دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی"
دوره سوم، شماره دوم، تابستان ۹۴
http://jair.gonbad.ac.ir

مطالعه استخوان‌شناسی مقایسه‌ای گونه واسپی *Cabdio morar* (Hamilton, 1822) در حوضه‌های مکران و ماشکیل– جنوب شرق ایران

پریا جلیلی[۱]، سهیل ایگدری[۲*] و مظاهر زمانی فرادنبه[۳]

[۱]دانشجوی دکتری شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
[۲]استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
[۳]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ ارسال: ۹۳/۱/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۳

چکیده

از جمله ویژگی‌های زیست‌شناختی ماهیان، ساختار اسکلتی آنها است که در مطالعات آرایه‌شناسی و انعطاف‌پذیری ریختی برای درک تکامل ماهیان اهمیت زیادی دارد. در مسیر تکامل، جدایی زیستگاه‌ها سبب بروز تفاوت‌های ریختی به‌ویژه در ساختار اسکلتی می‌شوند که در نهایت می‌تواند موجب تمایز جمعیت‌ها گردد. از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی ویژگی‌های استخوان‌شناسی گونه *C. morar* و مقایسه استخوان‌شناسی دو جمعیت ناهم‌بوم این گونه در دو حوضه مکران و ماشکیل به اجرا درآمد. برای این منظور تعداد ۳۰ قطعه ماهی از هر حوضه نمونه‌برداری گردید. نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول گل میخک در فرمالین ۱۰٪ بافری تثبیت و با هدف مطالعات استخوان‌شناسی شفاف‌سازی، با استفاده از آلیزارین رد و آلسیان بلو رنگ‌آمیزی شدند. سپس ویژگی‌های استخوان‌شناسی این گونه با جزئیات توصیف گردید. نتایج نشان داد که در جمعیت رودخانه سرباز خارهای خونی و عصبی دارای زاویه انحناء کمتری نسبت به جمعیت روخانه ماشکیل می‌باشند که سبب بروز پهنای بیشتر بدن آنها شده است. همچنین در جمعیت رودخانه ماشکیل پهن‌تر بودن ساقه دمی با افزایش تعداد خارهای عصبی در قسمت دم یا دو شاخه‌ای شدن آن همراه بود. به‌علاوه تفاوت‌هایی در ویژگی استخوان‌های آهیانه، اطراف پروانه‌ای، ومر و کمان آبششی نیز مشاهده شد. این تمایزهای ریختی می‌تواند بیانگر تکامل در حال بروز در پاسخ به شرایط زیستگاهی متفاوت و جدایی جغرافیایی باشد.

***واژه‌های کلیدی*: *C. morar*، استخوان‌شناسی، کپورماهیان، مکران**

*نویسنده مسئول: soheil.eagderi@ut.ac.ir

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

مقدمه

از جمله ویژگی‌های زیست‌شناختی ماهیان، ساختار اسکلتی آنها است که دربردارنده اطلاعات بیولوژیکی و اکولوژیکی فراوانی می‌باشد. علیرغم دشواری مطالعه استخوان‌شناسی ماهیان به‌واسطه تعداد زیاد و پیچیدگی ساختار استخوانی این گروه از مهره‌داران، امروزه زیست‌شناسان با اطلاعات فراوانی که از استخوان‌ها به‌دست می‌آورند، می‌توانند تشخیص گونه، سن، جنس، اندازه، وزن، مکان و شرایط محیطی را به راحتی استخراج نمایند. استخوان‌شناسی علاوه بر کمک به مطالعات آرایه‌شناسی و انعطاف‌پذیری ریختی برای درک تکامل ماهیان، در بررسی‌های زیست‌شناسی ماهیان از جمله تغذیه، تنفس و شنا اهمیت زیادی دارد (Helfman *et al.*, 2009). بنابراین مطالعات استخوان‌شناسی برای درک بهتر روابط بین ماهیان لازم بوده و از جمله ویژگی‌های تاکسونومی مهم جهت تشخیص و طبقه‌بندی آنها و درک روند تکاملی آنها محسوب می‌گردد.

ماهی واسپی (*C. morar*) از اعضای خانواده کپورماهیان بوده که در حوضه پراکنش آن بیشتر ناحیه پراکنش جانوری شرقی از پاکستان تا تایلند و جنوب شرق ایران بیان شده است. نام علمی قدیمی این گونه *Aspidoparia morar* بوده و در حوضه‌های آبریز جنوب شرق ایران شامل حوضه‌های مکران و ماشکیل پراکنش دارد (Abdoli, 2000; Coad, 1998; Esmaeili *et al.*, 2015). این گونه ساکن آب شیرین، همه چیزخوار بوده و حداکثر طول آن حدود ۲۰ سانتی‌متر گزارش شده است (Coad, 1998). گونه *C. morar* دارای بدنی کشیده، اغلب استوانه‌ای شکل و با شکمی گرد می‌باشد (Mirza, 2000). از مشخصات ظاهری این گونه وجود استخوان‌های زیرچشمی (Suborbital) درشت است. ماهی واسپی فاقد سبیلک بوده و دارای دهان کوچک و نسبتاً انتهایی و ۲ تا ۳ ردیف دندان حلقی می‌باشد. به‌علاوه در این گونه باله پشتی و مخرجی کوتاه است. از دیگر مشخصات این گونه می‌توان به خط جانبی خمیده و پوزه کوتاه و گرد اشاره کرد. برخی از افراد این گونه ممکن است دارای نقاط کوچک تیره در قسمت عقب پهلوها یا بالای بدن باشند. از صفات داخلی این ماهی می‌توان به صفاق سیاه رنگ آن اشاره کرد (Abdoli, 2000).

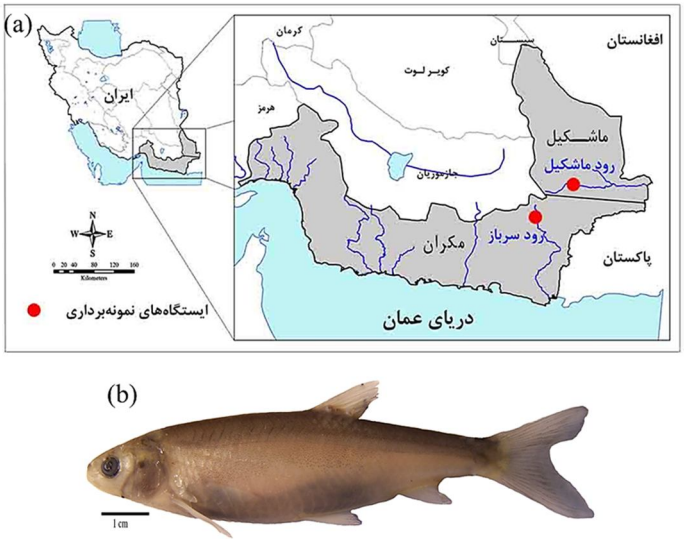
با توجه به حضور گونه *C. morar* در دو حوضه مکران و ماشکیل، که دارای ویژگی‌های زیستگاهی متفاوتی می‌باشند، این سؤال مطرح است که آیا این جدایی مکانی قادر به ایجاد تغییرات تکاملی در دو جمعیت بوده و این جدایی تا چه حد توانسته اثر خود را بر جدایی اعضای این دو جمعیت اعمال کند. مطالعات قبلی با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی نشان داد که ویژگی‌های ریخت ظاهری این دو جمعیت از نظر ارتفاع بدن و ساقه دمی متفاوت بوده و این دو جمعیت از این نظر از یکدیگر قابل تفکیک هستند (Zamani *et al.*, 2013). اما از آنجایی که تغییرات ریخت ظاهری تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی بوده و در شرایط محیطی متفاوت به سرعت تغییر می‌کند، استفاده از ویژگی‌های قابل اعتمادتر از جمله بررسی‌های استخوان‌شناسی می‌تواند پاسخ دقیق‌تری را به این سؤال دهد. البته این

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

امر خود مستلزم شناخت ویژگی‌های استخوانی این گونه می‌باشد چراکه هیچ‌گونه اطلاعاتی در زمینه ویژگی‌های استخوان‌شناسی این گونه در دسترس نمی‌باشد. از این‌رو این تحقیق با هدف بررسی ویژگی‌های استخوان‌شناسی ماهی واسپی *C. morar* و مقایسه استخوان‌شناسی دو جمعیت این گونه در دو حوضه مکران و ماشکیل به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق علاوه بر کمک به درک بهتر روند تکاملی در حال وقوع دو جمعیت این گونه در پاسخ به شرایط مختلف محیطی، می‌تواند به شناخت بهتر ویژگی‌های زیست‌شناسی این گونه کمک نموده و اطلاعات پایه‌ای اولیه را برای مطالعات آتی آرایه‌شناختی کپور ماهیان فراهم نماید.

مواد و روش‌ها

برای این تحقیق تعداد ۶۰ قطعه ماهی واسپی (۳۰ قطعه از هر حوضه) از دو رودخانه سربازرود (26º48'N, 61º02'E) (حوضه مکران) و ماشکیل (27º05'N, 63º12'E) (حوضه ماشکیل) توسط دستگاه الکتروشوکر نمونه‌برداری گردید (شکل ۱).



شکل ۱- (الف) ایستگاه‌های نمونه‌برداری ماهی واسپی *C. morar* در حوضه‌های ماشکیل و سرباز در سیستان و بلوچستان، (ب) تصویر ماهی واسپی *C. morar*

نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول گل میخک در فرمالین ۱۰ درصد بافری تثبیت شدند. تعداد سه قطعه از هر جمعیت به‌منظور مطالعات استخوان‌شناسی انتخاب و براساس روش (Taylor and Van Dyke, 1985) توسط آلسیان بلو (Alcian blue) آلیزارین رد (Alizarin red) شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی شدند. سپس

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

نمونه‌های رنگ‌آمیزی و شفاف شده به‌منظور مقایسه و شناسایی تشریح شدند. از قطعات جدا شده توسط اسکنر Epson v700 مجهز به حمام گلیسیرین اسکن و تصویربرداری به عمل آمد. ویژگی‌های استخوان‌شناسی نمونه‌ها توسط یک دستگاه استریومیکروسکوپ Leica (MS5) بررسی و توصیف شدند. ترسیم و نامگذاری تصاویر به‌دست آمده در نرم‌افزار CorelDraw X6 صورت گرفت. نام‌گذاری ساختارهای استخوانی براساس Rojo (1991) انجام پذیرفت.

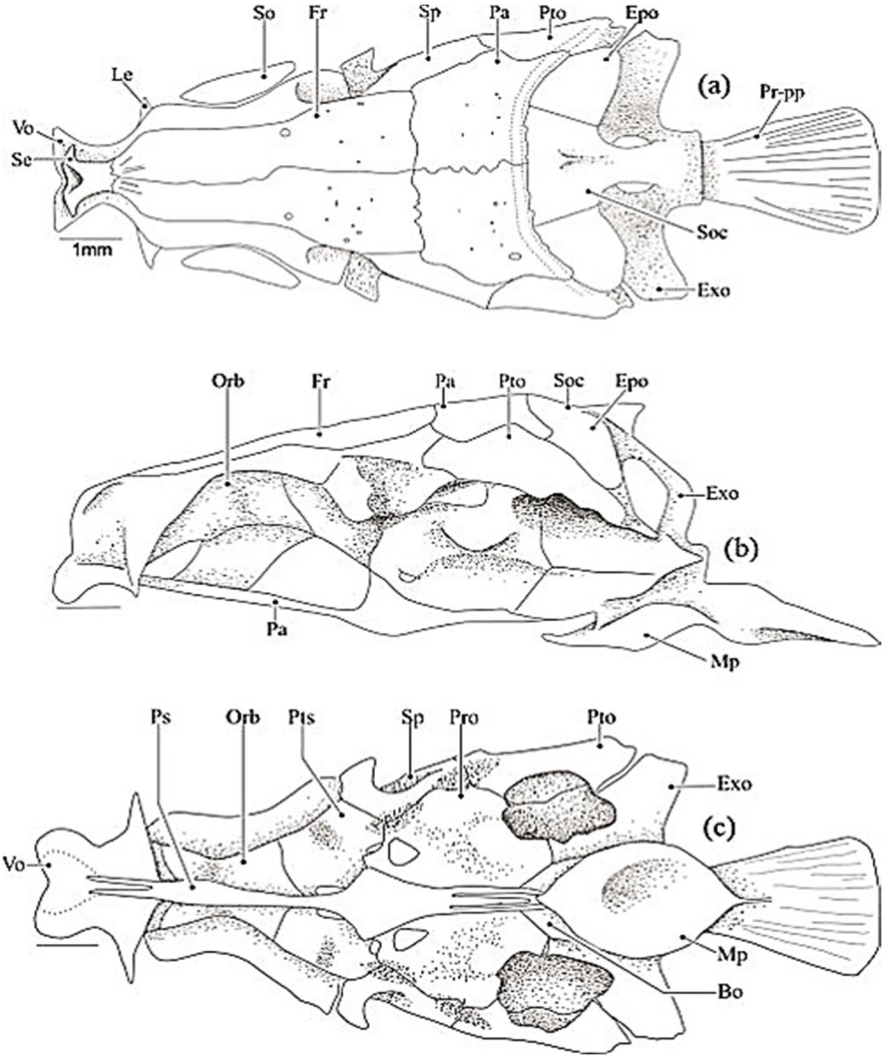
نتایج

ناحیه اتموئید (Ethmoid) شامل چهار قطعه استخوان اتموئید فوقانی-اتموئید (Supraethmoid-ethmoid)، اتموئید جانبی (Lateral ethmoid)، کین اتموئید (Kinethmoid) و ومر (Prevomer) می‌باشد (شکل۲). استخوان اتموئید فوقانی-اتموئید در بخش قدامی-پشتی دارای یک فرورفتگی بوده و حاشیه خلفی آن توسط یک شکاف زیگزاگی به استخوان پیشانی (Frontal) متصل می‌گردد (شکل ۲a). اتموئید جانبی نیز در قسمت زیرین بخش قدامی پیشانی قرار داشته و دیواره قدامی حدقه چشم را تشکیل می‌دهد. کین اتموئید دارای یک برآمدگی شکمی است (شکل ۴b) و در بخش قدامی اتموئید فوقانی-اتموئید بین دو استخوان فکی (Maxilla) واقع شده است. استخوان ومر در بخش قدامی پهن و در بخش پشتی باریک و نوک تیز می‌شود (شکل ۲c).

ناحیه بینایی (Orbital) شامل استخوان‌های پیشانی، حدقه‌ای‌پروانه‌ای (Orbitosphenoid)، اطراف پروانه‌ای (Parasphenoid)، بالی‌پروانه‌ای (Ptersphenoid) و استخوان‌های دور چشمی (Circumorbital) می‌باشد. جفت استخوان پیشانی نامتقارن بوده و در بخش قدامی باریک و در بخش خلفی پهن شده و دارای تعدادی منفذ در بخش میانی و پشتی می‌باشند (شکل ۲a). استخوان پیشانی همچنین در بخش میانی-جانبی دارای دو حفره کوچک می‌باشد. حدقه‌ای‌پروانه‌ای در لبه خلفی استخوان اتموئید جانبی واقع شده و بخش شکمی آن دارای یک زائده تیغه‌ای شکل می‌باشد که به استخوان اطراف‌پروانه‌ای متصل می‌گردد (شکل ۲b). استخوان بالی‌پروانه‌ای در بخش خلفی استخوان حدقه‌ای‌پروانه‌ای قرار داشته و در بخش میانی مقعر می‌باشد. بخش شکمی-خلفی این استخوان در تشکیل یک حفره نسبتاً بزرگ شرکت دارد. استخوان دراز اطراف‌پروانه‌ای در بخش خلفی پهن‌تر از بخش قدامی می‌باشد. بخش پشتی این استخوان سه شاخه می‌باشد (شکل ۲c). همچنین استخوان اطراف‌پروانه‌ای در بخش قدامی دارای یک شیار عمیق بوده که بخش خلفی استخوان ومر در آن جای می‌گیرد. بخش میانی استخوان اطراف‌پروانه‌ای پهن بوده و دارای دو زائده جانبی است که به طرف بالا مایل شده است. استخوان‌های دور چشمی شامل یک استخوان فوق چشمی (Supraorbital) و چهار

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

استخوان زیرچشمی (Infraorbital) می‌باشد (شکل ۳). اولین استخوان زیرچشمی اشکی (Lacrimal) بزرگتر از بقیه به‌نظر می‌رسد.



شکل ۲- جمجمه عصبی گونه *C. morar*. (a) نمای پشتی، (b) نمای جانبی و (c) نمای شکمی.

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

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

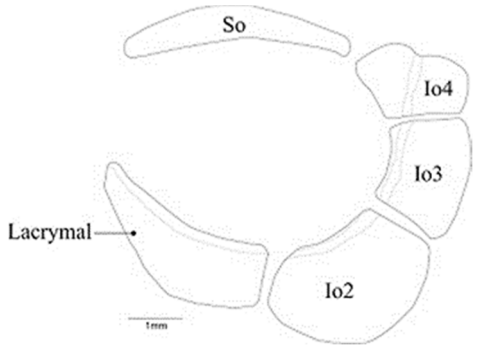
ناحیه شنوایی (Otic) شامل پنج قطعه استخوان آهیانه (Parietal)، اپی‌اتیک (Epiotic)، پروانه‌ای (Sphenotic)، پتراتیک (Pterotic) و پرواتیک (Prootic) می‌باشد. جفت استخوان آهیانه دارای منافذ متعددی می‌باشند. استخوان پروانه‌ای در حاشیه زیرین بخش پشتی پیشانی واقع شده است و دارای یک زائده جانبی پهن و نسبتاً نوک تیز می‌باشد (شکل‌های b و ۲a). این استخوان در لبه شکمی استخوان‌های پروانه‌ای و پرواتیک قرار دارد. جفت استخوان پرواتیک در بخش شکمی به یکدیگر متصل شده و در بخش میانی دارای دو زائده تیغه‌ای شکل می‌باشند که به استخوان اطراف‌پروانه‌ای متصل می‌گردند. پرواتیک دارای یک حفره نسبتاً بزرگ است و حاشیه قدامی آن به همراه استخوان بالی‌پروانه‌ای در تشکیل یک حفره دیگر شرکت دارند (شکل ۲c). در بخش پشتی استخوان پروانه‌ای استخوان پتراتیک واقع شده است که به شکل مثلث بوده و در بخش پشتی به اپی‌اتیک اتصال دارد.

سه استخوان فوق پس‌سری (Supraoccipital)، پس‌سری خارجی (Exoccipital) و قاعده‌ای پس-سری (Basioccipital) ناحیه پس‌سری (Occipital) را تشکیل می‌دهد. استخوان فوق پس‌سری در بخش قدامی پهن‌تر از بخش خلفی بوده و دارای یک زائده میانی-پشتی می‌باشد (شکل‌های b و ۲a). این استخوان در بخش قدامی توسط یک شکاف زیگزاگی به استخوان آهیانه متصل می‌گردد. استخوان پس‌سری خارجی دارای یک زائده جانبی است که به اپی‌اتیک متصل می‌گردد. هریک از استخوان‌های پس‌سری خارجی دارای یک حفره شکمی است. استخوان قاعده‌ای پس‌سری در بخش قدامی باریک بوده و دارای یک شیار می‌باشد و در بخش خلفی دارای زائده حلقی خلفی (Posterior process pharyngeal) بادبزنی شکل است (شکل ۲). این زائده در بخش خلفی پهن‌تر از بخش قدامی بوده و در سطح پشتی دارای یک فرورفتگی قدامی می‌باشد. استخوان قاعده‌ای پس‌سری همچنین دارای صفحه خردکننده شکمی (Ventral masticatory plate) در بخش میانی می‌باشد (شکل ۲c). این صفحه در دو انتها باریک‌تر از بخش میانی بوده و در بخش میانی آن یک فرورفتگی وجود دارد. در بخش جانبی جمجمه عصبی دو فرورفتگی مفصلی برای اتصال به استخوان فکی لامی (Hyomandibular) وجود دارد، فرورفتگی مفصلی قدامی توسط سه استخوان پرواتیک، پروانه‌ای و بالی پروانه‌ای و فرورفتگی مفصلی خلفی توسط استخوان‌های پروانه‌ای، پتراتیک و پرواتیک تشکیل می‌گردد.

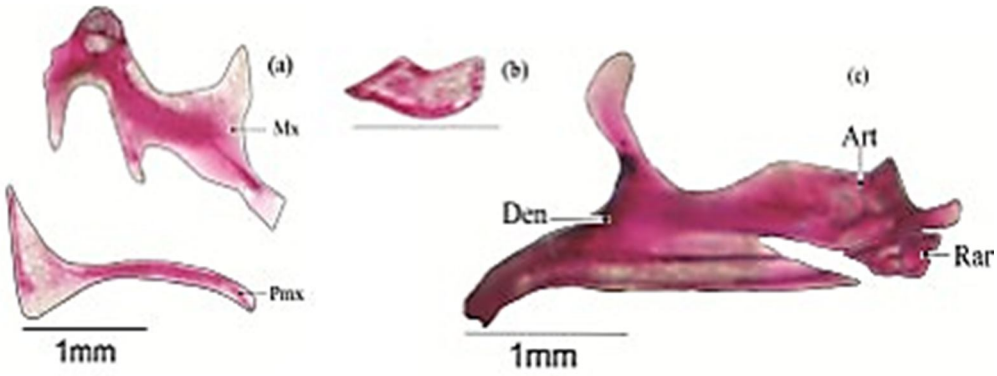
در جمجمه احشایی (Branchiocranium) استخوان فکی و پیش فکی (Premaxilla) فک بالا را تشکیل می‌دهند (شکل ۴a). پیش فکی استخوانی دراز بوده و در بخش قدامی پهن می‌باشد، این استخوان دارای یک زائده قدامی پشتی است. در بخش پشتی پیش فکی، استخوان فکی قرار دارد که دارای یک برآمدگی قدامی پشتی جهت مفصل شدن با استخوان ومر می‌باشد. استخوان فکی همچنین دارای یک زائده قدامی مایل به پایین و دو زائده پشتی و شکمی در بخش میانی است. این استخوان در دو بخش قدامی و خلفی باریک می‌شود.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

استخوان‌های فک پایین شامل دندانی (Dental)، مفصلی (Articular) و رتروآرتیکولار (Retroarticular) است (شکل ۴c). استخوان دندانی در بخش میانی پشتی دارای زائده کورنوئید می‌باشد و بخش خلفی آن نیز با استخوان مفصلی هم‌پوشانی دارد. همچنین این استخوان در بخش قدامی باریک شده و در بخش خلفی-پشتی دارای یک فرورفتگی مفصلی جهت اتصال به استخوان مربعی (Quadrate) می‌باشد. در بخش خلفی-شکمی استخوان مفصلی نیز یک فرورفتگی وجود دارد که استخوان کوچک رتروآرتیکولار در آن قرار می‌گیرد.



شکل ۳- استخوان‌های دور چشمی گونه *C. morar*، Io: Infraorbital; So: spupraorbital

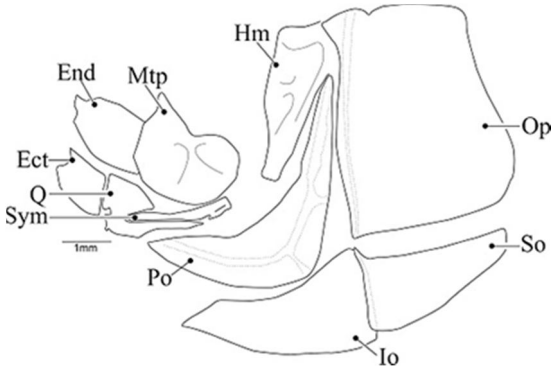


شکل ۴- استخوان‌های (a) فک بالا، (b) کین اتموئید و فک پایین (c) گونه *C. morar*
Art: articulare; Den: dentale; Rar: retroarticulare. Mx: maxillare; Pmx: praemaxillare;

استخوان‌های مربعی، ساده (Symplectic) و فکی لامی (Hyomandibular) مجموعه فک آویز را تشکیل می‌دهند. استخوان فکی لامی در بخش پشتی پهن‌تر از بخش شکمی بوده و یک برآمدگی مثلثی شکل کوچک در حاشیه قدامی آن وجود دارد (شکل ۵). این استخوان همچنین در بخش پشتی

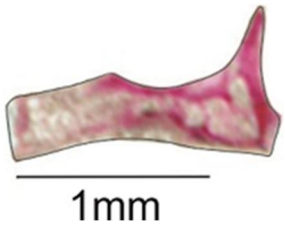
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

دارای دو برآمدگی مفصلی برای اتصال به جمجمه عصبی می‌باشد. در بخش خلفی-عقبی آن نیز مفصل سرپوش آبششی (Opercle) قرار دارد. روی سطح فکی لامی برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های بسیاری دیده می‌شود. استخوان مربعی در بخش شکمی دراز بوده و دارای قطر بیشتری نسبت به بخش پشتی می‌باشد. لبه قدامی-شکمی مربعی دارای یک مفصل برای اتصال به فک پایین می‌باشد و لبه آن نیز نوک تیز است. بخش پشتی استخوان مربعی پهن و تیغه‌ای شکل است. در بخش پشتی- خلفی مربعی، استخون ساده قرار دارد که کوچک بوده و در بخش پشتی پهن‌تر از بخش قدامی است (شکل ۵). این استخوان در بخش پشتی به استخوان رجلی‌پشتی (Metapterygoid) متصل می‌گردد.



شکل ۵- مجموعه استخوان‌های سرپوش آبششی، فک آویز و سقف دهان در گونه *C. morar*

Ect: ectopterygoid; End: endopterygoid; Hm: hyomandibulare; Io: interopercle; Mtp: metapterygoid; Op: opercle; Po: preopercle; Q: quadrate; So: subopercle; Sym: symplectic.



شکل ۶- استخوان کامی گونه *C. morar*

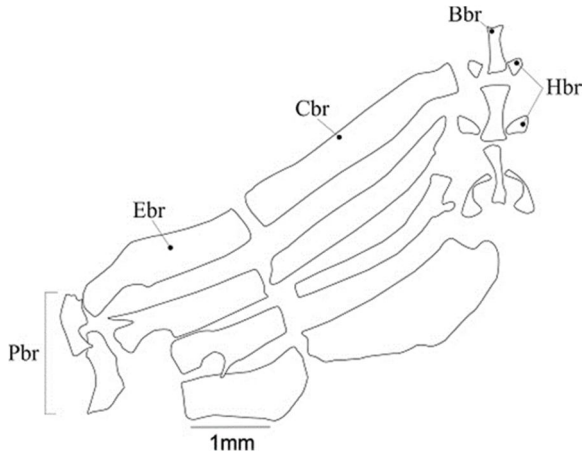
مجموعه استخوان‌های سرپوش آبششی شامل سرپوش آبششی، پیش‌سرپوش آبششی (Preopercle)، زیرسرپوش آبششی (Subopercle) و میان‌سرپوش آبششی (Interopercle) می‌باشد (شکل ۵). استخوان سرپوش آبششی تقریباً مستطیلی شکل بوده و در بخش شکمی پهن‌تر از بخش خلفی است. بخش پشتی حاشیه قدامی این استخوان دارای یک فرورفتگی می‌باشد. همچنین در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

حاشیه قدامی آن محل عبور کانال مانديبولار-زیرسرپوش آبششی است. پیش‌سرپوش آبششی L شکل بوده و بخش عمودی آن بین دو استخوان فکی لامی و سرپوش آبششی قرار دارد و دارای یک کانال حسی است که از بخش پشتی تا شکمی امتداد دارد. زیرسرپوش مثلثی شکل بوده و در بخش قدامی پهن‌تر از بخش خلفی می‌باشد و به استخوان میان‌سرپوش آبششی متصل می‌گردد. میان‌سرپوش آبششی نیز به شکل مثلث است و در بخش قدامی باریک‌تر از بخش خلفی می‌باشد.

استخوان‌های کمان رجلی شامل رجلی‌پشتی، رجلی‌خارجی (Ectoptrygoid)، رجلی‌داخلی (Endoptrygoid) و کامی (Palatine) می‌باشد. استخوان رجلی پشتی بیضی شکل بوده و در بخش پشتی استخوان ساده واقع شده است. بخش خلفی رجلی داخلی به حاشیه قدامی استخوان مربعی و بخش پشتی آن به استخوان رجلی‌خارجی متصل می‌گردد. رجلی‌خارجی در لبه قدامی رجلی‌پشتی قرار دارد. این استخوان در بخش قدامی باریک‌تر شده و دارای یک فرورفتگی جهت اتصال به استخوان کامی می‌باشد (شکل ۵). استخوان کامی دراز بوده و دارای یک زائده قدامی جانبی است (شکل ۶).

مجموعه استخوان‌های کمان آبششی شامل پنج جفت غضروفی‌آبششی (Ceratobranchial)، چهار جفت فوق‌آبششی (Epibranchial)، سه جفت زیرآبششی (Hypobranchial)، دو جفت حلقی‌آبششی (Phrapharyngobranchial) و سه استخوان منفرد قاعده‌ای آبششی (Basibranchial) می‌باشد (شکل ۷). روی پنجمین استخوان غضروفی‌آبششی سه ردیف دندان حلقی با فرمول ۲.۴.۴-۴.۴.۲ وجود دارد. چهارمین غضروفی‌آبششی نیز تغییر یافته و پهن و صفحه‌ای شکل شده و یک برآمدگی دندان مانند نیز روی آن وجود دارد.

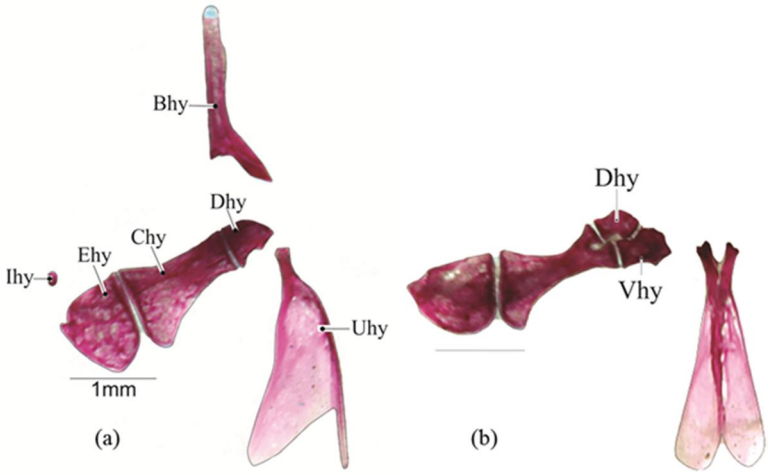


شکل ۷: استخوان‌های کمان آبششی گونه *C. morar*

Bbr: basibranchial; Cbr: ceratobranchial; Ebr: epibranchial; Hbr: hypobranchial; Pbr: inphrapharyngobranchial.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

مجموعه کمان هیوئید شامل استخوان‌های منفرد قاعده‌ای‌لامی (Basihyal)، اوروهیال (Urohyal)، جفت استخوان‌های فوق‌لامی (Epihyal)، غضروفی‌لامی (Ceratohyal)، تحت لامی پشتی (Dorsal hypohyal)، تحت لامی شکمی (Ventral hypohyal)، بین لامی (Interhyal) و سه جفت شعاع پایه آبششی (Branchiostegal) می‌باشد (شکل ۸). استخوان اوروهیال دارای دو بخش افقی و عمودی می‌باشد. بخش افقی در قسمت خلفی پهن‌تر بوده و در بخش قدامی دو شاخه می‌شود (شکل ۸a). بخش پشتی این استخوان تیغه‌ای شکل بوده و عمود بر بخش افقی است. استخوان قاعده‌ای لامی دراز بوده و به صورت افقی بین دو استخوان‌های تحت لامی واقع شده است. در بخش خلفی قاعده‌ای لامی دارای یک زائده متمایل به پایین است و در انتها پهن می‌گردد. استخوان تحت لامی شکمی دارای یک برآمدگی است که در فرورفتگی بخش تحت لامی پشتی قرار می‌گیرد. استخوان غضروفی‌لامی در بخش قدامی دو شاخه شده و شاخه پشتی آن به تحت لامی پشتی و شاخه شکمی به تحت لامی شکمی متصل می‌گردد. حاشیه پشتی غضروفی‌لامی پهن‌ترین قسمت این استخوان است و به فوق لامی متصل می‌باشد. فوق لامی به شکل نیم دایره بوده و دارای یک زائده انتهایی کوچک می‌باشد. بین لامی استخوانی کوچک بوده و در بخش پشتی استخوان فوق لامی واقع شده است (شکل ۸a).



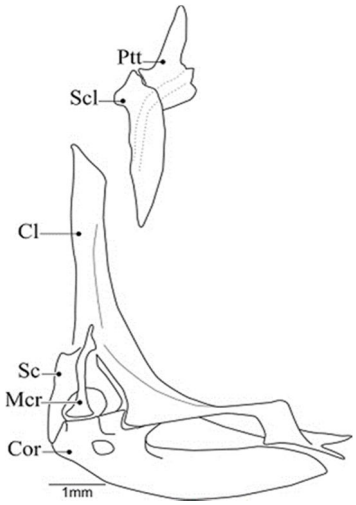
شکل ۸- (a) نمای جانبی و (b) نمای پشتی استخوان‌های کمان هیوئید، گونه *C. morar*
Bhy: basihyal; Chy: ceratohyale; Epi: epihyal; Hhy: dorsal and ventral hypohyal; Ihy: interhyal; Uhy: urohyal.

مجموعه استخوان‌های کمربند سینه‌ای شامل غرابی (Cleithrum)، فوق غرابی (Supracleithrum)، ترقوه (Coracoid)، ترقوه میانی (Mesocoracoid)، کتف (Scapula)، پشتی گیجگاهی (Posttemporal)، فوق گیجگاهی (Supratemporal) و رادیال‌ها (Radials) می‌باشد. استخوان غرابی L

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

شکل بوده و بخش افقی آن پهن‌تر از بخش عمودی است. بخش افقی در انتها محدب بوده و دارای یک زائده جانبی قدامی نوک تیز می‌باشد که به استخوان ترقوه متصل می‌شود. در پشت این زائده، دو زائده مثلثی شکل وجود دارد که زائده قدامی مایل به بالا و زائده خلفی متمایل به پایین می‌باشد که غرابی را به بخش خلفی ترقوه متصل می‌کند. در بخش شکمی محل اتصال دو بخش افقی و عمودی نیز یک برآمدگی تیغه‌ای شکل وجود دارد که این استخوان را به کتف متصل می‌کند. استخوان ترقوه دراز بوده و دارای یک زائده جانبی داخلی است که از طریق آن به کتف و غرابی متصل می‌گردد. ترقوه همچنین دارای یک فرورفتگی پشتی جهت اتصال به ترقوه میانی و تعداد زیادی منفذ می‌باشد. استخوان دراز و باریک ترقوه میانی در بخش شکمی به ترقوه و در بخش پشتی به غرابی متصل می‌شود. استخوان کتف در بخش میانی دارای یک حفره بزرگ است (شکل ۹). یک کانال از سه استخوان فوق غرابی و پشتی گیجگاهی و فوق گیجگاهی عبور می‌کند. این باله دارای یک شعاع غیرمنشعب و سیزده شعاع منشعب و چهار استخوان رادیال است.

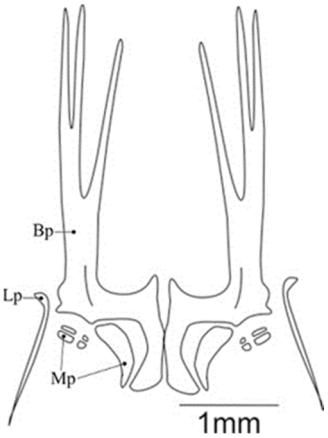
جفت استخوان‌های بسی‌پتریگیوم (Basipterygium) و متاپتریگیوم (Metapterygium) و پتریگیوم جانبی (Lateral-pterygium) مجموعه استخوان‌های کمربند شکمی را تشکیل می‌دهند (شکل ۱۰). استخوان بسی‌پتریگیوم L شکل است و در حاشیه جانبی داخلی بخش افقی دارای یک زائده مایل به عقب می‌باشد. بخش عمودی این استخوان در انتها پهن و سه شاخه می‌گردد. سه استخوان متاپتریگیوم در بخش خلفی بسی‌پتریگیوم واقع شده‌اند. داخلی‌ترین متاپتریگیوم منفرد، بزرگ و کمانی شکل می‌باشد. دو تای بعدی کوچک بوده و از هر کدام یک جفت وجود دارد (شکل ۱۰).



شکل ۹- استخوان‌های کمربند سینه‌ای گونه *C. morar*

Cl: cleitherum; Cor: coracoid; Mcor: mesocoracoid; Ptt: posttemporale; Sc: scapula; Scl: supracleitherum.

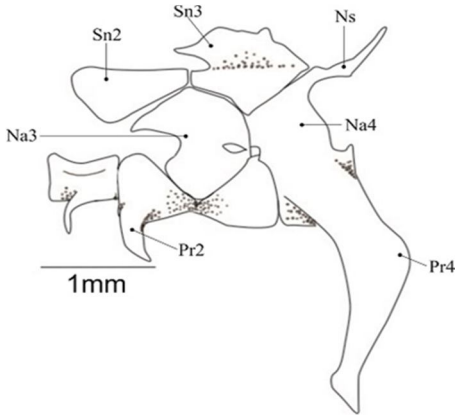
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۱۰- استخوان‌های کمربند شکمی گونه *C. morar*

Bp: Basipterygium; Lp: lateral pterygium; Mp: metapterygium.

اسکلت محوری دارای ۳۷-۳۶ جسم مهره می‌باشد که ۴ مهره اول آن در تشکیل دستگاه وبر شرکت دارد. اولین مهره دارای دو زائده کوچک در بخش جانبی است. مهره دوم و سوم با یکدیگر ادغام شده، دنده‌های جانبی مهره دوم در بخش انتهایی اندکی مایل به عقب می‌باشند. دنده‌های جانبی مهره سوم وجود ندارد و به Tripus تبدیل شده است. دنده‌های شکمی مهره چهارم دراز بوده و به سمت جلو متمایل است این دنده‌ها همچنین دارای یک زائده جانبی داخلی دراز می‌باشند که در انتها به هم متصل می‌شوند (شکل ۱۱). علاوه بر چهار مهره اول جفت استخوانچه‌های Tripus، Intercalarium، Scaphium، Claustrum نیز در تشکیل دستگاه وبر شرکت دارند که توسط لیگامنت‌هایی به یکدیگر متصل می‌گردند. ناحیه سری (Cranial) دارای ۱۸ جسم مهره و ناحیه دمی (Caudal) دارای ۱۸یا ۱۹ جسم مهره می‌باشد.



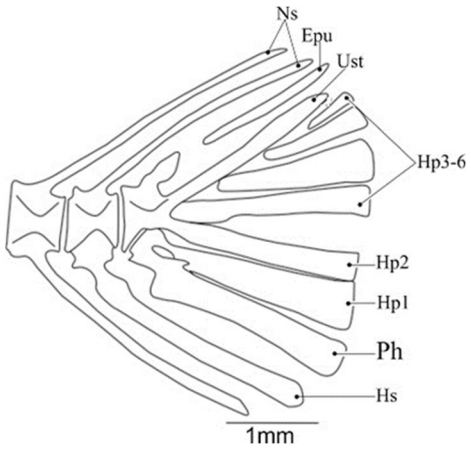
شکل ۱۱- مجموعه استخوان‌های دستگاه وبر گونه *C. morar*

Na: neural arch; Ns: neural spine; Pr: pleural rib; Sn: supraneural.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

در باله منفرد دمی، آخرین جسم مهره، شعاع‌های اصلی، Procurrent و مجموعه‌ای از زوائد استخوانی شامل استخوان‌های هیپورال (Hypural) و اپیورال (Epural)، پارهیپورال (Parhypural)، پلئوراستیل (Pleurostile) و اورونئورال (Uroneural) اسکلت باله دمی را تشکیل می‌دهند. هیپورال اول به پارهیپورال جوش خورده و به آخرین جسم مهره متصل می‌گردند. استخوان پارهیپورال در بخش جانبی داخلی دارای زائده هیپوراپوفیز (Hypurapophysis) می‌باشد، در بخش شکمی این استخوان نیز یک زائده نوک تیز مشاهده می‌شود. باله دمی دارای شش شعاع procurrent پشتی و ۸ شعاع procurrent شکمی و ۱۹ شعاع اصلی است (شکل ۱۲).

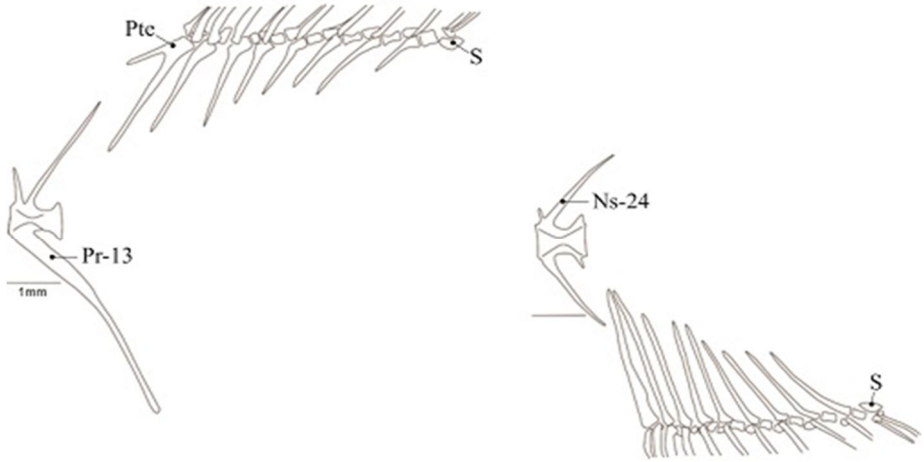
باله منفرد پشتی دارای سه شعاع غیرمنشعب، هفت شعاع منشعب و ۹ سری استخوان پتریگیوفور (Pterygiophor) بوده و از مهره ۱۳ شروع می‌شود. اولین استخوان پتریگیوفور بزرگ بوده و دو شعاع غیرمنشعب باله پشتی را حمایت می کند (شکل ۱۳). استخوان دیستال در سایر پتریگیوفورها به‌صورت جفت می‌باشد. باله مخرجی نیز دارای سه شعاع غیرمنشعب و ۹-۸ شعاع منشعب و ۱۱ سری استخوان پتریگیوفور می‌باشد و از مهره ۲۴ شروع می‌شود. اولین پتریگیوفور دو شعاع ابتدایی را حمایت می‌کند. استخوان دیستال مانند باله پشتی در سایر پتریگیوفورها جفت می‌باشد (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- استخوان‌های باله دمی گونه *C. morar*

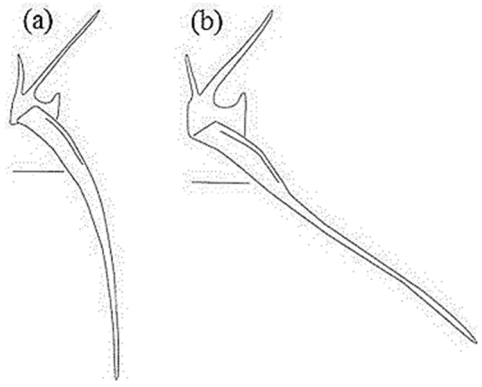
Epu: epural; Hp: hypurals; Hs: haemal spine; Np: neural process; Ns: neural spine; Ph: parhypurale; Un: uroneural; Ust: pleurostile.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۱۳- استخوان‌های باله پشتی و مخرجی گونه *C. morar*
Pte: pterygiophore, S: stay.

مقایسه ساختار اسکلتی جمعیت‌های ماهی واسپی دو رودخانه سرباز و ماشکیل نشان داد که تفاوت‌های عمده‌ای در ساختار اسکلتی جمجمه عصبی آنها وجود دارد. دو استخوان آهیانه در نمونه‌های سرباز با یک شکاف زیگزاگی به هم متصل می‌شوند ولی در نمونه‌های ماشکیل محل اتصال این دو استخوان به‌صورت مستقیم می‌باشد. همچنین در جمعیت رودخانه سرباز استخوان آهیانه اندازه نسبی بزرگتری دارد. استخوان اطراف پروانه‌ای در جمعیت سرباز در بخش قدامی دارای یک شیار می‌باشد اما در جمعیت ماشکیل فقط یک فرورفتگی قدامی وجود دارد. بخش خلفی اطراف پروانه‌ای در جمعیت ماشکیل دو شاخه است و در حالی که در جمعیت سرباز به‌صورت سه شاخه درآمده است. در جمعیت سرباز بخش خلفی ومر کشیده و باریک می‌شود اما در نمونه‌های ماشکیل این بخش از استخوان، کوتاه است.



شکل ۱۴- مقایسه شکل جسم مهره دو جمعیت ماهی واسپی *C. morar* (a) مکران و (b) ماشکیل.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

مقایسه ساختارهای اسکلتی همچنین تفاوت‌هایی را در ساختار استخوان‌های کمان آبششی و باله دمی این دو جمعیت آشکار ساخت. در نمونه‌های ماشکیل استخوان فوق آبششی پهن و نیم دایره‌ای شکل می‌باشد درحالی که این استخوان‌ها در جمعیت سرباز باریک‌تر است. مهم‌ترین تفاوت در ناحیه دمی مربوط به مهره دوم دم جمعیت ماشکیل است که دارای دو خار عصبی یا خار عصبی دو شاخه می‌باشد اما در جمعیت سرباز این مهره تنها دارای یک خار عصبی است.

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه ساختارهای ریختی یک عنصر کلیدی در زیست‌شناسی تکاملی است که هم در آرایه‌شناسی و هم در درک تنوع موجودات کاربرد دارد (Dean *et al.*, 2004). در ماهیان ویژگی‌های ریختی از جمله کلیدهای اصلی در تعیین وضعیت تکاملی جمعیت‌های یک گونه می‌باشد (Kováč *et al.*, 1999). در مقایسه ویژگی‌های ریخت ظاهری دو جمعیت ماهی واسپی مکران و ماشکیل با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی، نشان داده شد که این دو جمعیت از نظر ارتفاع بدن و ساقه دمی متفاوت بوده و این دو جمعیت از این نظر از یکدیگر قابل تفکیک هستند (Zamani *et al.*, 2013). نتایج این تحقیق نیز وجود تفاوت در ساختارهای استخوان‌شناسی این دو جمعیت به‌ویژه مرتبط با ساقه دمی و تنه را نشان داد.

براساس نتایج این مطالعه، در جمعیت ماهی واسپی حوضه ماشکیل پهن‌تر بودن ساقه دمی با افزایش تعداد خارهای عصبی در قسمت دم یا دو شاخه‌ای شدن آن همراه بود و به عبارت دیگر این ویژگی اسکلتی در پهنای ساقه دمی بروز نموده است. در آبزیان خصوصیات ریختی یک همبستگی بالایی با ویژگی‌های زیستگاهی به‌منظور سازگاری با شرایط هیدرولوژیکی و استفاده از منابع آن اکوسیستم دارد (Webster *et al.*, 2011). از آنجا که نقش اصلی ساقه دمی در کارایی هر چه بهتر امر شنا از قبیل شتاب بیشتر و افزایش سرعت در شروع شنا می‌باشد (Hawkins and Guinn, 1996)، تفاوت‌های ریختی در ساقه دمی سبب بهره‌وری بیشتر از شنا (کاهش هزینه سوخت و ساز) و افزایش قدرت حرکت رو به جلو در مسیر رودخانه می‌شود. در نتیجه ساقه دمی پهن‌تر ماهی واسپی حوضه ماشکیل می‌تواند نشان‌دهنده پاسخ این جمعیت به شدت جریان کم و عدم نیاز به شنای قوی در طی تکامل در زیستگاه مربوطه باشد (Blake, 1983). درحالی‌که جمعیت رودخانه سرباز به‌دلیل زیست در زیستگاه‌هایی با جریان شدیدتر، دارای ناحیه دمی باریک‌تر و فرم دوکی شکل بدن می‌باشد که امکان شنای بهتر را ایجاد نمایند.

نتایج همچنین نشان داد که خارهای خونی و عصبی جمعیت رودخانه سرباز دارای زاویه انحناء کمتری نسبت به جمعیت رودخانه ماشکیل می‌باشد که سبب بروز پهنای بیشتر بدن در ماهی واسپی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

رودخانه سرباز شده است. این نوع انعطاف‌پذیری ریختی به‌منظور افزایش ارتفاع بدن قبلاً گزارش نشده است و نشان می‌دهد که ماهی واسپی به‌منظور افزایش ارتفاع بدن در مسیر تکاملی خود با تغییر زاویه خارهای خونی و عصبی ستون مهره نسبت به محور طولی بدن خود اقدام می‌نماید. در جمعیت رودخانه سرباز بدن پهن‌تر و ساقه دمی باریک‌تر یا دوکی‌شکل بودن بدن یک مزیت می‌باشد. اساساً تغییرات محیطی در اکوسیستم‌های متغیر بسیار سریع‌تر از آن است که یک موجود بتواند به آن پاسخ دهد. بنابراین انعطاف‌پذیری ریختی به‌عنوان پاسخی به تغییرات شدید و طولانی مدت فاکتورهای محیطی که منجر به اشتقاق ژنی می‌گردد، بیان شده است (Berrigan and Scheiner, 2004). از سوی دیگر در محیط‌های رودخانه‌ای که تغییرات در آن به‌صورت مداوم و اندک (مثل تغییرات فصلی) بوقوع می‌پیوندد، موجودات با داشتن یک ریخت عام‌گرا (حدواسط) می‌توانند به تغییرات محیطی البته با درجه کمتر نسبت به گونه‌های تخصص‌گرا که در محیط‌های با ثبات زیست می‌کنند، پاسخ دهند (Ruehl and DeWitt, 2005). زیستگاه‌های رودخانه‌ای، به‌عنوان یک زیستگاه با رژیم متغیر محسوب می‌شوند و تکامل برای داشتن یک ریخت عام‌گرا یعنی بدنی دوکی شکل یک مزیت محسوب می‌شود (Ostrand *et al.*, 2001; Haas *et al.*, 2011).

علاوه بر ارتفاع بدن و ساقه دمی، تفاوت‌هایی در ویژگی استخوان‌های آهیانه، اطراف پروانه‌ای، ومر و کمان آبششی نیز مشاهده شد که این ویژگی‌های استخوان‌شناسی به همراه تغییرات ناحیه دمی و خارهای خونی و عصبی ستون مهره توانست پاسخ دقیق‌تری را به تکامل در حال بروز در دو جمعیت مورد مطالعه دهد. نتایج این تحقیق همچنین ارتباط بین فاصله جغرافیایی و تمایز ریختی را نشان داد. لانگرهانس و همکاران ارتباط فاصله جغرافیایی و تمایز ریختی در ماهیان را گزارش نمودند (Langerhans *et al.*, 2003). اساساً جدایی جغرافیایی می‌تواند سبب جدایی ریختی جمعیت‌های مختلف یک گونه به‌واسطه فرآیندهای تکاملی گردد (Ferreira, 2007). از این رو نتایج این تحقیق نشان داد که هر جمعیت این گونه باید به‌عنوان یک ذخیره مجزا که فرآیندهای تکاملی در آن در جریان است در نظر گرفته شود.

منابع

Abdoli A. 2000. The Inland Water Fishes of Iran. Iranian Museum of Nature and Wildlife, Tehran. 378 p. (In Persian).

Berrigan D., Scheiner S.M. 2004. Modeling the Evolution of Phenotypic Plasticity. In Phenotypic Plasticity: Functional and Conceptual Approaches. (T.J. DeWitt and S.M. Scheiner, eds.), New York: Oxford University Press, 82–97 p.

Blake R.W. 1983. Fish Locomotion. Cambridge University Press, Cambridge. 228 p.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

Coad B.W. 1998. Systematic biodiversity in the freshwater fishes of Iran. Italian Journal of Zoology, 65 (Supplement): 101-108.

Dean C.A., Rholf F.J., Dennis E.S. 2004. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the revolution. Italian Journal of Zoology, 71: 5-16.

Ferreira K.M. 2007. Biology and ecomorphology of stream fishes from the Rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. Neotropical Ichthyology, 5(3): 311-326.

Haas T.C., Blum M.J., Heins D.C. 2011. Morphological responses of a stream fish to water impoundment. Biology Letter, 6: 803-806.

Hawkins D.K., Quinn T.P. 1996. Critical swimming velocity and associated morphology of juvenile coastal cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki clarki*), steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*), and their hybrids. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53: 1487–1496.

Helfman G.S., Collette B.B., Facey D.E., Bowen B.W. 2009. The Diversity of Fishes: Biology, Evolution and Ecology. Blackwell Publishing, UK, Oxford. 736 p.

Kováč V., Copp G.H. 1999. Morphometry of the stone loach *Barbatula barbatula* (L.). Do metric characters reflect the species' life history thresholds? Environmental Biology of Fishes, 56: 105-115.

Langerhans R.B., Layman C.A., Langerhans A.K., DeWitt T.J. 2003. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. Biological Journal of Linnean Society, 80: 689-698.

Mirza M.R. 2000. A contribution to the fishes of the River Kurram with proposal of a new subfamily Aspidoparinae (Cyprinidae). Science International, Lahore, 12(4): 355-357.

Ostrand K.G., Wilde G.R., Strauss R.E., Young R.R. 2001. Sexual dimorphism in plains Minnow, *Hybognathus placitus*. Copeia, 2: 563-565.

Rojo A.L. 1991. Dictionary of Evolutionary Fish Osteology, CRC Press. 288 p.

Ruehl C.B., DeWitt T.J. 2005. Trophic plasticity and fine-grained resource variation in populations of western mosquitofish, *Gambusia affinis*. Evolutionary Ecology Research, 7: 801–819.

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.

Webster M.M., Atton N., Hart P.J.B., Ward A.J.W. 2011. Habitat-specific morphological variation among threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) within a drainage basin. PLOS one, 6(6): 1-6.

Zamani M., Eagderi S., Nasri M. 2013. Morphological comparison of two population of Waspi (*Aspidoparia morar* Hamilton, 1822) using geometric morphometric technique. National conference of Science and Modern Technologies in Aquatics, Malayer University, 27 November.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]