

## استخوان‌شناسی توصیفی ماهی سنگ‌لیس پارس (Garra persica) در حوضه سیستان



مظاهر زمانی فرادنبه و یزدان کیوانی\*

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۷

### چکیده

ماهی سنگ‌لیس پاریسی، *Garra persica* Berg, 1913 از کپورماهیان بومی ایران است که در حوضه‌های آبریز هرمز، مکران، جازموریان، سیستان و کرمان ساکن می‌باشد. ساختارهای استخوانی ماهیان از صفات بیولوژیکی مهمی می‌باشند که اطلاعات مفید و ارزشمندی در زمینه‌های زیست‌شناختی و بوم‌شناختی فراهم می‌کنند. از آنجایی که اطلاعات اندکی در مورد ماهی سنگ‌لیس پاریسی (*G. persica*) در دسترس می‌باشد و بخصوص این که اطلاعات در مورد استخوان‌شناسی این گونه وجود ندارد، این مطالعه به منظور بررسی و توصیف ساختارهای استخوانی گونه سنگ‌لیس پاریسی صیدشده از رود زهک حوضه سیستان انجام گرفته است. ساختارهای اسکلتی این گونه تفاوت‌هایی را در شکل استخوان‌های ورم، فرارویزنی، آهیانه، پراپروانه‌ای، پرتوپایه‌ها، رودمپره‌ها، زیرمپره، خار عصبی و خونی باله دم، تعداد استخوان‌های مجموعه دون‌حلقه‌ای، شکل و تعداد فراعصبی‌ها، فقدان خار سخت در باله پشتی با برخی از سایر گونه‌های کپور ماهی ارائه شده در مقالات دیگر نشان می‌دهد که این قبیل تفاوت‌ها می‌توانند به عنوان ویژگی‌های استخوان‌شناسی قابل تشخیص این گونه و حتی جمعیت‌های این گونه در سایر رودخانه‌ها در نظر گرفته شوند. این تفاوت‌ها می‌تواند به عنوان سازگاری به شرایط تغذیه‌ای و محیطی تلقی شوند و در مطالعات تبارشناسی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: استخوان‌شناسی، *Garra persica*، حوضه سیستان، اسکلت ماهی.

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۶۲۷۷۶۰۰۱، پست الکترونیکی: keivany@cc.iut.ac.ir

### مقدمه

ماهیان جنس *Garra* در سراسر جنوب غربی آسیا و از آفریقا تا جنوب شرقی آسیا پراکنش دارند. این جنس دارای ۲۱۶ گونه می‌باشد (۱۲، ۱۳، ۲۴ و ۲۶) که ده گونه از آنها شامل *Garra gymnothorax*، *G. lorestanensis*، *G. rossica*، *G. persica*، *G. nudiventris*، *G. mondica*، *G. amirhosseini* و *G. variabilis*، *G. typhlops*، *G. rufa* در آب‌های ایران شناسایی و معرفی شده‌اند (۱۲). سنگ‌لیس پاریسی (*G. persica* Berg, 1913) در ابتدا به عنوان زیرگونه‌ای از گونه *G. rufa* محسوب می‌شد (۷) در حالی که محققانی مانند منون (۱۹۶۴) و کارامن (۱۹۷۱) این گونه را مترادف (synonyme) با گونه *G. rufa* معرفی کرده بودند، ولی مطالعات کاربوتایپ این گونه را از گونه

*G. rufa* جدا کرد (۱۱). از ویژگی‌های مهم این گونه می‌توان به داشتن دو جفت سیبلیک، وجود دیسک چسبنده توسعه یافته، باله پشتی با هفت تا ده شعاع منشعب و باله دم با ۱۶ شعاع منشعب اشاره کرد (۸). حوضه‌های پراکنش این گونه شامل حوضه‌های هرمز، مکران، هامون جازموریان، سیستان و کرمان می‌باشد (۸ و ۱۷). با توجه به نظرات محققان مختلف در مورد اسم گونه جمعیت‌های این گونه در حوضه‌های مختلف، می‌توان عنوان کرد که شناسایی و تعیین گونه (گونه‌شناسی) جمعیت‌های این گونه و حتی جنس *Garra* در زیستگاه‌های مختلف نیازمند روشی معتبرتر و محکم‌تر از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و شمارشی می‌باشد. از آنجایی که زیستگاه پراکنش ماهیان

ساختار اسکلتی سنگ‌لیس پارسی (*G. persica*) به اجرا درآمده است. نتایج این مطالعه علاوه بر اهمیت در شناخت خصوصیات استخوان‌شناختی این گونه، به درک بهتر وضعیت آرایه‌شناسی و فیلوژنی این گونه کمک خواهد کرد.

### مواد و روشها

برای انجام این مطالعه تعداد ۱۵ قطعه ماهی (با طول استاندارد ۱۲۰/۶-۵۵/۵ میلی‌متر) از گونه سنگ‌لیس پارسی (*G. persica*) با استفاده از تور ماهی‌گیری با اندازه چشمه ۱۰ میلی‌متر از رودخانه زهک سیستان صید شدند. نمونه‌ها بعد از صید، پیش از تثبیت در محلول فرمالین بافری خنثی شده در محلول بیهوش‌کننده بیهوش گردیده و سپس به محلول فرمالین منتقل شدند. برای رنگ‌آمیزی استخوان‌ها و شفاف‌سازی پنج قطعه از نمونه‌ها، از پروتوکول‌های رنگ‌آمیزی و شفاف‌سازی (۲۷، ۲۸ و ۲۹) با اندکی اصلاحات و تغییرات (شامل عدم انجام مراحل حذف چربی‌ها و بی‌رنگ‌سازی با محلول آب‌اکسیژنه) استفاده گردید. سپس نمونه‌های رنگ‌شده و شفاف شده با استفاده از دستگاه اسکنر (مدل HP Scanjet 3770) عکس‌برداری شدند و رسم ساختارهای استخوانی با استفاده از نرم‌افزار CorelDraw X7 انجام شد. برای شناسایی و توصیف شکل و اندازه ساختارهای استخوانی از لوپ استریوسکوپ (مدل Leybold Didactic GmbH) استفاده گردید. نامگذاری و توصیف ساختارهای استخوانی براساس روجو (۱۹۹۱) انجام شد.

### نتایج

مجموعه عصبی (Neurocranium): بخش خلفی آن بیضی-شکل و دارای بیشترین پهنا می‌باشد (شکل الف). استخوان فراپرویزنی (Supraethmoid) شامل دو بخش عمودی و افقی می‌باشد: قسمت جلویی بخش افقی به دلیل داشتن فرورفتگی کم عمق در قسمت میانی دارای دو زائده جلوآمده در دو گوشه خود می‌باشد و بخش عمودی نیز در

دارای شرایط متنوع و گاهی منحصر بفرد می‌باشند و این شرایط محیطی متفاوت باعث ایجاد تفاوت ریختی می‌گردد (۳۰)، بنابراین، استفاده از ویژگی‌های ریخت‌سنجی نمی‌تواند فاکتور کافی برای شناسایی جمعیت‌های برخی از گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

ازجمله ویژگی‌های مهم در مطالعات زیستی ماهیان، بررسی ساختار اسکلتی آنها می‌باشد که حاوی اطلاعات ارزشمند زیست‌شناختی و بوم‌شناختی ماهیان می‌باشد (۱۴). به‌رغم این‌که مطالعات استخوان‌شناسی ماهیان به دلیل وجود تعداد زیادی استخوان در اسکلت آنها نسبت به سایر مهره‌داران پیچیدگی‌ها و مشکلات خاصی دارد (۱۴ و ۳۱)، اما زمینه‌های استخوان‌شناسی در بسیاری از مطالعات به‌عنوان ویژگی مهم در بررسی مطالعات تاکسونومی و شناخت ارتباط ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد (۹، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۵ و ۳۱). علاوه بر این، به دلیل حساسیت خاص انجام مطالعات مولکولی، از جمله اولویت وجود نمونه‌های تازه و نیز هزینه بالای انجام این قبیل مطالعات، امکان انجام مطالعات مولکولی در مورد تمامی جمعیت‌های یک‌گونه وجود ندارد، این در حالی است که مطالعات استخوان‌شناسی نیازی به نمونه تازه نداشته و به دلیل هزینه پایین می‌توان برای تعداد زیادی نمونه از هر جمعیت مورد استفاده قرار داد. بنابراین، ساختار رده‌بندی بسیاری از ماهیان براساس ویژگی‌های استخوان‌شناسی استوار است. مطالعات استخوان‌شناسی ماهیان علاوه بر این‌که در درک تکامل ماهیان در مطالعات فسیل‌شناسی حائز اهمیت می‌باشد، در بررسی‌های زیست‌شناسی ماهیان ازجمله شناگری، تنفس و تغذیه نیز اهمیت بالایی دارد و از آنجایی‌که انجام این قبیل فعالیت‌های زیستی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با ساختارهای استخوانی ارتباط دارد (۶، ۱۴ و ۳۱)، بنابراین، بدون شناخت دقیق و کامل ساختارهای استخوانی به‌خصوص استخوان‌های ناحیه سر و باله‌ها، درک مباحث زیست‌شناسی مشکل خواهد بود (۲ و ۳). از اینرو، این مطالعه باهدف توصیف و مطالعه

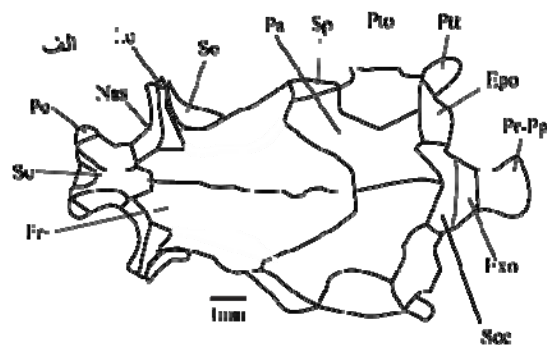
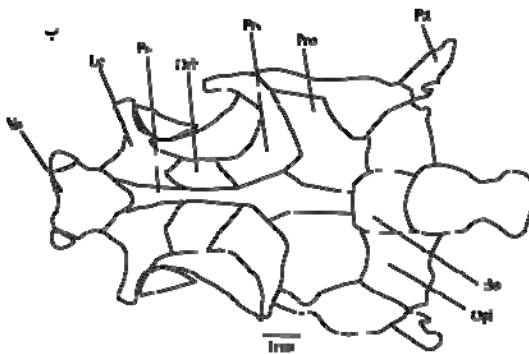
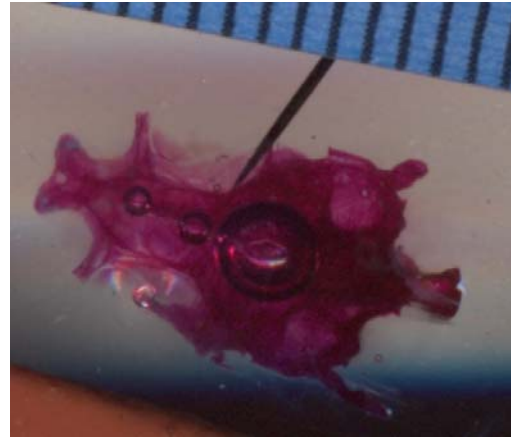
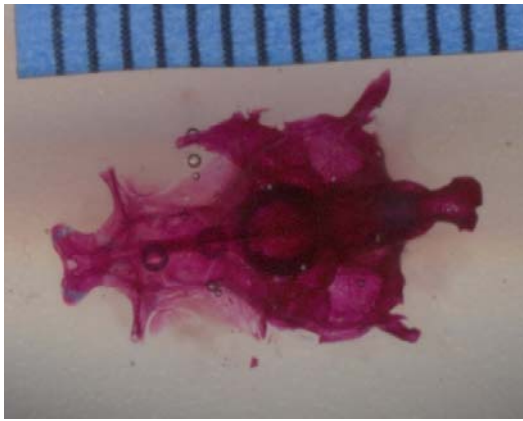
در بخش شنوایی (Otic) مجموعه عصبی، جفت استخوان-های آهیانه از سمت جلو به استخوان پیشانی، از بخش عقب به دو استخوان فرانس‌سری (Supraoccipital) و فوق‌گوشی (Epiotic) و از لبه جانبی به دو استخوان بالی-گوشی (Pterotic) و پروانه‌ای احاطه شده است. دو استخوان بالی‌گوشی و پروانه‌ای حاشیه خارجی پستی و جانبی‌ترین بخش مجموعه عصبی را در برمی‌گیرند و محل عبور کانال حسی خط جانبی سر می‌باشد. استخوان فراترقوه‌ای (Supracleithrum) در قسمت عقب بالی‌گوشی قرار می‌گیرد و بالی‌گوشی از سمت شکمی خلفی به استخوان برون‌پس‌سری (Exoccipital) و از سمت قدامی شکمی به پیش‌گوشی (Prootic) متصل می‌شوند. استخوان پروانه‌ای در جلوی بالی‌گوشی و پشت حدقه چشم قرار دارد و از جلو به استخوان پیشانی و از سطح زیرین به استخوان پیش‌گوشی می‌رسد. پیش‌گوشی سطح شکمی مجموعه عصبی را در بر می‌گیرد و از جلو به استخوان بالی‌پروانه‌ای و از سمت جانبی میانی سر به استخوان‌های پراپروانه‌ای و قاعده‌ای پس‌سری (Basioccipital) می‌رسد. استخوان قاعده‌ای پس‌سری دقیقاً در عقب استخوان پراپروانه‌ای و جلوی استخوان برون‌پس‌سری (Exoccipital) قرار دارد. استخوان برون‌پس‌سری دارای حفره‌های متعددی است که محل عبور اعصاب می‌باشد (شکل ۱، ب).

انتهای مجموعه عصبی یا ناحیه پس‌سری شامل استخوان-های برون‌پس‌سری، فرانس‌سری (Supraoccipital) و قاعده‌ای پس‌سری می‌باشد. استخوان منفرد فرانس‌سری از جلو به استخوان‌های آهیانه و از جانب به استخوان فوق-گوشی و از عقب به برون‌پس‌سری می‌رسد. برون‌پس‌سری از عقب سر به زائده خلفی حلقی (Posterior Pharyngeal Process) ختم می‌شود که محل اتصال سر به اولین مهره ستون مهره است (شکل ۱، ب).

بالا یا پشت استخوان ومر (Vomer) و بخش قدامی یا جلویی استخوان پراپروانه‌ای (Parasphenoid) قرار دارد. انتهای عقبی استخوان ومر نیز نوک‌تیز بوده ولی بخش جلویی آن پهن‌تر و ضخیم‌تر از بخش عقبی آن و تا حدودی فرورفته و U-شکل می‌باشد. در جلوی استخوان ومر دو تکه استخوان نیم‌دایره‌ای پیش‌پرویزنی (Pre-ethmoid) وجود دارد. پرویزنی جانبی (Lateral ethmoid) نیز به شکل دیواره عمودی بین پرویزنی (Ethmoid) و ناحیه بینایی (Orbital) قرار دارد. این استخوان به صورت نیم‌کره‌ای درآمده و از ناحیه زیرین پهن شده است.

در ناحیه یا کپسول بینایی، بزرگ‌ترین استخوان مجموعه عصبی استخوان پیشانی (Frontal) می‌باشد و سقف سر را تشکیل می‌دهد، این استخوان در بخش جلویی باریک و قسمت عقبی آن پهن شده است. جفت استخوان‌های پیشانی از قسمت عقب محکم به جلوی جفت استخوان‌های آهیانه (Parietal) متصل هستند. تیغه میانی ناحیه بینایی به وسیله استخوان حدقه‌ای پروانه‌ای (Orbitosphenoid) به وجود آمده است که در قسمت جلویی خود دارای تعدادی منفذ می‌باشد. این استخوان حدقه‌ای پروانه‌ای از قسمت شکمی یا زیرین خود به لبه پستی استخوان پراپروانه‌ای از بخش شنوایی و از قسمت عقبی به لبه جلویی استخوان بالی پروانه‌ای (Pterosphenoid) اتصال دارد. استخوان بالی پروانه‌ای نیز خود بخش عقبی ناحیه حدقه‌ای چشم را شامل می‌شود و از قسمت پستی به استخوان پیشانی و از حاشیه خارجی به استخوان پروانه‌ای (Sphenotic) متصل می‌باشد (شکل ۱، الف).

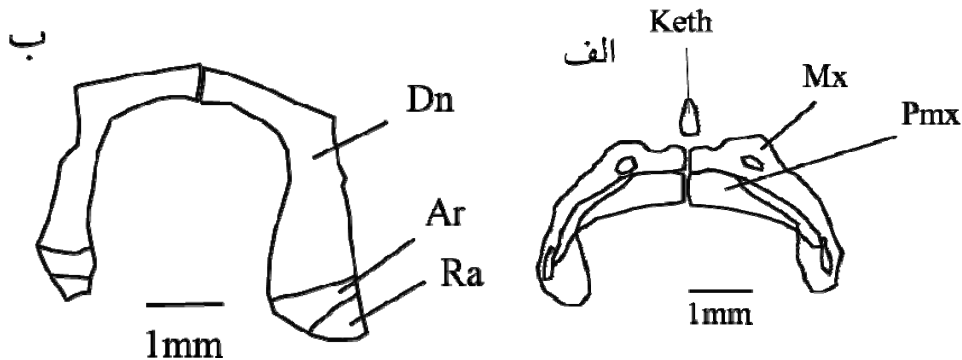
استخوان‌های دورحدقه‌ای شامل یک استخوان فراحدقه‌ای (Supraorbital) و چهار استخوان دونحدقه‌ای (Infraorbital) می‌باشد. اولین استخوان دورحدقه‌ای، به نام استخوان اشکی (Lacrimal) می‌باشد که بزرگ‌تر از بقیه استخوان‌های این مجموعه می‌باشد.



شکل ۱- مجموعه عصبی گونه سنگلیس پارسی، الف) نمای پشتی، ب) نمای شکمی. Bo: قاعده‌ای پس‌سری، Epo: فوق‌گوشی، Exo: برون‌پس‌سری، Fr: پیشانی، Le: پرویزنی جانبی، Nas: بویایی، Orb: حلقه‌ای پروانه‌ای، Pa: آهیانه، Pe: پیش‌پرویزنی، Pr-Pp: زائده خلفی حلقی، Pro: پیش‌گوشی، Ps: پراپروانه‌ای، Pto: بالی‌گوشی، Ptt: پس‌گیجگاهی، Pts: بالی‌پروانه‌ای، Se: فراپرویزنی، So: فراحلقه‌ای، Soc: فوق‌پس‌سری، Sp: پروانه‌ای، Vo: وومر.

(Dentary)، مفصلی (Articular) و پس‌مفصلی (Retroarticular) می‌باشد (شکل ۲ ب). استخوان دندانی به‌صورت زاویه‌دار قسمت قدامی و جانبی فک پایین را طی می‌کند و سه استخوان فک پایین به محکمی به یکدیگر اتصال دارند. در نمای جانبی، استخوان دندانی در سمت بالا دارای برآمدگی به نام زائده منحنی (Coronoid process) می‌باشد. استخوان مفصلی و پس‌مفصلی بسیار کوچک‌تر از دندانی بوده و با اتصال از طرف عقب به استخوان مربعی، امکان اتصال به مجموعه فک‌آویز را فراهم می‌کنند.

مجموعه احشایی: در اسکلت آرواره‌ی بالا (شکل ۲، الف)، استخوان خویش پرویزنی (Kinethmoid) بین جفت استخوان‌های فکی (Maxillary) و پیش‌فکی (Premaxillary) قرار دارد. استخوان پیش‌فکی از فکی بزرگ‌تر و پهن‌تر است. استخوان‌های فکی و پیش‌فکی به‌صورت کمّانی شکل بوده که از نمای قدامی تنها نیمه-قدامی و از نمای جانبی تنها نیمه‌جانبی دیده می‌شود و دو جانب قدامی و جانبی به‌صورت زاویه‌دار نسبت به یکدیگر قرار دارند. نیمه‌قدامی استخوان فکی پهن‌تر از نیمه جانبی آن است. فک پایین متشکل از سه استخوان دندانی



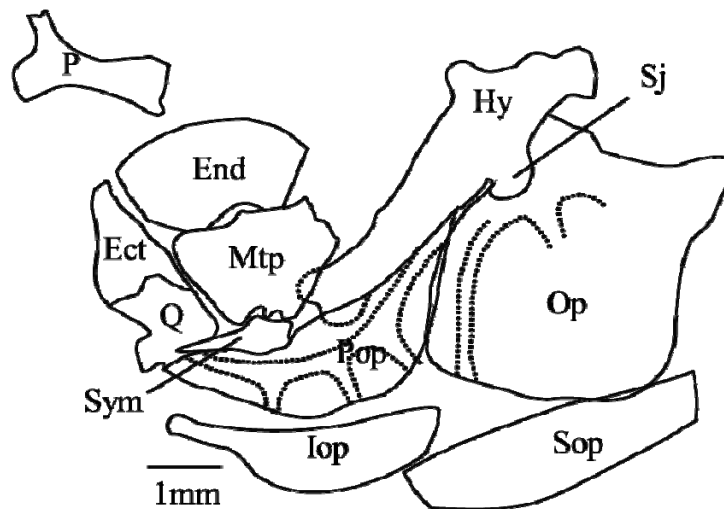
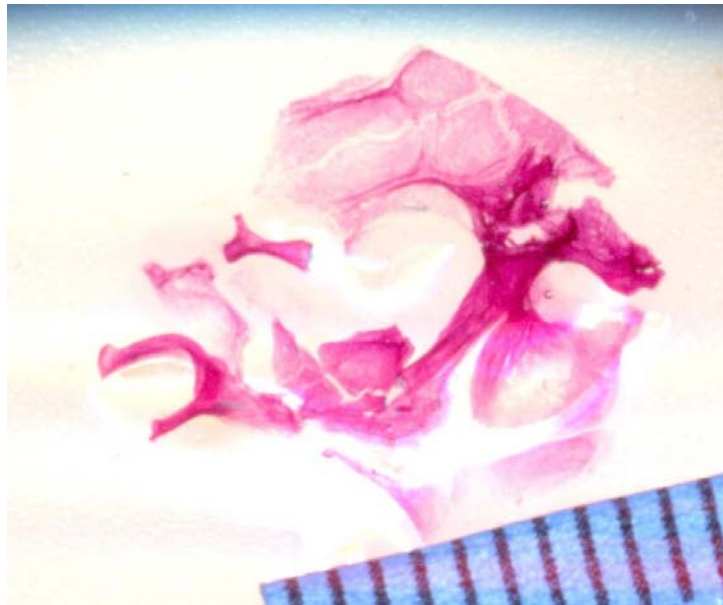
شکل ۲- اسکلت الف) فک بالا و ب) فک پایین گونه سنگلیس پارسی. Keth: خویش‌پروزی، Mx: فکی، Pmx: پیش-فکی، Ra: زاویه‌ای، Ar: مفصلی، Dn: دندانی، Keth: خویش‌پروزی، Mx: فکی، Pmx: پیش-فکی، Ra: زاویه‌ای.

از مفصل توپی آبششی یک تیغه باریک و مشخص به طول یک‌سوم تا یک‌دوم استخوان فکی‌لامی دیده می‌شود که در زیر بخش جلویی استخوان سرپوش آبششی (Opercle) قرار گرفته است. قسمت قدامی استخوان فکی‌لامی صفحه پهنی است که در بخش پایین کمی باریک شده و در زیر استخوان پیش‌سرپوش (Preopercle) قرار می‌گیرد. استخوان فکی‌لامی در قسمت شکمی خود به استخوان‌های میان‌لامی (Metapterygoid) و ساده (Symplectic) مفصل می‌شود. استخوان ساده در یک انتها پهن‌تر از انتهای دیگر و در زیر

مجموعه اسکلت فک‌آویز (Suspensorium) (شکل ۳)، استخوان فکی‌لامی (Hyomandibular) به شکل یک دوزنقه بزرگی است که در انتهای بالای آن دو برجستگی مفصل‌شونده (Hyomandibular Condyle) قرار دارند که محل اتصال مجموعه فک‌آویز به پشت جمجمه عصبی می‌باشد. در سمت خلفی پشتی و پایین‌تر از محل مفصل گفته شده، برای اتصال فکی‌لامی به مجموعه سرپوش آبششی، مفصل توپی آبششی (Operclar Condyle) قرار دارد. در بخش عقبی استخوان فکی‌لامی و کمی پایین‌تر

دارد و به آن متصل است. از سوی دیگر استخوان درون-بالی از سمت قدامی به کامی (Palatine) متصل بوده و در قسمت قدامی دارای یک فرورفتگی می‌باشد. استخوان کامی جلویی‌ترین استخوان فک‌آویز می‌باشد و رأس آن از سمت قدامی پشتی به زیر استخوان پرویزنی و از سمت قدامی به زائده بالارونده استخوان فکی متصل است.

استخوان مربعی (Quadrate) قرار دارد. استخوان مربعی در لبه نازک قدامی شکمی خود دارای مفصلی برای اتصال به فک پایین می‌باشد و لبه پشتی ضخیم‌تر است. حاشیه پشتی این استخوان به درون‌بالی (Endopterygoid) و بخش خلفی آن به برون‌بالی (Ectopterygoid) متصل می‌شود. استخوان برون‌بالی از سمت قدامی بر روی درون‌بالی قرار

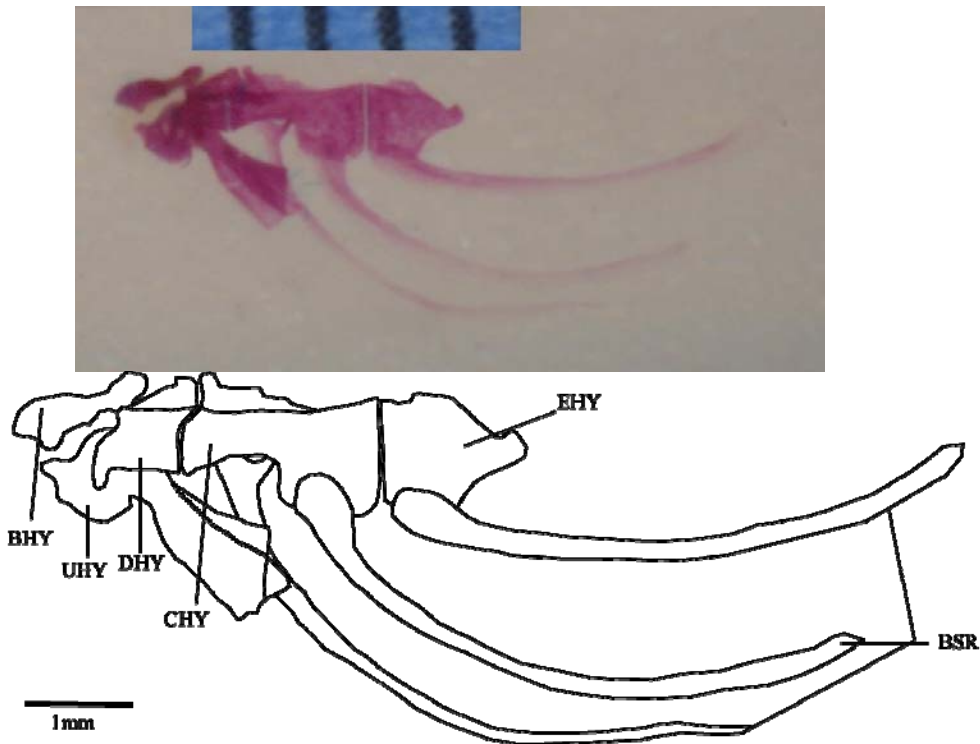


شکل ۳- استخوان‌های فک‌آویز و سرپوش آیشش گونه *G. persica*. Ect: برون‌بالی، End: درون‌بالی، Hy: فکی لامی، Iop: بین سرپوش آیششی، Mtp: میان‌بالی، Op: سرپوش آیششی، P: کامی، Pop: پیش‌سرپوش آیششی، Q: مربعی، Sj: خار و سوکت اتصال، Sop: زیرسرپوش آیششی، Sym: ساده.

(Ceratohyal) و فوق‌لامی (Epihyal) متصل هستند. اولین استخوان پایک‌های آبششی به بخش میانی حاشیه خلفی استخوان شاخی‌لامی و دومین شعاع به بخش انتهایی استخوان شاخی‌لامی و در نهایت سومین شعاع به بخش ابتدایی استخوان فوق‌لامی (Epihyal) متصل می‌شود. انتهای پایک‌های آبششی هر سمت نسبت به یکدیگر حالت واگرا دارند و به سمت بیرون کف حفره آبششی تا حاشیه پشتی استخوان‌های زیرسرپوش آبششی امتداد دارند. استخوان زیرلامی به استخوان شاخی‌لامی از سمت عقب، به استخوان لامی از سمت داخلی و به استخوان پایه‌لامی (Basihyal) از سمت جلو اتصال دارد. استخوان پایه‌لامی مثلی شکل بوده و بخش قدامی آن پهن‌تر از بخش خلفی است. بزرگ‌ترین استخوان کمان لامی استخوان شاخی‌لامی است. استخوان فوق‌لامی انتهایی‌ترین استخوان بوده و بخش انتهایی آن باریک می‌شود و استخوان کوچک بین‌لامی بر روی بخش پشتی آن به صورت عمود قرار می‌گیرد.

در مجموعه استخوان‌های سرپوش آبششی (شکل ۳)، بزرگ‌ترین استخوان، استخوان سرپوش آبششی می‌باشد که به منظور اتصال عضله بالابرنده آبشش (Levator operculi) دارای زائده‌ای در قسمت قدامی‌بالایی خود می‌باشد. در زیر این زائده مفصل اتصال فکی لامی قرار دارد. در حاشیه شکمی این استخوان، استخوان پارویی شکل زیرسرپوش آبششی (Subopercle) قرار دارد. استخوان پیش‌سرپوش آبششی (Preopercle) باریک و کشیده که در انتهای عقبی به سمت بالا جهت اتصال به لبه عقبی-زیری فکی لامی خمیدگی دارد. استخوان بین‌سرپوش آبششی (Interopercle) در بخش خلفی پهن و در انتهای قدامی باریک‌تر می‌شود.

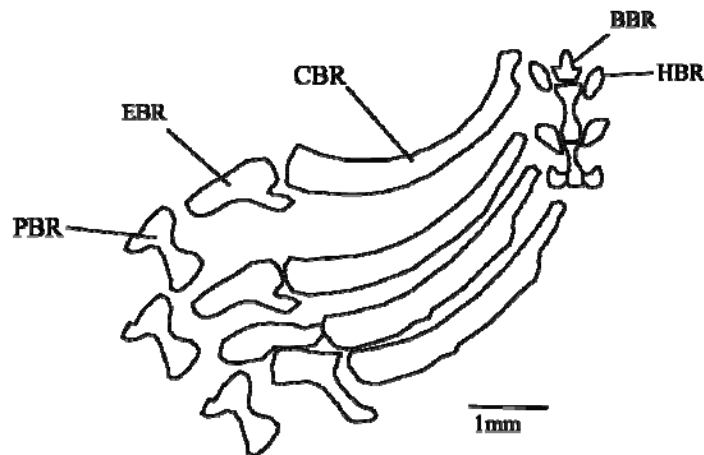
در مجموعه کمان لامی (Hyoid arch) (شکل ۴)، استخوان دم‌لامی (Urohyal) دارای دو بخش عمودی و افقی می‌باشد و توسط یک رباط به استخوان زیرلامی (Hypohyal) متصل می‌باشد. در هر سمت کمان لامی سه عدد استخوان پایک‌های آبششی (Branchiostegal rays) وجود دارد که از سمت قاعده خود به استخوان‌های شاخی‌لامی



شکل ۴- اسکلت کمان لامی گونه سنگ‌لیس پارس. BHY: پایه لامی، BSR: پایک آبششی، CHY: شاخی‌لامی، DHY: زیرلامی فوقانی، EHY: فوق لامی، VHY: زیرلامی تحتانی، UHY: دم‌لامی.

دومین جفت بزرگ و تقریباً قوس دار و کمانی شکل است. رابط استخوان‌های چپ و راست مجموعه استخوان‌های فوق‌الذکر، سه جفت استخوان زیرآبششی (Hypobranchial) و سه استخوان منفرد میله‌ای شکل قاعده آبششی (Basibranchial) می‌باشد. پنجمین جفت از استخوان‌های شاخه‌آبششی در ابتدای حلق به صورت هلالی (کمانی) درآمده که دندان حلقی با فرمول ۵۰۴۰۲-۲۰۴۰۵ را تشکیل می‌دهند.

در مجموعه استخوان‌های کمان آبششی (شکل ۵)، بزرگ‌ترین و درازترین استخوان مجموعه کمان آبششی شامل چهار جفت استخوان‌های شاخه‌آبششی (Ceratobranchial) می‌باشد، در امتداد استخوان‌های شاخه‌آبششی، چهار جفت استخوان فراآبششی (Epibranchial) و سپس سه جفت استخوان حلقی آبششی (Pharyngobranchial) قرار دارد و قطعات سوم و چهارم استخوان‌های اخیر باریک‌تر و کوچک‌تر از استخوان دوم آنها می‌باشد. اولین جفت این استخوان‌ها کوچک، ولی

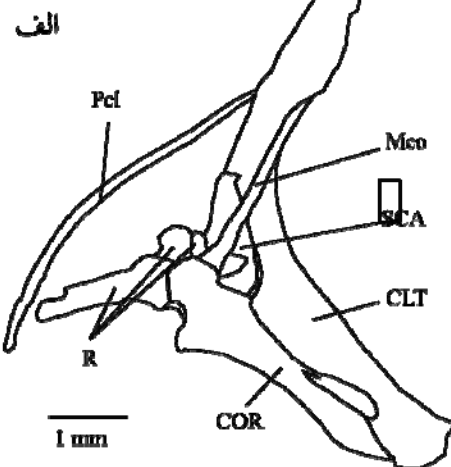
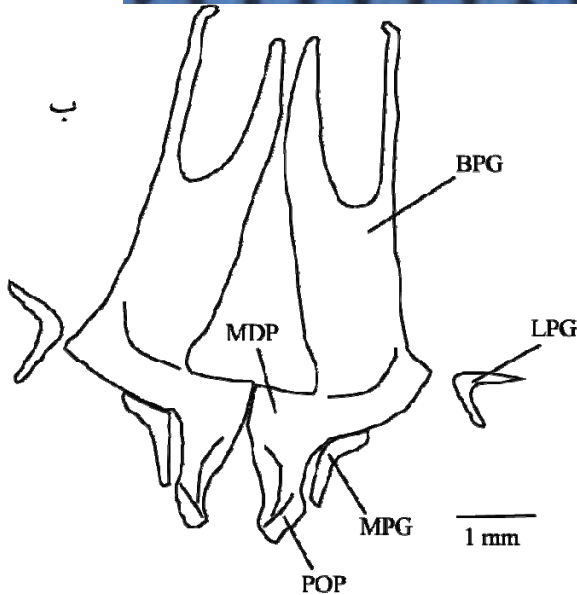
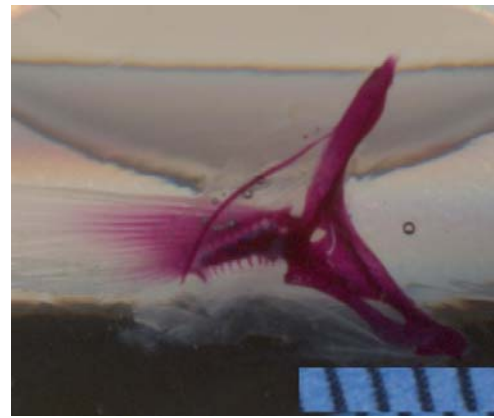


شکل ۵- اسکلت کمان آبششی گونه سنگ‌لیس پاریسی. BBR: قاعده آبششی، CBR: شاخه‌آبششی، EBR: فوق آبششی، HBR: زیر آبششی، PBR: حلقی آبششی.



مجموعه کمر بند سینه‌ای و باله سینه‌ای مربوط به آن عمدتاً یک سری استخوان‌هایی هستند که با اتصال خطی و به دنبال یکدیگر یک حلقه‌ای را در اطراف تنه ماهی درست پشت سرپوش آبششی ایجاد می‌کنند (شکل ۶ الف). استخوان‌های این مجموعه با استخوان پس‌گیجگاهی (Posttemporal) شروع می‌شود. استخوان پس‌گیجگاهی در محل اتصال استخوان‌های فوق‌گوشی (Epiotic) و پس-

گوشی (Opisthotic) کمر بند سینه‌ای را به جمجمه عصبی متصل می‌کند. مجموعه کمر بند سینه‌ای بعد از استخوان پس‌گیجگاهی دارای استخوان‌های فراترقوه‌ای (Supracleithrum)، میان‌غرابی (Mesocoracoid)، استخوان ترقوه (Cleithrum) و پس‌ترقوه‌ای (Postcleithrum) می‌باشد.



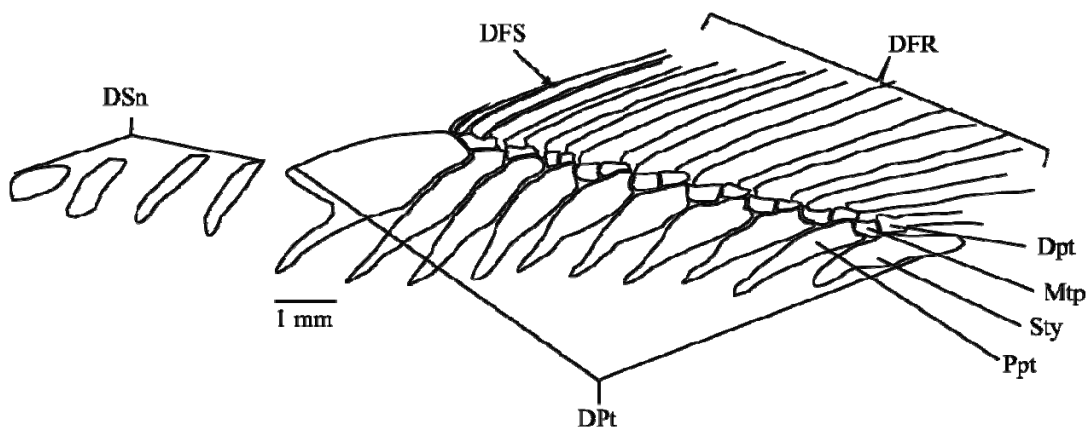
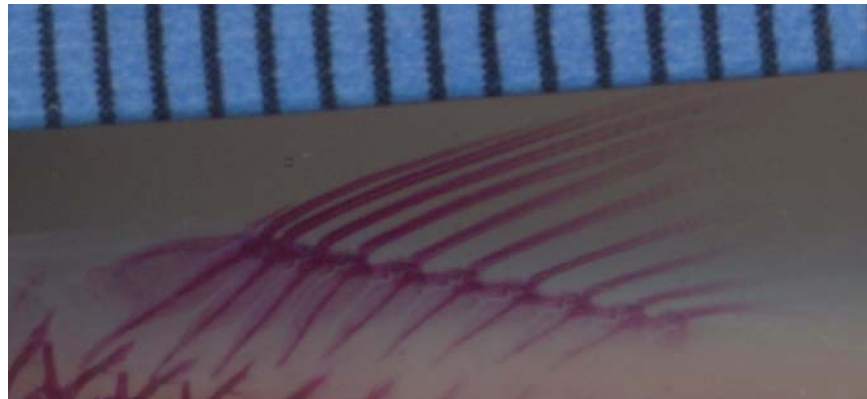
شکل ۶- اسکلت باله‌های زوج گونه سنگ‌لیس پارس (الف) کمر بند سینه‌ای، (ب) کمر بند لگنی. BPG: پایه رجلی، CLT: غرابی، COR: ترقوه، LPG: بالی جانبی، Mco: میان‌غرابی، MDP: زائده میانی، MPG: میان‌رجلی، Pcl: پس‌غرابی، POP: زائده خلفی، R: رادیال‌ها، SCA: کتف.

شکل می‌باشند که زائیده میانی (Medial process) آن کوتاه‌تر از زائیده کناری (بیرونی) (Lateral process) می‌باشد، این استخوان دارای زوایدی به نام‌های زائیده خلفی باله شکمی (Posterior process) می‌باشند که در جهت عقب بدن امتداد دارد و زائیده قدامی باله شکمی (Distal process) که در امتداد بدن به سمت جلوی بدن امتداد دارد، می‌باشد. در قسمت خلفی-میانی این استخوان یک جفت استخوان رجلي میانی (Lateral-pterygium) کماني شکل وجود دارد.

اسکلت باله پشتی شامل شعاع‌های سخت باله پشتی (Dorsal fin spines)، شعاع‌های نرم (Dorsal fin rays) و استخوان‌های پرتوپایه (Pterygiophores) می‌باشد (شکل ۷).

استخوان ترقوه بزرگ‌ترین استخوان مجموعه کمربند باله سینه‌ای می‌باشد که از سطح پشتی قدامی به استخوان فراترقوه‌ای و از سمت جانبی داخلی به غرابی متصل است. در محل پایه این استخوان‌های ترقوه‌ای که نیم‌دایره‌ای را تشکیل می‌دهند، استخوان‌های غرابی (Coracoids)، کتف (Scapula) قرار دارند که این استخوان‌ها به وسیله استخوان‌های کوچک به نام رادیال‌ها (Radials) یا پرتوک‌ها (Actinosts) از شعاع‌های باله سینه‌ای حمایت می‌کنند. باله سینه‌ای دارای سه عدد رادیال است که محل اتصال شعاع‌های باله می‌باشد. در بین دو استخوان ترقوه و غرابی سوراخ مشخصی وجود دارد.

در اسکلت کمربند لگنی (باله شکمی) می‌باشد (شکل ۶ ب)، جفت استخوان‌های پایه‌رجلی (Basipterygium) -U

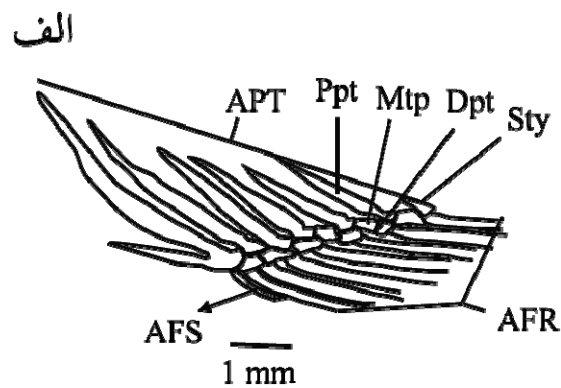
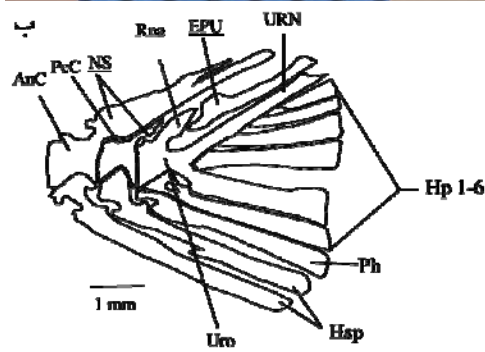
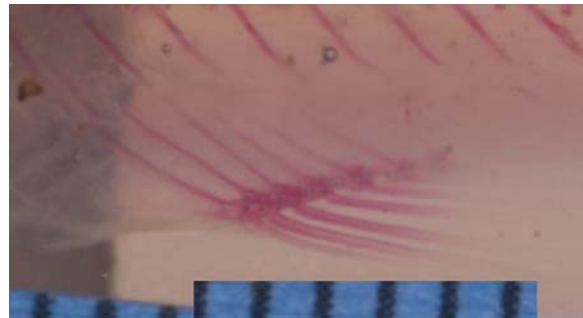
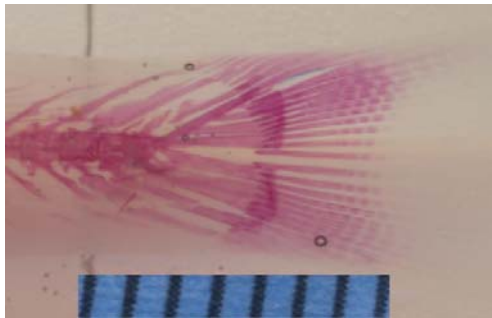


شکل ۷- اسکلت باله پشتی گونه سنگ‌لیس پارسى. DFS: خار باله پشتی، DFR: شعاع باله پشتی، Dpt: پرتوپایه دورتن، DSn: فراعصبی، Mtp: پرتوپایه میان‌تن، Ppt: پرتوپایه بن‌تن، Sty: Stay.

همچنین آخرین پرتوپایه سه‌ضلعی و کشیده است که گاهی به نام Stay نیز نامگذاری می‌شود.

اسکلت باله مخرجی شامل یک شعاع سخت (Anal fin spin)، شش شعاع نرم (Anal fin rays) و شش پرتوپایه (Pterygiophores) و یک عدد Stay می‌باشد (شکل ۸ الف). تنها شعاع سخت و اولین شعاع نرم روی پرتوپایه اول قرار دارند و مابقی شعاع‌های نرم هر یک روی یک پرتوپایه قرار دارند. پرتوپایه اول بزرگ‌تر از بقیه و دوپایه است که پایه عقبی آن بلندتر و تا نزدیکی‌های خارخونی مهره پیش‌دمی ۱۲م از سمت دم می‌رسد و نیز پرتو پایه‌های دوم و سوم نیز به خار خونی مهره پیش‌دمی ۱۱م می‌رسند. پرتو پایه‌های ۳-۱ دارای دو بخش دورتن و بن-تن و پرتو پایه‌های ۴-۶ دارای سه جزو دورتن، میان‌تن و بن‌تن می‌باشد. همچنین آخرین قطعه استخوانی سه‌ضلعی و کشیده است که به نام Stay نامگذاری می‌شود.

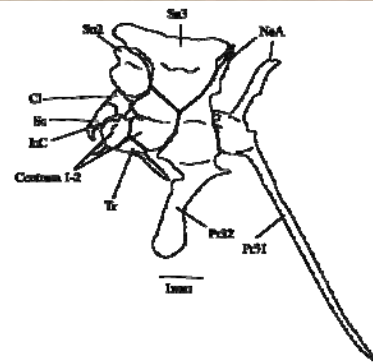
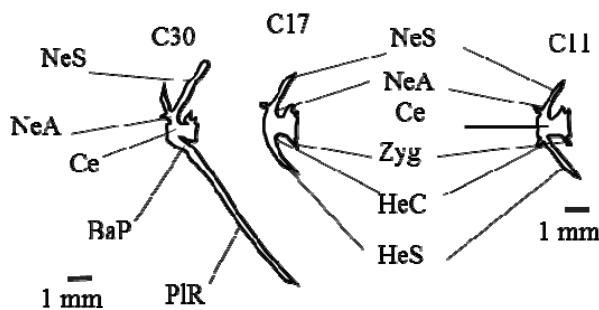
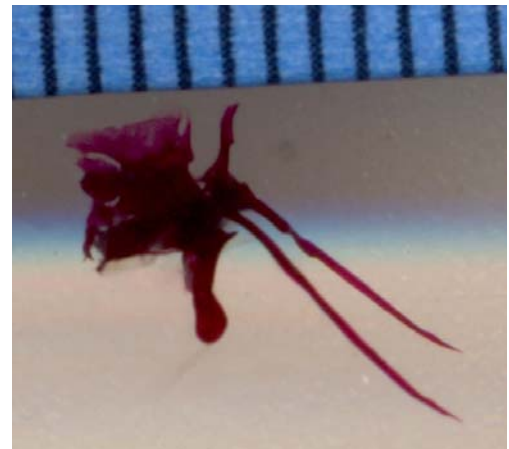
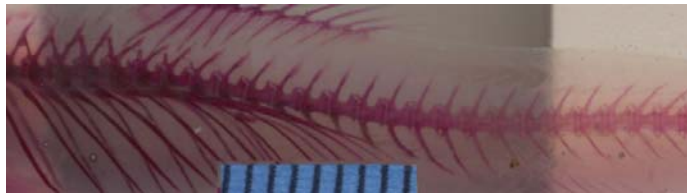
باله پشتی دارای دو تا سه شعاع سخت، هشت تا ۱۰ شعاع نرم، نه پرتوپایه و یک عدد Stay می‌باشد. پرتوپایه اول نسبت به پرتو پایه‌های بعد پهن‌تر و U-شکل در قاعده خود می‌باشد که پایه آن در بین مهره‌های پیش‌دمی ۲۶-۲۷ قرار دارد و شعاع‌های سخت بر روی آن قرار گرفته‌اند. پرتو پایه‌های ۲ تا ۴ کشیده‌تر از پرتو پایه‌های بعد می‌باشند و تا نزدیکی جسم مهره‌ها امتداد دارند. تمامی شعاع‌های نرم و سخت به وسیله مفاصل متحرک به پرتوپایه‌ها متناظر خود متصل می‌شود. پرتوپایه‌ها سه تا نهم از قطعات دورتن (Distal)، میان‌تن (Medial) و بن‌تن (Proximal) تشکیل شده‌اند. در جلوی پرتوپایه اول چهار عدد استخوان فراعصبی (Supraneural) قرار دارند که هرچه به پرتوپایه اول نزدیک می‌شوند، کشیدگی و طول شدگی آنها افزایش می‌یابد. این استخوان‌های فراعصبی به وسیله لیگامنت به همدیگر و به پرتو پایه‌های باله پشتی متصل می‌شوند.



شکل ۸) اسکلت باله گونه سنگالیس پارس: الف) مخرجی و ب) دم. AFR: شعاع باله مخرجی، AFS: خار باله مخرجی، AnC: مهره ۱-۶: صفحات دمپره، EPU: رودمپره، Hp 1-6: صفحات دمپره ۱-۶، Hsp: خار خونی، Mpt: Antepenultimate: پرتوپایه مخرجی، Pterygiophore: دورتن، EPU: رودمپره، Ph: Penultimate: پرتوپایه بن‌تن، RNA: کمان عصبی Rudimentary: Sty: Stay، URN: یورونیورال، Uro: دمخامه.

اسکلت باله دم‌ی شامل استخوان‌های دمپره (Hypural)، زیردمپره (Parhypural)، رودمپره (Epural)، دمخامه (Urostyle)، دمکمانک (Uroneural) و مهره پیش‌دمی (Preural) می‌باشد (شکل ۸ ب). اسکلت باله دم‌ی در مجموع دارای شش عدد دمپره است که به دمخامه متصل شده‌اند. استخوان زیردمپره از خار خونی نشأت گرفته و شامل یک قطعه است. صفحه دمخامه شکلی سه‌شاخه دارد که شاخه کمان عصبی (Rudimentary) آن از دمکمانک و دمپره آن کوچک‌تر می‌باشد، شاخه دمکمانک باریک و کشیده ولی شاخه دمپره پهن و کشیده و نسبتاً بزرگ و مشخص است. خارهای خونی و عصبی سه مهره پیش‌دمی اول بیشتر از بقیه مهره‌های تمایل به انتهای بدن دارند و خمیدگی به سمت انتهای بدن بیشتر است. خار عصبی و خونی مهره پیش‌دمی دوم مستقیماً در نگه‌داری شعاع باله

دم‌ی مشارکت می‌کنند. همچنین خار خونی مهره پیش‌دمی دوم و سوم بصورت صفحات تیغه‌مانندی درآمده‌اند. اندام وبر از چهار مهره اول و استخوانچه‌هایی شامل *Claustrum*، *Tripus*، *Intercalarium* و *Scaphium* تشکیل شده است (شکل ۹). استخوانچه *Tripus* در طرف زیری جانبی مهره دوم قرار دارد و بخش پشتی این استخوانچه تا قسمت عقبی دنده (pleural) مهره سوم یا چهارم امتداد دارد. *Intercalarium* به شکل چندضلعی بوده و به استخوانچه‌های *Scaphium* و *Claustrum* متصل است. *Claustrum* در پشت *Scaphium* قرار دارد. بخش شکمی دنده مهره دوم به سمت انتهای بدن خم شده است. ستون فقرات این‌گونه دارای ۳۰ مهره (بعد از مهره‌های اندام وبر) می‌باشد که ۱۲ مهره شکمی (بعد از مهره‌های اندام وبر) و ۱۸ مهره دم‌ی می‌باشد.



شکل ۹- اسکلت اندام وبر و مهره‌های پیش‌دمی ۱۱، ۱۷ و ۳۰ ستون مهره‌ها گونه سنگ‌لیس پاریسی. BaP: زبانه جانبی قاعده-ای مهره، Ce: جسم مهره، Cl: *Claustrum*، HeC: کمان خونی، HeS: خار خونی، Hsp: خار خونی، InC: *Intercalarium*، Na: کمان عصبی، NeS: خار عصبی، PIR: دنده مهره پیش‌دمی، Pr 31-32: دنده‌های مهره‌های پیش‌دمی ۳۱-۳۲، Sc: دنده مهره، Scaphium: Scaphium، Sn 2-3: فراعصبی ۲ و ۳، Tr: *Tripus*، Zyg: *Zygopophysys*

شکل ۹- اسکلت اندام وبر و مهره‌های پیش‌دمی ۱۱، ۱۷ و ۳۰ ستون مهره‌ها گونه سنگ‌لیس پاریسی. BaP: زبانه جانبی قاعده-ای مهره، Ce: جسم مهره، Cl: *Claustrum*، HeC: کمان خونی، HeS: خار خونی، Hsp: خار خونی، InC: *Intercalarium*، Na: کمان عصبی، NeS: خار عصبی، PIR: دنده مهره پیش‌دمی، Pr 31-32: دنده‌های مهره‌های پیش‌دمی ۳۱-۳۲، Sc: دنده مهره، Scaphium: Scaphium، Sn 2-3: فراعصبی ۲ و ۳، Tr: *Tripus*، Zyg: *Zygopophysys*

## بحث

شده دارد، اما باله پشتی سس‌ماهی و سیاه‌ماهی دارای خار بزرگ و مضرسی در باله پشتی خود هستند. همچنین سنگ‌لیس پارسی دارای چهار عدد استخوان فراعصبی در جلوی باله پشتی خود می‌باشد، درحالی‌که سیاه‌ماهی دارای ۱۱ عدد و سس‌ماهی ۹ تا ۱۰ عدد از این استخوان‌ها می‌باشد. همچنین اولین پرتوپایه باله مخرجی سنگ‌لیس پارسی دوشاخه می‌باشد اما در سیاه‌ماهی و سس‌ماهی یک شاخه و ساده است. استخوان‌های باله دم نیز تفاوت‌های زیادی با گونه‌های سس‌ماهی و سیاه‌ماهی نشان می‌دهند. بطوری که رودمپره، خارعصبی، زیردمپره و خارخونی از لحاظ شکل و محل قرارگیری بین این سه گونه تفاوت‌هایی را نشان می‌دهند. همچنین عمق دوشاخه‌های استخوان پایه‌رجلی کمر بند شکمی در سنگ‌لیس پارسی بیشتر از سیاه‌ماهی و مشابه با سس‌ماهی است. در بررسی ساختار استخوان اندام وبر تفاوت‌هایی بین دو گونه سنگ‌لیس پارسی و سس‌ماهی دیده نمی‌شود.

نتایج این مطالعه یک توصیف از ویژگی‌های استخوان‌شناسی گونه اخیراً توصیف شده *G. persica* را ارائه می‌دهد و از طرفی با توجه به سابقه و امکان استفاده از صفات استخوان‌شناسی در مطالعات آرایه‌شناسی (۱، ۹، ۱۰، ۱۵ و ۳۱)، نتایج این مطالعه می‌تواند در مطالعات آتی آرایه‌شناسی اعضای جنس *Garra* در ایران مورد استفاده قرار بگیرد. به علاوه ویژگی‌های استخوان‌شناختی این گونه نسبت به سایر گونه‌های کپورماهیان می‌تواند به‌عنوان صفت توصیفی این گونه و نیز سایر گونه‌های جنس *Garra* در نظر گرفته شود.

نتایج این مطالعه تا حد زیادی توصیفات قابل قبولی را در مورد ساختارهای استخوان‌شناسی سنگ‌لیس پارسی ارائه داد که این نتایج امکان مقایسه ساختارهای استخوانی این گونه با سایر گونه‌های خانواده کپورماهیان از قبیل سیاه‌ماهی توئیتی (*Capoeta damascina*) و سس‌ماهی (*Barbus cyri*) که در برخی از رودخانه‌های ایران به‌صورت هم‌زیستگاه با این گونه زیست می‌کنند را فراهم آورده است، بنابراین، با بررسی و مقایسه ساختار اسکلت این ماهی با سایر گونه‌های خانواده کپورماهیان از قبیل سیاه‌ماهی توئیتی (*C. damascina*) و سس‌ماهی (*B. cyri*) که در مطالعات رضوی پور و همکاران (۱۳۹۳) و جلیلی و همکاران (۲۰۱۵) ارائه شده است می‌توان تفاوت‌هایی را در استخوان‌های مجسمه عصبی، باله‌های سینه‌ای، شکمی، پشتی، مخرجی و دم مشاهده کرد (۴ و ۱۶). در بررسی استخوان‌های مجسمه عصبی تفاوت‌های این سه گونه از خانواده کپورماهیان در استخوان‌های فراپرویزنی، آهیانه دیده می‌شود. بطوری‌که این دو استخوان در سس‌ماهی کوچک‌تر و در سیاه‌ماهی توئیتی استخوان فراپرویزنی کشیده‌تر از سنگ‌لیس پارسی است. همچنین تفاوت‌هایی بین سنگ‌لیس پارسی با سس‌ماهی و سیاه‌ماهی توئیتی در شکل و اندازه استخوان‌های ومر و پراپروانه‌ای دیده می‌شود.

در بررسی اسکلت باله‌های پشتی و مخرجی نیز می‌توان به‌وضوح تفاوت‌هایی را مشاهده کرد. باله پشتی سنگ‌لیس پارسی فاقد خار سخت بوده و فقط تعدادی شعاع سخت

## منابع

(Derzhavin, 1934) رودخانه سفیدرود، مجله پژوهش‌های جانوری، (۲۸)، صفحات ۳۴-۲۱.  
۳. جلیلی، پ.، ایگدری، س.، و زمانی‌فرادنبه، م. ۱۳۹۴. مطالعه استخوان‌شناسی مقایسه‌ای گونه واسپی *Cabdio morar* (Hamilton, 1822) در حوضه‌های مکران و ماشکیل - جنوب شرق

۱. اسماعیلی، ح. ر.، و تیموری، آ. ۱۳۸۵. ریخت‌شناسی استخوان دم لانه و اهمیت آن در آرایه‌شناسی تعدادی از ماهیان آب شیرین ایران، مجله علمی ایران، (۱۵)، صفحات ۸-۱.  
۲. جلیلی، پ.، و ایگدری، س.، ۱۳۹۴. استخوان‌شناسی ساختار سر در سگ‌ماهی جویباری *Oxynoemacheilus bergianus*

۵. روجو، ال. ای.، ۱۹۹۱. مترجم: یزدان کیوانی. فرهنگ چندزبانه اصطلاحات استخوان‌شناسی تکوینی ماهی‌ها، انتشارات نورگستر، صفحه ۲۸۶.
۶. گوهری‌منش، م.، مهدوی‌شهری، ن.، قاسم‌زاده، ف.، و یزدانی‌مقدم، ف.، ۱۳۹۵. ریخت‌شناسی استخوان‌های جمجمه ماهی قزل‌آلای-رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مجله پژوهش‌های جانوری، (۲۹) ۱، صفحات ۸۱-۶۵.
7. Bianco, P.G., and Banarescu, P., 1982. A contribution to the knowledge of the *Cyprinidae* of Iran (Pisces, Cypriniformes), *Cybium*, 6(2), PP: 75-96.
8. Coad, B.W., 2016. Freshwater fishes of Iran. Available at: <http://www.briancoad.com>.
9. Dai, Y.G., and Yang, J.X., 2003. Phylogeny and zoogeography of the cyprinid *hemicultrine* group (Cyprinidae: *Cultrinae*). *Zoological Studies-Taipei*, 42(1), PP: 73-92.
10. En Características, F.D.T.B., and y Miológicas, O., 2008. Teleostean phylogeny based on osteological and myological characters. *International Journal of Morphology*, 26(3), PP: 463-522.
11. Esmaeili, H.R., Ebrahimi, M., Ansari, T.H., Teimory, A., and Gholamhosseini, G., 2009. Karyotype analysis of Persian stone lapper, *Garra persica* Berg, 1913 (Actinopterygii: Cyprinidae) from Iran. *Current Science India*, 96(3), PP: 959-962.
12. Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., and Eagderi, S., 2016. Review of the genus *Garra* Hamilton, 1822 in Iran with description of a new species: a morpho-molecular approach (Teleostei: Cyprinidae). *Iranian Journal of Ichthyology*, 3(2), PP: 82-121.
13. Froese, R., and Pauly, D., 2016. Fish Base, [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).
14. Helfman, G., Collette, B.B., Facey, D.E., and Bowen, B.W., 2009. The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology, Blackwell Publishing, UK, Oxford, 737 p.
15. Jalili, P., Eagderi, S., and Moradi, M., Phylogeny of *Oxynoemacheilus bergianus* (Derzhavin, 1934) (Nemacheilidae: Cypriniformes) in Iran Using Osteological Characteristics. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7 (2), PP: 45-51,
16. Jalili, P., Eagderi, S., Nikmehr, N., and Keivany, Y., 2015. Descriptive osteology of *Barbus cyri* (Teleostei: Cyprinidae) from southern Caspian Sea basin. *Iranian Journal of Ichthyology*, 2(2), PP: 105-112.
17. Jouladeh-Roudbar, A., Vatandoust, S., Eagderi, S., Jafari-Kenari, S., and Mousavi-Sabet, H., 2015. Freshwater fishes of Iran; an updated checklist, Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AAFL Bioflux), 8(6), PP: 855- 909.
18. Karaman, M.S., 1971. Süßwasserfische der Türkei. 8. Teil. Revision der Barben Europas, Vorderasiens und Nordafrikas, Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut, 67, PP: 175-254.
19. Keivany, Y., 2014a. Comparative osteology of the jaws in representatives of the eurypterygian fishes, *Research in Zoology*, 4(2), PP: 29-42.
20. Keivany, Y., 2014b. Pectoral girdle bones in eurypterygian fishes, *International Journal of Aquatic Biology*, 2(5), PP: 253-274.
21. Keivany, Y., 2015a. Comparative osteology of the suspensorial and opercular series in representatives of the eurypterygian fishes, *Iranian Journal of Ichthyology*, 1(2), PP: 73-90.
22. Keivany, Y., 2015b. Osteology of hyobranchial arches in eurypterygian fishes. *Iranian Journal of Ichthyology*, 1(3), PP: 129-151.
23. Menon, A.G.K., 1964. Monograph of the Cyprinid Fishes of the Genus *Garra*, Hamilton, *Memoirs of the Indian Museum*, PP: 173- 260.
24. Mousavi-Sabet, H., and Eagderi, S., 2016. *Garra lorestanensis*, a new cave fish from the Tigris River drainage with remarks on the subterranean fishes in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *FishTaxa*, 1(1), PP: 45-54.
25. Sawada, Y., 1982. Phylogeny and zoogeography of the superfamily *Cobitoidea* (Cyprinoidei, Cypriniformes), *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 28(2), PP: 65-223.
26. Sayyadzadeh, G., Esmaeili, H.R., and Freyhof, J., 2015. *Garra mondica*, a new species from the

ایران، نشریه علمی پژوهشی پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، (۳) ۲، صفحات ۷۹-۹۶.

۴. رضوی پور، پ.، ایگدری، س.، و پورباقر، ه. ۱۳۹۳. مطالعه استخوان‌شناسی سیاه ماهی توتیتی (*Capoeta damascina*) (Valenciennes, 1842) حوضه دجله، پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، (۲) ۳، صفحات ۱۶-۱.

Mond River drainage with remarks on the genus *Garra* from the Persian Gulf basin in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 4048, PP: 075-089.

27. Sone, J., and Parenti, L.R., 1995. Clearing and staining whole fish specimens for simultaneous demonstration of Bone, cartilage, and nerves. *Copeia*, 1, PP: 114- 118.

28. Taylor, W.R., and Van Dyke, G.C., 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybiurn*, 9, PP: 107-119.

29. Van der Bank, F.H., and Ferreira, J.T., 1987. Improved method for staining skeletal components

of tilapias and some other fish in Alizarin red S. *Madoqua*, 15(1), PP: 79- 81.

30. Zamani Faradonbe, M., Eagderi, S., and Moradi, M., 2015. Patterns of Body Shape Variation in *Capoeta gracilis* (Pisces: *Cyprinidae*) in Relation to Environmental Variables in Sefidrud River Basin, Iran. *Journal of Applied Biological Sciences*, 9(1), PP: 36-42.

31. Zhang, E., 2005. Phylogenetic relationships of *labeonine* cyprinids of the disc-bearing group (Pisces: Teleostei). *Zoological studies*, 44(1), PP: 130-143.

## Descriptive osteology of Persian stone lapper (*Garra persica*) from Sistan basin

Zamani-Faradonbe M. and Keivany Y.

Fisheries Dept., Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. of Iran

### Abstract

The Persian stone lapper, *Garra persica* Berg, 1913 is an endemic cyprinid fish found in Hormuz, Makran, Jazmurian, Sistan and Kerman basins of Iran. Osteological structures of fishes are important biological features, therefore, studying these structures provide valuable biological and ecological information. Since there is little data about *G. persica*, especially on its osteology, this study was carried out to define the osteological features of Persian stone lapper captured from Zahak River, Sistan basin. The skeletal structure of this species showed differences in the shape of vomer, supraethmoid, parietal, parasphenoid, pterygiophores, epural, parhypural bones, neural spine and hemal spine in caudal plate, number of infraorbital series, shape and number of supraneural, absence of hard spine in dorsal fin in compare with other species from cyprinid that reported in other study, so this differences as osteological recognizable traits could be beneficial to identification of this species and other populations that habits in other rivers. This differences can be as a result of adaptation to a new feeding pattern in new habitat and can used in phylogeny studies.

**Keywords:** Osteology, *Garra persica*, Sistan basin, fish skeleton.