



مطالعه استخوان شناسی استخوان ران (Femur) در خرس قهوه‌ای ایرانی (*Ursus arctos*) نمونه یافت شده در استان ایلام

سهیل سبزبخت*^۱، علیرضا علی‌بلندی^۲، محدثه شرف‌خانی^۲

۱: گروه دامپزشکی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام

۲: گروه علوم آزمایشگاهی دامپزشکی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام

*پست الکترونیک: michaelssabzbakht@gmail.com

چکیده (Abstract)

خرس قهوه‌ای ایران (*Ursus arctos*) از گوشتخواران بزرگ نواحی کوهستانی غرب کشور، از جمله استان ایلام به شمار می‌رود. در این پژوهش، استخوان ران یک نمونه یافت شده در طبیعت ایلام پس از پاک‌سازی و آماده‌سازی اسکلتی مورد بررسی آناتومیک و مورفومتریک قرار گرفت. برای آماده‌سازی، بافت‌های نرم با جوشاندن کنترل شده جدا شد و سپس استخوان جهت حذف چربی در حلال آلی قرار گرفت و در مرحله بعد با سفیدسازی شیمیایی بقایای آلی از سطح آن حذف گردید. پس از خشک شدن در دمای محیط، اندازه‌گیری‌ها انجام و مقادیر ثبت شد.

بررسی‌ها نشان داد قطر دیافیز حدود ۳.۵ سانتی‌متر و قطر سر استخوان ران ۲.۵ سانتی‌متر است. برجستگی بزرگ حدود ۲ سانتی‌متر، برجستگی کوچک نزدیک به ۱ سانتی‌متر و عمق ناچ داخل سر ران (Fovea capitis) نیز تقریباً ۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. ضخامت دیافیز حاکی از توان تحمل وزن قابل توجه در این حیوان است و برجستگی بزرگ نسبتاً توسعه یافته، بیانگر اتصال عضلات قدرتمند ناحیه ران و لگن می‌باشد. ناچ داخل سر ران که محل اتصال رباط سر استخوان ران است، در گونه‌هایی مانند اسب نیز دیده می‌شود و با پایداری مفصل ران ارتباط دارد؛ در خرس قهوه‌ای نیز عمق قابل توجه این ناحیه می‌تواند در افزایش ثبات مفصل و کمک به ایستادن موقت روی اندام‌های خلفی نقش داشته باشد. در مجموع، داده‌های به دست آمده تصویری از سازگاری استخوان ران با جثه سنگین و شرایط حرکتی این گونه در زیستگاه‌های کوهستانی ارائه می‌دهد و می‌تواند در مطالعات مقایسه‌ای آینده مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی (Keywords): خرس قهوه‌ای ایران؛ *Ursus arctos*؛ استخوان ران؛ مورفومتری؛ استئولوژی؛ آناتومی تطبیقی؛ گوشتخواران؛ زیست‌مکانیک اندام خلفی؛ حیات وحش ایران.

مقدمه (Introduction)

خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) یکی از بزرگ‌ترین گوشتخواران خشکی‌زی در جهان است که پراکنش گسترده‌ای در نیمکره شمالی دارد و جمعیت‌های بومی آن در ایران عمدتاً در مناطق کوهستانی زاگرس و البرز یافت می‌شود (۱). جمعیت خرس قهوه‌ای در ایران در حاشیه‌ی جنوبی گستره‌ی جهانی این گونه قرار دارد و به دلیل از دست دادن گستره‌ی زیستگاهی، تکه‌تکه شدن جمعیت و فشارهای انسانی جزء گونه‌های در معرض تهدید در کشور محسوب می‌شود، به گونه‌ای که مطالعات توزیع، اتصال زیستگاهی و الگوهای رفتاری آن برای مدیریت و حفاظت مؤثر اهمیت دارد (۱).

اهمیت مطالعات استئولوژیک (استخوان‌شناسی) در زمینه‌های علمی چندگانه به وضوح در ادبیات علمی مورد تأکید قرار گرفته است. استخوان‌ها به عنوان ساختارهای سخت قابل حفظ پس از مرگ، اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی تاریخ زندگی فرد، سن، جنسیت، رشد، وضعیت تغذیه‌ای، الگوهای بارگذاری مکانیکی و حتی ارتباط‌های تکاملی گونه‌ها فراهم می‌آورند (۲). به ویژه مطالعات میکروساختار و مورفومتری استخوان‌های بلند مانند استخوان ران می‌تواند در زیست‌شناسی تطبیقی، دیرین‌شناسی، دامپزشکی کاربردهای بسیاری داشته باشد؛ زیرا تغییرات ساختاری استخوان بازتاب‌دهنده‌ی پاسخ به فشارهای مکانیکی و تطابق‌های رفتاری اکولوژیک گونه‌ها است (۵، ۳).

استخوان ران (*Femur*) به عنوان بلندترین و پرکاربردترین استخوان در اندام خلفی پستانداران، نقش محوری در مطالعه‌ی عملکرد حرکتی، تحمل وزن و سازگاری‌های جنبشی دارد. تحلیل طول، قطر، نسبت‌های مورفولوژیک و خصوصیات انتهایی مانند برجستگی‌ها و ناچ‌های مفصلی، می‌تواند الگوهای تطابقی در پاسخ به شیوه‌های زندگی و حرکت گونه‌ها را نشان دهد (۴). به عنوان نمونه، شکل و ابعاد استخوان ران در گوشتخواران و دیگر پستانداران با استراتژی‌های حرکتی مختلف (دویدن، بالا رفتن، ایستادن روی دو پا) متفاوت است و نشان‌دهنده‌ی انتخاب‌های تکاملی بین استحکام و کارایی انرژی در عضلات و استخوان‌هاست (۳).

با توجه به اهمیت این استخوان در نمایش توانایی‌های عملکردی و تطابق گونه‌ها، مطالعه‌ی دقیق مورفومتری استخوان ران در خرس قهوه‌ای ایران می‌تواند نه فقط اطلاعات پایه‌ای درباره‌ی آناتومی و زیست‌شناسی این گونه‌ی در معرض تهدید فراهم آورد، بلکه زمینه‌ساز مقایسه‌های فرامنطقه‌ای با گونه‌های دیگر گوشتخوار بزرگ و کاربردهای دامپزشکی و دیرین‌شناسی شود.

مواد و روش‌ها (Materials & Methods)

در این پژوهش، نمونه مورد بررسی مربوط به لاشه یک خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) یافت‌شده در طبیعت استان ایلام غرب ایران است که پس از کشف در زیستگاه طبیعی، به منظور انجام مطالعات استئولوژیک جمع‌آوری و آماده‌سازی گردید. تعیین

جنسیت بر اساس شواهد اسکلتی با قطعیت کامل امکان پذیر نبود. سن تقریبی حیوان با توجه به وضعیت جوش خوردگی اپی فیزهای استخوان های بلند، به ویژه استخوان ران، برآورد شد. بر اساس میزان فیوژن صفحات رشد و عدم تکامل کامل اپی فیزها، سن نمونه حدود سه سال تخمین زده شد که نشان دهنده یک فرد جوان و در مرحله پیش از بلوغ کامل اسکلتی است.

به منظور آماده سازی استخوان برای بررسی های مورفولوژیک و مورفومتریک، ابتدا بافت های نرم از طریق جوشاندن کنترل شده در آب جدا گردید. در این مرحله دما و مدت زمان حرارت دهی به گونه ای تنظیم شد که جداسازی عضلات و لیگامان ها بدون ایجاد آسیب ساختاری به بافت استخوانی انجام گیرد. پس از حذف کامل بافت های نرم، استخوان ها جهت چربی زدایی در یک حلال آلی هیدروکربنی (بنزین) قرار داده شدند تا چربی های باقیمانده از سطح کورتیکال و حفرات اسفنجی حذف شود. در ادامه، برای پاکسازی بقایای آلی و یکنواخت سازی رنگ سطح استخوان، نمونه ها در محلول هیپوکلریت سدیم (سفیدکننده) غوطه ور شدند. مدت تماس با محلول سفیدکننده به صورت کنترل شده انجام شد تا از تضعیف ماتریکس معدنی استخوان جلوگیری گردد. پس از پایان مراحل شیمیایی، استخوان ها با آب شست و شو داده شده و در دمای محیط و در شرایط تهویه مناسب خشک شدند. در صورت نیاز به بازسازی وضعیت آناتومیک، قطعات اسکلتی با استفاده از سیم استیل نازک و اتصالات مکانیکی سرهم بندی شدند، به گونه ای که راستای طبیعی مفاصل و موقعیت فضایی استخوان ها حفظ گردد (تصویر-۱).



تصویر-۱



اندازه‌گیری‌های مورفومتریک استخوان ران پس از تکمیل فرآیند آماده‌سازی و خشک‌سازی انجام شد. با توجه به محدودیت‌های تجهیزاتی در محل انجام پژوهش و عدم دسترسی به ابزارهای دقیق‌تر نظیر کولیس دیجیتالی یا استئومتریک برد، اندازه‌گیری‌ها با استفاده از متر نواری انعطاف‌پذیر انجام و تمامی مقادیر بر حسب سانتی‌متر ثبت گردید. به‌منظور افزایش دقت و کاهش خطای اندازه‌گیری، هر شاخص حداقل دو بار توسط پژوهشگر اندازه‌گیری شد و میانگین مقادیر به‌عنوان عدد نهایی در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین تلاش شد در هنگام اندازه‌گیری، متر در راستای آناتومیک صحیح و بدون انحراف از محور طولی استخوان قرار گیرد تا میزان خطای احتمالی به حداقل برسد (تصویر-۲).



تصویر-۲

یافته‌ها (Results)

بررسی مورفولوژیک استخوان ران (Femur) نمونه مورد مطالعه نشان داد که این استخوان از نظر ساختاری تمامی اجزای تیپیک استخوان ران در پستانداران بزرگ را داراست و از سه بخش اصلی انتهایی پروگزیمال، تنه (دیفیز) و انتهای دیستال تشکیل شده است. ابعاد ثبت‌شده و ویژگی‌های آناتومیک مشاهده‌شده بیانگر سازگاری با تحمل وزن بالا و عملکرد حرکتی قوی در این گونه است.



در انتهای پروگزیمال، سر استخوان ران ساختاری تقریباً کروی و نسبتاً حجیم دارد که قطر آن در این نمونه حدود ۲.۵ سانتی متر اندازه گیری شد. سطح مفصلی صاف و یکنواخت بوده و برای تطابق کامل با حفره استابولوم لگن طراحی شده است. در بخش میانی سر، ناچ داخل سر (Fovea capitis) با عمق تقریبی ۱ سانتی متر مشاهده شد که محل اتصال رباط سر استخوان ران است. این ناچ به صورت فرورفتگی مشخص و واضح دیده می شود و نشان دهنده وجود اتصال رباطی نسبتاً قوی و اهمیت پایداری مفصل ران در این حیوان است. (تصویر-۳).



تصویر-۳

گردن استخوان ران به صورت استوانه ای و نسبتاً کوتاه دیده شد و اتصال مناسبی بین سر و تنه ایجاد می کند. برجستگی بزرگ (Greater trochanter) به صورت برجسته و توسعه یافته با ارتفاع تقریبی ۲ سانتی متر در سطح جانبی پروگزیمال مشاهده گردید که محل اتصال عضلات گلوئتال و اداکتور ران است. برجستگی کوچک (Lesser trochanter) نیز در سطح داخلی-خلفی قرار داشته و حدود ۱ سانتی متر برجستگی نشان داد که محل اتصال عضله ایلئوپسواس محسوب می شود. توسعه مناسب این برجستگی ها نشان دهنده قدرت عضلات خم کننده و دور کننده ران در خرس قهوه ای است.

در تنه استخوان (دیافیز)، ساختار استخوانی ضخیم و مقاوم مشاهده شد. قطر دیافیز در بخش میانی حدود ۳.۵ سانتی متر اندازه گیری شد که بیانگر توانایی تحمل نیروهای فشاری و خمشی بالا است. خط خشن (Linea aspera) در سطح خلفی دیافیز



به صورت برجستگی طولی مشخص مشاهده شد که محل اتصال عضلات قوی ران است. تحذب قدامی دیافیز نیز به صورت ملایم و طبیعی دیده شد که با الگوی حرکتی پستانداران سنگین وزن همخوانی دارد.

در انتهای دیستال، دو کندیل داخلی (Medial condyle) و خارجی (Lateral condyle) به صورت برجسته و متقارن مشاهده شدند که سطوح مفصلی صاف و نسبتاً گسترده ای دارند و برای تشکیل مفصل زانو با درشتنی طراحی شده اند. اپی کندیل ها در بخش فوقانی کندیل ها به صورت برجستگی های استخوانی مشخص دیده شدند که محل اتصال لیگامان های جانبی مفصل زانو هستند. توسعه مناسب این ساختارها بیانگر پایداری مفصل زانو و تحمل وزن بالا در وضعیت ایستاده و حین حرکت است (تصویر-۳).

به طور کلی، ویژگی های مورفولوژیک استخوان ران در این نمونه نشان دهنده استحکام ساختاری، توسعه مناسب سطوح مفصلی و برجستگی های عضلانی و سازگاری کامل با جثه بزرگ، وزن بالا و توانایی ایستادن مقطعی روی اندام های خلفی در خرس قهوه ای است.

اندازه گیری های مورفومتریک

اندازه گیری های مورفومتریک استخوان ران نمونه مورد مطالعه پس از آماده سازی کامل و خشک سازی انجام شد. تمامی مقادیر بر حسب سانتی متر ثبت گردید. نتایج اندازه گیری ها در جدول زیر ارائه شده است.

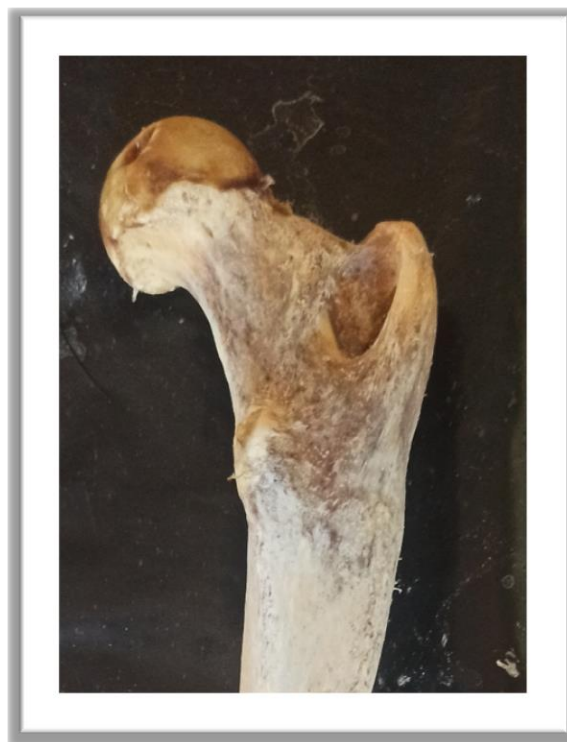
ردیف	مقدار (سانتی متر) شاخص مورفومتریک
۱	طول کل استخوان ران (Maximum length)
۲	قطر سر استخوان ران
۳	عمق ناچ داخل سر ران (Fovea capitis)
۴	فاصله مرکز سر تا برجستگی بزرگ
۵	طول گردن استخوان ران
۶	عرض دیافیز در ناحیه میانی



مقدار (سانتی متر) شاخص مورفومتریک	ردیف
1 عرض کندیل داخلی	7
1 عرض کندیل خارجی	8
1 فاصله بین دو کندیل	9

بر اساس داده‌های به دست آمده، نسبت قطر سر به طول گردن نشان دهنده ساختار نسبتاً فشرده در ناحیه پروگزیمال است. عرض قابل توجه دیافیز (۳.۵ سانتی متر) در مقایسه با طول کل گزارش شده بیانگر استحکام ساختاری در برابر نیروهای فشاری و خمشی است. همچنین تقارن عرض کندیل‌های داخلی و خارجی (هر دو ۱ سانتی متر) نشان دهنده توزیع متعادل نیرو در مفصل زانو است.

عمق ۱ سانتی متری ناچ داخل سر ران بیانگر محل اتصال رباط سر استخوان ران و نقش آن در پایداری مفصل هیپ می‌باشد. فاصله ۳.۵ سانتی متری مرکز سر تا برجستگی بزرگ نیز نشان دهنده توسعه مناسب ناحیه اتصال عضلات گلوئثال و نقش آن در حرکات ابداکسیون و تثبیت مفصل ران است (تصویر-۴).



تصویر-۴

در مجموع، شاخص‌های مورفومتریک ثبت‌شده بیانگر ساختاری مقاوم، متناسب با تحمل وزن و سازگار با عملکرد حرکتی فعال در خرس قهوه‌ای جوان مورد مطالعه است.

بحث (Discussion)

یافته‌های مورفومتریک به‌دست‌آمده از استخوان ران خرس قهوه‌ای ایران نشان‌دهنده الگوهایی هستند که با یافته‌های علمی موجود در مورد رابطه بین مورفولوژی استخوان ران، اندازه بدن و الگوهای حرکتی در پستانداران هم‌راستا هستند. مطالعات گسترده در پستانداران مختلف نشان داده‌اند که شکل و ابعاد استخوان ران بازتابی از سازگاری‌های عملکردی گونه‌ها نسبت به بارگذاری مکانیکی و نیازهای حرکتی آنها است (۳). به‌طور کلی، در گوشتخواران و سایر پستانداران، تغییرات در طول، ضخامت و نسبت‌های استخوان ران با اندازه بدن، نوع پوشش زیستی و الگوی جنبش ارتباط دارد؛ به‌طوری که گونه‌های بزرگ‌تر عموماً استخوان‌های ران قوی‌تر و نسبتاً کوتاه‌تر دارند تا بتوانند وزن بیشتر بدن را تحمل کنند و در عین حال انرژی را برای حرکت صرفه‌جویی کنند (۴).

تحلیل‌های سه‌بعدی مورفومتریک نشان داده‌اند که در گروه گوشتخواران (Carnivora)، شکل استخوان ران تحت تأثیر هم‌زمان اندازه بدن و تکاملی - فرگشتی قرار دارد، به گونه‌ای که افزایش اندازه بدن منجر به استخوان ران قوی‌تر و افزایش ضخامت دیافیز می‌شود تا مقاومت بیشتری در برابر نیروهای وارده در حین حرکت ایجاد گردد (۵). این الگوی "slender-robust" (نحیف-قوی) در شکل استخوان ران احتمالاً نشان‌دهنده توازن تکاملی بین کارایی انرژی و مقاومت در برابر استرس مکانیکی است، زیرا استخوان باید هم سبک باشد تا هزینه انرژی حرکت کم شود و هم قوی باشد تا بتواند بارگذاری‌های ناشی از وزن بدن را تحمل کند.

در مورد خرس قهوه‌ای، داده‌های مورفومتریک این مطالعه (نظیر قطر نسبتاً بزرگ دیافیز، توسعه برجستگی‌های عضلانی و عمق ناچ داخل سر، و نسبت‌های طولی پروگزیمال) هم‌راستا با الگوی "robust" (قوی) است که در گونه‌های بزرگ‌جثه و سنگین‌وزن دیده می‌شود. استخوان ران با قطر دیافیز ۳.۵ سانتی‌متر و برجستگی‌های عضلانی توسعه‌یافته نشان می‌دهد که این استخوان برای تحمل نیروهای فشاری و خمشی ناشی از وزن بالا و بارگذاری‌های دینامیک قوی طراحی شده است؛ این موضوع با مطالعاتی که نشان می‌دهد استخوان‌های ران در پستانداران بزرگ تحت فشاری بیشتر نسبت به گونه‌های کوچک‌تر هستند و در نتیجه سازگاری‌های خاصی در شکل رخ می‌دهد، هم‌راستا است (۳).

تحقیقات دیگر نیز به تفاوت‌های مورفولوژیک استخوان ران بین گونه‌ها اشاره کرده‌اند و نشان داده‌اند که شکل استخوان ران با الگوهای حرکتی و سبک زندگی مرتبط است. به‌عنوان مثال، در گونه‌های پلنتی‌گرا (مانند خرس) که وزن بدن بیشتر روی اندام‌های خلفی تحمل می‌شود، استخوان‌های ران اغلب دارای سطوح مفصلی گسترده و ساختارهای عضلانی برجسته هستند که به پایداری و قدرت مفصل کمک می‌کنند (۳).

بر اساس نتایج این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که استخوان ران خرس قهوه‌ای ایران با توجه به اندازه‌های مورفومتریک، یک ساختار قوی و مقاوم در برابر بارگذاری بالای وزن بدن دارد. توسعه برجستگی‌های عضلانی نیز بیانگر تطابق آناتومیک برای انتقال نیروهای عضلانی قوی به استخوان است، که این موضوع در مطالعات قبلی نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های تفاوت‌های عملکردی بین گونه‌ها مورد توجه قرار گرفته است (۳).

علاوه بر این، یافته‌های مطالعه در مقایسه با تحقیقات جدید بر روی گرگ‌ها، پلنگ‌ها و دیگر گوشتخواران نشان می‌دهد که تفاوت‌های مورفولوژیک استخوان ران می‌تواند به الگوهای حرکتی و اکولوژیک متفاوت این گونه‌ها نسبت داده شود، که در آنها استخوان ران نقش کلیدی در انتقال نیرو، پایداری مفصل ران و توانایی در جست‌وجو، دویدن و ایستادن برای مدت طولانی دارد (۳، ۶).

در نتیجه، داده‌های به‌دست‌آمده در این مطالعه نه تنها نشان‌دهنده سازگاری‌های ساختاری استخوان ران خرس قهوه‌ای با نیازهای عملکردی این گونه است، بلکه با یافته‌های مقایسه‌ای در ادبیات علمی درباره رابطه بین مورفولوژی استخوان ران، اندازه



بدن و الگوی حرکتی در پستانداران بزرگ نیز همخوانی دارد، که می تواند برای مطالعات تکاملی، اکولوژیک و کاربردهای دیرین شناسی آینده اهمیت داشته باشد .

نتیجه گیری (Conclusion)

بررسی استئولوژیک و مورفومتریک استخوان ران خرس قهوه ای ایران (*Ursus arctos*) نشان داد که این استخوان دارای ساختاری نسبتاً قوی و متناسب با تحمل وزن بالا و نیازهای حرکتی یک پستاندار بزرگ پلنتی گراد است. قطر قابل توجه دیافیز، توسعه مناسب برجستگی بزرگ و کوچک، سر نسبتاً حجیم و وجود ناچ مشخص داخل سر ران (Fovea capitis) از ویژگی های شاخص این نمونه محسوب می شوند. تقارن کندیل های داخلی و خارجی و عرض مناسب سطح مفصلی دیستال نیز بیانگر پایداری مفصل زانو و توزیع متعادل نیرو در حین ایستادن و حرکت است. در مجموع، این ویژگی ها نشان دهنده سازگاری ساختاری استخوان ران با جثه سنگین، تحمل بار مکانیکی بالا و احتمالاً توانایی ایستادن موقت روی اندام های خلفی در خرس قهوه ای ایران است.

داده های مورفومتریک حاصل از این مطالعه می تواند به عنوان اطلاعات پایه برای مطالعات مقایسه ای آینده در میان گوشتخواران بزرگ مورد استفاده قرار گیرد. مقایسه نسبت های طولی، قطر دیافیز، ابعاد سر و برجستگی های عضلانی با گونه هایی نظیر گرگ، پلنگ یا سایر جمعیت های خرس قهوه ای، امکان تحلیل تطابق های عملکردی و تکاملی را فراهم می کند. همچنین ثبت این داده ها در سطح منطقه ای می تواند به تکمیل بانک اطلاعاتی مورفومتریک حیات وحش ایران کمک کند و مبنایی برای مطالعات بوم شناسی حرکتی، زیست مکانیک و حتی بررسی تغییرات درون گونه ای در جمعیت های مختلف فراهم آورد.

علاوه بر این، ویژگی های کمی و کیفی استخوان ران می تواند در شناسایی گونه در نمونه های استخوانی جدا شده کاربرد داشته باشد. در مواردی که بقایای اسکلتی به صورت ناقص یا جدا از سایر بخش های بدن کشف می شوند، اندازه ها و شاخص های مورفومتریک استخوان ران می توانند در تفکیک خرس قهوه ای از سایر گوشتخواران بزرگ منطقه نقش مؤثری ایفا کنند. بنابراین، نتایج این پژوهش نه تنها به درک بهتر آناتومی و سازگاری های عملکردی خرس قهوه ای ایران کمک می کند، بلکه می تواند در مطالعات تطبیقی، دیرین شناسی، دامپزشکی قانونی و مدیریت حیات وحش نیز مورد استفاده قرار گیرد.



منابع (References)

1. Mohammadi, A., Almasieh, K., Nayeri, D., Ataei, F., Khani, A., López-Bao, J. V., & Cushman, S. A. (2021). *Identifying priority core habitats and corridors for effective conservation of brown bears in Iran. Scientific Reports*, 11, 1044.
2. Kolb, C., et al. (2015). *Mammalian bone palaeohistology: A survey and new data. Philosophical Transactions of the Royal Society B*.
3. Martín-Serra, A., Figueirido, B., & Palmqvist, P. (2014). *A three-dimensional analysis of the morphological evolution and locomotor behaviour of the carnivoran hind limb. BMC Evolutionary Biology*, 14, 129.
4. Parsi-Pour, P. (2020). *Functional morphology and morphological diversification of limb bones in mammals. Frontiers in Zoology*.
5. Straehl, F. R., et al. (2013). *Evolutionary patterns of bone histology and bone microstructure. PLoS ONE*, 8(6).
6. Naidoo, R., & Iqbal, S. (2024). *The relationship between locomotion and hindlimb morphology in the leopard (Panthera pardus). Biology Open*.