ۴خانواده و ۴ راسته ی مختلف (کپور ماهی شکلان، سوف ماهی شکلان، اردک ماهی شکلان، کفال ماهی شکلان) مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت است. نتایج نشان داد که شکل، اندازه و ساختار سنگریزه های شنوایی در ماهیان مورد مطالعه دارای تنوع می باشد. تنوع شکلی هر سه نوع سنگریزه خاص گونه ای است. در این پژوهش مشخص گردید که در خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) سنگریزه شنوایی آستریسکوس و در خانواده‌های گاو ماهیان (Gobiidae)، کفال ماهیان (Mugilidae) و اردک ماهیان (Esocidae) سنگریزه ساژیتا بزرگتر از دو سنگریزه دیگر می باشد. علاوه بر این تنوع شکلی بالایی (گرد، دایره ای، تخم مرغی و مربعی شکل) در اتولیت آستریسکوس تمام گونه های ۴ خانواده مورد مطالعه دیده می شود. از این تنوع شکلی اتولیت ممکن است در بررسی های تاکسونومیکی، دیرین شناسی و بررسی رژیم و عادات غذایی مهره داران مختلف آبزی مثل پستانداران، پرندگان و ماهیها استفاده شود.

واژه های کلیدی: *اتولیت، تاکسونومی، ریخت شناسی، حوضه خزر*

مقدمه

ماهیان متنوع‌ترین و پر تعدادترین گروه از مهره-داران را تشکیل می‌دهند. آنها در آب‌های جهان گسترده شده‌اند و این گسترش به لحاظ تنوع شگفت‌آوری است که از نظر سازگاری‌های ریخت-شناسی، فیزیولوژیک و رفتاری از خود نشان داده‌اند (۳). وجود تنوع علاوه بر ریخت در ساختارهای درونی ماهیان نیز مشاهده می‌شود. برخی از این ساختارها مانند سنگریزه‌های شنوایی (اتولیت) دارای تنوع گونه‌ای بوده و یا در سطح جنس و خانواده دارای تنوع می‌باشند لذا در مطالعات رده‌بندی ماهیان نقش مهمی ایفا می‌نمایند. (۹) سنگریزه‌ها عناصر اسکلتی حاوی مواد معدنی و آلی بوده که در گوش داخلی ماهیان استخوانی دیده می شوند. سه شکل متفاوت از این سنگریزه ها در سه اتاقک درون لابیرنت غشایی گوش داخلی هر ماهی استخوانی وجود دارد (شکل ۱) که با توجه به نام هر اتاقک، بنام لاپیلوس (Lapillus) سنگریزه اتاقک اوتریکول، ساژیتا (Sagitta) سنگریزه اتاقک ساکول و آستریسکوس (Asteriscus) سنگریزه اتاقک لاژنا نامگذاری شده‌اند (۷، ۱۰، ۹). مطالعه ویژگی‌های ریخت شناسی سنگریزه شنوایی ماهیان به خاطر نقش و کاربرد آنها در شناسایی ماهیان، حتی نمونه‌های فسیلی اکولوژی و رفتارهای تغذیه‌ای ماهیان است (۲۳، ۲۲، ۲۱، ۲۰، ۱۳، ۱۲). بیشترین تفاوت‌های سیستماتیکی در ریخت‌شناسی سنگریزه‌شنوایی را می‌توان در ماهیان استاریوفیزی و دیگر گونه‌های ماهیان استخوانی مشاهده نمود. نزدیکی آستریسکوس به ساختارهای وبرین در ماهیان استاریوفیزی مثل کپورماهی شکلان (Cypriniformes) نشان می‌دهد که این سنگریزه شنوایی نقش مهمی در شنوایی این گروه از ماهیان دارد لذا نسبت به دیگر سنگریزه‌های شنوایی دارای اندازه‌ی بزرگتری می‌باشد. اما در اکثر ماهیان استخوانی عالی (تلئوست) ساژیتا بزرگترین سنگریزه شنوایی است،(۱۸) که بخاطر اندازه‌ی بزرگ و درجه‌ی بالای تنوع بین گونه‌ای آن استفاده و کاربرد گسترده‌تری در رده‌بندی مقایسه‌ای ماهیان دارد. (۱۵) مطالعات زیادی که در نیمه نخست قرن بیستم در مورد اتولیت ماهیان صورت گرفته است (۵) و نیز حجم مقالات منتشر شده در مورد سنگریزه شنوایی در سال‌های اخیر بیانگر اهمیت و کاربرد آن در رده‌بندی و زیست‌شناسی ماهی و نیز علوم شیلاتی است. از سنگریزه های شنوایی جهت تعیین سن روزانه و سالیانه، بررسی فاکتورهای مختلف رشد، فصل تولید مثل، زمان تفریخ، زمان شروع اولین تغذیه، زمان دگردیسی، مهاجرت، برسی آلودگی زیستگاه، حداکثر طول و وزن قابل کسب توسط ماهی، بررسی تاریخ طبیعی گذشته ماهی، تعیین تفاوت های درون جمعیتی جهت ارزیابی ذخائر و نیز بررسی رژیم غذایی ماهیان ، پرندگان و پستانداران دریایی استفاده می شود(۹) . بطور کلی سنگریزه شنوایی در ماهیان مختلف شکل و اندازه‌های بسیار متنوعی از جمله، گرد، دوکی، تخم مرغی، مثلثی، بیضی و مربعی شکل دارند، لذا از این نظر دارای ارزش تاکسونومیکی هستند. لذا در پژوهش

اخیر سنگریزه شنوایی۱۳ گونه ماهی متعلق به۱۲ جنس و۴ تیره که از نقاط مختلف حوضه جنوبی دریای خزر جمع آوری گردیده، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.



شکل۱. الف. دستگاه شنوایی ماهی استاریوفیزی (کپورماهیان). الف: موقعیت مجاری نیم دایره و سنگریزه های شنوایی (اقتباس از Secor et al.1991).
ب. سنگریزه های شنوایی به همراه اطاقک های آنها (اقتباس از ستاری، ۱۳۸۱).

مواد و روش‌ها

نمونه ماهی‌های مورد مطالعه جهت بررسی سنگریزه‌های شنوایی توسط توردستی و یا تورپرتابی از رودخانه‌ها و آبندهای مختلف شهرستان‌های بابل، ساری و بابلسر (حوضه جنوبی دریای خزر) همچنین تعداد محدودی از نمونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق از بازار ماهی‌فروشان در شهر آستانه اشرفیه در استان گیلان در سال ۱۳۸۶ تهیه و به صورت فریز شده به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه، نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از منابع علمی معتبرموجود مورد شناسایی قرار گرفته و به هر کدام از آنها کد موزه ای (شماره‌هایی متعلق به مجموعه جانورشناسی دانشگاه شیراز CBSU) اختصاص داده شد. به منظور استخراج سنگریزه‌های شنوایی، ابتدا سر ماهی از ناحیه‌ی عقب اپرکولوم جدا گردید، سپس با استفاده از اره‌مویی بین دوچشم ماهی یک شکاف طولی کاملا متقارن ایجاد شد تا لابیرنت غشایی (گوش داخلی) آشکار گردد. در ادامه برای جداسازی سنگریزه‌های شنوایی از میکروسکوپ تشریح مدل Zeiss (Stemi SV6) استفاده گردید. به منظورشفاف شدن و جدا شدن مواد اضافی از سنگریزه‌های شنوایی جدا شده، آنها به مدت ۵ دقیقه در KOH ده درصد قرار داده شده و سپس به ویال‌های کوچک محتوی گلیسرین منتقل

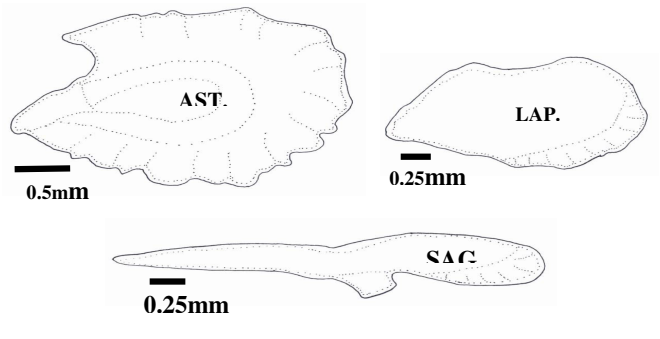
شدند. برای نگهداری سنگریزه‌های شنوایی برای مدت طولانی و انجام مطالعات بیشتر روی آنها از الکل یا گلیسرین یا مخلوطی از هر دو استفاده می‌شود (۴). جهت بررسی های ریختی، شکل شماتیکی کلی سنگریزه‌های شنوایی با استفاده از لوله ترسیم متصل به میکروسکوپ استریو (Camera Lucida) مدل Zeiss (Stemi SV6) ترسیم و سیس مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

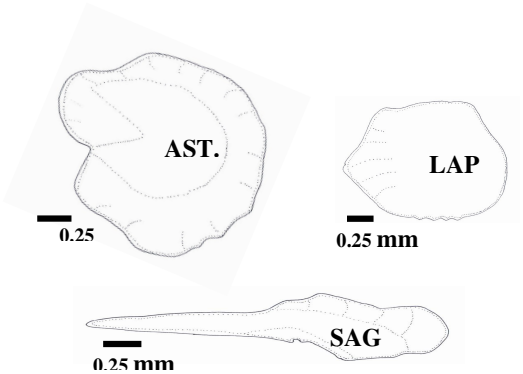
تنوع شکلی سنگریزه‌های شنو ایی ماهیان مورد مطالعه در شکل ۲ ارایه گردیده است. نتایج نشان داد که در کپور ماهی‌شکلان مورد مطالعه شامل:

Vimba vimba, (pallas, 1811) *Pseudoraspora parva* (Temminck and Schlegelin siebold 1842), *Capoeta capoeta*(Keyserling, 1861), *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782), *Barbus capito* (Kessler, 1872), *Hemiculter lucisculus* (Basilewski, 1855) , *Alburnoides* cf. *bipunctatus* (Bloch, 1782), *Rutilus firisii* (Kamenski, 1901), *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) آستریسکوس بزرگترین اتولیت بوده و ساژیتا دراز و باریک است یعنی طول آن بیشتر از عرض آن می‌باشد. دراکثر این ماهیان آستریسکوس از نظر شکل ظاهری گرد و دایره‌ای است. در *Barbus capito* آستریسکوس تخم‌مرغی شکل و در دو گونه *Vimba vimba* و *Rutilus firisii* تقریبا به فرم چهارگوش می‌باشد. درکپورماهی شکلان لاپیلوس نیز دارای تنوع بوده و به شکل‌های گرد در *Blicca bjoerkna*، تقریبا دوکی‌شکل در *Pseudoraspora parva* و *Hemiculter lucisculus* و در *Barbus capito* تخم‌مرغی شکل و در *Capoeta capoeta* مستطیل شکل دیده می‌شود. در اردک ماهی شکلان همانند سوف ماهی‌شکلان ساژیتا از سایر اتولیت‌ها بزرگتر می‌باشد. در گونه‌های مورد مطالعه از راسته سوف‌ماهی‌شکلان یعنی *Neogobious melanostomus*, *Neogobius fluviatilis* ساژیتا نسبت به دو سنگریزه‌شنوایی دیگر بزرگتر است. این سنگریزه شنوایی در *Neogobius fluviatalis* مربعی و در *Neogobious melanustomous* به فرم‌های تقریبا تخم مرغی و یا مربعی دیده می‌شود. آستریسکوس در ایندو گونه کوچکتر از ساژیتا بوده و بیشتر به شکل مثلثی یا مربعی می باشد. در *Liza saliens* از کفال ماهی شکلان ساژیتا به شکل تخم مرغی و بزرگترین اتولیت، و لاپیلوس کمی کشیده تر از آستریسکوس است. بنابراین در بین سه جفت اتولیت، لاپیلوس منظم ترین شکل، هموژن ترین ساختار و کمترین ویژگی قابل استفاده را در بین تمام رده های ماهیان دارد (۶). همانطور که ذکر شد آستریکوس در ماهیان استاریوفیزی در مقایسه با ساژیتا بزرگتر است (۵). با مقایسه سنگریزه‌های گونه‌های مختلف ماهیان موردمطالعه مشخص گردید که در بین سه سنگریزه شنوایی گوش داخلی ماهیان، آستریسکوس در کپور ماهی شکلان و ساژیتا در راسته سوف ماهی‌شکلان و اردک ماهی شکلان بزرگترین سنگریزه شنوایی می‌باشند، همچنین لاپیلوس در بین سه جفت سنگریزه شنوایی در انواع گونه‌ها تقریبا مشابه و کمترین ویژگی شناسایی قابل استفاده را در بین تمام رده‌های ماهیان مطالعه شده دارد. بر این اساس آستریسکوس در راسته کپور

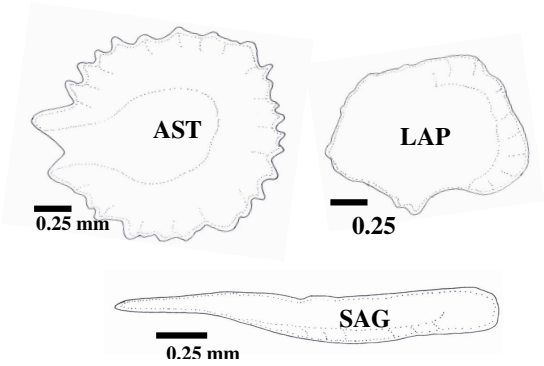
ماهی شکلان و ساژیتا در راسته سوف ماهی‌شکلان دارای اهمیت بسزایی در شناسایی گونه‌های این ماهیان دارند.



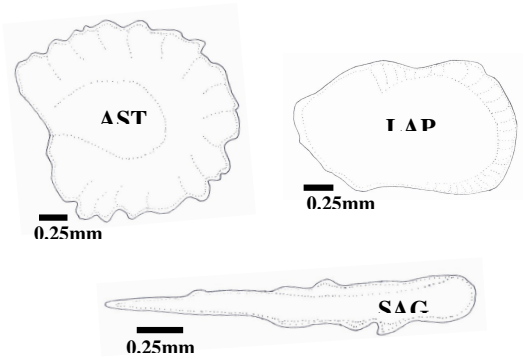
Barbus capito



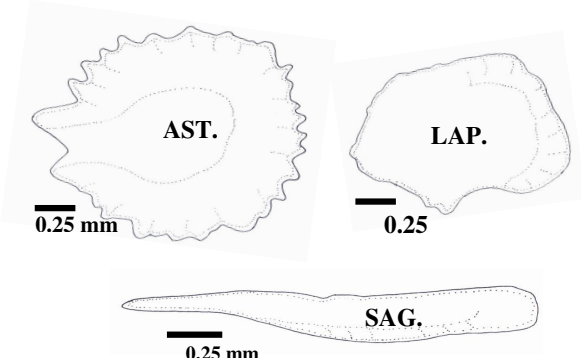
Alburnoides



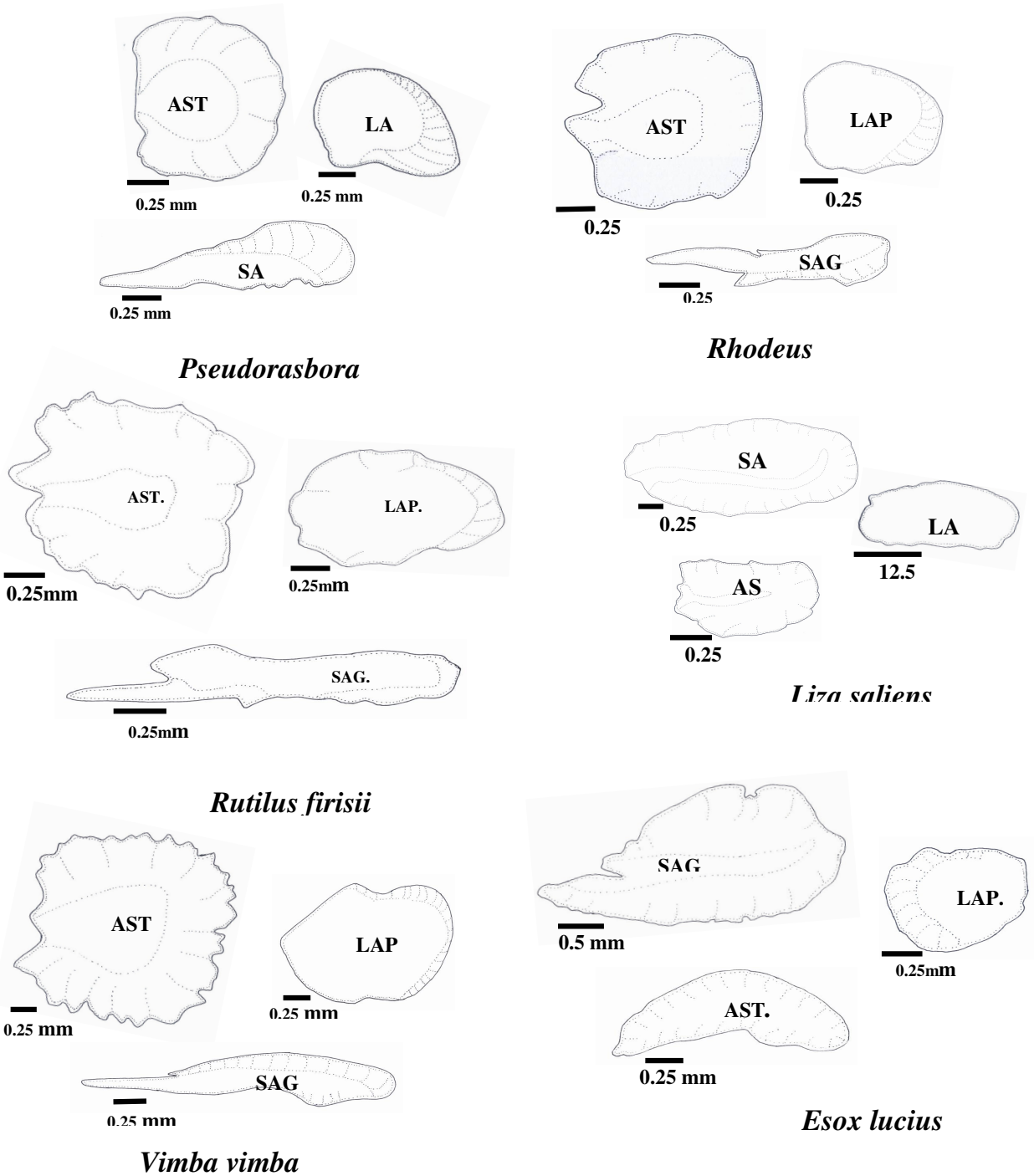
Hemiculter



Capoeta capoeta gracilis



Hemiculter lucisculus



شکل ۲. ریخت شناسی سنگریزه های شنوایی در ماهیان مورد مطالعه

بحث

ماهیان متنوع‌ترین مهره‌داران شناخته شده هستند. (۱۴) وجود گوناگونی در ریخت و ساختارهای درونی این مهره‌داران سبب گردیده است که از این تنوع در جهت شناسایی جمعیت‌ها و گونه‌های مختلف استفاده شود. یکی از این ساختارها سنگریزه شنوایی است که بین گونه‌های ماهیان دارای تنوع شکلی قابل ملاحظه‌ای می‌باشد و به تعداد سه جفت به نام‌های ساژیتا، آستریسکوس و لاپیلوس در لابیرنت غشایی گوش داخلی ماهیان قرار دارد. لذا وجود این ویژگی‌ها می‌تواند سنگریزه شنوایی را همانند استخوان دم لامه به‌عنوان یکی از ابزارهای مناسب رده‌بندی در ماهیان قرار دهد (۱). با توجه به نتایج بدست آمده در تحقیق فوق و برخی مطالعات مشابه انجام شده (۱۸، ۲) در ماهیان استاریوفیزی اندازه آستریسکوس نسبت به ساژیتا بزرگتر است. در کپورماهی‌شکلان آستریسکوس معمولا به فرم‌های گرد و تخم مرغی شکل بوده و ساژیتا به اشکال سوزنی و یا میله ای می‌باشد (۲). در پژوهش اخیر با بررسی برخی گونه‌های دیگر این راسته نتایج مشابهی مشاهده گردید. با مقایسه سنگریزه‌های شنوایی گوش داخلی گونه‌های مختلف ماهیان مورد مطالعه در پژوهش حاضر مشخص شد که ساژیتا و آستریسکوس با دارا بودن تنوع ریختی که در راسته کپورماهی شکلان مورد مطالعه مشاهده شد، در رده‌بندی و شناسایی گونه‌های مختلف ماهیان این گروه از اهمیت بیشتری برخوردارند. در سوف ماهی‌شکلان (Perciformes) مورد مطالعه با توجه به داشتن اندازه بزرگ و همچنین تنوع ریختی ساژیتا، جداسازی راحت تر آن، این سنگریزه در شناسایی گونه‌های مختلف ماهیان این گروه نقش مهم‌تری دارد (۲). در بررسی راسته سوف ماهی-شکلان در پژوهش حاظر نیز چنین نتایجی حاصل گردید. تشابه کلی ریخت اتولیت سوف ماهی شکلان و کفال ماهی شکلان ممکن است دلیلی بر نزدیکی این دو راسته ماهی باشد بطوری که بعضی از ماهی شناسان آن ها را در یک راسته قرار می دهند. Assis در سال ۲۰۰۳ بیان کرد که آستریسکوس ماهیان نسبت به سایر سنگریزه‌های شنوایی به علت کوچک و شکننده بودن درگروه-هایی از ماهیان به غیر از اتوفیزی‌ها و کمیاب بودن آستریسکوس در لایه‌های زمین‌شناسی، محتویات معده‌ای و پسمانده‌های غذایی شکارچیان کمتر مورد مطالعه قرار گرفته و بیشتر مطالعات در ارتباط با سنگریزه شنوایی گوش داخلی ماهیان روی ساژیتا انجام گرفته است. او نشان داد که آستریسکوس می‌تواند در شناسایی ماهیان، مورد استفاده قرار گیرد و همچنین عنوان نمود که این سنگریزه شنوایی ممکن است اطلاعات اضافی و با ارزشی را برای فیلوژنی و رده‌بندی ماهیان فراهم نماید. بررسی جزییات دقیق این اتولیت در مطالعه اخیر نیز نشان دهنده ارزش تاکسونومیکی آن می-باشد. با افزایش دانش در مورد اتولیت ها و برای مطالعات تاکسونومیک در تراز بالاتر ممکن است از آنها به عنوان یک ابزار قابل ارزش در شناسایی

گونه‌های ماهی و همچنین به عنوان یک منبع از اطلاعات تاکسونومیک و فیلوژنتیک در تراز گونه، جنس و خانواده بکار برد. با مطالعه در رده ها و ارزیابی میزان تنوع درون و برون گونه ای از طریق اتولیت می توان از آنها به عنوان یک ابزار قوی تاکسونومیکی قابل ارزش استفاده کرد (۹). از آنجا که شکل اتولیت در طی زندگی ماهی تغییر می کند و خاص گونه ای است بنابراین از شکل اتولیت می توان برای تمایز بین گونه ها و حتی جمعیت های همان گونه استفاده کرد (۸).

بنابراین در بین سه جفت اتولیت، لاپیلوس منظم ترین شکل، هموژن ترین ساختار و کمترین ویژگی قابل استفاده را در تمام گرو های ماهیان دارد در حالی که در کپور ماهی شکلان، آستریسکوس و در سوف ماهی شکلان و کفال ماهی شکلان، ساژیتا دارای تنوع قابل ملاحظه بوده و می‌تواند در بررسی‌های تاکسونومیکی، فسیل شناسی و بررسی رژیم و عادات غذایی مهره دارن مختلف آبزی مثل پستانداران، پرندگان و ماهیها مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدر دانی

ازمعاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز به جهت فراهم نمودن امکانات لازم و حمایت های مالی و آقای مهندس نقوی از مرکز شیلات شهید رجایی ساری که در جمع‌آوری نمونه‌ها همکاری صمیمانه داشتند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱. اسماعیلی،حمید رضا و تیموری، آزاد. ریخت شناسی استخوان دم لام و اهمیت آن در آرایه شناسی تعدادی از ماهیان آب شیرین ایران. مجله علمی شیلات ایران، سال پانزدهم، شماره ۳، صفحات۱ تا ۸، ۱۳۸۵.

۲. اسماعیلی،حمیدرضا، تیموری، آزاد و پیراور، زینب، ریخت‌شناسی سنگریزه‌های شنوایی (اتولیت) در شماری از ماهیان آب شیرین ایران. مجله شیلات ایران، سال هفدهم، شماره ۴، صفحات ۱۶۳ تا ۱۶۸، ۱۳۸۸.

۳. ستاری، مسعود، ماهی شناسی (۱) (تشریح و فیزیولوژی). دانشگاه گیلان. انتشارات نقش مهر .صفحات۵۸۲ تا ۷۸۲ ، ۱۳۸۱.

۴. عادلی، افشین، مبانی زیست‌شناسی ماهی، تالیف، اس. پی. بسیواس. نشر علوم کشاورزی، ۱۳۷۸.

5. Assis, C. A. The lagenar Otoliths of teleosts: their morphology and its application in species identification, phylogeny and systematics. Journal of Fish Biology, 62, 1268-1296, 2003.

6. Assis, C.A., The utricular otoliths, Lapilli, of teleosts: their morphology and relevance for species identification and systematic studies. Scientia Marina, 69, 259-273, 2005.

7. Berra, T.M. & Aday, D. D., Otolith description and age-and-growth of Kurtus gulliveri frome northern Australia. Journal of Fish Biology **6**5, 354-362, 2004.

8. Bermejo, S., Monegal, B. & Cabestany, J. Fish age categorization from otolith images using multi-class support vector machines, Fish Research, **84**, pp. 247–253, 2007.

9. Esmaeili, H.R., Biology of an exotic carp, Hypophthalmichthys molitrix (Val., 1844) from Gobindsagar Reservoir, Himachal Pradesh, India. Ph.D. Thesis Submitted to Panjab University, India, 2001.

10. Fag, R., Popper, A. N., Evolution of hearing in Vertebrates: The inner ears and processing. Hearing Research. 149, 1-10, 2000.

11. Gaemers, P. A. M., Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. Netherlands journal of Zoology, 34(4): 566-595, 1984.

12. Harkonen, T., Guide to the Otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. Hellerup: Danbiu, 1986.

13. Lombarte, A., Rucabado, J., Matallanas, J. & Lloris, D. Taxonomia numerica de Nototheniidae en base a la forma de los Otoliths. Science Marine. 55, 413-418, 1991.

14. Nelson, J. S., Fishes of the World. 3rd Edition. John Wiley & Sons,NewYork. Xix + 601pp, 2006.

15. Nolf, D., Otolithi piscium. In: Handbook of Paleoichthyology, Vlo. X, L. and Kuhn, O., eds, pp. 1-26. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1985.

16. Nolf, D. , Studies on fossil Otoliths. In: Recent Developments in fish Otolith Research, pp. 513-544. Columbia, SC: University of South Carolina Press, 1995.

17. Popper, A. N., Scanning electron micrpscopic study of the sacculus and lagena in several deep-sea fishes. American Journal of Anatomy, 157, 115-136, 1980.

18. Popper, A.N., Organization of the inner ear and processing of acoustic information. In: Northcutt, R.G., Davis, R.E. (Eds.), Fish Neurobiology and Behavior. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, pp. 125-178, 1983.

19. Secor, D. H., Dean, J. M. & Laban, E. H. Manual for otolith removal and

preparation for microstructure examination. Baruch Institue Technical Report 91-1, Univ, South Carolina, Columbia, SC, 85p, 1991.

20. Smale, M. J., Watson, G. & Hecht, T. Otolith atlas of Southern African marine fishes. Ichthyological Monographs of the J.L.B. Smith Institute of Ichthyology 1, 1-235, 1995.

21. Tuset, V. M., Gonzalez, J. A., Garcia-Diaz, M. M. and Santana, J. I. Feeding habitats of Serranus cabrilla (Serranidae) in the Canary Islands. Cybium, 20, 161-167, 1996.

22. Volpedo, A. V. & Echeverria, D. D. Catalogoy claves de Otoliths para la identificacion de peces del mar de Argentina. Buenos Aires: Dunken, 2000.

23. Williams, R. and Mceldowney, A. A guide to the fish otoliths from waters of the Australian Antarctic Territory, Heard and Macquarie Islands. ANARE Research Notes 75, 1-173, 1990.