

توصیف ساختار استخوانی سیاه‌ماهی مرکزی *Capoeta buhsei* Kessler, 1877 از حوضه دریاچه نمک

- علیرضا سیفی: گروه تنوع‌زیستی، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- سهیل ایگدری*: گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- نعمت‌الله خراسانی: گروه تنوع‌زیستی، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

تاریخ دریافت: بهمن 1394 تاریخ پذیرش: اردیبهشت 1395

چکیده

گونه سیاه‌ماهی مرکزی *Capoeta buhsei* یکی از نه گونه جنس سیاه‌ماهی در ایران و بومی حوضه دریاچه نمک می‌باشد. با توجه به این‌که در مورد این گونه اطلاعات اندکی در دسترس بوده و بسیاری از ویژگی‌های زیست‌شناختی آن ناشناخته مانده است و همچنین با توجه به اهمیت نقش ساختار اسکلتی در شناخت ویژگی‌های زیست‌شناسی ماهیان، این تحقیق با هدف بررسی ویژگی‌های ساختار استخوانی گونه سیاه‌ماهی مرکزی به اجرا درآمد. بدین منظور تعداد 12 قطعه ماهی از رودخانه کردان صید گردید، نمونه‌ها در فرمالین ده درصد تثبیت و برای مطالعه استخوان‌شناسی رنگ‌آمیزی و شفاف‌سازی شدند. در نهایت ویژگی‌های استخوانی آن‌ها به تفصیل توصیف گردید و نتایج حاصل از آن با گونه *Capoeta damascina*، که اطلاعات استخوان‌شناسی آن در دسترس بود مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج این مقایسه تفاوت‌های آشکاری را در بخش‌های مختلف جمجمه عصبی، مجموعه استخوان‌های سرپوش آبششی، کمان لامی، کمان آبششی، باله پشتی، استخوان‌های ساده و رجلي خارجی و خارهای خونی و عصبی باله دمی نشان داد.

کلمات کلیدی: کپورماهیان، استخوان‌شناسی، آب‌های داخلی ایران، سیاه‌ماهی، *Capoeta*

(Derzhavin، 1929؛ Wossughi، 1978؛ Jouladeh-Roudbar و همکاران، 2015) و از حوضه‌های دشت کویر، اصفهان، کرمان-نائین، سیرجان و هرمز نیز گزارش شده است (Bianco و Banarescu، 1982؛ Wossughi، 1998؛ Abdoli، 2000؛ Jouladeh-Roudbar و همکاران، 2015). Saadati (1977) این گونه را به‌عنوان گونه *C. damascina* معرفی کرده بود. گونه *C. buhsei* به‌واسطه داشتن تعداد خارهای کم (7-10) و خارهای آبششی (9-17) کم، فقدان ستیغ واضح در بخش قدامی باله پشتی، نوع ساختار دهانی و وجود یک خار غیر مضرس دندان یا با دندان کم در باله‌پشتی از گونه *C. damascina* قابل شناسایی است (Coad، 2015).

ساختارهای استخوانی از جمله قدیمی‌ترین اجزای مورد استفاده در مطالعه مهرمداران هستند. این ساختارها نه تنها ابزار مناسبی برای بررسی موجودات فعلی و زنده می‌باشند، بلکه به خاطر استحکام و ماندگاری طولانی، در مطالعات دیرین‌شناسی نیز از اهمیت خاصی برخوردار بوده و در بیشتر مواقع تنها ابزار

مقدمه

جنس *Capoeta*، با نام فارسی سیاه‌ماهی، دارای 25 گونه می‌باشد که نه گونه‌ی آن شامل *C. barroisi*، *C. aculeata*، *C. C.*، *C. buhsei*، *C. damascina*، *C. fusca*، *C. trutta*، *C. C.*، *C. saadi* و *C. mandica* از ایران گزارش شده است (Coad، 2015؛ Jouladeh-Roudbar و همکاران، 2015؛ Esmaeili و همکاران، 2015). اعضای این جنس در نواحی جنوب‌غربی آسیا پراکنش دارند (Coad، 2015). از جمله ویژگی‌های ماهیان این جنس می‌توان به بدن نسبتاً کشیده، وجود یک تا دو جفت سیبلیک، باله پشتی و مخرجی کوتاه به‌ترتیب با 7-9 و 5 شعاع منشعب و سه ردیف دندان حلقی اشاره کرد (Coad، 2015). گونه *C. buhsei* با نام فارسی سیاه‌ماهی مرکزی، بومی حوضه‌ی دریاچه نمک بوده



سپس ساختارهای استخوانی نمونه‌ها، به ترتیب شامل نواحی سر، اسکلت تنه‌ای و باله‌ها مجزا شده و هر یک از قطعات اسکلتی توسط دستگاه اسکنر Epson V600 مجهز به یک حوضچه گلیسرین تصویربرداری به عمل آمد. ویژگی‌های استخوان‌شناسی نمونه‌های شفاف شده نیز توسط یک دستگاه میکروسکوپ (لوپ) مدل Leica (MS5) بررسی و توصیف شدند. ترسیم ساختارهای اسکلتی توسط نرم‌افزار CorelDraw X6 و نامگذاری قطعات استخوانی براساس Rojo (1991) صورت گرفت. پس از بررسی ساختار اسکلتی به‌منظور شناسایی ویژگی‌های قابل تمایز گونه مورد مطالعه، ویژگی‌های استخوانی آن با اطلاعات استخوانی موجود یعنی گونه *C. damascina* از حوضه تیگریس مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

مجموعه عصبی (Neurocranium) در بخش خلفی پهن بوده و در بخش میانی و قدامی اندکی باریک می‌گردد (شکل 1a). ناحیه پرویزنی (Ethmoid) شامل شش قطعه استخوانی فرا-پرویزنی (Supraethmoid)، پرویزنی‌کناری (Lateral ethmoid)، پیش‌پرویزنی (Pre-ethmoid I)، تیغه‌ای (Vomer)، بینی (Nasal) و کین‌اتموئید (Kinethmoid) می‌باشد. استخوان فراپرویزنی کوتاه و پهن بوده و دارای دو زائده قدامی-جانبی نوک تیز و دو برآمدگی قدامی کوچک در بخش میانی است. این استخوان در میانه بخش پشتی دارای یک شیار طولی می‌باشد. بخش میانی حاشیه خلفی استخوان فراپرویزنی به استخوان پیشانی متصل می‌گردد (شکل 2a). دو قطعه استخوان بینی در بخش جانبی استخوان فراپرویزنی واقع شده است که محل عبور کانال فوق چشمی می‌باشند. بخش قدامی استخوان تیغه‌ای پهن بوده و لبه پشتی آن نوک تیز شکل است. بخش خلفی این استخوان دراز بوده و به استخوان‌های پراپروانه‌ای و پرویزنی‌کناری متصل می‌گردد. قسمت میانی استخوان تیغه‌ای پهن‌ترین بخش این استخوان را تشکیل می‌دهد. دو قطعه استخوان کوچک پیش‌پرویزنی I در لبه قدامی-جانبی این استخوان واقع شده است (شکل 2b). استخوان پرویزنی‌کناری در حاشیه قدامی و خلفی مقعر بوده و در بخش شکمی مسطح می‌گردد. استخوان کوچک کین‌اتموئید بین استخوان‌های فک بالا قرار دارد.

منطقه بینایی (Orbital) شامل استخوان‌های پیشانی (Frontal)، حلقه‌ای پروانه‌ای (Orbitosphenoid)، بالی پروانه‌ای (Ptersphenoid)، پراپروانه‌ای (Parasphenoid)، استخوان‌های دور چشمی (Circumorbital) و استخوان‌های اسکلوئوتیک (Sclerotic) می‌باشد. استخوان پیشانی بزرگ و پهن بوده و در دو لبه قدامی و خلفی صاف می‌باشد. حاشیه قدامی-شکمی این استخوان به استخوان‌های حلقه‌ای پروانه‌ای و بالی پروانه‌ای متصل می‌گردد. استخوان حلقه‌ای پروانه‌ای تیغه میانی ناحیه بینایی را تشکیل می‌دهد و در قسمت شکمی به استخوان دراز پراپروانه‌ای و در حاشیه خلفی-پشتی به استخوان بالی پروانه‌ای متصل می‌گردد (شکل 2c). استخوان بالی پروانه‌ای کمی مقعر بوده و در بخش خلفی به استخوان‌های پیش‌گوشی و پروانه‌ای متصل می‌گردد. بخش میانی استخوان اطراف پروانه‌ای دارای بیشترین پهنای می‌باشد و بخش قدامی آن باریک‌تر از بخش خلفی است. استخوان‌های دور چشمی شامل سه استخوان زیر چشمی

این نوع مطالعات هستند (کیوانی و همکاران، 1393). زیست‌شناسان با اطلاعات فراوانی که از ساختارهای اسکلتی ماهیان به دست می‌آورند، می‌توانند گونه، سن، جنس، اندازه، وزن، مکان و شرایط محیطی آن‌ها را به راحتی استخراج نمایند (Rojo، 1991)، به علاوه شناخت بسیاری از عملکردهای ماهی از جمله تغذیه، تنفس و شنا، بدون شناخت کامل استخوان‌های فک، آبشش، اسکلت بدن و باله‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد (Helfman و همکاران، 2009). با وجود دشوار بودن استخوان‌شناسی ماهیان نسبت به سایر مهره‌داران، مطالعات استخوان‌شناسی برای درک بهتر عملکردهای زیستی و روابط بین ماهیان ضروری به نظر می‌رسد و از جمله ویژگی‌های آرایه‌شناختی مهم جهت تشخیص و طبقه‌بندی و درک روند تکاملی آن‌ها محسوب می‌گردد.

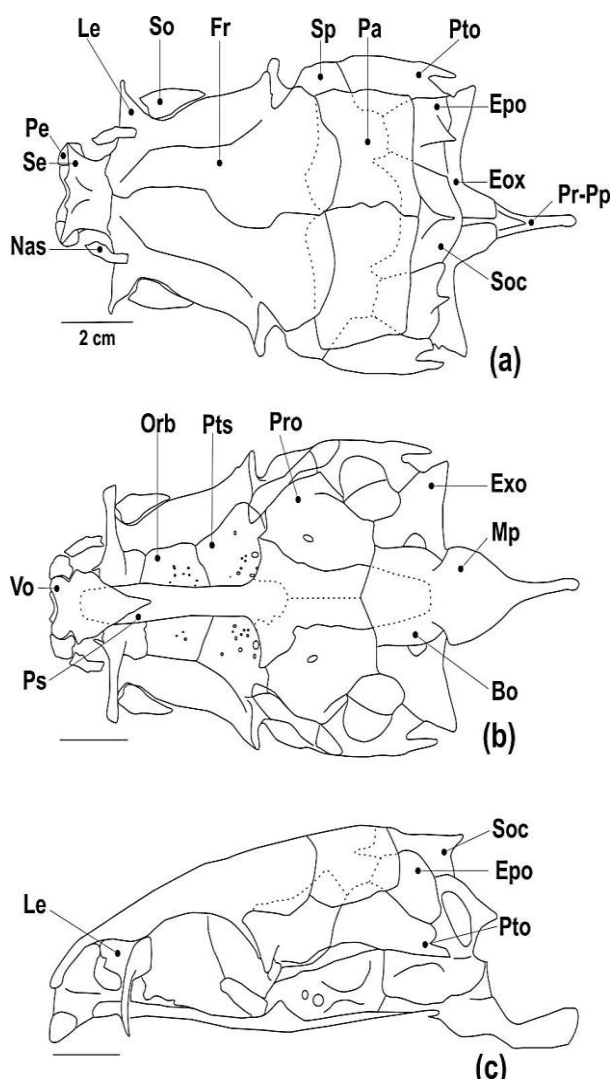
با توجه به اهمیت نقش ساختار اسکلتی در شناخت ویژگی‌های زیست‌شناسی و بوم‌شناسی یک گونه، تاکنون مطالعه استخوان‌شناسی جامعی در مورد گونه‌های متعلق به جنس *Capoeta* در ایران صورت نگرفته و اطلاعات اندکی در مورد گونه‌های آن در دسترس است. تنها اطلاعات استخوانی موجود مربوط به گونه *C. damascina* از حوضه تیگریس است (رضوی-پور و همکاران، 1393). بررسی آرایه‌شناسی جمعیت‌های مختلف گونه *C. damascina* در آب‌های داخلی ایران نیز بر اساس صفات ریختی نیز توسط رضوی‌پور (1392) انجام شد. برای سایر گونه‌ها نیاز به مطالعات گسترده در زمینه ریخت‌شناسی و استخوان‌شناسی احساس می‌شود. از این رو تحقیق حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های استخوانی گونه *C. buhsei* به اجرا درآمد.



شکل 1: نمای جانبی گونه سیاهماهی مرکزی *Capoeta buhsei* رودخانه کردان، حوضه دریاچه نمک.

مواد و روش‌ها

برای این تحقیق تعداد 12 قطعه سیاهماهی مرکزی با طول استاندارد (SD) $91 \pm 09/56$ سانتیمتر از رودخانه کردان (کرج: $35^{\circ}57'12.63''$ N; $50^{\circ}50'17.12''$ E) در آبان‌ماه 1394 توسط دستگاه الکتروشوکر نمونه‌برداری گردید. نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول گل میخک یک درصد، در فرمالین بافری ده درصد بافری تثبیت شدند. به منظور مطالعه استخوان‌شناسی، نمونه‌های ماهی براساس روش اصلاح شده Van Dyke و Taylor (1985) شفاف‌سازی و توسط آلزاین‌بلو و آلزاین‌رد رنگ‌آمیزی شدند.



شکل 2: نمای پشتی (a)، شکمی (b) و جانبی (c) جمجمه عصبی

Capoeta buhsei گونه

Abbreviations: Bo: basioccipital; Epo: epiotic; Exo: exoccipita; Fr: frontal; Le: lateral ethmoid; Mp: ventral masticatory plate; Nas: nasal; Orb: orbitosphenoid; Pa: parietal; Pe: preethmoid I; Pro: prootic; pr-Pp: posterior pharyngeal process; Ps: parasphenoid; Pto: pterotic; Pts: pterosphenoid; Se: supraethmoid; So: supraorbital; Soc: supraoccipital; Spo: sphenotic; Vo: vomer.

در جمجمه احشایی (Branchiocranium)، فک بالا شامل جفت استخوان فکی (Maxilla) و پیش فکی (Premaxilla) می باشد. استخوان پیش فکی در بخش قدامی پهن بوده و در بخش خلفی باریک و رو به پایین است (شکل 3a). استخوان فکی دارای یک زائده متمایل به پایین در بخش قدامی و یک برآمدگی در بخش میانی است. بخش خلفی این استخوان باریک شده و در انتها اندکی پهن می گردد. یک سوراخ واضح در زیر زائده قدامی آن دیده می شود.

استخوان های فک پایین شامل دندانی (Dentary)، رتروآرتیکولار (Retroarticular)، مفصلی (Angular) و کرونومکلین (Coronomeckelian) می باشد (شکل 3b). استخوان

(Infraorbital) و یک استخوان فوق چشمی (Supraorbital) می باشد. استخوان اشکی (Lachrymal) اولین استخوان زیر چشمی است که پهن تر از سایرین می باشد. دومین استخوان این مجموعه کوچک بوده و در حاشیه پشتی به سومین و بزرگترین استخوان زیر چشمی متصل می گردد. این استخوان I شکل بوده و به مجموعه عصبی متصل می گردد. استخوان فوق چشمی تقریباً مثلثی شکل بوده و در بخش قدامی-جانبی پیشانی قرار دارد.

منطقه شنوایی (Otic) شامل شش استخوان آهیانه (Parietal)، پروانه ای (Sphenotic)، بالی گوش (Pterotic)، بالی-پوستی (Dermopterotic)، پیش گوش (Prootic) و فوق-گوشی (Epiotic) می باشد. استخوان آهیانه پهن بوده و حاشیه جانبی-خارجی آن به بالی گوش و پروانه ای و حاشیه خلفی آن به استخوان فوق پس سری (Supraoccipital) و فوق گوش متصل می گردد. استخوان بالی گوش که پهن ترین قسمت جمجمه را تشکیل می دهد، شکلی ربع دایره ای داشته و در بخش خلفی به استخوان پوستی بالی گوش جوش خورده است. اپی اتیک تقریباً نوزنقه ای شکل بوده و بین دو استخوان بالی گوش و فوق پس-سری واقع شده است. استخوان بالی گوش دارای چندین فورامن در بخش میانی است و در بخش قدامی پیش گوش به استخوان بالی پروانه ای متصل می گردد. بخش جانبی داخلی این استخوان توسط زائده شکمی تیغه ای شکل به استخوان پراپروانه ای متصل است. استخوان پروانه ای دارای زائده قدامی-جانبی دراز می باشد که به حاشیه جانبی استخوان پیشانی متصل می گردد (شکل 2b).

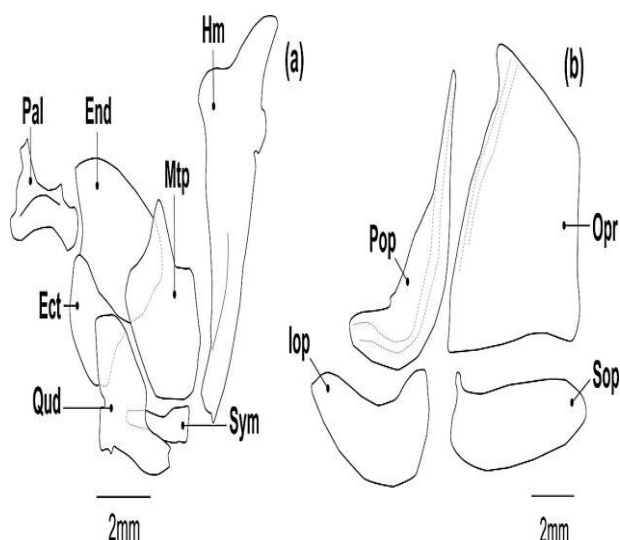
ناحیه پس سری (Occipital) شامل استخوان های فوق پس-سری (Supraoccipital)، پس سری خارجی (Exoccipital) و قاعده ای پس سری (Basioccipital) می باشد. استخوان فوق پس-سری در بخش میانی پشتی دارای یک برآمدگی تیغه ای شکل است. لبه قدامی این استخوان مقعر بوده و حاشیه خلفی آن به جفت استخوان پس سری خارجی متصل می شود. استخوان پس سری خارجی دارای حفره فورامن مگنوم (Foramen magnum) می باشد (شکل 2c). این استخوان در بخش پشتی به استخوان های بالی گوش و فوق گوش وصل می شود. زائده حلقی-خلفی (Posterior pharyngeal process) استخوان قاعده ای پس سری در بخش قدامی پهن شده و صفحه خرد کننده شکمی (Ventral masticatory plate) را تشکیل می دهد. این زائده در بخش خلفی باریک می گردد.



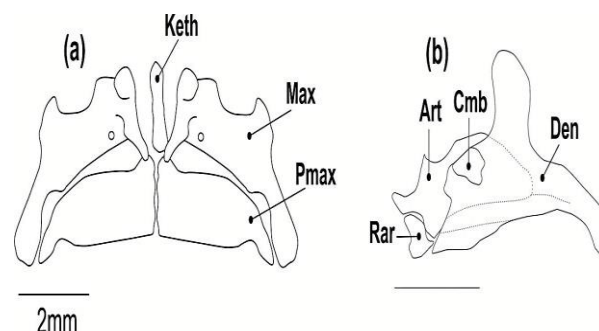
برآمدگی قدامی-پشتی استخوان فکی مفصل می‌گردد. استخوان کامی همچنین دارای یک زائده کوچک در بخش خلفی-جانبی است (شکل 4a).

مجموعه استخوان‌های سرپوش آبخشی (Opercle) شامل چهار قطعه‌ی سرپوش آبخشی، پیش‌سرپوش آبخشی (Preopercle)، زیرسرپوش آبخشی (Subopercle) و میان‌سرپوش آبخشی می‌باشد. لبه شکمی استخوان سرپوش آبخشی صاف بوده و در قسمت قدامی-پشتی دارای یک برآمدگی است. یک فرو رفتگی مفصلی برای اتصال با مفصل فکی لامی در حاشیه جانبی-داخلی این استخوان قرار دارد. استخوان زیر سرپوش آبخشی تقریباً بیضی شکل بوده و دارای یک زائده قدامی-پشتی کوچک می‌باشد. پیش‌سرپوش آبخشی تقریباً L شکل بوده و بخش عمودی آن دارای طول بیشتری نسبت به بخش افقی است. بخش قدامی پیش‌سرپوش آبخشی با استخوان میان سرپوش آبخشی هم-پوشانی دارد. استخوان میان سرپوش آبخشی در بخش خلفی متمایل به بالا می‌باشد (شکل 4b).

مجموعه استخوان‌های کمان لامی (Hyoid arch) شامل استخوان‌های منفرد دملامی (Urohyal) و قاعده‌ای لامی (Basihyal) و جفت استخوان‌های تحت لامی (Hypohyal)، غضروفی لامی (Ceratohyal)، فوق لامی (Epihyal)، بین لامی و سه جفت شعاع پایه آبخشی (Branchiostegal) می‌باشد. استخوان قاعده‌ای لامی در بخش قدامی پهن بوده و در بخش پشتی باریک می‌گردد. استخوان دملامی دارای دو بخش افقی و عمودی می‌باشد. بخش افقی در قسمت خلفی پهن بوده و در انتهای قدامی از پهنای آن کاسته می‌شود. بخش پشتی تیغه‌ای شکل و عمود بر بخش افقی است. استخوان تحت لامی دارای دو قسمت پشتی و شکمی است که در حاشیه قدامی به هم متصل می‌شوند. استخوان غضروفی لامی در بخش میانی باریک‌تر از دو انتها می‌باشد. استخوان فوق لامی در بخش جانبی باریک است. استخوان بین لامی کوچک بوده و در بخش بالایی فوق لامی واقع شده است. خارجی ترین شعاع پایه آبخشی بزرگترین شعاع بوده و پهن تر از سایرین می‌باشد (شکل 5a).



دندانی تقریباً L شکل است. استخوان مفصلی در حاشیه خلفی استخوان دندانی واقع شده است. لبه خلفی استخوان مفصلی ضخیم و پهن است و با استخوان مربعی (Quadrate) از مجموعه‌ی فک‌آویز مفصل می‌شود. در لبه شکمی-خلفی استخوان مفصلی استخوان کوچک و تقریباً مثلثی شکل رتروآرتیکولار واقع شده است. استخوان کروئومگلین کوچک بوده و در قسمت جانبی-داخلی استخوان مفصلی قرار دارد. این استخوان در بخش قدامی پهن بوده و در حاشیه جانبی خود دارای یک برآمدگی است.



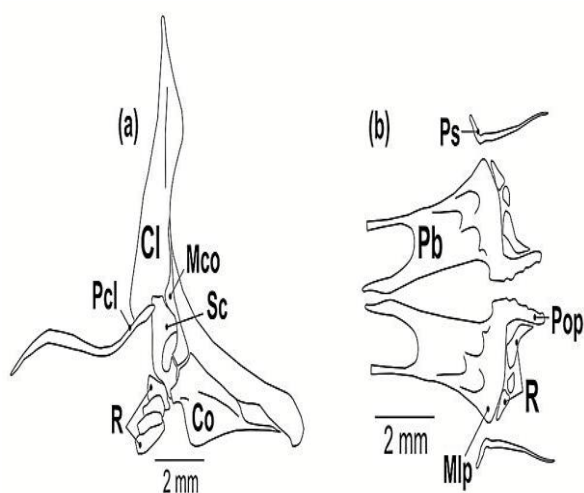
شکل 3: نمای جانبی داخلی استخوان های فک بالا (a) و فک پایین (b) گونه *Capoeta buhsei*

Abbreviations: Art: articular; Cmb: coronomeckelian; Den: dentale; Keth: kinethmoid; Max: maxillary; Pmax: premaxillary; Rar: retroarticular.

استخوان‌های فک آویز شامل استخوان‌های مربعی (Quadrate)، ساده (Symplectic) و فکی لامی (Hyomandibular)، رجلي پشتی (Metaptrygoid)، رجلي خارجي (Ectoptrygoid)، رجلي داخلي (Endoptrygoid) و کامی (Palatine) می‌باشد. استخوان فکی لامی تقریباً مثلثی شکل بوده و دارای دو برآمدگی پشتی است که به جمجمه عصبی متصل می‌گردد (شکل 4a). این استخوان در حاشیه پشتی دارای یک برآمدگی تیغه‌ای شکل است که تا بخش شکمی ادامه دارد. مفصل سرپوش آبخشی (Opercle) در حاشیه خلفی-پشتی این استخوان واقع شده است. بخش شکمی فکی لامی با استخوان بین لامی مفصل می‌شود. حاشیه خلفی استخوان مربعی دارای یک فرورفتگی نسبتاً عمیق می‌باشد. استخوان ساده در بخش قاعده‌ای-خلفی استخوان مربعی واقع شده است. این استخوان، در ناحیه خلفی پهن‌تر می‌گردد. استخوان مربعی دارای دو بخش پشتی و شکمی است. بخش شکمی دراز بوده و دارای قطر بیشتری نسبت به بخش پشتی است. لبه خلفی بخش شکمی آن توسط یک لیگامنت به حاشیه قدامی استخوان میان سرپوش آبخشی (Interopercle) متصل می‌گردد. بخش پشتی استخوان مربعی پهن است. استخوان رجلي پشتی در بخش قدامی دارای یک برآمدگی پشتی متمایل به بالا می‌باشد. در بخش قدامی این استخوان، رجلي خارجي قرار دارد که بخش خلفی آن پهن‌تر از بخش قدامی است. لبه قدامی این استخوان دارای یک فرورفتگی برای اتصال به استخوان کامی می‌باشد. حاشیه خلفی استخوان رجلي خارجي با حاشیه قدامی استخوان مربعی همپوشانی دارد. رجلي داخلي در زیر استخوان رجلي خارجي واقع شده است. استخوان کامی در بخش قدامی دارای دو زائده جانبی و شکمی و یک فرورفتگی است که به

استخوان ترقوه تقریباً مثلثی شکل بوده و به حاشیه جانبی-داخلی بخش افقی استخوان غرابی متصل می‌گردد. حاشیه داخلی-جانبی استخوان ترقوه مایل به پایین می‌باشد. زائده خلفی-میانی این استخوان تیغه‌ای شکل بوده و ترقوه را به ترقوه میانی متصل می‌کند. استخوان ترقوه میانی در بخش شکمی پهن و تقریباً مثلثی شکل بوده و با دو استخوان ترقوه و کتف در ارتباط است. بخش پشتی ترقوه میانی باریک شده و به بخش عمودی استخوان غرابی متصل می‌گردد. استخوان کتف تقریباً گرد بوده و در بخش خلفی اندکی نوک تیز می‌گردد. این استخوان دارای یک فورامن بزرگ در بخش میانی و یک زائده تیغه‌ای شکل در بخش شکمی است (شکل 6a).

کمر بند شکمی (Pelvic girdle)، شامل جفت استخوان شکمی (Pelvic bones)، استخوان استیلوئید (Styloid) و رادیال‌ها (Radials) است (شکل 6b). بخش قدامی استخوان شکمی توسط یک فرورفتگی U شکل عمیق به دو شاخه تقسیم می‌شود؛ شاخه داخلی اندکی ضخیم‌تر و بلندتر از شاخه خارجی است. لبه خلفی-داخلی این استخوان نیز دارای یک زائده دراز بوده که در بخش قدامی به یکدیگر متصل می‌گردد. این مجموعه دارای سه جفت رادیال و یک جفت استخوان استیلوئید، در بخش جانبی استخوان شکمی، می‌باشد (شکل 6b).



شکل 6: نمای جانبی استخوان‌های کمر بند سینه‌ای (a) و نمای

شکمی استخوان‌های کمر بند لگنی (b) گونه *Capoeta buhsei*

Abbreviations: Cl: cleithrum; Co: coracoid; Mco: mesocoracoid; Mlp: mid-lateral process; Pb: pelvic bone; Pcl: postcleithrum; Pop: posterior process; Ps: pelvic splint; R: radials; Sc: scapula.

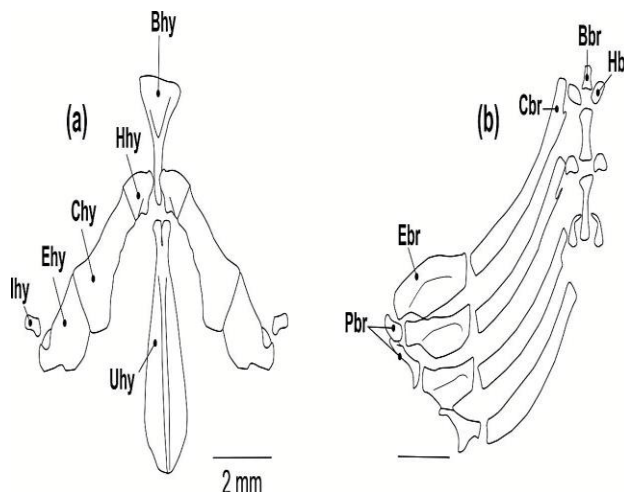
اسکلت محوری (Axial skeleton)، دارای 45 جسم مهره می‌باشد که مهره اول تا چهارم به همراه استخوانچه‌های Tripus، Intercalarium، Scaphium و Claustrium در تشکیل دستگاه وبر شرکت دارند (شکل 7). این گونه دارای 14 استخوان فوق عصبی است که از دستگاه وبر تا بخش قدامی باله پشتی امتداد داشته و هر چه به باله پشتی نزدیک‌تر می‌شویم اندازه آن‌ها بزرگ‌تر می‌گردد. سومین استخوان فوق عصبی بزرگ‌تر از سه استخوان فوق عصبی دیگر است (شکل 7).

شکل 4: نمای جانبی مجموعه استخوان‌های فک آویز (a) و

سرپوس آبششی سمت چپ (b) گونه *Capoeta buhsei*

Abbreviations: Ect: ectopterygoid; End: endopterygoid; Hm: hyomandibulare; Iop: interopercle; Mtp: metapterygoid; Opr: opercle; Pal: palatine; Pop: praeopercle; Qud: quadrate; Sop: subopercle; Sym: symplectic.

مجموعه استخوان‌های کمان آبششی (Branchial apparatus) شامل پنج جفت استخوان غضروفی آبششی (Ceratobranchial)، چهار جفت استخوان فوق آبششی (Epibranchial)، سه جفت استخوان زیر آبششی (Hypobranchial)، دو جفت استخوان حلقی آبششی (Inphrpharyngobranchial) و سه استخوان منفرد قاعده-ای آبششی (Basibranchial) است. استخوان حلقی آبششی خلفی بزرگ‌تر از قدامی است. این گونه دارای دندان حلقی با فرمول 2.3.5-5.3.2 می‌باشد (شکل 5b).



شکل 5: نمای پشتی مجموعه استخوان‌های کمان لامی (a) و کمان

آبششی (b) گونه *Capoeta buhsei*

Abbreviations: Bhy: basihyal; Chy: ceratohyal; Epi: epihyal; Hhy: dorsal and ventral hypohyal; Ihy: interhyal; Uhy: urohyal; Bbr: basibranchial; Cbr: ceratobranchial; Ebr: epibranchial; Hbr: hypobranchial; Pbr: pharyngobranchial.

کمر بند سینه‌ای (Pectoral girdle) شامل استخوان‌های غرابی (Coracoid)، فوق غرابی (Supracoracoid)، غرابی پشتی (Postcoracoid)، ترقوه (Cliethrum)، ترقوه میانی (Mesocliethrum)، کتف (Scapula)، پشتی‌گیجگاهی (Posttemporal) و رادیال‌های باله سینه‌ای (Radials) می‌باشد (شکل 6a). استخوان غرابی تقریباً L شکل بوده و بخش عمودی آن دارای یک زائده تیغه‌ای شکل در حاشیه قدامی-پشتی است و برآمدگی خلفی-شکمی آن مثلثی شکل و نوک تیز می‌باشد. بخش افقی استخوان غرابی در قسمت قدامی پهن‌تر شده و لبه جانبی-داخلی آن دارای یک زائده می‌باشد که توسط آن به لنگه مشابه خود متصل می‌گردد. استخوان غرابی پشتی دراز و باریک بوده و در بخش خلفی استخوان ترقوه واقع شده است (شکل 6a). استخوان فوق غرابی در بخش خلفی پهن‌تر بوده و در بخش شکمی باریک می‌گردد، این استخوان در انتهای بخش عمودی غرابی واقع شده و استخوان فوق گیجگاهی روی آن قرار دارد.

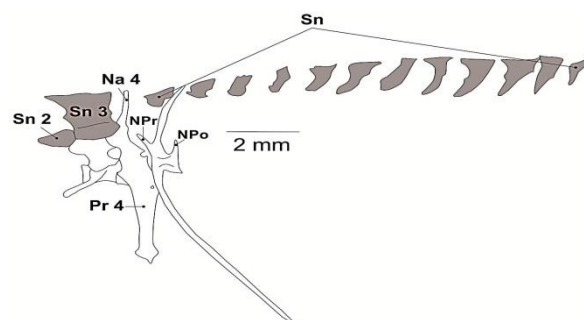


مقایسه توالی ژنهای COI اعضای جنس سیاهماهی نشان داد که دو گونه *C. buhsei* و *C. damascina* با تفاوت‌های اندکی که در ساختار این ژن‌ها از خود نشان دادند به عنوان نزدیک‌ترین آرایه‌ها در میان سایر اعضای این جنس شناخته شدند (هاشمزاده و همکاران، 1393). بنابراین به دلیل شباهت ریخت ظاهری این دو گونه و با توجه به این‌که تنها ویژگی‌های استخوانی گونه سیاه‌ماهی تونینی *C. damascina* توصیف شده توسط رضوی‌پور و همکاران (1393) در دسترس است، در این مطالعه توصیف دقیق ساختار اسکلتی گونه سیاهماهی مرکزی *C. buhsei* ارائه گردید و سپس تفاوت‌های استخوان‌شناسی آن با گونه سیاهماهی تونینی *C. damascina* بیان گردید تا ویژگی‌های قابل شناسایی بیشتری برای تمایز آن‌ها ارائه شود. لازم به ذکر است که مطالعات اخیر نشان داده است که گونه *C. damascina* مربوط به حوضه دمشق سوریه می‌باشد و جمعیت‌های آن در حوضه تیگریس ایران نیز یافت می‌شود (Alwan, 2010؛ Jouladeh-Roudbar و همکاران، 2015). با توجه به این‌که نمونه‌های مورد مطالعه توسط رضوی‌پور و همکاران (1393) از رودخانه قشلاق متعلق به حوضه ابریز رودخانه سیروان که به حوضه تیگریس عراق می‌ریزد، است، این گونه براساس Jouladeh-Roudbar و همکاران (2015) سیاهماهی تونینی *C. damascina* می‌باشد. جمعیت‌هایی که در سایر حوضه‌های آب‌های داخلی ایران تحت عنوان گونه *C. damascina* شناخته می‌شدند، مربوط به گونه‌ی *C. saadi* هستند (Jouladeh-Roudbar و همکاران، 2015).

مقایسه ساختار استخوانی این دو گونه، علی‌رغم شباهت‌های استخوانی، تفاوت‌های آشکاری را در بخش‌های مختلف شامل مجسمه عصبی، احشایی و باله‌ها نشان داد. در گونه *C. damascina* اتصال دو استخوان فراپرویزی و پیشانی به صورت زیگزگی است (رضوی‌پور و همکاران، 1393) در حالی که در گونه *C. buhsei* این اتصال صاف می‌باشد. استخوان آهیانه در گونه *C. damascina* دارای حاشیه دنداندار بوده، اما در *C. buhsei* این استخوان دارای حاشیه صاف است.

تفاوت‌های دیگر مربوط به مجموعه استخوان‌های کمان رجلي و سایر بخش‌های مجسمه احشایی می‌باشد. در گونه مورد مطالعه استخوان رجلي خارجی در بخش قدامی و خلفی دارای پهنای برابر است اما در گونه *C. damascina* این استخوان در بخش خلفی پهن بوده و در بخش قدامی باریک‌تر می‌گردد. همچنین در گونه *C. damascina*، استخوان ساده دارای یک برجستگی جانبی-شکمی است اما در گونه *C. buhsei* این برجستگی مشاهده نمی‌شود.

حاشیه قدامی-خلفی استخوان زیرسرپوش آبششی در گونه مورد مطالعه نسبت به گونه *C. damascina* توسعه یافته‌تر و نوک تیزتر می‌باشد. علاوه بر آن بخش قدامی استخوان قاعده‌ای لامی در گونه *C. buhsei* پهن‌تر بوده و دو گوشه قدامی-جانبی آن نوک تیزتر است، در حالی که در گونه *C. damascina* دو گوشه قدامی-جانبی این استخوان کند می‌باشد. استخوان دملامی دارای تنوع حالات فراوان در بین جنس‌های کپورماهیان می‌باشد (جلیلی، 1394). بر اساس نتایج، حاشیه خلفی بخش افقی این استخوان برای جنس *Capoeta* یک صفت متمایز کننده گونه‌ای در این جنس می‌تواند محسوب گردد. این صفت دارای سه حالت صاف، مقعر

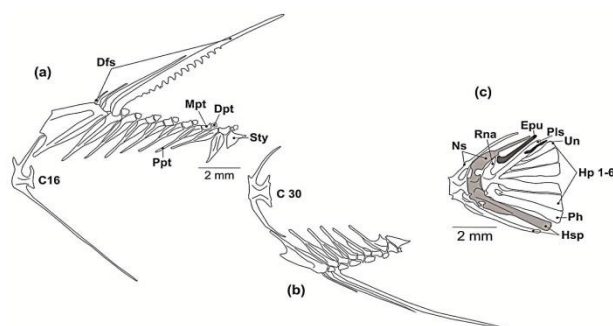


شکل 7: مجموعه استخوان‌های دستگاه وبر و عناصر فوق عصبی

گونه *Capoeta buhsei*

Abbreviations: Na 4: neural arch 4; Pr 4: pleural rib 4; Sn: supraneural; NPo: Neural Postzygapophyses; NPr: Neural Prezygapophyses.

باله پشتی دارای 4 شعاع غیر منشعب، 8-7 شعاع منشعب، 9 سری استخوان پتریگیوفور (Pterygiophor) و یک استخوان استیلونید می‌باشد. چهارمین شعاع غیر منشعب باله پشتی بسیار ضخیم و دنداندار می‌باشد (شکل 8a). ابتدای این باله از مهره 16 ستون مهره شروع می‌شود. باله مخرجی دارای 3 شعاع غیر منشعب و 5 شعاع منشعب، 6 سری استخوان پتریگیوفور و یک استخوان Styloid می‌باشد و از مهره 30 اسکلت محوری شروع می‌شود (شکل 8b). مجموعه استخوان‌های باله دمی (Caudal fin) شامل سه مهره آخر ستون مهره، مجموعه‌ای از زوائد استخوانی و شعاع‌های اصلی و حمایتی (Procurrent) است. منظور از زوائد استخوانی شش استخوان هیپورال (Hyporal)، پارهیپورال (Parhypural)، پلئوراستیل (Pleurostyle)، اورونئورال (Uroneural) و اپیورال (Epurial) می‌باشد که در شکل 8c نشان داده شده‌اند.



شکل 8: نمای جانبی ساختار اسکلتی باله‌های پشتی (a)، شکمی (a) و دمی (c) گونه *Capoeta buhsei*

Abbreviations: C 16-30: centrum 16-30; Dfs: dorsal fin spine; Dpt: distal pterygiophore; Epu: epural; Hp 1-6: hypural plates 1-6; Hsp: hemal spine; Mpt: medial pterygiophore; Ppt: proximal pterygiophore; Ph: parhypurale; Pls: pleurostyle; Rna: rudimentary neural arch; Sn: supraneural; Sty: stay; Un: uroneural.

بحث

در گذشته اعضای متعلق به گونه سیاهماهی مرکزی *C. buhsei* به دلیل شباهت‌هایی که با گونه *C. damascina* داشتند در این گروه جای داده شده بودند (Saadati, 1977). نتایج حاصل از

10. Esmaeili, H.R.; Babai, S.; Gholamifard, A.; Pazira, A.; Gholamhossein, A. and Coad, B.W., 2015. Fishes of the Persian region of Iran: an updated checklist and Ichthyogeography. Iranian Journal of Ichthyology. Vol. 2, No. 3, pp: 201-223.
11. Helfman, G.S.; Collette, B.B.; Facey, D.E. and Bowen, B.W., 2009. The diversity of fishes: Biology, Evolution, and Ecology. Blackwell Publishing. UK, Oxford. 736 p.
12. Rojo, A.L., 1991. Dictionary of evolutionary fish osteology, CRC Press. 173 p.
13. Jouladeh-Roudbar, A.; Vatandoust, S.; Eagderi, S.; Jafari-Kenari, S. and Mousavi-Sabet, H., 2015 Freshwater fishes of Iran; an updated checklist. AACL Bioflux. Vol. 8, No. 6, pp: 855-909.
14. Saadati, M.A.G., 1977. Taxonomy and distribution of the freshwater fishes of Iran. M.S. Thesis, Colorado State University, Fort Collins. 212 p.
15. 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. Cybium. Vol. 9, pp: 107-119.
16. Wossoughi, G., 1978. Contribution to systematics and zoogeography of Cyprinidae in the Middle East, with special consideration of Iran. Dissertation for the Doctoral Degree of the Department of Biology at the University of Hamburg. 89 p.
17. Wossoughi, G.H., 1998. On a collection of fresh water fishes from west of Jazmurian in southeastern Iran. Indian Journal of Fisheries, Vol. 45, No. 2, pp: 221-224.

یا برآمده بوده (جلیلی، 1394) که دو حالت صاف و برآمده به ترتیب در گونه‌های *C. damascina* (رضوی‌پور و همکاران، 1393) و *C. buhsei* مشاهده می‌شود. فرم خلفی‌ترین استخوان قاعده‌ای آبششی نیز می‌تواند به‌عنوان صفت متمایز کننده بین گونه‌ای برای جنس سیاه‌ماهی محسوب شود. این استخوان در گونه *C. damascina* استوانه‌ای شکل بوده و در *C. buhsei* بخش میانی آن باریک‌تر از بخش قدامی و خلفی است.

به‌طور کلی اولین استخوان پتریگئوفور مبدایی (Proximal pterygiophore) در باله‌های پشتی و مخرجی در گونه مورد مطالعه کوتاه‌تر می‌باشد. اما در گونه *C. damascina* این بخش از استخوان خصوصاً در باله پشتی دارای یک بخش شکمی بسیار نوک تیز و کشیده می‌باشد. تفاوت مشاهده شده در باله دمی بیشتر مربوط به خارهای خونی و عصبی می‌باشد. بدین صورت که خارهای دومین جسم مهره باله دمی در گونه *C. buhsei* پهن بوده ولی در گونه *C. damascina* این شعاع‌ها باریک می‌باشند.

در نهایت براساس نتایج این مطالعه ویژگی‌های استخوانی شامل فرم استخوان‌های سرپوش آبششی (زیرسرپوش آبششی) و کمان لامی (استخوان‌های قاعده‌ای لامی و اوروهیال)، بخش‌های مختلف فک‌آویز (استخوان‌های ساده و رجلی خارجی) و عناصر مربوط به باله‌ها (خارهای خونی و عصبی باله دمی و پتریگئوفورهای باله پشتی) را می‌توان به‌عنوان صفات قابل تشخیص برای گونه *C. buhsei* ارائه نماید.

منابع

1. جلیلی، پ.، 1394. فیلوژنی جنس‌های کپورماهیان ایران با استفاده از صفات استخوان‌شناسی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
2. رضوی‌پور، پ.؛ ایگدری، س. و پور باقر، ه.، 1393. مطالعه استخوان‌شناسی سیاه‌ماهی توتینی (*Capoeta damascina* Valenciennes, 1842) حوضه دجله. نشریه پژوهش‌های ماهی-شناسی کاربردی. سال 2، شماره 3، صفحات 1 تا 16.
3. رضوی‌پور، پ.، 1392. آرایه‌شناسی سیاه‌ماهی توتینی (*Capoeta damascina*) در آب‌های داخلی ایران با استفاده از صفات ریختی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
4. هاشم‌زاده سقرلو، ا.؛ عبدلی، ا.؛ پوراحمد، ر.؛ پوریا، م. و گلزاریان‌پور، پ.، 1393. تهیه بارکد ژنتیکی ماهیان جنس *Capoeta* در سرشاخه‌های کارون و دجله. ژنتیک نوین. سال نهم، شماره 2، صفحات 171 تا 178.
5. Abdoli, A., 2000. The Inland Water Fishes of Iran. Iranian Museum of Nature and Wildlife, Tehran. 378 p.
6. Alwan, N., 2010. Systematics, taxonomy, phylogeny and zoogeography of the *Capoeta damascina* species complex (Pisces: Teleostei: Cyprinidae) inferred from comparative morphology and molecular markers. PhD thesis, University of Beirut. 286 p.
7. Bianco, P.G. and Banareescu, P., 1982. A contribution to the knowledge of the Cyprinidae of Iran (Pisces, Cypriniformes). Cybium. Vol. 6, No. 2, pp: 75-96.
8. Coad, B. 2015. Fresh water fishes of Iran. Retrieved from <http://www.briancoad.com>.
9. Derzhavin, A.N., 1929. A note on fishes of the River Karaj (North Persia). Izvestiya Bakinskoi Ikhtologicheskoi Laboratorii. Vol. 2, No. 2, pp: 69-79.

