نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی

Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

استخوان‌شناسی جویبارماهی دلواری *Paraschistura delvarii* (Nemacheilidae) از حوضه آبریز پرسیس، جنوب ایران

مجید نوروزی[1]، سید حامد موسوی‌ثابت*[2]، سهیل ایگدری[3]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

[2]دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

[3] دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

DOI: 10.22034/jair.8.5.16

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۰۰/۰۹/۲۴

پذیرش: ۰۰/۱۱/۱۰

نویسنده مسئول مکاتبه:

سید حامد موسوی‌ثابت، دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

ایمیل: mousavi-sabet@guilan.ac.ir

چکیده

با هدف مطالعه ساختار استخوان‌های جویبارماهی دلواری *Paraschistura delvarii*، تعداد ۳۳ نمونه از این گونه از رودخانه قره‌آقاج در حوضه آبریز پرسیس (استان فارس) جمع‌آوری شد. بعد از تثبیت نمونه‌ها در فرمالین ۱۰ درصد و انتقال به آزمایشگاه، نمونه‌ها شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی شدند و ساختار استخوان‌های آنها مورد مطالعه قرارگرفت. مهم‌ترین خصوصیات اسکلتی که منجر به تمایز این گونه از سایر اعضای این جنس شده‌اند، عبارت‌اند از؛ T شکل بودن استخوان لامی، وجود ۳ استخوان قاعده آبششی و وجود استخوان سزاموئید. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که صفات استخوان‌شناسی کارایی لازم را جهت تشخیص ماهیان جنس *Paraschistura* دارا هستند و در درک بهتر تمایزهای ریختی و مولکولی موثر می‌باشند.

واژه‌های کلیدی:

استخوان‌شناسی، پاراشیزتورا، رودخانه قره‌آقاج، لوچ، ایران.

۱ | مقدمه

خانواده جویبارماهیان (Nemacheilidae) دارای اندازه‌های کوچک و ساکن آبهای شیرین بوده؛ به‌طوری‌که در قاره‌های آسیا، اروپا و شمال شرق آفریقا گسترش یافته‌اند (Prokofiev, 2010). این خانواده در ایران نیز با حدود ۴۵ گونه پس از خانواده Cyprinidae از نظر تنوع در ردیف دوم قرار دارند (Esmaeili *et al*., 2018). ازجمله جنس‌های این خانواده *Paraschistura* می‌باشد که در ایران از حوضه تیگریس در غرب تا حوضه سیستان در شرق پراکنش دارد (Azimi, 2014). تاکنون حضور ۱۵ گونه از این جنس در ایران شامل *P. abdolii*، *P. alta*، *P. aredvii*، *P. bampurensis*، *P. cristata*، *P. delvarii*، *P. hormuzensis*، *P. ilamensis*، *P. naumanni*، *P. nielseni*، *P. makranensis*، *P. kessleri*، *P. susiani*، *P. turcomana* و *P. turcmenica* تائید گردیده است (Esmaeili *et al*., 2018). پیچیدگی این گروه به لحاظ آرایه شناختی، شناسایی آنها را با مشکل مواجه نموده است و این مشکل محققان را برآن داشت تا علاوه‌بر صفات ریختی، با استفاده از سایر خصوصیات آرایه شناختی ازجمله الگوهای رنگ بدن و استخوان‌شناسی سعی در ارائه صفات تشخیصی مناسب داشته باشند که در این میان صفات استخوان شناسی بیشتر موردتوجه بوده است. ریگان (Regan, 1911) اولین مطالعه استخوان‌شناسی بر روی اعضای Nemacheilinae را منتشر نمود. ساوادا (Sawada, 1982) در جامع‌ترین مطالعه خود استخوان‌های ۲۱ گونه وابسته به ۹ جنس این خانواده را توصیف نمود. پروکوفیف (Prokofiev, 2009 and 2010) با استفاده از مطالعات استخوان‌شناسی، رده‌بندی جدیدی را برای خانواده Nemacheilidae ارائه نمود. در ایران نیز طی سال‌های اخیر مطالعاتی توسط مفاخری (Mafakheri, 2014)، عظیمی (Azimi, 2014) و نوروزی و همکاران (Noroozei *et al*., 2018) برروی استخوان‌شناسی اعضای خانواده جویبارماهیان صورت گرفته است. از این‌رو، این بررسی در ادامه تحقیقات قبلی و با هدف توصیف ساختار استخوان‌شناسی گونه *P. delvarii* به اجرا درآمد.

۲ | مواد و روش‌ها

تعداد ۳۳ نمونه از گونه *P. delvarii* از حوضه آبریز پرسیس جمع‌آوری و پس از بیهوشی با استفاده از عصاره گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت شدند (شکل ۱). ساختار اسکلتی نمونه‌ها بر اساس پروتکل تیلور و فن‌دایک (Taylor and Van Dyke, 1985) شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی شدند. سپس ساختارهای استخوانی آنها زیر استریومیکروسکوپ جدا و توسط یک اسکنر (اپسون وی ۶۰۰) مجهز به حمام گلیسیرین اسکن شد. سپس تصاویر ساختارهای اسکلتی با استفاده از نرم‌افزار Corel Draw-7 ترسیم شدند. نامگذاری ساختارهای استخوانی براساس پروکوفیف (Prokofiev, 2009) و روخو (Rojo, 1991) انجام شد که به‌ترتیب عبارت‌اند از:

© ۱۴۰۰ | دانشگاه گنبدکاووس

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]

Adp: anal distal pterygiophore (دیستال پتریجیفور باله مخرجی); **Apl:** autopalatine (خودکامی); **Art:** articular (مفصلی); **Bbr:** basibranchial (پایه آبششی); **Bhy:** basihyal (تحت لامی); **Bo:** basioccipital (پایه پسسری); **Br:** branchiostegale (شعاع‌های لامی); **Cbr:** ceratobranchial (شاخی آبششی); **Chy:** ceratohyal (غضروف شاخی لامی); **Cl:** cleithrum (ترقوه); **Cm:** coronomeckelian (استخوان منحنی مکل); **Cor:** coracoid (غرابی); **Den:** dental (دندانی); **Dfr:** dorsal fin rays (شعاع باله پشتی); **Dfs:** dorsal fin spin (خار باله پشتی); **Dhy** and **Vhy:** dorsal and ventral hypohyal (زیر لامی پشتی و زیر لامی شکمی); **Dpr-2-4:** descending processes of the second and fourth centra (زائده بالارونده مهره اول و چهارم); **Dr:** distal radial (فاقد معادل فارسی); **Ebr:** epibranchial (استخوان‌های فرا آبششی); **Ect:** ectopterygoid (برون بالی); **Ehy:** epihyal (فوق لامی); **End:** endopterygoid (درون لامی); **Epo:** epiotic (فوقگوشی); **Epu:** epural (بالاپره); **Exo:** exoccipital (برون پس سری); **fon:** fontanelle (ملاج); **Fr:** frontal (پیشانی); **fr-Exo:** foramen exoccipital (سوراخ برون پسسری); **Hbr:** hypobranchial (استخوان یا غضروف زیرآبششی); **Hm:** hyomandibular (فکیلامی); **Hp:** hypural (هیپورال); **Hpu2:** hemal processes of the second preural centrum (زائده خونی دومین مهره پریاورال); **Ihy:** interhyal (بین لامی); **Io:** interopercle (بین سرپوش آبششی); **Ke:** kinethmoid (خویش اتموئید); **Let:** lateral ethmoid (اتموئید جانبی); **Mcor:** mesocoracoid (میان غرابی); **Mp:** mesial pterygiophore; **Mr:** medial radial (فاقد معادل فارسی); **Mtp:** metapterygoid (بین رجلی); **Mx:** maxilla (فکی); **Na4:** neural arch 4 (کمان عصبی ۴); **Npu2:** neural spine of the second preural centrum (خار عصبی دومین مهره پری اورال); **O**p: opercle (سرپوش آبششی); **Orb:** orbitosphenoid (حدقه ای پروانه ای); **Pa:** parietal (آهیانه); **Pbr:** pharyngobranchial (حلقی آبششی); **Pe:** prevomer (پیش وومر); **pect-R:** ray of the pectoral fin (شعاع‌های باله سینه‌ای); **Peth-II:** preethmoid-II (پیش اتموئید-II); **Ph:** parhypural (زیر دمپره); **Pmx:** Premaxilla (پیش فکی); **Po:** preopercle (پیش سرپوش آبششی); **Pp:** pterygiophore (پتریجیفور); **Ppl:** prepalatine (پیش کامی); **pr-Bo:** basioccipital process (زائده پایه پس سری); **Pro:** prootic (پیش گوشی); **Ps:** parasphenoid (فرا پروانه ای); **Pst:** pleurostyle (پلئوراستیل); **Pto:** pterotic (بالی گوشی); **Pts:** pterosphenoid (بالی پروانه ای); **Q:** quadrate (مربعی); **Rad:** ossified pectoral radial (رادیال های استخوان باله سینه ای); **Rar:** Retroarticular (پس مفصلی); **Sc:** scapula (کتفی); **Sca:** scaphium (اسکافیوم); **Se:** supraethmoid-ethmoid (فرا اتموئید); **Sn2:** supraneural2 (فوق عصبی ۲); **Sn3:** supraneural 3 (فوق عصبی ۳); **So**: subopercle (زیرسرپوش آبششی); **Soc:** supraoccipital (فرا پس سری); **spo:** sphenotic (پروانه‌ای); **Sty:** stay (استای); **Sym:** sympleti (ساده); **Uhy:** urohyal (لامی).

در ضمن برخی صفات اندازشی شامل نسبت بخش پس سری و عرض جمجمه عصبی، نسبت طول ملاج به طول جمجمه عصبی، نسبت زائده افقی به زائده عمودی آرواره بالایی و نسبت عرض به ارتفاع استخوان رجلی میانی با استفاده از تصاویر ساختارهای استخوانی با استفاده از نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری شدند.

شکل ۱- نمای جانبی جویبارماهی دلواری، *P. delvarii* حوضه آبریز پرسیس اقتباس از Mousavi-Sabet and Eagdei (2015).

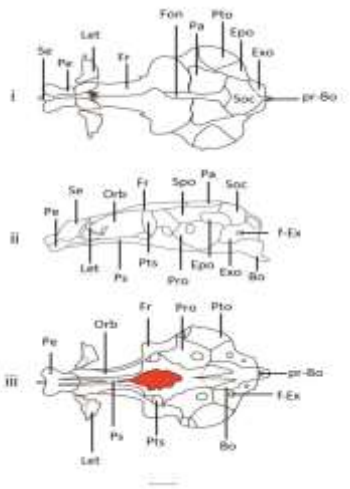
۳ | نتایج

جمجمه عصبی (Neuracranium) از چهار ناحیه اتموئید (Ethmoid)، بینایی (Orbital)، شنوایی (Otic) و پس سری (Occpital) تشکیل شده است و بخش خلفی آن پهن تر است (شکل ۲). ناحیه اتموئید شامل شش استخوان اتموئیدفوقانی-اتموئید، پیش اتموئید-II، اتموئید جانبی، خویش اتموئید، پیش وومر و پیش کامی می‌باشد. استخوان اتموئید فوقانی-اتموئید به‌صورت یک تیغه عمودی بر روی بخش میانی پیش وومر واقع شده است (شکل i-۲). استخوان پیش وومر در بخش قدامی پهن است و توسط یک اتصال زیگزاگی شکل به استخوان پیشانی متصل می‌گردد. جفت استخوان پیش اتموئید-II استخوانی باریک بوده و در بخش قدامی استخوان پیش وومر واقع شده است و بخش خلفی آن دارای دو فرورفتگی مفصلی است (شکل ۳). فرورفتگی شکمی آن با بخش قدامی استخوان پیش وومر و فرورفتگی پشتی با استخوان پیش کامی مفصل می‌گردد. لبه قدامی پیش اتموئید-II دارای یک فرورفتگی مفصلی برای اتصال با استخوان فکی می‌باشد. استخوان اتموئید جانبی L شکل است که دارای دو زائده جانبی-داخلی و یک زائده قدامی عمود می‌باشد که به استخوان حدقه‌ای پروانه‌ای متصل می‌گردد. بین دو استخوان فکی، استخوان کوچک خویش اتموئید قرارگرفته است. زوج استخوان سزاموئید در ناحیه اتموئید و بین پیش اتموئید-II واقع شده است (شکل ۳). ناحیه بینایی شامل استخوان‌های پیشانی، حدقه‌ای پروانه‌ای، بالی پروانه‌ای، اطراف پروانه‌ای، اشکی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]

(Lacrimal)، و اسکلروتیک (Sclerotic) می‌باشد. استخوان پیشانی بزرگ‌ترین استخوان سقف جمجمه عصبی است که در بخش قدامی باریک و نواری شکل بوده و در بخش خلفی پهن می‌گردد. حاشیه جانبی-داخلی بخش خلفی این استخوان در تشکیل ملاج شرکت دارد. استخوان بالی پروانه‌ای در بخش قدامی به حدقه‌ای پروانه‌ای، در بخش پشتی به استخوان پیشانی و در بخش شکمی به استخوان اطراف پروانه‌ای متصل است. در محل اتصال استخوان‌های حدقه‌ای پروانه‌ای، پیشانی و اطراف پروانه‌ای یک حفره وجود دارد. استخوان دراز و کشیده اطراف پروانه‌ای از استخوان پیش وومر آغاز و تا قاعده پس سری ادامه دارد و در دو انتهای خود دو شاخه است. این استخوان در بخش میانی پهن تر شده و دارای دو برآمدگی جهت اتصال به استخوان بالی پروانه‌ای می‌باشد. این ناحیه بین ۵۵ تا ۷۰ درصد از طول کل جمجمه عصبی را در برمی‌گیرد.

ناحیه شنوایی دارای پنج استخوان آهیانه، پروانه‌ای، پیش گوشی، بالی گوشی و فوق گوشی می‌باشد (شکل i-۲). لبه جانبی داخلی آهیانه در تشکیل ملاج شرکت دارد. استخوان آهیانه در لبه خلفی به استخوان فوق پس سری متصل می‌گردد. استخوان پروانه‌ای مثلثی شکل بوده و از حاشیه شکمی-قدامی به استخوان اطراف پروانه‌ای، در بخش پشتی-خلفی به بالی گوشی، در ناحیه قدامی به پیشانی و در حاشیه شکمی-خلفی به آهیانه و در لبه خلفی به فوق گوشی متصل است. جفت استخوان پیش گوشی در ناحیه پشتی میانی دارای یک حفره بوده و از ناحیه پشتی به استخوان بالی گوشی متصل و در ناحیه خلفی خود دارای یک زائده نوک تیز می‌باشد. این زائده استخوان پیش گوشی در لبه خلفی خود به استخوان قاعده‌ای پس سری و از ناحیه پشتی به استخوان پس سری خارجی اتصال دارد (شکل ii-۲). استخوان بالی گوشی که تقریباً مثلثی شکل است و جانبی ترین و عریض ترین بخش جمجمه عصبی را تشکیل میدهد (شکل i-۲). استخوان بالی گوشی از ناحیه پشتی-قدامی به پروانه‌ای، از ناحیه شکمی به پیش گوشی و از ناحیه پشتی-خلفی به فوق گوشی اتصال دارد. استخوان فوق گوشی از ناحیه پشتی-قدامی به آهیانه، از ناحیه پشتی-خلفی به فوق پس سری و شکمی-خلفی به پس سری خارجی متصل است و لبه نوک تیز قدامی آن به پروانه‌ای میرسد (شکل ۲). ناحیه پس سری از سه استخوان پس سری خارجی، فوق پس سری و قاعده پسسری تشکیل شده است (شکل i-۲). استخوان فوق پس سری به‌طور نسبی بزرگ و پهن بوده و دارای لبه قدامی مقعر می‌باشد که در تشکیل ملاج نیز نقش دارد و در قسمت خلفی نیز کمی باریک شده است. این استخوان از ناحیه جانبی-قدامی به فوق گوشی و از ناحیه جانبی-خلفی به پس سری خارجی اتصال دارد. جفت استخوان پس سری خارجی، دارای یک حفره بزرگ در ناحیه پشتی خلفی و یک حفره کوچک در ناحیه شکمی-قدامی می‌باشند. استخوان قاعده پس سری در ناحیه خلفی دارای یک زائده حلقوی است. در حاشیه خلفی این استخوان برجستگی استخوانی (Occipital condyle) جهت اتصال به ستون مهره وجود دارد. این استخوان در لبه قدامی به دو استخوان پیش گوشی و اطراف پروانه‌ای اتصال دارد. در تمامی گونه‌ها این ناحیه کمتر از ۳۰ درصد طول جمجمه عصبی را به خود اختصاص داده است.

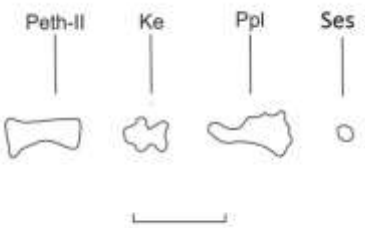


شکل ۲- جمجمه عصبی جویبارماهی دلواری *P. delvarii*

Neuracoranium (from the dorsal (**I**), lateral (**II**), and ventral (**III**): **pr-Bo:** basioccipital process; **Bo:** basioccipital; Epo: epiotic; **Exo:**exoccipital; **fon:** fontanelle; **Fr:** frontal; **frExo:** foramen exoccipital; **Let:** lateral ethmoid; **Orb:** orbitophenoid; **Pa:** parietal; **Pe:** prevomer; **Pro:** prootic; **Ps:** parasphenoid; **Pto:** pterotic; **Pts:** pterosphenoid; **Se:** supraethmoid-ethmoid; **Soc:** upraoccipital; **spo:** sphenotic. (Scale: 1mm).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]



شکل ۳- نمای جانبی پیش اتموئید-II، پیش کامی، خویش اتموئید و سزاموئید جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Peth-II: preethmoid-II**, Ppl:** Prepalatine, **Ke:** kinethmoid, **Ses:** sesamoid. (Scale: 1mm).

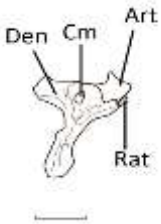
جمجمه احشایی (Branchiocranium): فک بالا (Upper jaw) شامل دو استخوان فکی (شکل ۴) و پیش فکی (شکل۵) می‌باشد. استخوان پیش فکی L شکل و باریک بوده و از دو بخش افقی و عمودی تشکیل شده است که بخش افقی آن کمانی شکل و پهن تر از بخش عمودی آن است. استخوان فکی در دو انتها دارای دو زائده رو به پایین است. در لبه قدامی دارای یک زائده شکمی رو به عقب می‌باشند. فک پایین (Lower jaw) به‌صورت جفت و L شکل بوده و شامل استخوان‌های دندانی، پس مفصلی، مفصلی، منحنی مکل می‌باشد (شکل ۶). استخوان دندانی در ناحیه شکمی-قدامی دارای یک زائده دراز است. این استخوان از ناحیه خلفی با استخوان مفصلی همپوشانی و اتصال دارد. استخوان پس مفصلی در ناحیه شکمی-خلفی و لبه خلفی دندانی وجود دارد. استخوان مکل بر روی ناحیه سطحی میانی دندانی واقع شده است.

شکل ۴- استخوان فکی جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Mx: maxilla. (Scale: 1mm).

شکل ۵- استخوان پیش فکی جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Pmx: Premaxilla. (Scale: 1mm).



شکل ۶- نمای جانبی آرواره زیرین جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Art: articular; **Cm:** coronomeckelian; **Den:** dental; **Rat:** ratroarticular. (Scale: 1mm).

فک آویز (Suspensorium): استخوان‌های این مجموعه عبارت اند از مربعی، ساده و فکی لامی که به سمت پایین تمایل دارند (شکل ۷). استخوان فکی لامی در بخش پشتی پهن بوده و دارای دو کندیل جهت اتصال به جمجمه عصبی است. در حاشیه خلفی این استخوان یک کندیل دیگر نیز جهت اتصال به سرپوش آبششی وجود دارد. استخوان مربعی دارای زائده دراز و متمایل به عقب است و در بخش قدامی شکمی یک فرورفتگی مفصلی برای اتصال به پس مفصلی وجود دارد. استخوان ساده باریک و کشیده است که در ناحیه قدامی پهن تر می‌باشد و در حاشیه خلفی استخوان مربعی وجود دارد.

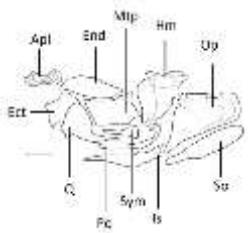
کمان رجلی: این مجموعه از استخوان‌های رجلی‌میانی، رجلی‌خارجی، رجلی‌داخلی و خودکامی تشکیل شده است (شکل ۷). استخوان‌های رجلی میانی در ناحیه پشتی دارای دو زائده است. استخوان رجلی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]

خارجی در ناحیه پشتی-قدامی استخوان مربعی واقع شده است. رجلی داخلی دوکی‌شکل و دراز بوده و در بخش میانی پهن تر و در ناحیه قدامی دارای یک کندیل جهت اتصال به استخوان خودکامی می‌باشد. استخوان خودکامی دارای یک برآمدگی شکمی است که با استخوان پیش اتموئید مفصل می‌شود.

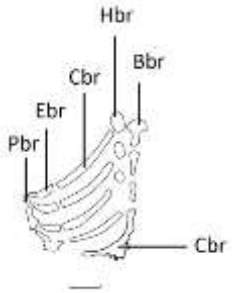
مجموعه استخوان‌های سرپوش آبششی: شامل سرپوش آبششی، پیش سرپوش آبششی، زیر سرپوش آبششی و میان سرپوش آبششی می‌باشد (شکل ۷). در قسمت قدامی-پشتی، سرپوش آبششی دارای یک زائده می‌باشد و در زیر آن، یک فرورفتگی مفصلی وجود دارد که این استخوان را با فکی لامی مفصل می‌کند. این استخوان در بخش شکمی-قدامی دراز و نوک تیز بوده و با زیر سرپوش آبششی همپوشانی دارد. بخش خلفی-شکمی سرپوش آبششی گرد شده و به حاشیه خلفی زیر سرپوش آبششی متصل می‌گردد. قسمت قدامی زیر سرپوش آبششی باریک‌تر از ناحیه خلفی آن است که به ناحیه میان سرپوش آبششی اتصال دارد. استخوان میان سرپوش آبششی دراز بوده و بخش جانبی داخلی آن به استخوان بین لامی متصل می‌گردد.

مجموعه استخوان‌های کمان آبششی (Branchial apparatus): شامل پنج جفت استخوان شاخی آبششی، چهار جفت استخوان فرا آبششی، سه جفت استخوان زیر آبششی، دو جفت استخوان حلقی آبششی و سه استخوان منفرد پایه آبششی می‌باشد (شکل ۸).



شکل ۷- مجموعه استخوان‌های کمان احشایی جویبارماهی دلواری *P. delvarii* .

Apl: autopalatine; **Ect:** ectopterygoid; **End:** endopterygoid; **Hm:** hyomandibular; **Io:** interopercle; **Mtp:** metapterygoid; **Op:** preopercle; **Q:** quadrate; **So:** subopercle; **Sym:** sympletic. (Scale: 1mm).

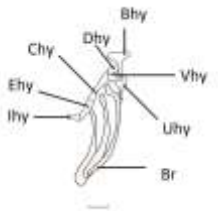


شکل ۸- مجموعه استخوان‌های کمان آبششی جویبارماهی دلواری *Paraschistura delvarii* .

Bbr: basibranchial; **Cbr:** ceratobranchial; **Ebr:** epibranchial; **Hbr:** hypobranchial; **Pbr:** pharyngobranchial. (Scale: 1mm).

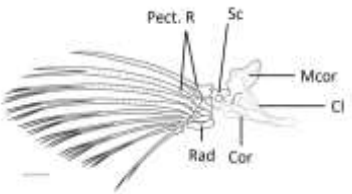
مجموعه استخوان‌های کمان لامی (Hyoid arch): از استخوانهای منفرد لامی و تحت لامی و جفت استخوان‌های تحت‌لامی، غضروفی لامی، فوق لامی، بین‌لامی و سه جفت شعاع پایه آبششی تشکیل شده است (شکل ۹). استخوان لامی Y شکل بوده و در ناحیه شکمی استخوان قاعده‌ای لامی قرارگرفته است. استخوان پایه لامی به‌طور عمومی T شکل می‌باشد. این استخوان در حاشیه قدامی و خلفی به جفت استخوان تحت لامی اتصال دارد. جفت استخوان تحت لامی خود دارای دو بخش پشتی (Dhy) و شکمی (Vhy) است. استخوان‌های تحت لامی به حاشیه خلفی استخوان غضروفی لامی متصل می‌گردند. استخوان تحت لامی پشتی در ناحیه شکمی دارای یک زائده‌ی رو به پایین است. غضروفی لامی در بخش میانی باریک تر شده و اولین شعاع پایه آبششی به آن متصل می‌گردد. دومین شعاع به محل اتصال این استخوان با استخوان فوق لامی متصل می‌شود. استخوان فوق لامی در بخش میانی دارای فرورفتگی می‌باشد که سومین شعاع به آن متصل می‌گردد. همچنین شعاع‌های پایه آبششی تا لبه پشتی سرپوش آبششی امتداد دارد. کمربند سینه‌ای (Pectoral girdle): این مجموعه عبارت است از استخوان‌های غرابی، فوق غرابی، ترقوه، ترقوه میانی، کتف، پشتی گیجگاهی و رادیال‌ها (شکل ۱۰). استخوان کوچک فوق گیجگاهی در ناحیه جانبی-داخلی پشتی-گیجگاهی واقع شده است. فوق غرابی استخوانی مربعی شکل بوده و از ناحیه پشتی-شکمی به استخوان غرابی متصل است. پشتی گیجگاهی استخوانی بلند است که بین استخوانهای فوق غرابی و فوق گیجگاهی قرارگرفته است. همچنین این استخوان از ناحیه خلفی به فوق گوشی اتصال دارد که بدین سبب کمربند سینه‌ای را به جمجمه عصبی متصل می‌نماید. استخوان غرابی بزرگ‌ترین استخوان در کمربند سینه‌ای است و از ناحیه پشتی-قدامی به استخوان فوق غرابی و از ناحیه جانبی-میانی به استخوان ترقوه میانی متصل است. ناحیه قدامی ترقوه باریکتر از ناحیه خلفی آن است. کتف دارای حفره بزرگی است و بین استخوانهای غرابی و ترقوه شعاع غیرمنشعب قرار گرفته و تعداد ۱۱ شعاع منشعب باله سینه‌ای به آن متصل می‌باشد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]



شکل ۹- مجموعه استخوان‌های کمان لامی جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Bhy: basihyal; **Br:** branchiostegale; **Chy:** ceratohyal; **Dhy and Vhy:** dorsal and ventral hypohyal; **Ehy:** epihyal; **Ihy:** interhyal; **Uhy:** urohyal. (Scale: 1mm)

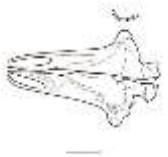


شکل ۱۰- استخوان‌های کمربند سینه‌ای و شعاع‌های باله سینه‌ای جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

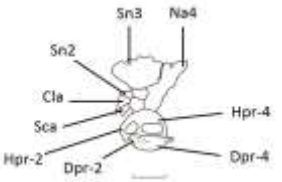
Cl: clethrum; **Cor:** coracoid; **Mcor:** mesocoracoid; **pect-R:** ray of the pectoral fin; **Rad:** ossified pectoral radial; **Sc:** scapula. (Scale: 1mm)

کمربند شکمی (Pelvic girdle): شامل جفت استخوان شکمی (Pb) و استیلوئید (Styl) می‌باشد (شکل ۱۱). استخوان شکمی در بخش قدامی دو شاخه و در بخش خلفی-میانی عریض و در بخش خلفی کوچکتر می‌باشد. استخوان استیلوئید در بخش خارجی اولین شعاع غیرمنشعب باله شکمی واقع شده است.

اسکلت محوری (Axial skeleton): گونه مورد مطالعه دارای ۳۶جسم مهره می‌باشد که مهره اول تا چهارم در تشکیل دستگاه وبر و کپسول کیسه شنا شرکت دارند. استخوانچه‌های Tripus, Intercalarium, Scaphium و Claustrum نیز در تشکیل ساختار دستگاه وبر مشارکت دارند (شکل۱۲). از تغییر شکل چهارمین جسم مهره کپسول استخوانی ایجاد شده است. در حاشیه جانبی این کپسول دو منفذ وجود دارد که منفذ قدامی گرد و منفذ خلفی کشیده و بزرگ‌تر از منفذ قدامی است. کپسول شنا متخلخل است.



شکل ۱۱- استخوان باله شکمی جویبارماهی دلواری *P. delvarii.* (Scale: 1mm)



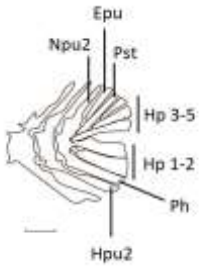
شکل ۱۲- نمای جانبی کپسول شنای جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Cla: claustrum; **Dpr-2-4:** descending processes of the second and fourth centra; **Na4:** neural arch 4; **Sca:** scaphium; **Sn2:** supraneural 2; **Sn3:** supraneural 3. (Scale: 1mm)

صفحه دمی (Hypural Plate): آخرین جسم مهره و شعاع‌های اصلی و Procurrent و مجموعه‌ای از زوائد استخوانی، اسکلت باله دمی را تشکیل می‌دهند. زوائد دمی شامل پنج استخوان هیپورال، استخوان-های منفرد اپورال، پاراهیپورال، پلئوراستیل می‌باشند (شکل ۱۳). صفحه‌ی دمی محل اتصال یک زوج شعاع غیرمنشعب در بالا و پایین و ۱۶ شعاع منشعب در بین آن است. اسکلت حمایت کننده باله پشتی (Dorsal fin): باله پشتی دارای ۴ شعاع غیرمنشعب و ۸ شعاع منشعب و همچنین ۸ سری پتریجیفور و یک استای می‌باشد (شکل ۱۴). اولین دیستال باله پشتی نسبت به سایرین بزرگ‌تر بوده و محل اتصال سه شعاع غیرمنشعب اول باله پشتی است. اولین و آخرین دیستال منفرد و باقی به‌صورت جفتی می‌باشند. گونه موردبررسی دارای ۹ عدد پتریجیفور می‌باشند و تعداد دیستال‌های آنان نیز ۱۲ عدد می‌باشد.

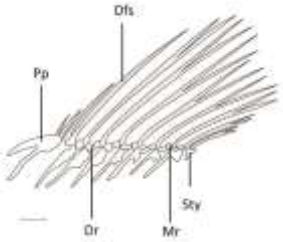
اسکلت حمایت کننده باله مخرجی (Anal fin): باله مخرجی دارای ۳ شعاع غیرمنشعب، ۶ شعاع منشعب، ۸ سری استخوان پتریجیفور که به آخرین آن Sty اطلاق می‌گردد، می‌باشد (شکل ۱۵). اولین و آخرین دیستال منفرد می‌باشند.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]



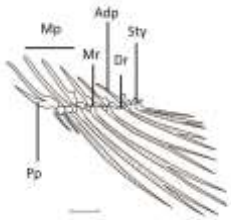
شکل ۱۳- اسکلت باله دمی جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Epu: epural; **Hp:** hyporal; **Npu2:** neural spine of the second preural centrum; **Hpu2:** hemal processes of the second preural centrum; **Ph:** parhypural; **Pst:** pleurosryle. (Scale: 1mm)



شکل ۱۴- اسکلت باله پشتی جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Dfr: dorsal fin rays; **Dfs:** dorsal fin spin; **Dr:** distal radial; **Mr:** medial radial; **Pp:** pterygoiphore; **Sty:** stay. (Scale: 1mm)



شکل ۱۵- اسکلت باله مخرجی جویبارماهی دلواری *P. delvarii*.

Adp: anal distal pterygoiphore; **Dr:** distal radial; **Mp:** mesial pterygoiphore; **Mr:** medial radial; **Pp:** pterygoiphore; **Sty:** stay. (Scale: 1mm)

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

استخوان‌های اتموئید فوقانی-اتموئید و پیش وومر در گونه *P. delvarii* به یکدیگر اتصال دارند؛ این خصوصیت با گونه *P. alta* نیز مشابهت دارد (Noroozei et al., 2018). همچنین پروکوفیف (Prokofiev, 2010) بیان نمود که این دو استخوان به‌غیر از گونه‌های *Yunnanilus pleurotaenia*، *Triplophysa microphthalma*، *T. tenuis*، *T. microphthalma*، *Platycephalus Oreonectes* و *Lefua spp.* در بقیه گونه‌های خانواده Nemacheilidae کاملاً به‌هم جوش خورده‌اند. علاوه بر این ساوادا (Sawada, 1982) گونه *Schistura fasciolata* را از این خصوصیت مستثنی نمود ساوادا (Sawada, 1982) بر این عقیده بود که از این خصوصیت می‌توان به‌عنوان یک ویژگی فیلوژنتیکی استفاده نمود درحالی‌که پروکوفیف (Prokofiev, 2010) عنوان نمود که خصوصیت اخیر یک ویژگی فیلوژنی نیست، زیرا طی مطالعات وی گونه‌های *T. stoliczkae* و *Orthrias barbatulus toni* هر دو حالت جوش‌خوردگی و عدم جوش‌خوردگی دو استخوان فوق اتموئید و پیش‌اتموئید را داشتند. اتصال این دو استخوان در گونه‌های *Paracobitis hircanica* (Azimi *et al*., 2015)، *Oxynoemacheilus kermanshahensis* (Mafakheri *et al*., 2015) و *O. kiabii* (Mafakheri *et al*., 2014) نیز گزارش شده است. در گونه *P. delvarii* استخوان پیش اتموئید-I مشاهده نشد که عدم وجود این جفت استخوان به دلیل همگونسازی و الحاق با استخوان پیش وومر است (Prokofiev, 2010)، گونه *P. alta* نیز در این خصوصیت با گونه مورد تحقیق مشابه دارد (Noroozei *et al*., 2018). اما وجود این استخوان در جنس‌های *Orthrias*، *Triplophysa*، *Yunnanilus*، *Oreonectes*، *Micronoemacheilus*، *Lefua*، *Hedinichthys* و *Eonemachilus* گزارش شده است (Prokofiev, 2010). استخوان اتموئید جانبی نیز در گونه *P. delvarii* به حاشیه قدامی استخوان حدقه‌ای پروانه‌ای متصل بود، درحالی‌که پروکوفیف (Prokofiev, 2010) بیان نمود که استخوان اتموئید جانبی در تمامی لوچها به‌طور محکم به استخوان اتموئید فوقانی اتصال دارد. این خصوصیت در گونه *P. alta* توسط نوروزی و همکاران (Noroozei *et al*., 2018) نیز مشاهده گردید. گونه *P. delvarii* فاقد استخوان تیغه‌ای بین آهیانه و بالی گوشی است. گونه *P. alta* نیز فاقد استخوان اخیر می‌باشد (Noroozei *et al*., 2018). درحالی‌که وجود این استخوان در جنس‌های *Schistura*،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]

Nemacheilus، *Mesonoemacheilus* و *Acanthocobitis* گزارش گردیده است (Prokofiev, 2010). استخوان‌های پروانه‌ای و فوق گوشی نیز در این گونه همانند سایر اعضای این جنس تماس داشتند (Prokofiev, 2010). ساختار باله دمی یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیلوژنی، جهت درک روابط تبارشناختی بین ماهیان است (Gosline, 1961; Monod, 1968; Sawada, 1982). در لوچ‌ماهیان ساختار اسکلت دمی متشکل از ۵-۶ استخوان دم‌پره می‌باشد (Prokofiev, 2010). گونه *P. delvarii* دارای ۵ دم پره است درحالی‌که گونه *P. alta* دارای ۶ دم‌پره می‌باشد (Noroozei *et al*., 2018). تعداد شعاع‌های اصلی در باله‌دمی گونه *P. alta*، (۹+۹)۱۸ است. که این تعداد با گونه *P. alta* نیز برابر است (Noroozei *et al*., 2018). تعداد این شعاع‌ها در باله دمی خانواده Nemacheilinde، توسط ساوادا (Sawada, 1982) ۱۵-۲۰ عدد و توسط پروکوفیف (Prokofiev, 2010) ۱۲-۱۷ ذکر شده است. استخوان کرونومکلین (Cm) گونه *P. delvarii*، بر روی ناحیه پشتی میانی استخوان مفصلی قرار گرفته است که با مطالعات ساوادا (Sawada, 1982) و نوروزی و همکاران (Noroozei *et al*., 2018) مشابهت دارد. درحالی‌که پروکوفیف (Prokofiev, 2010) اعلام نموده که این استخوان کوچک برروی زائده کرونوئید استخوان دندانی قرارگرفته است. گونه *P. delvarii* فاقد استخوان دم لامی زوج می‌باشند اما نوروزی و همکاران (Noroozei *et al*., 2018) حضور این استخوان را در گونه *P. alta* تأئید نمود. پروکوفیف (Prokofiev, 2010) حضور این استخوان کوچک را موردبررسی قرار نداده است؛ اما حضور این استخوان با نام Sublingual توسط ساوادا (Sawada, 1982) در خانواده Nemacheidae تأئید شده است. تعداد استخوان‌های قاعده آبششی و حلقی آبششی و ویژگی استخوان فوق آبششی و غضروفی آبششی، مهم‌ترین خصوصیات این مجموعه است (Prokofiev, 2010). تعداد استخوان‌های قاعده آبششی در گونه *P. delvarii* سه عدد است که این تعداد در *P. alta* نیز همین مقدار است (Noroozei *et al*., 2018). *O. bergianus*، *P. cf. sargadensis* و *T. kosswigi* چهار عدد گزارش شده است (Prokofiev, 2010). عظیمی (Azimi, 2014) تعداد استخوان‌های قاعده آبششی را در جنس‌های *Hedinicthys*، *Lefua*، *Nun*، *Paraschistura* و *Seminemacheilus* و گونه‌های *Acanthocobitis botia*، *Iskandaria kuschakewitschi*، *Indoreonectes evezardi*، *Nemacheilus masyae*، *Oreonectes platycephalus*، *Paracobitis longicauda* و *Yunnanilus pleurotaenia* سه عدد گزارش نمود. همچنین تعداد این استخوان‌ها در گونه‌های جنس *Oxynemacheilus* متغیر بوده به‌طوری‌که تعداد آن را ساوادا (Sawada, 1982) در گونه *O. jordanicus* چهار عدد و پروکوفیف (Prokofiev, 2010) در دو گونه *O. brandti* و *O. panther* گزارش نموده است. مفاخری و همکاران (Mafakheri *et al*., 2014) نیز تعداد ۴ عدد استخوان قاعده آبششی را در گونه *O. kiabii* گزارش کرده است. براساس مطالعات انجام گرفته افزایش تعداد استخوان قاعده آبششی از سه به چهار عدد یا کاهش آن به دو عدد در خانواده Nemacheilidae می‌تواند به‌عنوان یک ویژگی مشتق شده در نظر گرفته شود. همچنین در مواردی از اختلافات درون و بین‌گونه‌ای برای احتیاط از این ویژگی جهت رده‌بندی ویژه لوچ‌ها استفاده می‌شود (Prokofiev, 2010). تعداد استخوان‌های حلقی آبششی در گونه *P. delvarii* دو عدد می‌باشد که این تعداد در گونه *P. alta* نیز گزارش شده است (Noroozei *et al*., 2018). حضور این استخوان تنها در گونه‌های *N. postventralis* توسط ساوادا (Sawada, 1982) و در گونه‌های *O. angorae* و *Afronemacheilus kaffa* و جنس *Triplophysa* مورد تأئید قرار گرفته است (Prokofiev, 2010). همچنین تعداد استخوان حلقی آبششی در گونه‌های *O. bergianus* و P. sargadensis سه عدد گزارش شده است (Azimi, 2014). در خانواده Nemacheilidae کپسول شنای استخوانی به‌وسیله تقسیمات جانبی به دو قسمت و همچنین مشارکت در شکل گیری زائده نزولی پاراپوفیز مهره دوم، ویژگی یافته است (Prokofiev, 2010). در گونه *P. delvarii* همانند اعضای خانواده Nemacheilidae مهره پنجم دارای ساختار معمول است. اولین مهره در تشکیل کپسول استخوانی دخالت نداشته، اما در تمامی اعضای این خانواده، دومین و سومین مهره به یکدیگر جوش خورده‌اند و پاراپوفیز این مجموعه به‌خوبی توسعه یافته است این ویژگی در گونه *P. alta* نیز توسط نوروزی و همکاران (Noroozei *et al*., 2018) گزارش شده است. به‌طور استثناء در جنس *Hedininchthys* مهره پنجم نیز در شکل گیری کپسول شنا نقش دارد (Rendahl, 1933). در جنس *Hedininchthys*، پاراپوفیز مهره پنجم دو شاخه بوده و زائده قدامی ضخیم آن، قسمتی از دیواره خلفی، خلفی-پشتی کپسول استخوانی را شکل می‌دهد. پاراپوفیز استخوان‌های تشکیل دهنده کپسول استخوانی به‌صورت افقی به دو زائده نزولی تقسیم شده‌اند که هریک قسمت قدامی کپسول استخوانی را شکل می‌دهند. پاراپوفیز مهره چهارم به‌طور مشابه تغییریافته و قسمت خلفی کپسول شنا را شکل می‌دهند. در گونه *P. delvarii*، کپسول استخوانی متخلخل نبوده و در ناحیه جانبی دارای دو حفره قدامی و خلفی می‌باشند که حفره قدامی کوچکتر از حفره خلفی است درحالی‌که متخلخل بودن کیسه شنا در گونه *P. alta* مشاهده گردید (Noroozei *et al*., 2018). تعداد مهره‌های (شامل چهار مهره تغییرشکل یافته قدامی) در گونه حاضر ۳۶ عدد است. بسیاری از گونه‌های لوچ‌ماهیان جنوب و جنوب‌غرب آسیا دارای ۲۸ تا ۴۰ (اغلب ۳۲ تا ۳۹ عدد) مهره می‌باشد (Sawada, 1982; Krupp and Schneider, 1989; 1991). این خصوصیت می‌تواند به‌عنوان Apomorphy موردتوجه قرار گیرد. بنابر نتایج مطالعه حاضر، گونه *P. delvarii* براساس صفات استخوان شناسی شامل T شکل بودن استخوان لامی، وجود ۴ استخوان قاعده آبششی و وجود استخوان سزاموئید، از سایر گونه‌های این جنس قابل تشخیص است.

پست الکترونیک نویسنده:

سید حامد موسوی‌ثابت: mousavi-sabet@guilan.ac.ir

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]

REFERENCES

Azimi H. 2014. Phylogeny of five genera of stone loaches (Balitoridae) in Iran, based on morphological and osteological characteristic. MSc dissertation. Department of Fisheries, University of Guilan, Iran. 77 p.

Azimi H., Mousavi-Sabet H., Eagderi S. 2015. Osteology of Hyrcanian Crested Loach, *Paracobitis hircanica* (Pisces, Nemacheilidae). Our Nature, 13 (1): 8-18.

Esmaeili H.R., Sayyadzadeh G., Eagderi S., Abbasi K. 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. FishTaxa, 3 (3): 1-95.

Gosline W.A. 1961. Some Osteolagical Features of modern lower teleostean fishes. Smithsonian Miscellaneous Collections, 142 (3): 1-42.

Krupp F., Schneider W. 1989. The Fishes of the Jordan River Drainage Basin and Azraq Oasis. Fauna Saudi Arab, 10: 374-416.

Krupp F., Schneider W. 1991. Two New species of *Nemacheilus* Bleeker 1863 from the Orontes River Drainage Basin of Lebanon, Syria and Turkey. Senckenbergiana Biologica, 71 (1/3): 23-34.

Mafakheri B. 2014. Phylogeny of stone loaches, the genus *Oxynemacheilus* (Nemacheilidae) in Iranian inland waters using morphological and osteological charasterictis. MSc dissertation. Department of Fisheries, University of Tehran, Iran. 122 p.

Mafakheri P., Eagderi S., Farahmand, H., Mousavi-Sabet H. 2014. Osteolagical Structure of Kiabi Loach, *Oxynemacheilus kiabii* (Actinopterygii: Nemacheilidae). Iranian Journal of Ichthyology, 1 (13): 197-203.

Mafakheri P., Eagderi S., Farahmand H., Mousavi-Sabet H. 2015. Descriptive osteology of *Oxynoemacheilus kermanshahensis* (Bănărescu and Nalbant, 1966) (Cypriniformes, Nemacheilidae). Croatian Journal of Fisheries, 73: 115-123.

Monod T. 1968. Le Complex Urophore des Poissons Teleosteens. Mbn. Inat. Fond. Afr. Noire, (81): 1-705.

Noroozei M., Mousavi-Sabet H., Eagdri S. 2018. Osteology of *Paraschistura alta* (Nemacheilidae), From Sistan basin, south-west of Iran. Iranian Journal of natural resources, 274-285.

Prokofiev A.M. 2009. Problem of the classification and phylogeny of Nemacheiline Loaches of the group lacking the preethmoid I (Cypriniformes: Balitoridae: Nemacheil-inae). Journal of Ichthyolog, 49 (10): 874-898.

Prokofiev A.M. 2010. Morphological Classification of Loaches (Nemacheilinae). Journal of Ichthyology, 10: 827-913.

Regan C.T. 1911. The classification of teleostean Fishes of other ostariophysi. I. Cyprinidae. Annals and Magazine of Natural History, 8: 13-32.

Rendahl H. 1933. Studien ber Innerasiatische Fieche. Arkiv Zoology, 25 Series A; (11): 1-51.

Rojo A.L. 1991. Dictionary of evolutionary fish osteology. CRC Press, Boca Raton, FL. 273 p. ISBN: 1351366033, 9781351366038. Translated by Keyvani, Y. Noor Press, Qom, Iran. 286 p. (In Persian).

Sawada Y. 1982. Phylogeny and zoogeography of the superfamily Cobitoidea (Cyprinoidei, Cypriniformes). Memoirs of the Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 28 (2): 65-223.

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: 107-119.

نحوه استناد به این مقاله:

نوروزی م.، موسوی‌ثابت ح.، ایگدری س. استخوان‌شناسی جویبارماهی دلواری (Nemacheilidae) *Paraschistura delvarii* از حوضه آبریز پرسیس، جنوب ایران. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۳۹۹، ۳۲-۲۳ :(۵)۸.

Noroozei M., Mousavi-Sabet H., Eagderi S. Osteologyical Study of *Paraschistura delvarii* (Nemacheilidae) from Persis Basin, south of Iran. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2021, 8(5): 23-32.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]

Osteologyical Study of *Paraschistura delvarii* (Nemacheilidae) from Persis Basin, south of Iran

Noroozei M[1]., Mousavi-Sabet H[2*]., Eagderi S[3].

[1] M. Sc. Student, Dept. of fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh sara, Iran
[2] Associate Prof., Dept. of fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh sara, Iran
[3] Associate Prof., Dept. of fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Type:

Original Research Paper

DOI: 10.22034/jair.8.5.16

Paper History:

Received: 15-12-2021
Accepted: 30-01- 2022

Corresponding author:

Mousavi-Sabet H. Associate Prof., Dept. of fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh sara, Iran
Email: mousavi-sabet@guilan.ac.ir

Abstract

To investigate osteological structure of Delvari's Loach, *Paraschistura delvarii*, thirty-three specimens of this species were collected from Gharah-Aghaj river in Persis basin (Fars Provance). The collected specimens were preserved in 10% formaldehyde and transferred to labratoray, and osteological features were examined after clearing and staining. The most important skeletal characteristics to distinguish *P. delvarii* from the other members of the genus *Paraschistura* were; T shaped Basihyal bone, 3 basibranchial in apparatus bones and small sesamoeid bone in snout. The obtained results of the present study showed that osteological traits can be useful features to identify *Paraschistura* species, which can be consider as complementary method to better understanding of morphological and molecular differences.

Keywords: Osteology, *Paraschistura*, Gharah-aghaj River, Loach, Iran.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-09-03]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.4]