

**استخوان‌شناسی سر نازک‌ماهی خزری (*Chondrostoma cyri* (Kessler, 1877))**سیدعلی معزی^{۱*}، یزدان کیوانی^۲^۱ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۱۳۱۱۱، ایران^۲ دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۱۳۱۱۱، ایران

نوع مقاله:

چکیده

پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۸/۰۴/۰۳

اصلاح: ۹۸/۰۵/۰۷

پذیرش: ۹۸/۰۷/۰۵

کلمات کلیدی:

استخوان‌شناسی

آرایه‌شناختی

نازک‌ماهی خزری

رود ارس

شناخت ویژگی‌های استخوان‌شناسی ماهیان به‌ویژه ساختار سر در درک ویژگی‌های زیستی از قبیل تغذیه و تنفس کاربرد دارد. این مطالعه با هدف فراهم آوردن ویژگی‌های استخوان‌شناسی ساختار سر نازک‌ماهی خزری (*Chondrostoma cyri*) به اجرا درآمد. تعداد شش نمونه از رودخانه ارس توسط الکتروشوکر و تور پره صید، سپس در فرمالین ۱۰٪ تثبیت و با هدف مطالعات استخوان‌شناسی، شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی شدند. ساختارهای استخوانی به وسیله استریومیکروسکوپ بررسی و توصیف گردید. زائده حلقی خلفی استخوان قاعده‌ای پس‌سری از ابتدا تا انتها تقریباً به صورت یک‌پارچه پهن بوده و در انتها کند می‌شود. صفحه خردکننده شکمی بزرگ و پهنای آن از پهنای استخوان قاعده‌ای پس‌سری بیشتر می‌باشد. قسمت بالایی خویش‌پرویزی بدون انشعاب و گرد بوده و شبیه به میله‌های بولینگ است. لبه بالایی سرپوش آبششی در محل اتصال به استخوان لامی‌فکی گرد و لبه جلویی سرپوش آبششی مضرس است. استخوان مربعی بلند و رشد یافته و استخوان ساده تقریباً بلند و کشیده است. زائده میانی- جانبی بالارونده در استخوان فکی گرد یا هلالی، قسمت پشتی استخوان مفصلی در فک زیرین محدب و زائده منحنی مسطح و کوچک است. با توجه به کارایی کم صفات اندازه‌شی، شمارشی و الگوهای رنگی در مطالعات آرایه‌شناختی این جنس، نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای مطالعات آتی گونه‌های این جنس مورد استفاده قرار گیرد.

مقدمه

کپورماهیان بزرگ‌ترین گروه ماهیان اروپایی- آسیایی‌اند که در مورد ساختار ژنتیکی این خانواده مطالعات زیادی انجام شده است (Durand et al., 2002). جنس *Chondrostoma* از خانواده کپورماهیان و زیر خانواده Leuciscinae است (Robalo et al., 2005) که اخیراً به سطح خانواده ارتقا یافته است (Fricke et al., 2020). از ۲۶ گونه معرفی شده، چهار گونه *C. cyri*، *C. orientale regium* و *C. esmaeilii* در ایران شناخته شده است (Eagderi et al., 2017; Esmaili et al., 2019; Coad, 2019). ماهی *Chondrostoma cyri* برای اولین بار از رودخانه کورا (واقع در تفریس گرجستان) و گونه *Chondrostoma oxyrhynchum* نیز از رودخانه کوما در نزدیکی Georgiyevsk در کشور روسیه توصیف گردید. الوایرا در مطالعات اولیه خود این گونه را به عنوان زیرگونه‌ای از *C. oxyrhynchum* معرفی نمود (Elvira, 2005).

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: moezzi.sayed.ali@ut.ac.ir

(1991; 1988). اما با گذشت زمان با توجه به مطالعات تبارشناختی انجام شده توسط (Elvira, Smirnov 1992) آن را به عنوان یک گونه معتبر و مستقل از *C. oxyrhynchum* معرفی کرد (Elvira, 1997). نمونه‌ای از گونه مورد مطالعه در شکل ۱ قابل مشاهده است.

ماهی‌ها متنوع‌ترین و پرتعدادترین گروه مهره‌داران را تشکیل می‌دهند که در بیشتر آب‌های جهان گسترده شده و این پراکنش بالا به واسطه تنوع شگفت‌آور آن‌ها از نظر سازگاری‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و رفتاری می‌باشد (Keivany, 2008; Keivany et al., 2016). از جمله این ویژگی‌ها، ساختار اسکلتی به عنوان بخشی از کالبد ماهیان است که به مدت طولانی پس از مرگ باقی می‌ماند و دربردارنده اطلاعات زیستی و بوم‌شناختی فراوانی است. استخوان‌شناسی ماهیان نسبت به سایر مهره‌داران بسیار پیچیده می‌باشد، چرا که اسکلت ماهیان دارای تعداد زیادی استخوان است (Keivany, 2003, 2014a-d, 2017). اساساً استخوان‌شناسی در مطالعات آرایه‌شناسی و شناخت ارتباط ماهیان اهمیت زیادی دارد (Helfman et al., 2009). برای مطالعات استخوان‌شناسی از تکنیک شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی استفاده می‌شود (Gavaia et al., 2000). این روش جهت مطالعه جزئیات ساختارهای اسکلتی و روند توسعه و تکوین آن‌ها در طی مراحل مختلف رشدی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Faustino and Power, 1998). به علاوه، این روش‌ها به عنوان ابزاری جهت مطالعه ناهنجاری‌های اسکلتی بسیاری از گونه‌های ماهیان پرورشی نیز استفاده می‌شود (Verhaegen et al., 2007). بسته به نوع استخوان و اطلاعات مورد نیاز، هر متخصص به میزان مختلف از این داده‌های استخوان‌شناسی می‌تواند استفاده نماید. بازیابی این اطلاعات بر عهده زیست‌شناسان، باستان‌شناسان و دیرین‌شناسان است. امروزه زیست‌شناسان با اطلاعات فراوانی که از استخوان‌ها به دست آورده‌اند، می‌توانند تشخیص گونه، سن، جنس، اندازه، وزن، مکان و شرایط محیطی را به راحتی استخراج نمایند. استخوان‌شناسی علاوه بر کمک به مطالعات سنگواره‌شناسی، برای درک تکامل ماهیان، در بررسی‌های زیست‌شناسی ماهیان از جمله تغذیه، تنفس و شنا اهمیت زیادی دارد، بنابراین، مطالعات استخوان‌شناسی برای درک بهتر روابط خویشاوندی بین ماهیان لازم بوده و از جمله ویژگی‌های تاکسونومی مهم جهت تشخیص و طبقه‌بندی آن‌ها و درک روند تکاملی آن‌ها محسوب می‌گردد (Helfman et al., 2009). بنابراین، نتایج بررسی حاضر می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای مطالعات آتی آرایه‌شناسی اعضای جنس *Chondrostoma* مورد استفاده قرار گیرد و به شناخت بهتر ویژگی‌های زیست‌شناختی این گونه بومی کمک نماید.



شکل ۱. تصویر نمونه‌ای از *Chondrostoma*

cyri صید شده از رودخانه ارس، ایران.

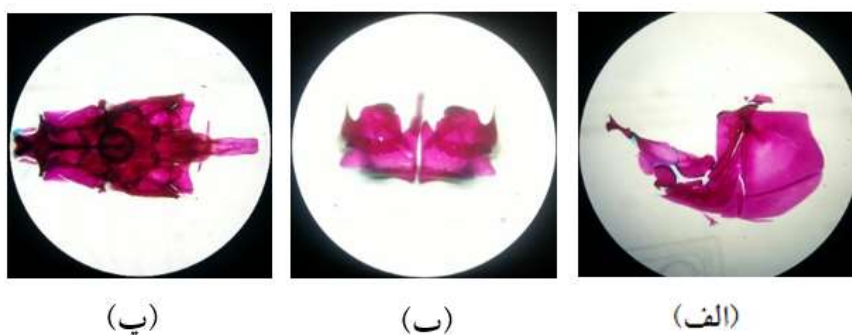
مواد و روش‌ها

تعداد شش قطعه نازک‌ماهی (*C. cyri*) از رودخانه ارس با دستگاه الکتروشوکر و تور پره نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها با استفاده از محلول گل میخک ۱٪ بیهوش و در فرمالین ۱۰٪ بافری تثبیت شده و برای مطالعات بعدی به موزه ماهی‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند. بعد از یک هفته فرمالین تعویض شده و پس از دو هفته نمونه‌ها به الکل ۷۰٪ انتقال یافتند. این نمونه‌ها در موزه ماهی‌شناسی دانشگاه صنعتی اصفهان با شماره (IUT-IM 13901225-001-01) ثبت شده‌اند. برای مطالعه داده‌های استخوان‌شناسی از روش شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی نمونه‌ها پروتکل (Taylor and Van Dyke 1985) استفاده شد. در این روش از رنگ آلسین‌آبی برای رنگ‌آمیزی ساختارهای غضروفی، رنگ آلیزارین قرمز برای رنگ‌آمیزی ساختارهای استخوانی، آنزیم تریپسین برای هضم بافت و گلیسیرین برای شفاف‌سازی نمونه‌ها استفاده گردید. پس از شفاف‌سازی، قطعات استخوانی جدا و توسط اسکنر مدل HP Scanjet G4050 در حمام گلیسیرین اسکن شدند و با دوربین دیجیتال مدل GT- N7100 از ساختارهای استخوانی عکس‌برداری شد. در شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب نمای کلی از ساختار

اسکلتی و قطعات استخوانی رنگ‌آمیزی شده از این گونه نشان داده شده است. برای ترسیم ساختارهای استخوانی از روی عکس‌های اسکن شده از نرم‌افزار Corel Draw X8 استفاده شد. نام‌گذاری ساختارهای استخوانی و معادل فارسی آن‌ها بر اساس ترجمه فارسی Rojo (1991) انجام شد. ساختار استخوانی نمونه‌ها نیز توسط استریومیکروسکوپ مدل hp SMP-120 بررسی و ویژگی‌های استخوان‌شناختی ساختار اسکلتی سر این گونه توصیف گردید.



شکل ۲. نمای کلی از ساختار اسکلتی رنگ‌آمیزی شده *C. cyri* صید شده از رودخانه ارس، ایران.



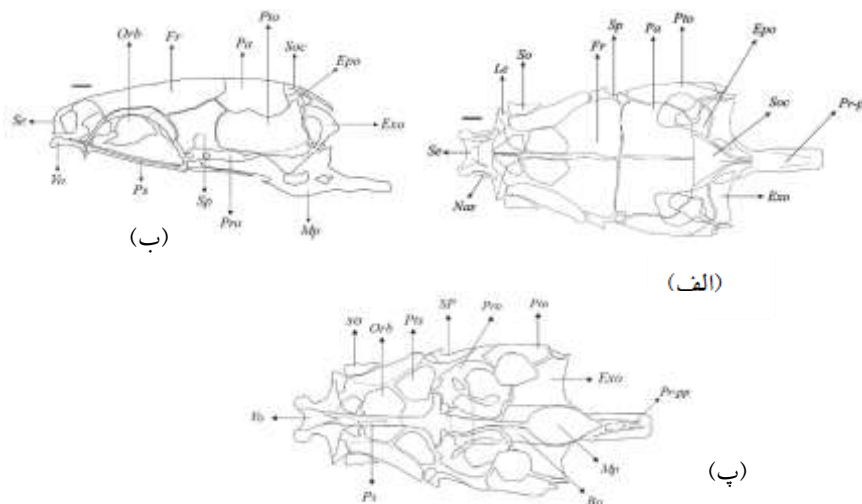
شکل ۳. نمایی از قطعات استخوانی رنگ‌آمیزی شده *C. cyri*. (الف) نمای جانبی از مجموعه فک‌آویز و سرپوش آبخشی، (ب) نمای روبرو از استخوان فک و (پ) نمای زیرین از جمجمه عصبی.

نتایج

توصیف بخش‌های مختلف استخوان‌های سر به تفکیک جمجمه عصبی، استخوان‌های دورحدقه‌ای، استخوان‌های سرپوش آبخشی، مجموعه فک‌آویز و استخوان‌های فک به شرح زیر می‌باشد:

جمجمه عصبی (Neurocranium): بخش‌های مختلف جمجمه عصبی در سه نمای پشتی، کناری و شکمی در شکل ۴ ارائه شده است. در نمای پشتی جمجمه عصبی از قسمت جلو به سمت عقب به ترتیب استخوان‌های فراپرویزنی (Supraethmoid)، بینی (Nasal)، پرویزنی جانبی (Lateral ethmoid)، پیشانی (Frontal)، پروانه‌ای (Sphenotic)، آهیانه (Parietal)، بالی‌گوشی (Pterotic)، فوق‌پس‌سری (Epioccipital)، فراپس‌سری (Supraoccipital)، برون‌پس‌سری (Exooccipital) دیده می‌شوند. بزرگ‌ترین استخوان‌هایی که در نمای پشتی قابل مشاهده بودند شامل استخوان‌های پیشانی است که به صورت جفتی بخش عمده سقف جمجمه عصبی را پوشش می‌دهند. این استخوان‌ها از سمت جلو به استخوان فراپرویزنی متصل شده و دو استخوانچه بینی نیز در ناحیه جلوی استخوان‌های پیشانی و طرفین فراپرویزنی قرار گرفته‌اند. پس از استخوان‌های پیشانی، استخوان‌های آهیانه قرار دارند که از طرفین به استخوان‌های بالی‌گوشی و از عقب به استخوان‌های فوق‌پس‌سری متصل می‌شوند. استخوان منفرد فراپس‌سری در ناحیه عقبی و وسط جمجمه عصبی قرار گرفته و به سمت عقب کشیده شده است. ناحیه پرویزنی (Ethmoid) شامل چهار قطعه استخوان فراپرویزنی، پرویزنی جانبی، خویش‌پرویزنی (Kinethmoid) و تیغه‌ای (Vomer) می‌باشد. پرویزنی جانبی نیز در قسمت زیرین بخش قدامی پیشانی قرار داشته و دیواره قدامی حدقه چشم را تشکیل می‌دهد. خویش‌پرویزنی در بخش قدامی فراپرویزنی بین دو استخوان فکی (Maxillary) و پیش‌فکی (Premaxillary) واقع شده است. استخوان تیغه‌ای در بخش قدامی پهن و در بخش پشتی باریک و نوک‌تیز می‌شود. ناحیه بینایی (Orbital) شامل

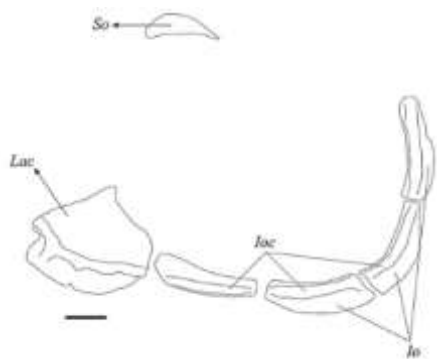
استخوان‌های پیشانی، حدقه‌ای پروانه‌ای (Orbitosphenoid)، پراپروانه‌ای (Parasphenoid)، بالی‌پروانه‌ای (Ptersphenoid) و استخوان‌های دورچشمی (Circumorbital) می‌باشد. حدقه‌ای پروانه‌ای در لبه خلفی استخوان پرویزنی جانبی واقع شده و بخش شکمی آن نوک‌تیز است که به استخوان پراپروانه‌ای متصل می‌گردد. استخوان بالی‌پروانه‌ای در بخش خلفی استخوان حدقه‌ای پروانه‌ای قرار دارد. استخوان دراز پراپروانه‌ای در بخش خلفی پهن‌تر از بخش قدامی می‌باشد. در بخش قدامی دارای یک شیار نسبتاً عمیق بوده که بخش خلفی استخوان تیغه‌ای در آن جای می‌گیرد. بخش میانی استخوان پراپروانه‌ای پهن بوده و دارای دو زائده جانبی است که به طرف بالا مایل شده است. ناحیه شنوایی (Otic) شامل پنج قطعه استخوان آهیانه، روگوشی (Epiotic)، پروانه‌ای، پیش‌گوشی (Prootic) و بالی‌گوشی (Pterotic) می‌باشد. استخوان پروانه‌ای در حاشیه زیرین بخش پشتی پیشانی واقع شده است و دارای یک زائده جانبی نسبتاً نوک‌تیز می‌باشد. در بخش پشتی استخوان پروانه‌ای، استخوان بالی‌گوشی واقع شده است که تقریباً به شکل مثلث بوده و در بخش پشتی به روگوشی اتصال دارد. ناحیه پس‌سری (Occipital) از سه استخوان فرایس‌سری، برون‌پس‌سری و قاعده‌ای پس‌سری (Basioccipital) تشکیل شده است. استخوان فرایس‌سری در بخش قدامی پهن‌تر از بخش خلفی بوده و دارای یک زائده میانی-پشتی می‌باشد. این استخوان در بخش قدامی توسط یک شکاف به استخوان آهیانه متصل می‌گردد. استخوان برون‌پس‌سری دارای یک زائده جانبی است که به روگوشی متصل می‌گردد. هریک از استخوان‌های برون‌پس‌سری دارای یک حفره شکمی است. استخوان قاعده‌ای پس‌سری در بخش خلفی دارای زائده حلقی-خلفی (Pharyngeal posterior process) کشیده و بلند و تقریباً مستطیلی شکل است. این زائده از ابتدا تا انتها تقریباً به صورت یک پارچه پهن بوده و در انتها کند می‌شود. قسمت بالایی خویش‌پرویزنی بدون انشعاب و گرد بوده و در کل شبیه به میله‌های بولینگ (اشیایی که در بازی بولینگ با توپ زده می‌شوند) است. در مطالعه حاضر ساختار نسبتاً مشابهی در اجزای استخوانی جمجمه با دیگر کپورماهیان قابل مشاهده است. تفاوت اندک در اسکلت جمجمه به این دلیل است که استخوان جمجمه تنها در گروه‌های اصلی ماهیان متفاوت بوده و این تفاوت در حد گونه کمتر می‌باشد (Helfman *et al.*, 2009). در بین کپورماهیان تنوع ریختی قابل توجهی در شکل زائده حلقی-خلفی استخوان قاعده‌ای پس‌سری وجود دارد (Zhang, 2005). این زائده در گونه‌های جنس *Garra* کوتاه و پهن (Zhang, 2005) و در گونه‌های جنس *Cyprinion* کوتاه و مثلثی شکل (Nasri *et al.*, 2013) و در گونه *Capoeta damascina* دارای لبه انتهایی کشیده و باریک است (Razavipour *et al.*, 2014) در حالی که در جنس *Chondrostoma* این زائده بلند، کشیده و تقریباً مستطیلی شکل می‌باشد.



شکل ۴. استخوان‌های جمجمه عصبی. (الف) نمای پشتی، (ب) نمای جانبی و (پ) نمای شکمی در *Chondrostoma cyri*.

(Bo- basioccipital, قاعده‌ای پس‌سری ; Epo- epiotic, روگوشی ; Exo- exoccipital, برون پس‌سری ; Fr- frontal, پیشانی ; Le- lateral ethmoid, صفحه خردکننده جانبی ; Orb- orbitosphenoid, حدقه‌ای پروانه‌ای ; Pa- parietal, آهیانه ; Mp- masticatory plate, فکچه خردکننده پرویزنی جانبی ; Pto- pterotic, پراپروانه‌ای ; Ps- parasphenoid, آهیانه ; Mp- masticatory plate, صفحه خردکننده ; Pr-pp- posterior pharyngeal process, زائده حلقی خلفی ; Pro- prootic, پیش‌گوشی ; Ps- parasphenoid, پراپروانه‌ای ; Pto- pterotic, بالی‌گوشی ; Pts- ptersphenoid, بالی‌پروانه‌ای ; Se- supraethmoid, فراپرویزنی ; Soc- supraoccipital, فرایس‌سری ; Sp- sphenotic, پروانه‌ای ; Vo- vomer, تیغه‌ای ; Nas- nasal, بینی).

استخوان‌های دور حدقه‌ای (Circumorbitals): تعداد چهار قطعه استخوان دون‌چشمی (Infraorbital) و یک قطعه استخوان فوق حدقه‌ای (Supraorbital) در اطراف حدقه چشم وجود دارد (شکل ۵). استخوان اشکی (Lachrymal) و سایر استخوان‌های دون‌چشمی هم‌اندازه نیستند. استخوان اشکی بزرگ‌ترین استخوان زیرچشمی بوده و در ناحیه جلوی حدقه واقع شده و لبه جلویی آن به سمت پوزه باریک‌تر از لبه عقبی است. در لبه بالایی حدقه استخوان فوق حدقه‌ای قرار دارد که در طرفین استخوان‌های پیشانی قرار داشته و بخش بالایی حدقه را نگهداری می‌کند.



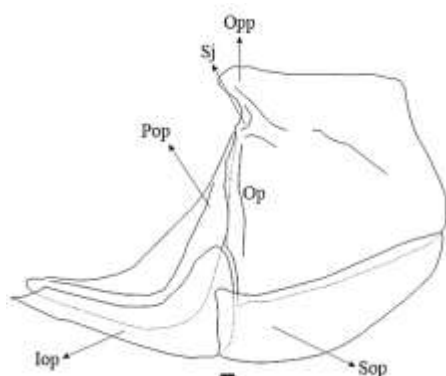
شکل ۵. نمای جانبی استخوان‌های دور حدقه‌ای در *C. cyri*.

; Lac- lacrymal, اشکی ; Ioc- infraorbital sensory canal, کانال حسی

Io- infraorbital, دون‌چشمی ; So- supraorbital, فوق حدقه‌ای
زیرچشمی

استخوان‌های سرپوش آبخشی (Opercular series): در هر طرف سر چهار قطعه استخوان سرپوش آبخشی در کنار هم محافظه آبخشی را پوشش داده و شامل پیش‌سرپوشی (Preopercular)، سرپوشی (Opercular)، بین‌سرپوشی (Interopercular) و زیرسرپوشی (Subopercular) می‌باشد (شکل ۶). سرپوشی یک زائده برجسته به سمت استخوان لامی فکی (Hyomandibular) دارد و از طریق مفصل تویی به این استخوان متصل می‌شود. استخوان سرپوشی در بخش شکمی هلالی شکل بوده و با استخوان زیرسرپوشی هم‌پوشانی دارد. استخوان زیرسرپوشی در قسمت خلفی کمی نوک‌تیز شده و از جلو به استخوان پیش‌سرپوشی متصل می‌شود. استخوان پیش‌سرپوشی با استخوان بین‌سرپوشی هم‌پوشانی دارد و در دو انتها باریک می‌شود. استخوان بین‌سرپوشی هم در قسمت قدامی و هم در قسمت خلفی-پشتی باریک می‌شود. لبه بالایی سرپوش آبخشی در محل اتصال به لامی فکی گرد و لبه جلویی سرپوش آبخشی مژرس است.

مجموعه فک آویز (Suspensorium): شامل استخوان‌های لامی فکی (Hyomandibular)، درون‌بالی (Endopterygoid)، برون‌بالی (Ectopterygoid)، میان‌بالی (Metapterygoid)، مربعی (Quadrata)، ساده (Symplectic) و کامی (Palatine) می‌باشد. مجموعه فک آویز با دو مفصل به قسمت قدامی جمجمه عصبی متصل می‌شود که بین کامی و پیش‌پرویزی (Preethmoid) و تیغه‌ای است و از قسمت خلفی با یک مفصل بین استخوان لامی فکی و پیش‌گوشی و بالای گوشی قرار دارد.

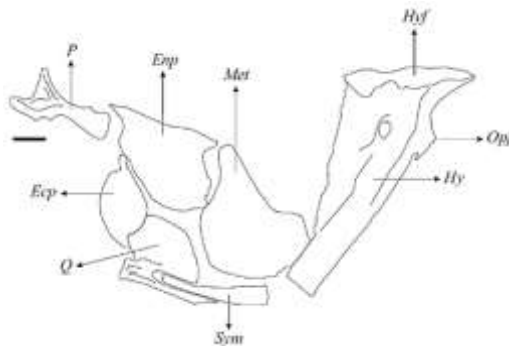


شکل ۶. نمای جانبی- داخلی استخوان‌های سرپوش آبخشی

سمت راست در *C. cyri*.

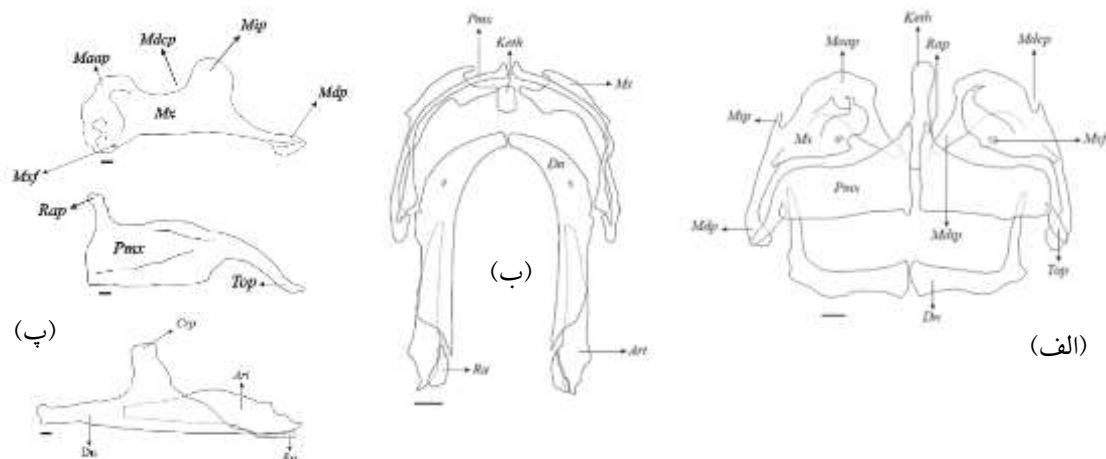
(Iop- interopercle, بین‌سرپوشی ; Op- opercle, سرپوشی ; Opp- opercular prominent process, زائده برجسته سرپوشی ; Pop- preopercle, پیش‌سرپوشی ; Sj- Socket joint, مفصل حفره‌ای ; Sop- subopercle, زیرسرپوشی).

(شکل ۷). استخوان میان‌بالی در گوشه بالایی و جلویی حالت پهن دارد. استخوان درون‌بالی از قسمت خلفی به استخوان‌های کامی، برون‌بالی، مربعی و میان‌بالی متصل است و در قسمت قدامی به سمت استخوان کامی حالت نوک‌تیز دارد. استخوان مربعی بلند و رشد یافته و استخوان ساده تقریباً بلند و کشیده است.



شکل ۷. نمای جانبی استخوان‌های مجموعه فک‌آویز در *C. cyri*.

(Ecp- ectopterygoid, برون‌بالی; Enp- endopterygoid, درون‌بالی; Hy- hyomandibular, لامی فکی; Hyf- hyomandibular joint face, مفصل سرپوشی; P- palatine, کامی; Q- quadrate, مفصل لامی فکی; Met- metapterygoid, میان‌بالی; Opj- opercular joint, مفصل سرپوشی; Sym- symplectic, ساده).



شکل ۸. استخوان‌های فک. (الف) نمای روبرو، (ب) نمای زیرین و (پ) نمای جانبی در *C. cyri*.

(Mx- maxilla, فکی; Pmx- premaxilla, پیش فکی; Art- articular, مفصلی; Crp- coronoid process, زائده منحنی; Dn- dentary, دندان; Keth- kinethmoid, خویشت پرویزنی; Mdc- maxillary dorsal concaved border, حاشیه مقعر خلفی فکی; Mdp- maxillary distal process, زائده فکی; Mdip- maxillary descending process, زائده پایین‌رونده فکی; Mxf- maxillary foramen, روزن فکی; Maap- maxillary anterior ascending process, زائده بالارونده قدامی فکی; Ra- retroarticular, پس مفصلی; Rap- rostral ascending process, زائده بالارونده منقاری; Mip- maxillary mid_lateral ascending process, زائده میانی-جانبی بالارونده فکی; Top- tail of premaxilla, دم پیش فکی).

استخوان‌های فک (Jaw): در جمجمه احشایی (Branchiocranium)، فک فوقانی شامل دو استخوان فکی و پیش فکی است. قسمت میانه استخوان فکی پهن‌تر از دو انتهای آن است. پیش فکی استخوانی دراز و تقریباً L مانند بوده و در بخش قدامی پهن است. در بخش پشتی پیش فکی، استخوان فکی قرار دارد که در بخش قدامی-پشتی دارای برآمدگی جهت

مفصل شدن با استخوان تیغه‌ای می‌باشد. استخوان فکی همچنین در بخش قدامی دارای یک زائده مایل به پایین و در بخش میانی پشتی و میانی شکمی، هرکدام دارای یک زائده است. در لبه‌های پایینی استخوان فکی نیز دو حفره وجود دارد. فک زیرین شامل استخوان‌های دندانی (Dentary)، مفصلی (Articular) و پس‌مفصلی (Retroarticular) می‌باشد. استخوان دندانی در بخش قدامی باریک شده و در بخش میانی-پشتی دارای زائده منحنی است. استخوان مفصلی در بخش خلفی-پشتی دارای یک فرورفتگی جهت اتصال به استخوان مربعی می‌باشد. در بخش خلفی-شکمی استخوان مفصلی نیز یک فرورفتگی وجود دارد که استخوان پس‌مفصلی در آن قرار می‌گیرد. استخوان پس‌مفصلی کوچک‌ترین استخوان این مجموعه بوده که تقریباً به شکل مثلث است. زائده میانی-جانبی بالارونده در استخوان فکی گرد یا هلالی، قسمت پشتی استخوان مفصلی در فک زیرین محدب و زائده منحنی مسطح و کوچک است. نمای روبرو، زیرین و جانبی استخوان‌های فک در شکل ۸ به تصویر کشیده شده است.

بحث

ساختار استخوانی سر گونه *C. cyri* در مقایسه با دیگر گونه‌های این جنس (*C. regium* و *C. orientale*) و سایر گونه‌های خانواده کپورماهیان (*Cyprinion kais* و *Cyprinion macrostomum*، *Capoeta damascina*، *Garra persica*، *Barbus cyri*) شباهت‌ها و تفاوت‌هایی را به دست می‌دهد.

زائده حلقی-خلفی در *C. cyri* از ابتدا تا انتها تقریباً به صورت یک‌پارچه پهن بوده و در انتها کند می‌شود، در *C. regium* در قسمت میانی باریک و در انتها کمی پهن و نوک‌تیز شده و در *C. orientale* از ابتدا تا انتها به پهنای آن افزوده شده و در انتها مسطح است. قسمت بالایی خویش‌پرویزی در *C. regium* دوشاخه و رو به بیرون، در *C. orientale* دوشاخه و رو به داخل و در *C. cyri* بدون انشعاب و گرد بوده و در کل شبیه به میله‌های بولینگ (اشیایی که در بازی بولینگ با توپ زده می‌شوند) است. زائده میانی-جانبی بالارونده در استخوان فکی در *C. regium* تقریباً مسطح و به سمت چپ نوک‌تیز، در *C. orientale* تقریباً مسطح و در *C. cyri* گرد یا هلالی است. قسمت پشتی استخوان مفصلی در فک زیرین در *C. regium* تقریباً صاف ولی در *C. cyri* و *C. orientale* محدب است. زائده منحنی در *C. regium* و *C. orientale* گرد یا هلالی بوده که در *C. orientale* به سمت چپ متمایل می‌شود ولی در *C. cyri* مسطح و نسبت به دو گونه دیگر کوچک‌تر است. لبه بالایی سرپوش آبششی در محل اتصال به لامی‌فکی در *C. regium* نوک‌تیز، در *C. cyri* گرد و در *C. orientale* کمی نوک‌تیز (مابین دو حالت قبل) است. لبه جلویی سرپوش آبششی در *C. regium* هموار، در *C. cyri* مضرس و در *C. orientale* مابین دو حالت قبل است (Moezzi et al., 2019).

در استخوان پیش‌فکی گونه‌های جنس *Cyprinion* و *Garra* دو زائده بالارونده کوچک و بزرگ وجود دارد (Alkhaheem et al., 1990) در حالی که در گونه *C. cyri* همانند گونه *C. damascina* یک زائده دیده می‌شود. زائده خلفی استخوان فکی در گونه‌های جنس‌های *Cyprinion* و *Garra* کمتر رشد یافته و به طور مستقیم قرار گرفته (Zhang, 2005; Alkhaheem et al., 1990)، ولی در گونه *C. cyri* همانند گونه *C. damascina* رشد یافته و به سمت پایین متمایل شده است. زائده منحنی در گونه‌های جنس *Cyprinion* و *Garra* کوتاه (Alkhaheem et al., 1990) اما در *C. damascina* بزرگ و بال مانند (Razavipour et al., 2014)، ولی در *C. cyri* کوچک‌تر و تقریباً گنبدی شکل است. زائده حلقی خلفی استخوان قاعده‌ای پس‌سری در گونه‌های جنس *Garra* کوتاه و پهن (Zhang, 2005) و در گونه‌های جنس *Cyprinion* کوتاه و مثلثی شکل (Nasri et al., 2013) و در *C. damascina* دارای لبه انتهایی کشیده و باریک است (Razavipour et al., 2014)، در حالی که در گونه *C. cyri* از ابتدا تا انتها تقریباً به صورت یک‌پارچه پهن بوده و در انتها کند می‌شود. همچنین صفحه خردکننده شکمی استخوان قاعده‌ای پس‌سری در گونه‌های جنس *Garra* کوچک (Zhang, 2005) ولی در گونه مورد مطالعه همانند *C. damascina* بزرگ و پهنای آن از پهنای استخوان قاعده‌ای پس‌سری بیشتر می‌باشد. در گونه‌های جنس *Garra* بخش قدامی استخوان پراپروانه‌ای بسیار بزرگ بوده و دارای حاشیه قدامی پهن می‌باشد (Zhang, 2005)، اما در *C. cyri* همانند *C. damascina* و گونه‌های جنس *Cyprinion* بخش قدامی استخوان

پراپروانه‌ای باریک و بلند است (Nasri et al., 2013; Zhang, 2005). استخوان آهیانه در گونه *Garra persica* کشیده (Zamani and Keivany, 2017) ولی در *C. cyri* همانند *Barbus cyri* و *C. damascina* تقریباً مربعی شکل است (Jalili et al., 2015; Razavipour et al., 2014). در مقایسه بین دو گونه *C. kais* و *C. macrostomum*، استخوان دندان‌ی در محل لب پایین در *C. kais* به طور مشخص دارای قوس بیشتری نسبت به *C. macrostomum* به خود گرفته است (Nasri et al., 2013)؛ گونه *C. cyri* نسبت به این دو گونه، به‌ویژه گونه *C. macrostomum* در قسمت استخوان دندان‌ی دارای قوس بیشتری است. ویژگی‌های ساختار اسکلتی سر این گونه می‌توانند به عنوان ویژگی‌های استخوان‌شناسی قابل تشخیص آن در نظر گرفته شوند. زائده حلقی خلفی استخوان قاعده‌ای پس‌سری از ابتدا تا انتها تقریباً به صورت یک‌پارچه پهن بوده و در انتها کند می‌شود. قسمت بالایی خویش‌پرویزی بدون انشعاب و گرد بوده و در کل شبیه به میله‌های بولینگ است. لبه بالایی سرپوش آبششی در محل اتصال به لامی فکی گرد و لبه جلویی سرپوش آبششی مژگین است. استخوان مربعی بلند و توسعه‌یافته و استخوان ساده تقریباً بلند و کشیده است. زائده میانی-جانبی بالارونده در استخوان فکی گرد یا هلالی، قسمت پشتی استخوان مفصلی در فک زیرین محدب و زائده منحنی مسطح و کوچک است. در نهایت، این مطالعه یک توصیف از ویژگی‌های استخوان‌شناسی ساختار سر در گونه *Chondrostoma cyri* را ارائه می‌دهد که می‌تواند در مطالعات آتی آرایه‌شناسی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از جناب آقای دکتر کیوان عباسی که در تهیه نمونه همکاری نمودند، همچنین از آقای مهندس مظاهر زمانی و خانم مهندس فرشته محمدی به سبب همکاری ارزنده‌شان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد. هزینه انجام این تحقیق توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است.

منابع

- Alkhalhem, H.F., Behnke, R.J., Ahmad, Z. 1990. Some osteological distinction among four Arabian cyprinid species. *Japanese Journal of Ichthyology*. 36(4): 477-482.
- Bianco, P.G., Banarescu, P. 1982. A contribution to the knowledge of the Cyprinidae of Iran (Pisces, Cypriniformes), *Cybiurn*. 6: 75-96.
- Coad, B.W. 2019. Freshwater fishes of Iran. Available from: www.braincoad.com. [accessed June 2019].
- Durand, J.D., Tsigenopoulos, C.S., Unlu, E., Berrebi, P. 2002. Phylogeny and biogeography of the family Cyprinidae in the Middle East inferred from cytochrome b DNA evolutionary significance of this region. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 22(1): 91-100.
- Eagderi, S., Jouladeh-Roudbar, A., Birecikligil, S.S., Cicek, E., Coad, B.W. 2017. *Chondrostoma esmaeili*, a new cyprinid species from the Tigris basin in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Vertebrate Zoology*. 67: 125-132.
- Elvira, B. 1988. Taxonomic revision of the genus *Chondrostoma* Agassiz, 1835 (Pisces, Cyprinidae), *Cybiurn*. 11(2): 111-140.
- Elvira, B. 1991. Further studies on the taxonomy of the genus *Chondrostoma* (Osteichthyes, Cyprinidae): species from Eastern Europe, *Cybiurn*. 15(2): 147-150.
- Elvira, B. 1997. Taxonomy of the genus *chondrostoma* (osteichthyes, cyprinidae): an updated review. *Folia Zoologica*. 46: 1-14.
- Esmaili, H.R., Mehraban, H., Abbasi, K., Keivany, Y., Coad, B. 2017. Review and updated checklist of freshwater fishes of Iran: Taxonomy, distribution and conservation status. *Iranian Journal of Ichthyology*. 4(1): 1-114.
- Faustino, M., Power, D.M. 1998. Development of osteological structures in the sea bream: vertebral column and caudal fin complex. *Journal of Fish Biology*. 52(1): 11-22.
- Fricke, R., Eschmeyer, W., Fong, J.D. 2020. Species by family/subfamily in Eschmeyer's Catalog of Fishes. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/>

- Gavaia, P.J., Sarasquete, C., Cancela, M.L. 2000. Detection of mineralized structures in early stages of development of marine Teleostei using a modified alcian blue-alizarin red double staining technique for bone and cartilage. *Biotechnic & histochemistry*. 75(2): 79-84.
- Helfman, G., Collette, B.B., Facey, D.E., Bowen, B.W. 2009. *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons.
- Jalili, P., Eagderi, S., Nikmehr, N., Keivany, Y. 2015. Descriptive osteology of *Barbus cyri* (Teleostei: Cyprinidae) from southern Caspian Sea basin. *Iranian Journal of Ichthyology*. 2(2): 105-112.
- Keivany, Y. 2003. Superficial skull bones in Zagros toothcarp, *Aphanius vladikovii* (Cyprinodontidae). *Iranian Journal of Biology*. 15(3): 25-30.
- Keivany, Y. 2008. A summary of phylogenetic fish systematics. Isfahan University of Technology Press. 220 p.
- Keivany, Y. 2014a. Comparative osteology of the jaws in representatives of the eurypterygian fishes. *Research in Zoology*. 4(2): 29-42.
- Keivany, Y. 2014b. Osteology of hyobranchial arches in eurypterygian fishes. *Iranian Journal of Ichthyology*. 1(3):129-151.
- Keivany, Y. 2014c. Pectoral girdle bones in eurypterygian fishes. *International Journal of Aquatic Biology*. 2(5): 253-274.
- Keivany, Y. 2014d. Comparative osteology of the suspensorial and opercular series in representatives of the eurypterygian fishes. *Iranian Journal of Ichthyology*. 1(2): 73-90.
- Keivany, Y. 2017. Eurypterygii caudal skeleton. *Iranian Journal of Ichthyology*. 4 (1): 11-30.
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., Abdoli, A. 2016. *Atlas of inland water fishes of Iran*. Iran Department of Environment Press. 218 p.
- Moezzi, S.A., Keivany, Y., Dorafshan, S. 2019. Descriptive osteology of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) in Tigris basin. *Journal of Fisheries*. 72(2): 179-194. (Persian translation)
- Nasri, M., Keivany, Y., Dorafshan, S. 2013. Comparative osteology of lotaks, *Cyprinion kais* and *C. macrostomum* (Cypriniformes, Cyprinidae), from Godarkhosh River, western Iran. *Journal of Ichthyology*. 53(6): 455-463.
- Razavipour, P., Eagderi, S., Poorbagher, H. 2014. Study of osteological characteristics of Tuini fish (*Capoeta damascina* Valenciennes, 1842) from Tigris basin. *Journal of Applied Ichthyological Research*. 2(3): 1-16. (in Persian)
- Robalo, J.I., Doadrio, I., Almada, V.C., Kottelat, M. 2005. *Chondrostoma oligolepis*, new replacement name for *Leuciscus macrolepidotus* Steindachner, 1866 (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*. 16(1): 47-48.
- Rojo, A.L. 1991. *Dictionary of evolutionary fish osteology*. CRC Press. 273 p. (Persian translation)
- Smirnov, A.I. 1992. Reviziya taksonov roda podust *Chondrostoma* Agassiz, 1835 (Pisces, Cyprinidae) vostochnoy Evropy v predyelay byvshego SSSR [Taxonomic revision of the genus *Chondrostoma* Agassiz, 1835 (Pisces Cyprinidae) from Eastern Europe and the former USSR]. *Institut Zoologii, Akademii Nauk Ukrainy Kiev*. 63 p.
- Taylor, W.R., Van Dyke, G.C. 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybium*. 9(2): 107-119.
- Verhaegen, Y., Adriaens, D., De Wolf, T., Dhert, P., Sorgeloos, P. 2007. Deformities in larval gilthead sea bream (*Sparus aurata*): A qualitative and quantitative analysis using geometric morphometrics. *Aquaculture*. 268(1): 156-168.
- Zamani Fraadonbe, M., Keivany, Y. 2017. Descriptive osteology of Persian stone lapper (*Garra persica*) from Sistan basin. *Iranian Journal of Biology*. 30(3): 318-332.
- Zhang, E. 2005. Phylogenetic relationships of labeonine cyprinids of the disc-bearing group (Pisces: Teleostei). *Zoological Studies*. 44(1): 130-143.