



استخوان‌شناسی توصیفی نازک‌ماهی تیگره *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)

سید علی معزی^۱، یزدان کیوانی^{۲*}، سالار درافشان^۲

۱. دانش‌آموخته شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱، ایران

۲. دانشیار گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۴/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۶

چکیده

به منظور مطالعه ویژگی‌های استخوان‌شناسی نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*) تعداد ۱۲ نمونه نازک‌ماهی از رودخانه‌های کارون، کرخه و جراحی در حوضه تیگره توسط الکتروشوکر و تور پره صید شدند. پس از بیهوشی در محلول گل میخک ۱٪، در فرمالین ۱۰٪ بافری تثبیت و سپس به منظور مطالعه استخوان‌شناسی، شفاف‌سازی و با آلیزارین‌رد و آلسیان‌بلو رنگ‌آمیزی شدند. سپس ویژگی‌های استخوان‌شناسی این گونه توصیف گردید. ساختار اسکلتی این گونه تفاوت‌هایی را در فرم استخوان‌های فکی و پیش‌فکی، مربعی، ساده، پراپروانه‌ای، قاعده‌ای پس‌سری و دم‌لامی با دیگر کپورماهیان نشان داد. در استخوان پیش‌فکی فقط یک زایده دیده می‌شود. زایده خلفی استخوان فکی به سمت پایین متمایل شده است. بخش قدامی استخوان پراپروانه‌ای باریک و بلند می‌باشد. زایده حلقی خلفی استخوان قاعده‌ای پس‌سری بلند، کشیده و تقریباً مستطیلی شکل است. صفحه خردکننده شکمی استخوان قاعده‌ای پس‌سری بزرگ و پهن می‌باشد. قسمت قدامی استخوان دم‌لامی باریک، کشیده و دوشاخه است. استخوان مربعی بلند و توسعه‌یافته و استخوان ساده تقریباً بلند و کشیده است. این موارد می‌توانند به عنوان ویژگی‌های استخوان‌شناسی قابل تشخیص این گونه در نظر گرفته شوند.

واژگان کلیدی: ساختار استخوان، شفاف‌سازی، فکی، مربعی، دم‌لامی



Descriptive osteology of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) in Tigris basin

Sayyed Ali Moezzi¹, Yazdan Keivany^{2*}, Salar Dorfshan²

1. MSc Graduate, Department of Natural Resources (Fisheries Divission), Isfahan University of Technology, Isfahan 8415683111, Iran

2. Associate Professor, Department of Natural Resources (Fisheries Divission), Isfahan University of Technology, Isfahan 8415683111, Iran

Received: 08-October-2018

Accepted: 19-July-2019

Abstract

To study the osteological characteristics of Nazak fish (*Chondrostoma regium*), the 12 specimens were caught from the Karun, Karkhe and Jarrahi rivers in the Tigris basin by electroshocking device and seine net. After anesthetizing with 1% clove oil solution, then they were fixed in 10% buffered formalin, clarified and stained by alizarin red and alsaian blue for osteological examination. Afterthat, the osteological features of this species were described. The skeletal structure of the maxilla and premaxilla, quadrate, symplectic, parasphenoid, basioccipital and urohyal indicated some differences compared to other species in Cyprinidae. In the premaxilla, only an appendage was seen. The Posterior process in the maxilla bone was downward. Anterior part of the parasphenoid bone was narrow and long. Posterior pharyngeal process of basioccipital bone was long, elongate and roughly rectangular in the shape and Ventral masticatory plate of basioccipital bone was big and wide. Anterior part of urohyal bone was narrow, elongate and forked. Quadrate was long and developed and symplectic was roughly long and forked. These traits could be usefull as diagnostics for this species.

Key words: Bone structure, clarification, maxilla, quadrate, urohyal.

۱. مقدمه

ماهی‌ها متنوع‌ترین و پرتعدادترین گروه مهره‌داران را تشکیل می‌دهند که در بیش‌تر آب‌های جهان گسترده شده و این پراکنش بالا به‌واسطه تنوع شگفت‌آور آن‌ها از نظر سازگاری‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و رفتاری می‌باشد. از جمله این ویژگی‌های زیست‌شناختی، ساختار اسکلتی به‌عنوان بخشی از کالبد ماهیان است که به‌مدت طولانی پس از مرگ باقی می‌ماند و دربردارنده اطلاعات بیولوژیک و اکولوژیک فراوانی است (Nelson et al., 2016). این تنوع بسیار زیاد ماهیان، از یک طرف درک تاریخچه تکاملی و طبقه‌بندی آن‌ها را مشکل ساخته و از طرفی دیگر باعث شده است که زیست‌شناسان به دلیل شمار زیاد گونه‌ها شناخت بسیار محدودی از آن‌ها داشته باشند. ماهی‌ها از نظر مورفولوژی، زیست‌شناسی و زیستگاه‌ها بسیار متنوع بوده و برخلاف سایر گروه‌های مهره‌دار شناخته شده یک اجتماع ناهمگن را تشکیل داده‌اند (Nelson et al., 2016).

استخوان‌شناسی ماهیان نسبت به سایر مهره‌داران پیچیده‌تر می‌باشد، چرا که اسکلت آن‌ها دارای تعداد بیشتری استخوان است. استخوان‌شناسی در مطالعات آرایه‌شناسی و شناخت ارتباط ماهیان اهمیت زیادی دارد (Helfman et al., 2009). یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در استخوان‌شناسی تکنیک شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی است (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). به‌علاوه، این روش‌ها به‌عنوان ابزاری جهت مطالعه ناهنجاری‌های اسکلتی بسیاری از گونه‌های ماهیان پرورشی نیز استفاده می‌شود (Verhaegen et al., 2007). 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 انجام دهند. استخوان‌شناسی علاوه بر کمک به مطالعات فسیل‌شناسی، 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, 2009).

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 زیرخانواده Leuciscinae است (Robalo et al., 2005) که از ۲۶ گونه معرفی شده، ۴ گونه *C. cyri*، *C. regium*، *C. esmaeilii* و *C. orientale* در ایران شناخته شده است (Bianco and Banarescu, 1982; Elvira, 1997; Eagderi et al., 2017; Coad, 2019). گونه *C. regium* یک گونه بنتوپلاژیک است و در آب‌های راکد و سیلابی زیست می‌کند (Keivany et al., 2016; Kiani et al., 2016). این گونه در قاره آسیا پراکنش دارد و یک گونه بومی در ایران، ترکیه و سوریه محسوب می‌شود (Erguden Alagoz et al., 2013). گونا *C. regium* در ایران دارای پراکنش زیادی است، اما اطلاعات زیست‌شناسی در مورد این گونه در ایران کم است (Ghanbary et al., 2013). در ایران در حوضه رودخانه تیگره و در سرچشمه رودخانه‌های کرمانشاه، رودخانه مارون، در مرداب بزرگ هورالعظیم، رودخانه بافت، کوهرنگ و در رودخانه زاینده‌رود در حوضه اصفهان پراکنش دارند (Keivany et al., 2016).

ماهی نازک بدنی کشیده دارد و سطح پشتی بدنش زیتونی-قهوه‌ای با انعکاس‌های متمایل به آبی است و پهلوها و سطح شکمی سفید-نقره‌ای است. باله پشتی و دمی مایل به خاکستری و باله‌های دیگر شفاف می‌باشند. بعضی از آن‌ها باله‌های نارنجی روشن دارند و باله‌های سینه‌ای و مخرجی حاشیه سفید رنگ دارند. باله پشتی و دمی دارای یک حاشیه سیاه-سفید است. در این ماهی، فلس خط جانبی ۵۶-۷۲ عدد، فلس در بالای خط جانبی

۳. نتایج

۳.۱. مجموعه عصبی (Neurocranium)

بخش‌های مختلف مجموعه عصبی در سه نمای پشتی، کناری و شکمی در شکل ۱ ارائه شده است. در نمای پشتی مجموعه عصبی از قسمت جلو به سمت عقب به ترتیب استخوان‌های فراپرویزنی (Supraethmoid)، بینی (Nasal)، پرویزنی جانبی (Lateral ethmoid)، پیشانی (Frontal)، پروانه‌ای (Sphenotic)، آه یا نه (Parietal)، بالی‌گوشی (Pterotic)، فوق‌پس‌سری (Supraoccipital)، فراپس‌سری (Paraoccipital) و برون‌پس‌سری (Exooccipital) دیده می‌شوند. بزرگ‌ترین استخوان‌هایی که در نمای پشتی قابل مشاهده است، استخوان‌های زوج پیشانی می‌باشد که بخش عمده سقف مجموعه 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 مجموعه عصبی قرار گرفته و به سمت عقب کشیده شده است.

ناحیه پرویزنی (Ethmoid) شامل چهار قطعه استخوان فراپرویزنی (Supraethmoid)، پرویزنی جانبی (Lateral ethmoid)، خویش‌پرویزنی (Kinethmoid) و ومر (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 (Maxilla) واقع شده است. استخوان ومر در بخش قدامی پهن و در بخش پشتی باریک و نوک‌تیز می‌شود.

ناحیه بینایی (Orbital) شامل استخوان‌های پیشانی (Frontal)، حدقه‌ای پروانه‌ای (Orbitosphenoid)، پراپروانه‌ای (Parasphenoid)، بالی‌پروانه‌ای

۹-۱۳ عدد و فلس زیر خط جانبی ۵-۶ عدد است. باله پشتی دارای ۸-۱۱ عدد شعاع، باله مخرجی ۹-۱۲ عدد شعاع، باله سینه‌ای ۱۴-۱۸ عدد شعاع و باله شکمی ۶-۹ عدد شعاع منشعب، کمان آبششی اول ۱۸-۳۶ عدد خار آبششی و ستون فقرات ۴۶ تا ۴۸ عدد مهره می‌باشد (Elvira, 1987; Coad, 2019).

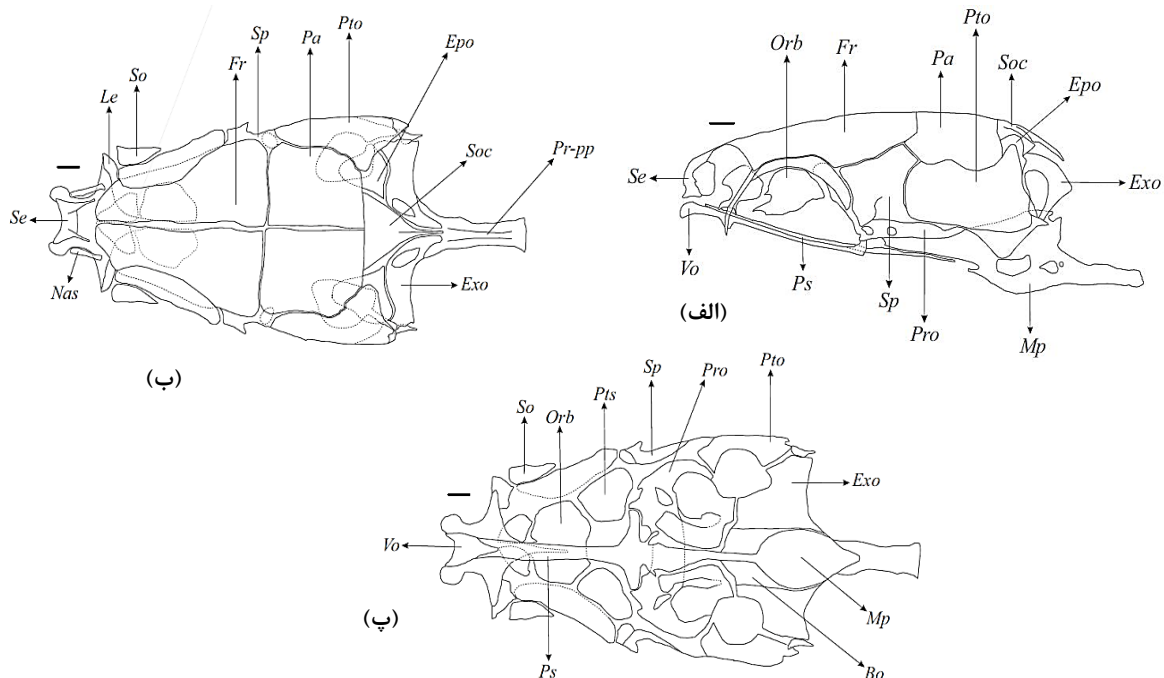
این مطالعه با هدف مطالعه ویژگی‌های استخوان‌شناسی نازک ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*) به اجرا درآمد. نتایج مطالعه حاضر می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای مطالعات آتی آرایه‌شناسی اعضای جنس *Chondrostoma* مورد استفاده قرار گیرد و به شناخت بهتر ویژگی‌های زیست‌شناختی این گونه بومی کمک نماید.

۲. مواد و روش‌ها

۱۲ قطعه ماهی از رودخانه‌های کارون، کرخه و جراحی (چهار قطعه از هر رودخانه) صید و برای رنگ‌آمیزی و شفاف‌سازی استفاده شدند. برای مطالعه داده‌های استخوان‌شناسی از روش شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی نمونه‌ها پروتکل Taylor و Van Dyke (۱۹۸۹) استفاده شد. در این روش از رنگ آلسیان آبی 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 دوربین دیجیتال و اسکنر در حمام گلیسیرین اسکن شدند. برای ترسیم ساختارهای استخوانی از روی عکس‌های اسکن شده از نرم‌افزار CorelDraw X8 استفاده شد. نام‌گذاری ساختارهای استخوانی و معادل فارسی آنها بر اساس Rojo (۱۹۹۱) انجام شد. ساختار استخوانی نمونه‌ها نیز توسط استریومیکروسکوپ بررسی و ویژگی‌های استخوان‌شناختی ساختار اسکلتی این گونه توصیف گردید.

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 فراپس‌سری (Paraoccipital)، برون‌پس‌سری (Basioccipital) و قاعده‌ای پس‌سری تشکیل شده است. استخوان فراپس‌سری در بخش قدامی پهن‌تر 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. هر یک 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.

(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 می‌باشد. این استخوان در بخش قدامی دارای یک شیار نسبتاً عمیق بوده که بخش خلفی استخوان و مر 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 (Parietal)، روگوشی (Epiotic)، پروانه‌ای (Sphenotic)، بالی‌گوشی (Pterotic) و پیش‌گوشی (Prootic) می‌باشد. استخوان پروانه‌ای در حاشیه زیرین بخش پشتی پیشانی واقع شده است و دارای یک زائده جانبی نسبتاً نوک‌تیز



شکل ۱- استخوان‌های مجموعه عصبی در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر،

(الف) نمای جانبی، (ب) نمای زیرین و (پ) نمای زیرین. (نمونه شماره JUT-IM 13890218-008-05، ۴۵ میلی‌متر)

(Bo- basioccipital; Epo- epiotic; Exo- exoccipital; Fr- frontal; Le- lateral ethmoid; Orb- orbitosphenoid; Pa- parietal; Mp- masticatory plate; Pr-pp- posterior pharyngeal process; Pro- prootic; Ps- parasphenoid; Pto- pterotic; Pts- ptersphenoid; Se- supraethmoid; Soc- supraoccipital; So- supraorbital; Sp- sphenotic; Vo- vomer; Nas- nasal; Scl- supracleithrum).

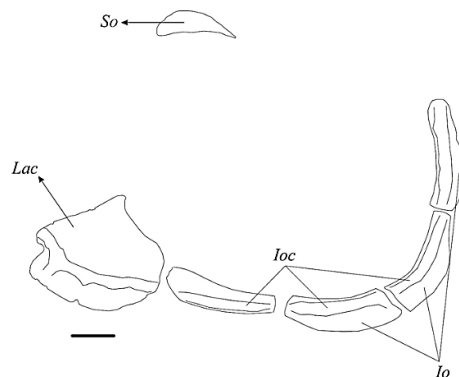
در کنار هم محفظه آبششی را پوشش داده و شامل پیش سرپوشی (Preopercular)، سرپوشی (Opercular)، بین سرپوشی (Interopercular) و زیر سرپوشی (Subopercular) می باشد (شکل ۳). سرپوشی یک زائده برجسته به سمت استخوان لامی فکی (Hyomandibular) دارد و از طریق مفصل توپی به این استخوان متصل می شود. استخوان سرپوشی در بخش شکمی هلالی شکل بوده و با استخوان زیر سرپوشی هم پوشانی دارد. استخوان زیر سرپوشی در قسمت خلفی کمی نوک تیز شده و از جلو به استخوان پیش سرپوشی متصل می شود. استخوان پیش سرپوشی با استخوان بین سرپوشی هم پوشانی دارد و در دو انتها باریک می شود. استخوان بین سرپوشی هم در قسمت قدامی و هم در قسمت خلفی-پشتی باریک می شود.

۲.۳. استخوان های دور حدقه ای (Circumorbitals)

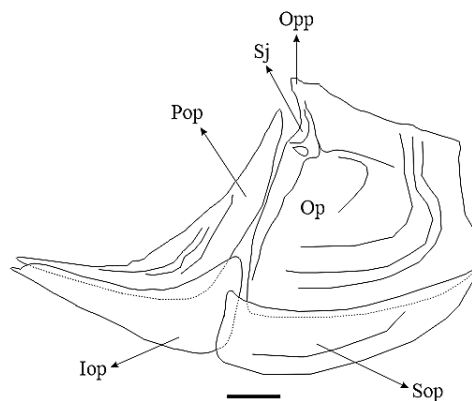
و سرپوش آبششی

تعداد چهار قطعه استخوان دون چشمی (Infraorbital) و یک قطعه استخوان فوق حدقه ای (Supraorbital) در اطراف حدقه وجود دارد (شکل ۲). استخوان اشکی (Lachrymal) و سایر استخوان های دون چشمی هم اندازه نیستند. استخوان اشکی بزرگ ترین استخوان زیر چشمی بوده و در ناحیه جلوی حدقه واقع شده و لبه جلویی آن به سمت پوزه باریک تر از لبه عقبی است. در لبه بالایی حدقه استخوان فوق حدقه ای قرار دارد که در طرفین استخوان های پیشانی قرار داشته و بخش بالایی حدقه را نگهداری می کند.

در هر طرف سر چهار قطعه استخوان سرپوش آبششی



شکل ۲- نمای جانبی استخوان های دور حدقه ای در نازک ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی متر. (Io- infraorbital; So- supraorbital; Lac- lachrymal; Ioc- infraorbital sensory canal).



شکل ۳- نمای داخلی-جانبی استخوان های سرپوشی آبششی سمت راست در نازک ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی متر. (Iop- interopercular; Op- opercular; Opp- opercular prominent process; Pop- preopercular; Sop- subopercular; Sj- spine and socket joint).

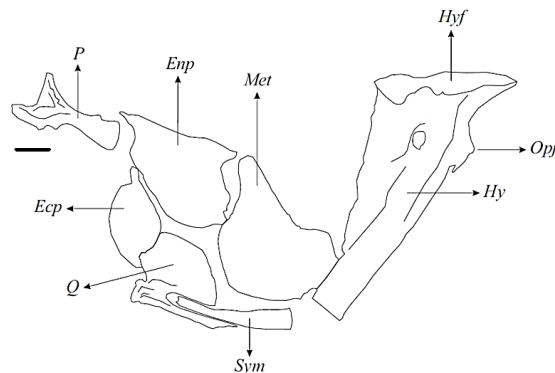
فکی (Maxillary) است. قسمت میانه استخوان فکی پهن‌تر از دو انتهای آن است. پیش‌فکی استخوانی دراز و تقریباً L مانند بوده و در بخش قدامی پهن است. استخوان فکی در بخش قدامی - پشتی دارای برآمدگی جهت مفصل شدن با استخوان ومر می‌باشد. استخوان فکی همچنین در بخش قدامی دارای یک زائده مایل به پایین و در بخش میانی پشتی و میانی شکمی، هرکدام دارای یک زائده است. در لبه‌های پایینی استخوان فکی نیز دو سوراخ وجود دارد. فک زیرین شامل استخوان‌های دندانی (Dentary)، مفصلی (Articular) و پس مفصلی (Retroarticular) می‌باشد. استخوان دندانی در بخش قدامی باریک شده و در بخش میانی-پشتی دارای زائده کورونوئید 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 پس مفصلی در آن قرار می‌گیرد. استخوان پس مفصلی کوچک‌ترین استخوان این مجموعه بوده که تقریباً به شکل مثلث است (شکل ۵).

۳,۳. مجموعه فک آویز (Suspensorium) و

فک‌ها

شامل استخوان‌های لامی فکی (Hyomandibular)، درون‌بالی (Endopterygoid)، برون‌بالی (Ectopterygoid)، میان‌بالی (Metapterygoid)، مربعی (Quadrate)، ساده (Symplectic) و کامی (Palatine) می‌باشد. مجموعه فک آویز با دو مفصل به قسمت قدامی جمجمه عصبی متصل می‌شود که بین کامی و پیش‌پرویزنی (Preethmoid) و ومر (Vomer) است و از قسمت خلفی با یک مفصل بین استخوان لامی فکی و پیش‌گوشی (Prootic) و بالی‌گوشی (Pterotic) قرار دارد. 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 (شکل ۴).

در جمجمه احشایی (Branchiocranium)، فک فوقانی شامل دو استخوان پیش‌فکی (Premaxillary) و



شکل ۴- نمای جانبی استخوان‌های مجموعه فک آویز در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر. (Ecp- ectopterygoid; Enp- endopterygoid; Hy- hyomandibular; Hyf- hyomandibular joint face; Met- metapterygoid; Opi- opercular joint; P- palatine; Q- quadrate; Sy- symplectic).

منفرد قاعده‌ای لامی (Basihyal)، دم‌لامی (Urohyal) و سه زوج استخوان پایک‌آبششی (Branchiostegale) است (شکل ۶). استخوان دم‌لامی از طریق یک رابط به استخوان زیرلامی متصل می‌شود و صفحات عمودی و

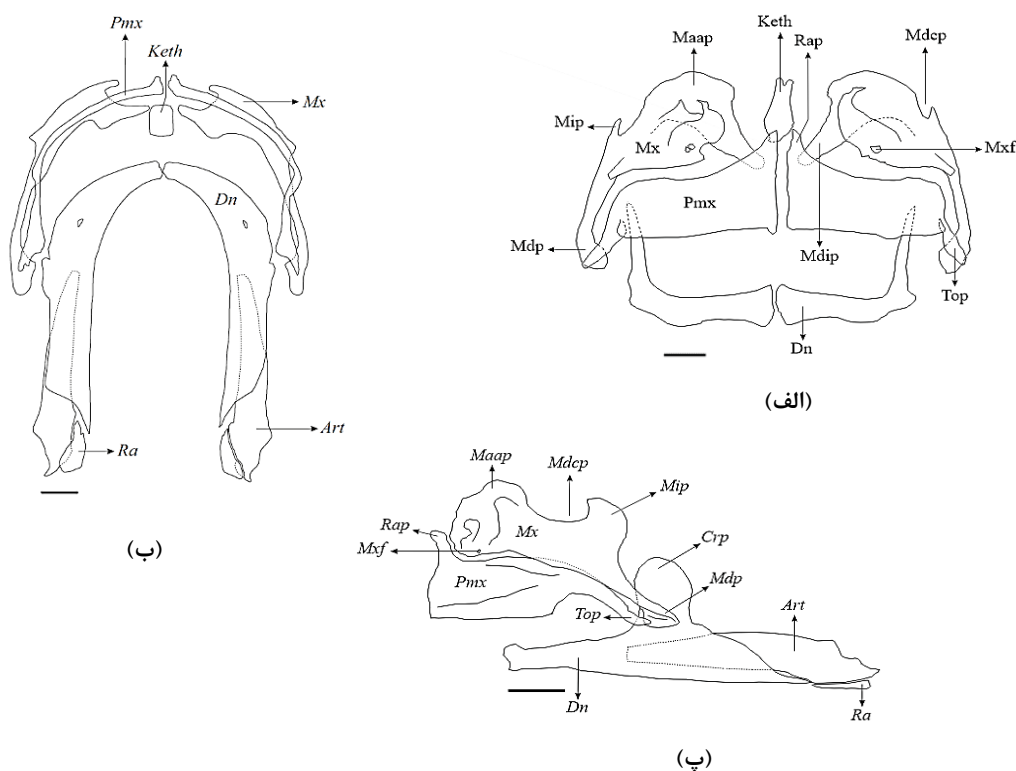
۴,۳. کمان‌های لامی (Hyoid arch) و آبششی

کمان لامی شامل استخوان‌های زوج بین‌لامی (Interhyal)، فوق‌لامی (Epihyal)، شاخی‌لامی (Ceratohyal)، زیرلامی (Hypohyal)، استخوان‌های

قاعده‌های آبششی (Basibranchial)، سه استخوان زوج زیرآبششی (Hypobranchial)، پنج استخوان زوج شاخی آبششی (Ceratobranchial)، چهار استخوان زوج فوق آبششی (Epibranchial) و دو استخوان زوج حلقی آبششی (Pharyngobranchial) است. استخوان قاعده‌های آبششی اول در بخش پایینی به صورت نیم‌دایره و به سمت بالا باریک می‌شود. استخوان‌های قاعده‌های آبششی دوم و سوم تقریباً استوانه‌ای شکل هستند. استخوان‌های زیرآبششی در ناحیه خلفی کوچک‌ترند. پنج جفت استخوان شاخی آبششی بزرگترین استخوان‌های مجموعه کمان آبششی هستند. این استخوان‌ها به شکل نوار باریک هستند که آخرین آن‌ها تغییر شکل یافته و به دندان حلقی تبدیل شده است. چهار جفت استخوان فوق آبششی در محل اتصال به استخوان‌های شاخی آبششی پهن و در مجاورت حلقی آبششی باریک می‌شوند (شکل ۷).

افقی آن در نماهای جانبی و پشتی تقریباً به شکل مثلث می‌باشد. استخوان دم‌لامی در بخش قدامی پهن است و دارای یک فرورفتگی نیم‌دایره‌ای شکل است. بخش خلفی این استخوان باریک می‌شود. اولین و دومین استخوان پایک آبششی به شاخی لامی متصل است و سومین پایک آبششی بین دو استخوان شاخی لامی و فوق لامی واقع شده است. استخوان‌های زیرلامی کوچک بوده و دارای برجستگی‌های کوچکی است. در هر طرف، دو استخوان زیرلامی شامل استخوان‌های زیرلامی پشتی و شکمی وجود دارد. بین لامی استخوانی کوچک است که توسط یک رباط به استخوان فکی لامی متصل می‌شود. استخوان بین لامی به صورت عمود روی فوق لامی قرار گرفته است و بخش قدامی فوق لامی به استخوان شاخی لامی مفصل می‌شود.

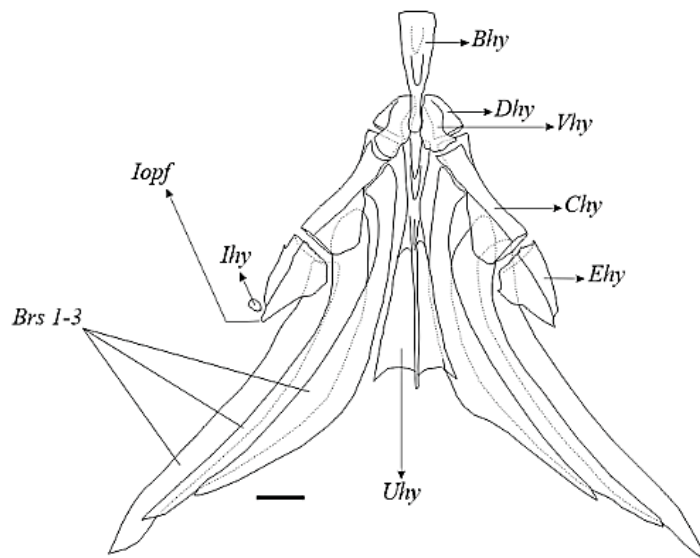
مجموعه کمان‌های آبششی شامل سه استخوان منفرد



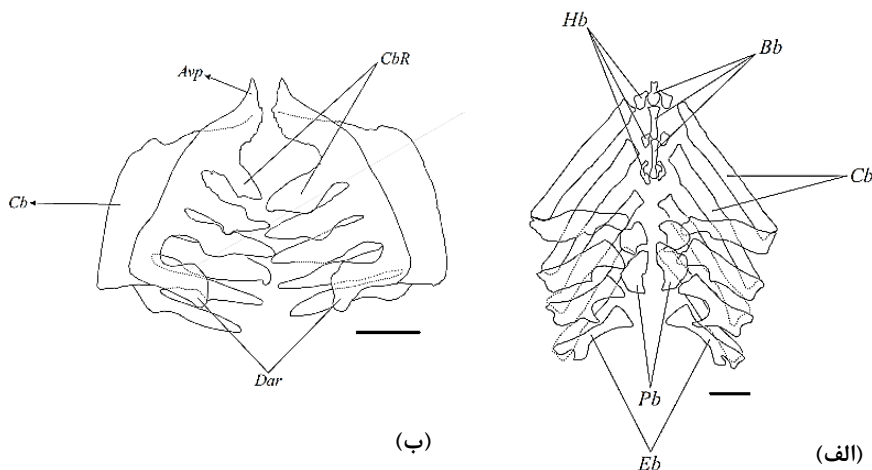
شکل ۵- استخوان‌های فک در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر.

(الف) نمای پیشین زیرین، (ب) نمای زیرین و (پ) نمای جانبی.

(Mx- maxillary; Pmx- premaxillary; Art- articular; Crp- coronoid process; Dn- dentary; Keth- kinethmoid; Mdep- maxillary dorsal concaved border; Mdp- maxillary distal process; Mdip- maxillary descending process; Mxf- maxillary foramen; Maap- maxillary anterior ascending process; Ra- retroarticular; Rap- rostral ascending process; Mip- maxillary mid_lateral ascending process; Top- tail of premaxilla).



شکل ۶- نمای زبرین از مجموعه استخوان‌های کمان لامی در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر. (Bhy- basihyal; Brs 1-3- branchiostegale 1-3; Chy- ceratohyal; Dhy and Vhy- dorsal and ventral hypohyal; Ehy- epihyal; Ihy- interhyal; Uhy- urohyal; Iopf- interopercular facet).

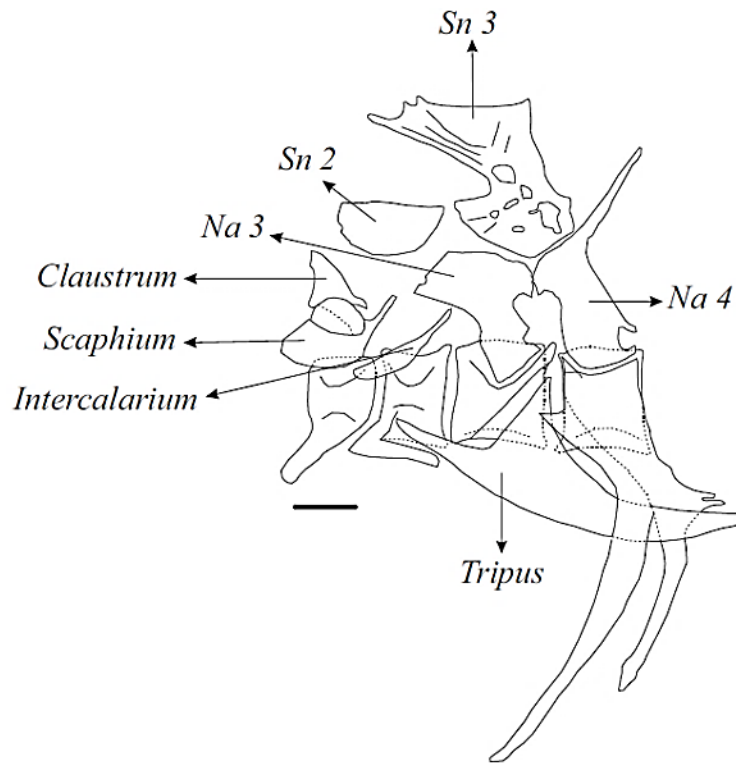


شکل ۷- نمای زبرین از مجموعه استخوان‌های کمان آبششی (الف) و دندان حلقی (ب) در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر. (Bb- basibranchial; Cb- ceratobranchial; Eb- epibranchial; Hb- hypobranchial; Pb- pharyngobranchial; Dar- dorsal arm of ceratobranchial; Avp – anterio - ventral process of ceratobranchial; CbR- ceratobranchial rakers (pharyngeal teeth)).

۵,۳. ستون فقرات و دستگاه وبر

اسکلت محوری این گونه دارای ۴۵ جسم مهره به صورت ثابت می‌باشد که مهره اول تا چهارم در تشکیل دستگاه وبر شرکت دارند. استخوانچه‌های Tripus، Intercalarium، Scaphium و Claustrum نیز در تشکیل ساختار دستگاه وبر نقش دارند. اولین مهره دارای دو زائده

در بخش جانبی است. دنده‌های جانبی مهره دوم در بخش انتهایی به عقب برگشته است. دنده‌های جانبی مهره سوم وجود ندارند و به Tripus تبدیل شده‌اند. دنده‌های شکمی مهره چهارم بلند بوده و در وسط به دو شاخه تبدیل شده که Tripus از وسط آن‌ها رد می‌شود (شکل ۸).

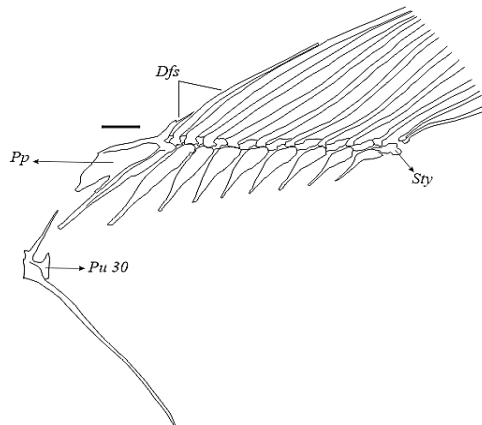


شکل ۸- نمای جانبی مجموعه استخوان‌های دستگاه وبر در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر.
(Na- neural arch; Sn- supraneural)

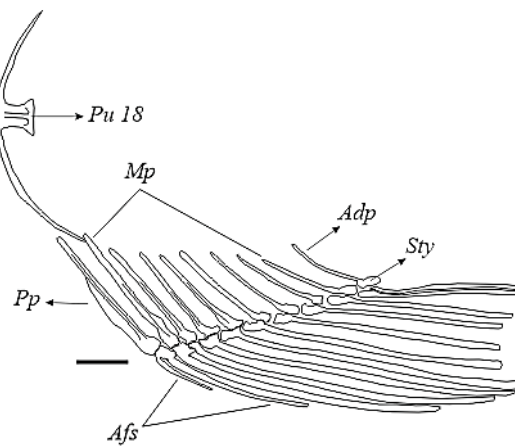
۶,۳. اسکلت باله‌های فرد

در ماهی مورد مطالعه، باله پشتی از ۹ عدد پرتوپایه (Pterygiophore) تشکیل شده است. اولین پرتوپایه گسترده و بلندتر از بقیه و نزدیک به خار عصبی جسم مهره ۳۲ (از طرف باله دم) می‌باشد که ۲ شعاع سخت به آن

متصل می‌شوند (شکل ۹). تعداد پرتوپایه باله مخرجی ۱۱ عدد می‌باشد. دو شعاع سخت به اولین پرتوپایه متصل می‌شوند. امتداد بخش انتهایی اولین پرتوپایه نزدیک به خار خونی جسم مهره ۱۹ می‌باشد (شکل ۱۰).



شکل ۹- نمای جانبی استخوان‌های باله پشتی در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر.
(Dfs- dorsal fin spine; Pp- pterygiophore; Sty- stay; Pu 32- preural 32).



شکل ۱۰- نمای جانبی استخوان‌های باله مخرجی در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر.
(Adp- anal distal pterygiophore; Sty- stay; Mp- medial pterygiophore; Afs- anal fin spine; Pp- pterygiophore; Pu 19- preural 19).

کوچک‌تر می‌شوند و دو خار پری‌اورال دوم و سوم بلندترین خارهای خونی به شمار می‌روند (شکل ۱۱).

۷,۳. کمربند شکمی و سینه‌ای

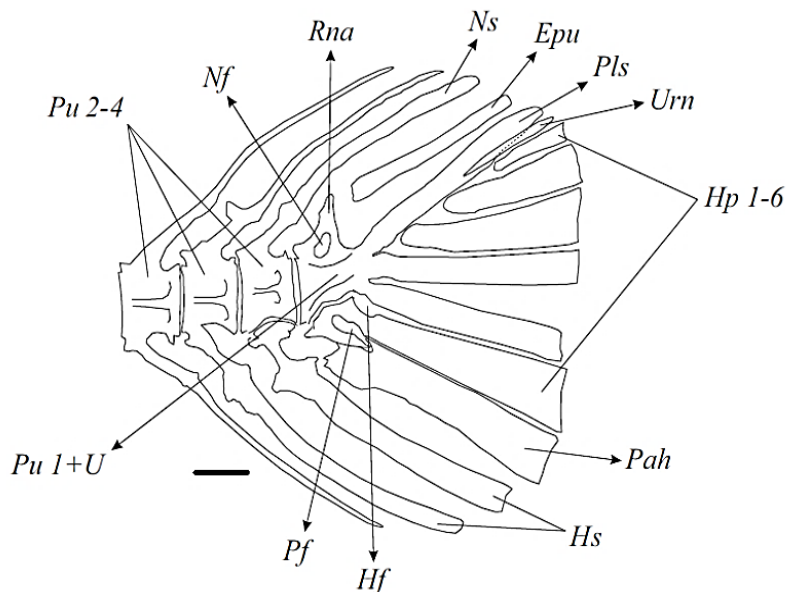
کمربند شکمی یا لگنی به اسکلت عمومی ماهی متصل نیست. بخش قدامی دو شاخه بوده و بخش خلفی تقریباً هلالی و نوک تیز می‌باشد. استخوان‌های لگنی بزرگ و تیغه‌ای شکل است و در بخش خلفی پهن‌تر از بخش قدامی است. در ناحیه خلفی استخوان لگنی یک زائده وجود دارد و در حاشیه جانبی بخش خلفی نیز زائده‌ای با حاشیه قدامی نسبتاً قوسی‌شکل دیده می‌شود و روی آن نیز صفحاتی جهت اتصال شعاع‌ها قرار دارد که در این ناحیه دارای بیشترین پهنای است. کمربند لگنی دارای ۳ جفت رادیال یا پرتوک است. پرتوک دوم کوچک‌تر از سایرین است. استخوان Lateral pterygium در بخش خارجی اولین شعاع باله شکمی واقع شده است. دو قطعه استخوان لگنی مجاور به‌طور کامل متصل نیستند (شکل ۱۲).

مجموعه استخوان‌های کمربند سینه‌ای شامل پس‌گیجگاهی (Supracleithrum)، ترقوه (Cleithrum)، پس‌ترقوه (Postcleithrum)، کتف (Scapula)، غرابی (Coracoid)، غرابی‌میانی (Mesocoracoid)، پس‌گیجگاهی (Posttemporal) و پرتوک (Actionost)

آخرین جسم مهره، شعاع‌های اصلی و فرعی Procurrent و مجموعه‌ای از زواید استخوانی، اسکلت باله دم را تشکیل می‌دهند. زواید استخوانی شامل ۵ استخوان دم‌پره (Hypural)، استخوان‌های منفرد بالاپره (Epurial)، زیردم‌پره (Parhypural)، پلئوروستیل (Pleurostyle) و دم‌کمانک (Uroneural) می‌باشد. یورونیورال (دم‌کمانک) روی پلئوروستیل قرار گرفته است. زیردم‌پره در واقع همان کمان خونی تغییرشکل‌یافته‌ای است که بلند شده و به مهره مفصل شده است، روی این استخوان زائده Parhypurapophysis وجود دارد. گونه مورد مطالعه دارای ۶ دم‌پره بوده که کوچکترین آن دم‌پره ششم است. در بالای زیردم‌پره، دم‌پره ۱ قرار دارد. دم‌پره دوم از دم‌خامه (Urostyle) منشأ گرفته و دم‌پره‌های سه و چهار و پنج و شش در زیر قطعه پلئوروستیل قرار گرفته و به آن متصل می‌گردند. قطعه پلئوروستیل بلند و از دم‌خامه منشأ گرفته است. در قسمت بالای این استخوان باقیمانده کمان عصبی ناقص وجود دارد و به مهره جوش می‌خورد. در بالای این قطعه، بالاپره منفرد و تقریباً نواری شکل وجود دارد و از پلئوروستیل جداست. خار عصبی مهره پری‌اورال (Preural) دوم نسبت به سایر خارهای عصبی مهره‌ها بزرگ‌تر و پهن‌تر است. خارهای خونی اسکلت محوری از بخش خلفی به سمت بخش قدامی بدن

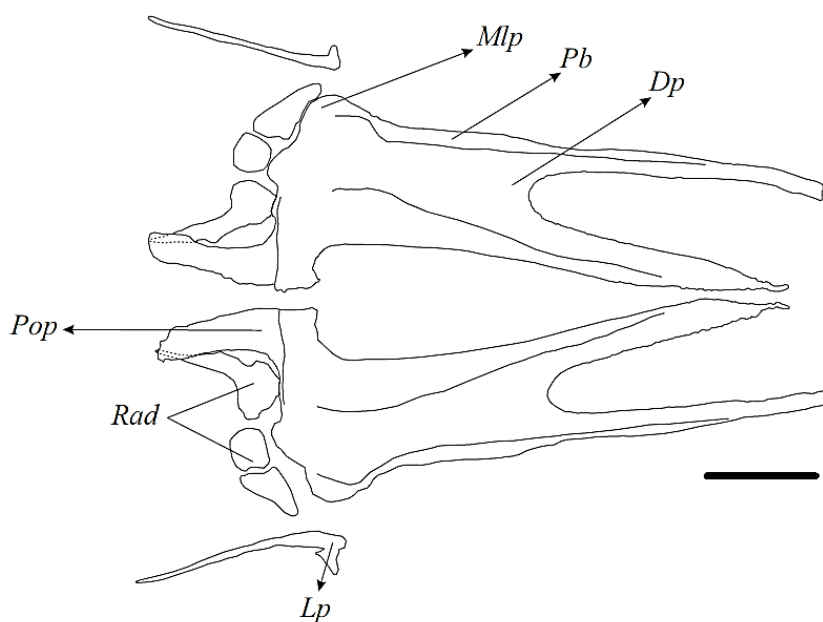
قسمت جلو به کمان لامی (ا استخوان لامی فکی) متصل است. پس ترقوه با نیمه بالایی ترقوه مفصل می‌باشد.

است (شکل ۱۳). کمر بند سینه‌ای توسط پس‌گیجگاهی از بالا به جمجمه عصبی و توسط یک مفصل ثابت از



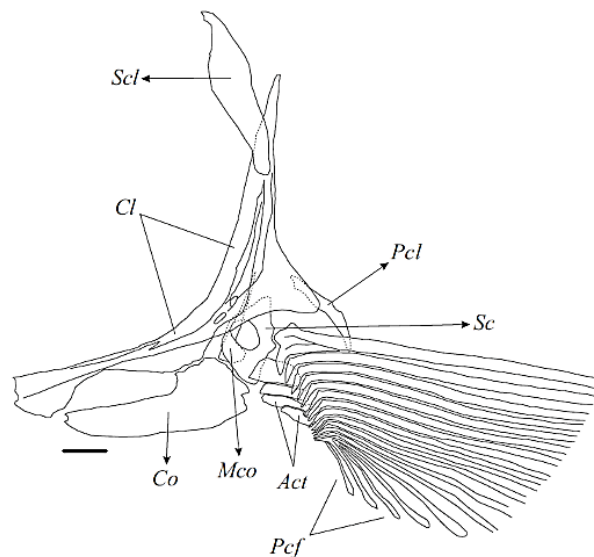
شکل ۱۱- نمای جانبی استخوان‌های باله دمی در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر.

(Ns- nural spine; Epu- epural; Hf- hypural foramen; Hp 1-6- hypural 1-6; Hs- hemal spine; Nf- neural foramen; Pah- parhypural; Pf- parhypural foramen; Pls- pleurostyle; Pu 2-4- preural 2-4; Pu 1+U- preural 1+urostyle (compounded centrum); Rna- rudimentary neural arch; Urn- uroneural).



شکل ۱۲- نمای زیرین اسکلت کمر بند لگنی در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر.

(Dp- distal process; Lp- lateral pterygium; Mlp- mid_lateral Process; Pb- pelvic bone (basipterygium); Pop- posterior process; Rad- radials).



شکل ۱۳ - نمای جانبی اسکلت باله سینه‌ای در نازک‌ماهی تیگره (*Chondrostoma regium*)، خط مقیاس ۱ میلی‌متر. (Act- actinost; Cl- cleithrum; Co- coracoid; Mco- mesocoracoid; Pcf- pectoral fin rays; Sc- scapula; Pcl- postcleithrum; Scl- supracleithrum).

استخوان ترقوه بزرگترین استخوان این مجموعه است و استخوانی دراز و تقریباً L شکل بوده که بخش افقی آن پهن‌تر از بخش عمودی است یعنی به سمت بالا نوک‌تیز می‌شود که در همین قسمت استخوان پس‌گیجگاهی واقع شده است. استخوان پس‌گیجگاهی به صورت خلفی به استخوان ترقوه متصل می‌شود. استخوان کتف تقریباً پهن است و در میانه دارای یک حفره می‌باشد. بخش شکمی آن به استخوان غرابی متصل می‌شود. استخوان غرابی میانی دراز بوده و در بخش شکمی به استخوان غرابی و در بخش پشتی به استخوان کتف و ترقوه متصل می‌گردد. کمر بند سینه‌ای دارای ۴ پرتوک بوده که داخلی‌ترین آن بزرگ‌تر از سایرین است و شعاع‌ها به آن‌ها متصل می‌شوند.

Garra persica شباهت‌ها و تفاوت‌هایی را به دست می‌دهد. از این‌رو با این گونه‌ها مقایسه و توصیف گردید. در استخوان پیش‌فکی گونه‌های جنس‌های *Cyprinion* و *Garra* دو زائیده بالارونده کوچک و بزرگ وجود دارد (Alkhaheem *et al.*, 1990)، در حالی که در گونه *C. regium* همانند گونه *C. damascina* یک زائیده دیده می‌شود (Razavipour *et al.*, 2014). زائیده خلفی استخوان فکی در گونه‌های جنس‌های *Cyprinion* و *Garra* به طور مستقیم قرار گرفته (Zhang, 2005; Alkhaheem *et al.*, 1990) ولی در گونه *C. regium* همانند گونه *C. damascina* این زائیده به سمت پایین متمایل شده است (Razavipour *et al.*, 2014). زائیده کورونوئید در گونه‌های جنس *Cyprinion* و *Garra* کوتاه (Alkhaheem *et al.*, 1990) اما در گونه *C. damascina* بزرگ و بال‌مانند (Razavipour *et al.*, 2014) و در گونه *C. regium* کوچک‌تر و تقریباً گنبدی شکل است.

در گونه‌های جنس *Garra* بخش قدامی استخوان پراپروانه‌ای بسیار بزرگ و دارای حاشیه قدامی پهن است (Zhang, 2005)، اما در گونه *C. regium* همانند گونه

استخوان ترقوه بزرگترین استخوان این مجموعه است و استخوانی دراز و تقریباً L شکل بوده که بخش افقی آن پهن‌تر از بخش عمودی است یعنی به سمت بالا نوک‌تیز می‌شود که در همین قسمت استخوان پس‌گیجگاهی واقع شده است. استخوان پس‌گیجگاهی به صورت خلفی به استخوان ترقوه متصل می‌شود. استخوان کتف تقریباً پهن است و در میانه دارای یک حفره می‌باشد. بخش شکمی آن به استخوان غرابی متصل می‌شود. استخوان غرابی میانی دراز بوده و در بخش شکمی به استخوان غرابی و در بخش پشتی به استخوان کتف و ترقوه متصل می‌گردد. کمر بند سینه‌ای دارای ۴ پرتوک بوده که داخلی‌ترین آن بزرگ‌تر از سایرین است و شعاع‌ها به آن‌ها متصل می‌شوند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

ساختار استخوانی گونه *C. regium* در مقایسه با سایر گونه‌های خانواده کپورماهیان (*Cyprinion kais* و *Capoeta damascina*، *Cyprinion macrostomum*

درون گونه‌های ماهیان نیز باشد (Eastman, 1971). به‌طور کلی در باله دمی در کپور ماهیان، به‌طور معمول شش دم‌پره وجود دارد که چهارتای آن در نیمه فوقانی است (Buhan, 1972). فضاهای بین استخوان‌های باله دمی در تسهیل ارتباطات لنفاوی نقش دارند (Kampmeier, 1969). ساختار دم‌کمانک احتمالاً نقش حفاظتی برای بخش انتهایی نخاع را برعهده دارد و در تضمین عملکرد دم نقش ایفا می‌کند (Patterson & Rosen, 1977). ساختار اسکلتی این گونه تفاوت‌هایی را در فرم استخوان‌های فکی و پیش‌فکی، مربعی، ساده، پراپروانه‌ای، قاعده‌ای پس‌سری و دملامی با دیگر کپورماهیان نشان داد (Alkhaem et al., 1990; Zhang, 2005; Nasri et al., 2013; Razavipour et al., 2014) که می‌توانند به عنوان ویژگی‌های استخوان‌شناسی قابل تشخیص آن در نظر گرفته شوند. در استخوان پیش‌فکی فقط یک زایده دیده می‌شود. زایده خلفی استخوان فکی به سمت پایین متمایل شده است. بخش قدامی استخوان پراپروانه‌ای باریک و بلند می‌باشد. زایده خلفی استخوان قاعده‌ای پس‌سری بلند، کشیده و تقریباً مستطیلی شکل است. صفحه خردکننده شکمی استخوان قاعده‌ای پس‌سری بزرگ و پهن می‌باشد. قسمت قدامی استخوان دملامی باریک، کشیده و دوشاخه است. استخوان مربعی بلند و توسعه‌یافته و استخوان ساده تقریباً بلند و کشیده است. در نهایت، این مطالعه یک توصیف از ویژگی‌های استخوان‌شناسی گونه *Chondrostoma regium* را ارائه می‌دهد که می‌تواند در مطالعات آتی آرایه‌شناسی اعضای این جنس در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از کمک‌های آقای مهندس مظاهر زمانی و سرکار خانم مهندس کبری محمدی تشکر و قدردانی نمایند. هزینه مالی انجام این تحقیق توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است.

C. damascina و گونه‌های جنس *Cyprinion* بخش قدامی استخوان پراپروانه‌ای باریک و بلند می‌باشد (Zhang, 2005; Nasri et al., 2013). زایده حلقی خلفی استخوان قاعده‌ای پس‌سری در گونه‌های جنس *Garra* کوتاه و پهن (Zhang, 2005)، در گونه‌های جنس *Cyprinion* کوتاه و مثلثی شکل (Nasri et al., 2013) و در گونه *C. damascina* دارای لبه انتهایی کشیده و باریک است (Razavipour et al., 2014) در حالی که در گونه *C. regium* این زایده بلند، کشیده و تقریباً مستطیلی شکل است. همچنین صفحه خردکننده شکمی استخوان قاعده‌ای پس‌سری در گونه‌های جنس *Garra* کوچک (Zhang, 2005) ولی در گونه مورد مطالعه همانند *C. damascina* بزرگ و پهن است از پهنای استخوان قاعده‌ای پس‌سری بیشتر می‌باشد (رضوی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). قسمت قدامی استخوان دملامی در گونه‌های جنس *Garra* کوتاه، یک‌دست و به‌صورت یک استخوان مترکم می‌باشد (Zhang, 2005) ولی در گونه *C. regium* همانند گونه *C. damascina* باریک، کشیده و دوشاخه است (Razavipour et al., 2014). استخوان دملامی در گونه *C. regium* نسبت به گونه *C. damascina* باریک‌تر و کشیده‌تر است. حاشیه خلفی استخوان دملامی در گونه‌های جنس *Garra* بلند و مقعر (Zhang, 2005) ولی در گونه *C. regium* به‌صورت بلند، تقریباً صاف و محدب دیده می‌شود.

در مقایسه بین دو گونه *Cyprinion* و *Cyprinion macrostomum* استخوان دندانی در محل لب پایین در *C. kais* به‌طور مشخص حالت کمانی بیشتری نسبت به *C. macrostomum* به خود گرفته است (Nasri et al., 2013)؛ گونه *C. regium* نسبت به این دو گونه، به ویژه گونه *C. macrostomum* در قسمت استخوان دندانی دارای حالت کمانی بیشتری است.

بررسی اسکلت صفحه دمی یک ابزار مهم برای تفسیر روابط سیستماتیک و روابط خویشاوندی بین ماهیان شعاع‌باله است (Gosline, 1961; Nybelin, 1973). همچنین ممکن است به عنوان شواهدی بر تفاوت‌های

References

- Alkahem, 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., Bănărescu, P., 1982. A contribution to the knowledge of the Cyprinidae of Iran (Pisces, Cypriniformes). *Cybium* 6(2), 75-96.
- Buhan, P.J., 1972. The comparative osteology of the caudal skeleton of some North American minnows (Cyprinidae). *American Midland Naturalist* 1972, 484-490.
- Coad, B.W., 2019. Freshwater fishes of Iran. [Cited June 2019]. Available from www.braincoad.com.
- 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., Çiçek E., Coad B. W. 2017a. *Chondrostoma esmaeilii*, a new cyprinid species from the Tigris basin in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Vertebrate Zoology* 67(2), 125-132.
- Eastman, J.T., 1971. The pharyngeal bone musculature of the carp, *Cyprinus carpio*. *Journal of Morphology* 134(2), 131-140.
- Elvira, B., 1997. Taxonomy of the genus *Chondrostoma* (Osteichthyes, Cyprinidae): an updated review. *Folia Zoologica* 46, 1-14.
- Erguden Alagoz, S., Goksu, M.Z.L., Celikkol, C., 2010. The Digestive System Content of King Nase Fish, *Chondrostoma Regium* (Heckel, 1843) Inhabiting in Seyhan Dam Lake (Adana/Turkey). BAE/Lattakia Conference, 13-15 December, Lattakia- Syria.
- 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.
- 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 and Histochemistry* 75(2), 79-84.
- Ghanbary, K., Poria, M., Nouri, F., Ejraee, F., Heshmatzad, P., 2013. Interrelationships between morphometric variables and total weight in male fish *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) evaluated by path analysis in Ghamasiab river Kermansha, Iran. *International Journal of Biosciences* 3(12), 120-127.
- Gosline, W.A., 1961. Some osteological features of modern lower teleostean fishes. *Smithsonian Institution Miscellaneous Collections* 142(3), 1-42.
- Helfman, G., Collette, B.B., Facey, D.E., Bowen, B.W., 2009. The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology. John Wiley & Sons.
- Kampmeier, O.F., 1969. Evolution and comparative morphology of the lymphatic system. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas.
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., Abdoli, A., 2016. Atlas of inland water fishes of Iran. Iran Department of Environment Press. 218 p.
- Keivany, Y., Dopeikar, H., Ghorbani, M., Kiani, F., Paykan-Heyrati, F., 2016. Length–weight and length–length relationships of three Cyprinid fish from the Bibi-Sayyedana River, western Iran. *Journal of Applied Ichthyology* 32(3), 507-508.
- Kiani, F., Keivany, Y., Paykan-Heyrati, F., 2016. Age and growth of king nase, *Chondrostoma regium* (Cyprinidae), from Bibi-Sayyedana River of Semrom, Isfahan. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 15(3), 1214-1223.
- 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.
- Nelson, J.S., Grande, T.C., Wilson, M.V.H., 2016. Fishes of the world. John Wiley & Sons.
- Nybelin, O., 1973. Comments on the caudal skeleton of actinopterygians. Interrelationships of Fishes (eds.), Academic Press, London, UK. 369-372.

- Patterson, C., Rosen, D.E., 1977. Review of ichthyodectiform and other Mesozoic teleost fishes and the theory and practice of classifying fossils. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 158(2), 85-172.
- 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.
- Royo, A.L., 1991. Dictionary of evolutionary fish osteology. CRC Press. 273 pp.
- Taylor, W.R., Van Dyke, G.C., 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybiurn* 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), 156-16.
- Zhang, E., 2005. Phylogenetic relationships of labeonine cyprinids of the disc-bearing group (Pisces: Teleostei). *Zoological Studies* 44(1), 130-143.