

مطالعه رادیوآناتومیکی مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی بر پایه یافته‌های توموگرافی کامپیوتری

زهرای یعقوب‌زاده^۱، محمدرضا حسینچی^{۲*}، سیامک علیزاده^۳

۱. دانش‌آموخته دکترای عمومی دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه- ایران.
۲. گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه- ایران.
۳. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، واحد نقده، دانشگاه آزاد اسلامی، نقده- ایران.

پذیرش: ۲۴ فروردین‌ماه ۱۴۰۴

دریافت: ۲۵ آذرماه ۱۴۰۳

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی مورفولوژی و مورفومتری مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) بر اساس تصاویر توموگرافی کامپیوتری (CT) بود. در این مطالعه از ۱۰ سر خوکچه‌هندی سالم (۵ نر و ۵ ماده) استفاده شد. متعاقب بی‌هوشی هر خوکچه‌هندی، سی‌تی‌اسکن از ابتدای مهره اطلس تا انتهای مهره هفتم گردنی آن در پلن‌های عرضی، ساجیتال و دورسال انجام گرفت. بر اساس یافته‌های این مطالعه، بال‌های مهره اطلس خوکچه‌هندی پهن بوده و هر بال دارای یک سوراخ جانبی است که در پلن دورسال CT بهتر قابل مشاهده است. در قسمت میانی بریدگی آلا این مهره، شیاری دیده می‌شود که به سوراخ جانبی منتهی می‌شود. این یافته برای اولین بار گزارش می‌گردد و می‌تواند مبین آناتومی مقایسه‌ای این حیوان با سایر گونه‌های جوندگان مانند موش سوری و موش صحرایی باشد. در تصاویر ساجیتال و دورسال CT، زائده ادونتوئید مهره آسه به‌صورت یک برجستگی طویل و گرد دیده می‌شود. زائده عرضی مهره C6 دارای یک برآمدگی شکمی وسیع و یک قسمت پشتی کوچک‌تر است که توسط یک بریدگی از هم جدا می‌شوند. این ویژگی خاص مهره C6 در آناتومی مقایسه‌ای این‌گونه جانوری مطرح می‌گردد. مهره C3 کمترین و مهره C7 بیشترین VH را در بین مهره‌های گردنی دارند ($P \leq 0.05$). مقدار پارامترهای TDCrVF و VDCrVF در مهره اطلس بیش از سایر مهره‌ها است ($P \leq 0.05$). یافته‌های این تحقیق می‌تواند در آموزش آناتومی توموگرافی کامپیوتری مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی، تفسیر تصاویر سی‌تی‌اسکن و نیز در معاینات بالینی و امور درمانی این حیوان خانگی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آناتومی، توموگرافی کامپیوتری، خوکچه‌هندی، مهره‌های گردنی

مقدمه

حیوان آزمایشگاهی در سطح وسیعی از تحقیقات زیست پزشکی استفاده می‌شود، لازم است که دانش دقیقی از جزئیات بافت‌های این حیوان در دسترس باشد. تصاویر توموگرافی کامپیوتری از بافت‌های مختلف خوکچه‌هندی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی از این بافت‌ها را در اختیار محققین و کلینیسین‌ها قرار دهد. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های تشکیل‌دهنده ستون فقرات خوکچه‌هندی، مهره‌های گردنی آن می‌باشد که می‌تواند به علل مختلف دچار آسیب قرار شود (۱۸).

Proks و همکاران در سال ۲۰۲۱، با انجام یک مطالعه رادیوآناتومی بر روی ستون مهره‌های ۲۴۰ خوکچه‌هندی

خوکچه‌های هندی پستاندارانی از راسته جوندگان و از تیره خوکچگان هستند. در حال حاضر ۱۳ گونه خوکچه‌هندی شناسایی شده است که رایج‌ترین آن‌ها نژاد آمریکایی، حبشه‌ای و پرویی هستند (۲۵). تمام گونه‌های خوکچه‌هندی حیوانات اجتماعی هستند و تمایل به زندگی گروهی دارند (۳۲ و ۴۰). خوکچه‌هندی از حیوانات خانگی محبوب و همچنین از حیوانات آزمایشگاهی ارزشمند محسوب می‌شود. خوکچه‌هندی اولین جانوری بود که در تحقیقات پزشکی مورد استفاده قرار گرفت و نام آن مترادف با اصطلاح حیوان آزمایش است (۱۶). با توجه به اینکه این



شوند. توموگرافی کامپیوتری از روش‌های تصویربرداری تشخیصی غیرتهاجمی است که می‌تواند جزئیات دقیقی از ستون فقرات را در اختیار ما قرار دهد. در حال حاضر درباره آناتومی مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی بر پایه تصاویر سی‌تی‌اسکن گزارش‌های مدونی در دسترس نبوده و مطالعات رادیوآناتومیکی نیز در این زمینه بسیار محدود هستند؛ لذا لازم بود مطالعه‌ای بر روی این مهره‌ها به عمل آید و قسمت‌های مختلف تشکیل‌دهنده این مهره‌ها و فواصل مربوط به آنها بررسی و اندازه‌گیری شود و حدود نرمال آنها تعیین گردد تا در تحقیقات آزمایشگاهی، معاینات بالینی و تفسیر نتایج از این یافته‌ها استفاده گردد.

مواد و روش کار

تمام بررسی‌های انجام‌شده در پژوهش حاضر بر اساس دستورالعمل‌های انجمن بین‌المللی کمیته اخلاق انجام شده است و با کد ثبتی IR.IAU.URMIA.REC.1403.137 در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه ثبت شده است. در این مطالعه توصیفی - مقطعی از ۱۰ خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) سالم (۵ نر و ۵ ماده) با میانگین سنی ۱۲ ماه و میانگین وزنی 111 ± 0.25 کیلوگرم استفاده شد. این حیوانات در طول مطالعه از تغذیه مناسب برخوردار بوده و در اتاقی ایزوله که دمای آن ۲۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و مدت روشنایی و تاریکی ۱۲ ساعت بود نگهداری شدند (۵). ابتدا به هر یک از خوکچه‌های هندی ۶ ساعت محرومیت از غذا و آب داده و سپس با هیدروکلراید زایلازین ۲ درصد رویان دارو با دوز ۴۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن و کتامین هیدروکلراید ۱۰ درصد آلفاسان با دوز ۶۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن با تزریق عضلانی بی‌هوشی داده شد (۱). برای تهیه تصاویر CT، هر خوکچه‌هندی با حالت گماری پشتی شکمی بر روی اسکنر دستگاه قرار گرفته و اسکن‌ها ساجیتال، عرضی و دورسال از ابتدای مهره اطلس تا انتهای مهره هفتم گردنی آن انجام گرفت. برای سی‌تی از دستگاه اسکنر هلیکال (Multi slice CT scanner Asteion Premium 4, Model: TSX-021B, Toshiba, Japan) استفاده شد. فاکتورهای

اعلام داشته‌اند ۱۲/۵ درصد از این حیوانات دچار ناهنجاری‌های مادرزادی مربوط ستون مهره‌ها هستند که مهره‌های گردنی دارای کمترین و کمتری - خاجی بیشترین ابتلا را داشته‌اند (۲۶). در مطالعه‌ای Korim و Kuricová در سال ۲۰۲۲، با بررسی عروق نخاعی مهره‌های گردنی ۱۴ قلاده سگ به روش‌های سی‌تی‌اسکن و ام آر آی اطلاعاتی جدیدی از عروق این ناحیه را گزارش کرده‌اند که یافته‌های آنها می‌تواند در تشخیص، درمان و مدیریت این نوع از بیماری‌ها مفید باشد (۱۵). در مطالعه‌ی دیگری Del Chicca و همکاران در سال ۲۰۲۳، با بررسی سر ۶۵ خوکچه‌هندی به روش توموگرافی کامپیوتری گزارش نموده‌اند بیشترین یافته‌های تصادفی در این حیوانات در ناحیه گوش و بینی می‌باشند که در اغلب موارد مینرالیزاسیون در بافت‌های نرم است (۹). McDougall و همکاران در سال ۲۰۰۹، با انجام میکرو سی‌تی از مفصل استایفل خوکچه‌های هندی جوان (۵-۲ ماهه) و پیر (۳۷-۱۷ ماهه) ارتباط بین درد مفاصل و آسیب‌شناسی مفاصل را در مدل حیوانی استئوآرتروز طبیعی بررسی کرده و اعلام داشته‌اند: اولاً یافته‌های میکرو سی‌تی با نتایج هیستوپاتولوژی همخوانی دارند و ثانیاً علامت بالینی درد یک پیش بینی ضعیف برای ارزیابی میزان دژنراتیو مفصل و شدت استئوآرتروز است و در این زمینه نشانه‌های میکرو سی‌تی از دقت تشخیصی بیشتری برخوردار هستند (۲۲). Okada و همکاران در سال ۲۰۰۹، در یک مطالعه‌ای استئوسارکومای مهره‌های گردنی گربه‌های پرشین را با روش‌های ام آر آی و سی‌تی‌اسکن بررسی نموده و به وسیله این روش‌های تصویربرداری تشخیصی، نشانه‌های این بیماری را گزارش نموده‌اند (۲۳). Bertolini و همکاران در سال ۲۰۱۶، با مطالعه‌ای بر روی ستون مهره‌های گربه‌ها با روش‌های مختلف تصویربرداری تشخیصی، مرجعی استاندارد را برای ارزیابی قسمت‌های مختلف آنها بیان داشته‌اند (۲). تکنیک‌های مختلف تصویربرداری می‌توانند در تشخیص آسیب‌های مهره‌ای مفید باشند. اما برای این منظور لازم است جزئیات آناتومی (مورفولوژی و مورفومتری) نرمال هر یک از این مهره‌ها دقیقاً بررسی



تکنیکی سی تی اسکنر عبارت بودند: زمان چرخش گنتری: ۳۳۰ میلی ثانیه، ضخامت برش: ۱ میلی متر، فاصله بازسازی: ۵-۱/۰ میلی متر، گام (Pitch): ۱، کیلوولتاژ: ۱۲۰ و میلی آمپر: ۱۳۰، کولیماسیون آشکارساز فیزیکی: ۳۲×۰/۶ میلی متر، کولیماسیون مقطع نهایی: ۶۴×۰/۶ میلی متر، وضوح: ۵۱۲ × ۵۱۲ پیکسل و محدوده وضوح: ۰/۹۲ × ۰/۹۲ (۴ و ۳۹).

پس از ذخیره سازی تصاویر به دست آمده با فرمت DICOM، آنها به رایانه بارگذاری شده با نرم افزار مدل سازی سه بعدی (Multi- Onis CT software, Modality Workplace: VE 2.5A) منتقل شدند (۳۸). سپس هر یک از تصاویر با استفاده از تنظیمات استخوانی (WW: 4000 HU؛ WL: 550 HU) و بافت نرم (WW: 450 HU؛ WL: 80 HU) بررسی شدند. از کولیس الکترونیکی این نرم افزار برای اندازه گیری های مورفومتریکی استفاده شد. متعاقب سی تی اسکن، تصاویر هر یک از مهره ها به صورت جداگانه از لحاظ ویژگی های مورفولوژی و مورفومتری بررسی شده و پارامترهای مورد نظر اندازه گیری شد و میانگین آنها ثبت گردید. اندازه گیری ها یک بار و توسط همان فرد انجام شد. اصطلاحات آناتومیک بر اساس Nomina Anatomica Veterinaria بیان شد (۳۶).

پس از ذخیره سازی تصاویر به دست آمده با فرمت DICOM، آنها به رایانه بارگذاری شده با نرم افزار مدل سازی سه بعدی (Multi- Onis CT software, Modality Workplace: VE 2.5A) منتقل شدند (۳۸). سپس هر یک از تصاویر با استفاده از تنظیمات استخوانی (WW: 4000 HU؛ WL: 550 HU) و بافت نرم (WW: 450 HU؛ WL: 80 HU) بررسی شدند. از کولیس الکترونیکی این نرم افزار برای اندازه گیری های مورفومتریکی استفاده شد. متعاقب سی تی اسکن، تصاویر هر یک از مهره ها به صورت جداگانه از لحاظ ویژگی های مورفولوژی و مورفومتری بررسی شده و پارامترهای مورد نظر اندازه گیری شد و میانگین آنها ثبت گردید. اندازه گیری ها یک بار و توسط همان فرد انجام شد. اصطلاحات آناتومیک بر اساس Nomina Anatomica Veterinaria بیان شد (۳۶).

پس از ذخیره سازی تصاویر به دست آمده با فرمت DICOM، آنها به رایانه بارگذاری شده با نرم افزار مدل سازی سه بعدی (Multi- Onis CT software, Modality Workplace: VE 2.5A) منتقل شدند (۳۸). سپس هر یک از تصاویر با استفاده از تنظیمات استخوانی (WW: 4000 HU؛ WL: 550 HU) و بافت نرم (WW: 450 HU؛ WL: 80 HU) بررسی شدند. از کولیس الکترونیکی این نرم افزار برای اندازه گیری های مورفومتریکی استفاده شد. متعاقب سی تی اسکن، تصاویر هر یک از مهره ها به صورت جداگانه از لحاظ ویژگی های مورفولوژی و مورفومتری بررسی شده و پارامترهای مورد نظر اندازه گیری شد و میانگین آنها ثبت گردید. اندازه گیری ها یک بار و توسط همان فرد انجام شد. اصطلاحات آناتومیک بر اساس Nomina Anatomica Veterinaria بیان شد (۳۶).

پارامترهای مورد بررسی عبارت بودند:

عرض مهره (Vertebrae width: VW)، ارتفاع مهره (Vertebrae height: VH)، قطر عمودی سوراخ قدامی مهره (Vertical diameter of cranial vertebral foramen: VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (Horizontal diameter of cranial vertebral foramen: HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (Vertical diameter of caudal vertebral foramen: VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (Horizontal diameter of caudal vertebral foramen: HDCaF)، ضخامت قدامی خلفی کمان شکمی (Craniocaudal thickness of ventral arch: CCTVA)، ضخامت قدامی خلفی کمان پشتی (Craniocaudal thickness of dorsal arch: CCTDA)، ضخامت بال (Wing thickness: WT)، ضخامت قدامی خلفی بال (Wing craniocaudal thickness: WCTCA).

برای تعیین اندازه طبیعی مهره های گردنی، زوائد و مفاصل تشکیل دهنده خوچه های هندی از تکنیک Confidence Interval و برای تجزیه و تحلیل داده های پارامتریک از آزمون t مستقل با کمک نرم افزار SPSS ویرایش ۲۱ استفاده شد. همه مقادیر به عنوان میانگین و انحراف معیار بیان شدند و $P \leq 0.05$ معنی دار و حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج این مطالعه نشان می دهد که اولین مهره گردنی (مهره اطلس) در خوچه های هندی (*Cavia porcellus*) از دو کمان مرکزی و بال های افقی پهن جانبی تشکیل شده است. عریض ترین مهره در بین مهره های گردنی، مهره اطلس بود. این مهره دارای کمان مهره ای توسعه یافته و فاقد ستیغ شکمی و زائده شوکی بود. گودی مفصلی قدامی و سطح مفصلی خلفی این مهره مقعر بودند که در تصاویر پلن عرضی CT بیشتر مشخص بودند. مهره اول گردن از قسمت قدامی خود با کندیل های استخوان پس سری مفصل شده بود و مفصل اطلسی - پس سری را تشکیل داده بود و از قسمت خلفی نیز با دومین مهره گردن مفصل شده و مفصل اطلسی - محوری را تشکیل می داد. بال های مهره اول پهن بودند و هر بال دارای یک سوراخ جانبی بود که در پلن دورسال بهتر قابل مشاهده بود. در انتهای خلفی بال اطلس سوراخ های عرضی قابل مشاهده بود. حفره مفصلی قدامی نسبتاً عمیق بود. گودی دندان (Fovea dentis) فرورفته

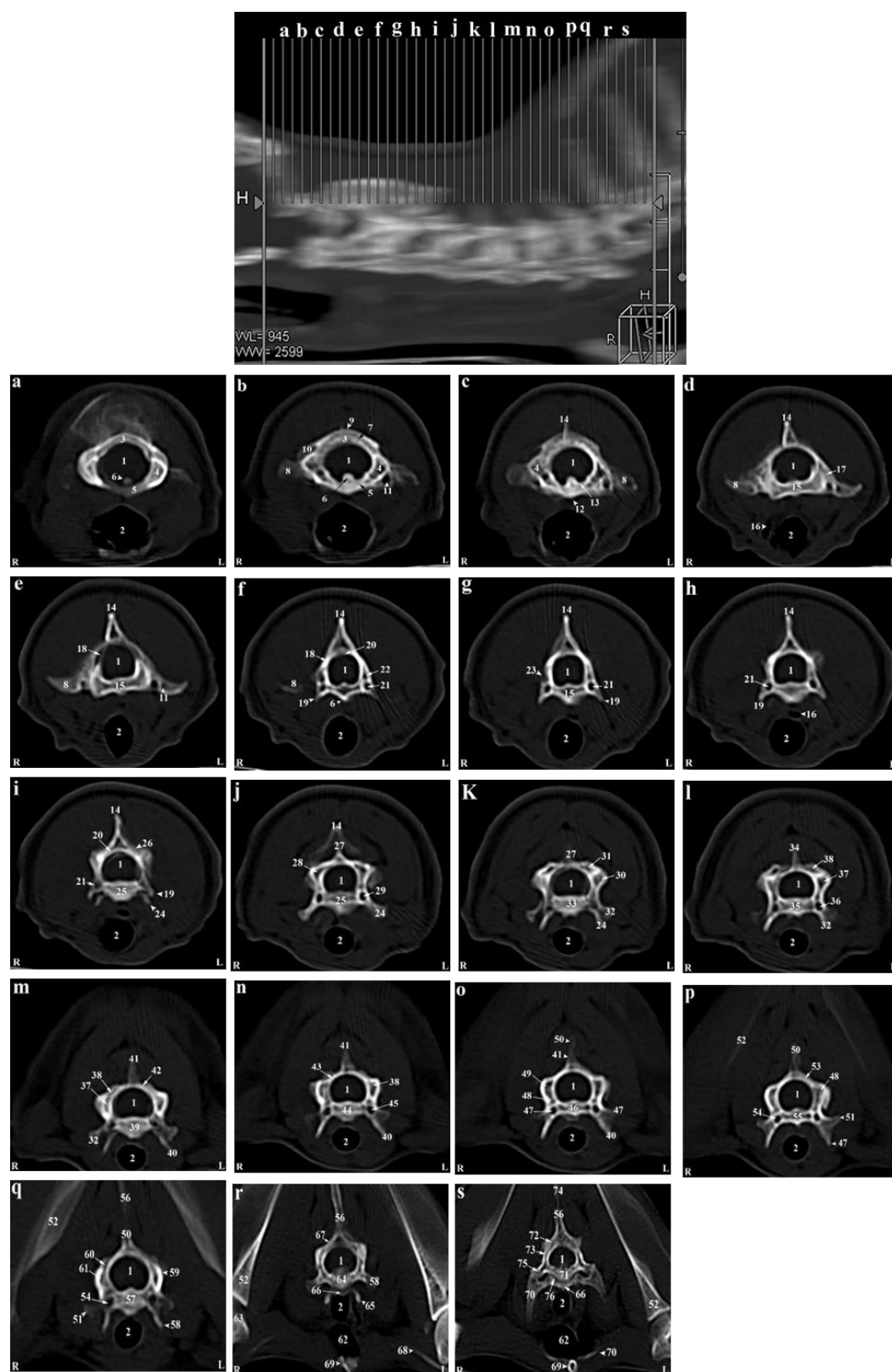


و کوچک بود. سوراخ جانبی در کمان پشتی این مهره مشاهده شد؛ اما سوراخ آلا ر به صورت یک شکاف کوچک بود. بال‌های این مهره نیز کاملاً به سمت خلف متمایل بودند. سطوح مفصلی خلفی بیضی‌شکل و کشیده بوده و حالت مقعر داشتند. سطوح شکمی بال‌ها به صورت فرورفته مشاهده شد. سوراخ‌های عرضی در این مهره مشاهده نشد. در کمان پشتی مهره اطلس یک برجستگی نسبتاً کوچک وجود داشت. در کمان شکمی نیز یک توپرکل کوچکی مشاهده می‌شد (شکل‌های 1a و 1b).

دومین مهره گردنی (مهره آسه) دارای بدنه طویل و یک زائده شوکی بزرگ، نازک و بلند بود که بر روی کمان اولین مهره گردنی قرار می‌گرفت. در تصاویر ساجیتال و دورسال CT، زائده ادونتوئید (دندانی) به صورت یک برجستگی طویل و گردی بود که در قسمت قدامی و شکمی مهره محور دیده می‌شد و تا سطح پشتی کمان شکمی مهره اطلس امتداد می‌یافت. این مهره دارای زوایید عرضی کوچک بود و زوایید مفصلی قدامی آن با سطوح مفصلی قدامی یکی شده‌اند و با سطح مفصلی خلفی اطلس مفصل می‌شوند. مسیر زوایید عرضی این مهره یک‌قسمتی و به سمت خلف بود و قاعده هر یک از زوایید عرضی دارای یک سوراخ عرضی بودند. این زائده یک‌قسمتی بوده و به زوایید مفصلی خلفی اتصالی نداشت. در این مهره یک سطح مفصلی خلفی مشاهده شد که با سطح مفصلی قدامی مهره سوم گردن مفصل می‌شد. مسیر زائده عرضی به سمت خلف و پایین مایل بود. زوایید مفصلی قدامی و سطوح مفصلی قدامی یکی شده و بیضی‌شکل بودند و این سطوح در زیر زائده دندانی به هم نمی‌رسیدند. سوراخ جانبی در این مهره مشاهده نشد. برجستگی ستیغ ماندی در سطح شکمی وجود داشت. در بین مهره‌های گردنی، مهره آسه طویل‌ترین بدنه را داشت و عرض کلی آن نیز کمتر از بقیه مهره‌ها بود (شکل‌های 1c تا 1h).

از مهره سوم تا پنجم گردنی زوایید عرضی یک‌قسمتی و بدون تقسیم‌شدگی و متمایل به خلف مشاهده شد. طول بدنه مهره‌ها کوتاه بودند. قسمت دیستال زوایید عرضی تکمه مانند بود و سوراخ عرضی در قاعده زوایید عرضی قابل

مشاهده بود. زوایید عرضی مهره‌های سوم، چهارم و پنجم در تصاویر دورسال به شکل یک صفحه پهن قابل مشاهده بودند. زوایید عرضی مهره ششم گردن پهن بوده و به سمت خلف امتداد یافته و دارای دو قسمت پشتی و شکمی بودند. هفتمین مهره گردنی نسبتاً دارای بدنه کوتاهی بود. زوایید شوکی از مهره چهارم به بعد مشخص‌تر و بلندتر بودند. سوراخ بین مهره‌ای از بریدگی‌هایی که در لبه خلفی کمان یک‌مهره و نیز در قسمت قدامی کمان مهره بعدی آن وجود داشت تشکیل شده بود. این سوراخ‌ها به وضوح در پلن ساجیتال مشخص بودند؛ اما زوایید فرعی بر روی این سوراخ‌ها دیده نشدند. دیسک‌های بین مهره‌ای از بین بدنه دومین و سومین مهره گردنی شروع شده و تا آخرین مهره امتداد می‌یافتند. بین اولین و دومین مهره گردن دیسک بین مهره‌ای دیده نشد. طبق تصاویر پلن عرضی اخذ شده از مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی وسیع‌ترین فضای دیسک بین مهره‌ای در بین مهره‌های چهارم و پنجم گردنی و باریک‌ترین آن بین مهره‌های دوم و سوم گردنی بود. ارتفاع زائده شوکی از مهره سوم تا مهره پنجم به تدریج افزایش پیدا می‌کرد و این زوایید شوکی به سمت جلو متمایل بودند. سطوح مفصلی زائده مفصلی قدامی و خلفی یک‌قسمتی بود و سطح مفصلی زائده مفصلی قدامی به سمت پشت و سطح مفصلی زائده مفصلی خلفی به سمت شکمی قرار داشت. در سطح شکمی مهره‌های سوم تا پنجم، یک برآمدگی ستیغ مانند با برآمدگی متوسط مشاهده شد. کوتاه‌ترین طول بدنه در بین مهره‌های گردنی مربوط به مهره سوم تیپیک (مهره ۵ گردنی) بود. کم‌ارتفاع‌ترین مهره در بین مهره‌های گردنی هم مربوط به مهره اول تیپیک (مهره سوم گردنی) بود. کم‌ارتفاع‌ترین زائده شوکی نیز مربوط به مهره سوم گردنی بود (شکل‌های 1i تا 1n). زائده شوکی مهره ششم گردنی در مقایسه با مهره‌های تیپیک طویل‌تر بوده و به سمت قدام متمایل بود. در این مهره زوایید عرضی دو قسمتی مشاهده شد که یکی در پشت و دیگری در قسمت شکمی قرار داشتند و سوراخ عرضی در محل اتصال این دو قسمت بود. (شکل ۵). در سطح شکمی این مهره، توپروزیی یا برآمدگی ستیغ مانند کوچکی مشاهده شد (شکل‌های 1o و 1p).



شکل ۱- (a-s). تصاویر بازسازی توموگرافی کامپیوتری عرضی در پلن جانبی از مهره‌های گردنی نرمال خوکچه‌هندی نر یک‌ساله. ۱. سوراخ مهره‌ای ۲. نای ۳. کمان پشتی ۴. سطح مفصلی قدامی مهره اطلس ۵. کمان شکمی ۶. زائده دندانی مهره محور ۷. سوراخ آلا ر ۸. بال مهره اطلس ۹. برجستگی پشتی ۱۰. سوراخ جانبی ۱۱. سوراخ عرضی مهره اطلس ۱۲. برجستگی شکمی ۱۳. حفره دندانی ۱۴. زائده شوکی مهره





محور ۱۵. سطح مفصلی قدامی مهره محور ۱۶. مری ۱۷. سطح مفصلی خلفی مهره اطلس ۱۸. پدیکل مهره محور ۱۹. زائده عرضی مهره محور ۲۰. لامینای مهره محور ۲۱. سوراخ عرضی مهره محور ۲۲. سوراخ جانبی مهره محور ۲۳. شیار جانبی مهره محور ۲۴. زائده عرضی C₃ ۲۵. بدنه مهره محور ۲۶. زائده مفصلی خلفی مهره محور ۲۷. زائده شوکی C₃ ۲۸. زائده مفصلی قدامی C₃ ۲۹. سوراخ عرضی C₃ ۳۰. زائده مفصلی قدامی C₄ ۳۱. زائده مفصلی خلفی C₃ ۳۲. زائده عرضی C₄ ۳۳. سطح مفصلی خلفی C₃ ۳۴. زائده شوکی C₄ ۳۵. سطح مفصلی قدامی C₄ ۳۶. سوراخ عرضی C₄ ۳۷. زائده مفصلی قدامی C₅ ۳۸. زائده مفصلی خلفی C₄ ۳۹. سطح مفصلی خلفی C₄ ۴۰. زائده عرضی C₅ ۴۱. زائده شوکی C₅ ۴۲. لامینای C₄ ۴۳. لامینای C₅ ۴۴. سطح مفصلی قدامی C₅ ۴۵. سوراخ عرضی C₅ ۴۶. سطح مفصلی خلفی C₅ ۴۷. بخش قدامی زائده عرضی C₆ ۴۸. زائده مفصلی قدامی C₆ ۴۹. زائده مفصلی خلفی C₅ ۵۰. زائده شوکی C₆ ۵۱. بخش خلفی زائده عرضی C₆ ۵۲. استخوان کتف C₆ ۵۳. لامینای C₆ ۵۴. سوراخ عرضی C₆ ۵۵. سطح مفصلی قدامی C₆ ۵۶. زائده شوکی C₇ ۵۷. سطح مفصلی خلفی C₆ ۵۸. زائده عرضی C₇ ۵۹. پدیکل C₇ ۶۰. زائده مفصلی خلفی C₆ ۶۱. زائده مفصلی قدامی C₇ ۶۲. ریه ۶۳. سر استخوان بازو ۶۴. سطح مفصلی قدامی C₇ ۶۵. زائده عرضی T₁ ۶۶. بدنه T₁ ۶۷. لامینای C₇ ۶۸. ترقوه ۶۹. استرنوم ۷۰. دنده اول ۷۱. سطح مفصلی خلفی C₇ ۷۲. زائده مفصلی خلفی C₆ ۷۳. زائده مفصلی قدامی T₁ ۷۴. زائده شوکی T₁ ۷۵. مفصل برجستگی دنده با سطح مفصلی C₇ ۷۶. مفصل سر دنده اول با سطوح مفصلی مهره‌های هفتم سرویکال و مهره اول سینه. R: راست و L: چپ.

گردنی در بسیاری از مهره‌داران، ساختار و عملکرد آنها به طور قابل توجهی در بین گونه‌ها متفاوت است. در مطالعه حاضر ویژگی‌های آناتومیک مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) بر اساس تصاویر توموگرافی کامپیوتری مورد ارزیابی قرار گرفت. قسمت‌های مختلف این مهره‌ها نام‌گذاری و توصیف گردیدند و از نظر مورفومتری نیز اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. بر اساس نتایج این مطالعه مهره C₃ کمترین و مهره C₇ بیشترین VH را در بین مهره‌های گردنی داشت و در سایر مهره‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($P \leq 0.05$) (جدول ۳ و ۴). این یافته با نتایج مطالعه Zancan و Martinez-Pereira در سال ۲۰۱۵، همخوانی داشت (۱۷). در رابطه با پارامتر عرض مهره تفاوت معنی‌داری بین مهره اطلس با سایر مهره‌ها وجود داشت ($P \leq 0.05$) به‌طوری‌که اندازه این پارامتر در مهره اطلس بیش از سایر مهره‌های گردنی بود (جدول ۱). در رابطه با این پارامتر تفاوت معنی‌داری در بین سایر مهره‌ها مشاهده نشد ($P \leq 0.05$) (جدول ۲ تا ۴). این یافته مغایر با مطالعات Nourinezhad و همکاران در سال ۲۰۲۲ بود (۲۱) که این می‌تواند نشان‌دهنده اختلافات گونه‌ای بین جوندگان مختلف باشد.

زائده شوکی مهره هفتم بسیار طولی‌تر از مهره ششم بود و بیشتر به سمت قدام متمایل بود. در این مهره، مسیر زواید عرضی کمی به سمت خلف بودند و سوراخ عرضی بر روی آنها وجود نداشت. سطح مفصلی زائده مفصلی قدامی به سمت پشت و سطح مفصلی زائده مفصلی خلفی به سمت شکمی قرار داشت. در قسمت خلفی بدنه این مهره دو سطح مفصلی کوچک برای مفصل شدن با دنده‌های اول وجود داشتند که در تصاویر عرضی بهتر قابل تشخیص بودند. در این پلن در سطح شکمی این مهره، یک برجستگی ستیغ مانند کوچکی نیز مشاهده شد. ارتفاع این مهره از همه مهره‌های گردنی بیشتر بود و دارای طولی‌ترین زائده شوکی بود (شکل‌های ۱ q تا ۱ s).

در این پژوهش ویژگی‌های مورفومتریکی مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) بررسی و تحت آنالیز آماری قرار گرفت و نتایج آن در جداول ۱ تا ۳ و اشکال ۱ تا ۵ درج شده است.

بحث

مهره‌های گردنی از قسمت‌های مهم ستون مهره‌ها هستند که نقش مهمی در حمایت از سر، تسهیل حرکات گردن و محافظت از نخاع دارند. علی‌رغم وجود هفت مهره



جدول ۱- اندازه‌گیریهای توموگرافی کامپیوتری پارامترهای مهره اطلس در خوکچه‌هندی نر و ماده (بر حسب میلی)

WCCT	WT	CCTDA	CCTVA	HDCaF	VDCaF	HDCrF	VDCrF	VH	VW	میانگین	انحراف معیار	نر
a ₅ /۱۰	a ₁ /۵۵	a ₁ /۹۰	a ₃ /۸۵	a ₅ /۷۹	a ₆ /۲۴	a ₆ /۷۰	a ₆ /۷۳	a ₁₃ /۱۸	a ₁₇ /۴۰	a ₁₇ /۴۰	a ₁₇ /۴۰	میانگین
۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۱۷۰	۰/۱۷۰	۰/۱۷۰	انحراف معیار
b ₄ /۸۰	b ₁ /۴۵	b ₁ /۹۰	b ₃ /۶۰	b ₅ /۵۰	b ₅ /۸۰	b ₆ /۴۰	b ₆ /۴۴	b ₁₁ /۹۷	b ₁₆ /۳۲	b ₁₆ /۳۲	b ₁₆ /۳۲	میانگین
۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	انحراف معیار
۴/۹۵	۱/۵۰	۱/۹۰	۳/۷۳	۵/۶۵	۶/۰۲	۶/۵۵	۶/۵۹	۱۲/۵۷	۱۶/۸۶	۱۶/۸۶	۱۶/۸۶	مجموع
۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	انحراف معیار

عرض مهره (VW)، ارتفاع مهره (VH)، قطر عمودی سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCaF)، طول زائده دندانی (DPL)، قطر زائده دندانی (D)، سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCaF)، طول زائده عرضی (TPL)، طول بدنه (BL)، ارتفاع مهره (VH)، ارتفاع زائده خاری (SH)، ضخامت عرضی زائده خاری (STT)، ضخامت قدامی خلفی زائده خاری (SCCT)، طول زائده دندانی (DPL)، قطر زائده دندانی (D) سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCaF)، طول زائده عرضی (TPL)، طول بدنه (BL)، ارتفاع مهره (VH)، ارتفاع زائده خاری (SH)، ضخامت عرضی زائده خاری (STT)، ضخامت قدامی خلفی زائده خاری (SCCT)، طول زائده دندانی (DPL)، قطر زائده دندانی (D) ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. میانگینهای دارای حروف غیر مشترک b و a در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار میباشد.

($P < .01$)

جدول ۲- اندازه‌گیریهای توموگرافی کامپیوتری پارامترهای مهره آسه در خوکچه‌هندی نر و ماده (بر حسب میلی)

TPL	HDCaF	VDCaF	HDCrF	VDCrF	DPD	DPL	SCCT	STT	SH	VH	BL	نر
a ₄ /۴۶	a ₅ /۰۱	a ₄ /۳۱	a ₄ /۷۱	a ₄ /۶۱	a ₂ /۵۸	a ₃ /۷۷	a ₁ /۷۹	a ₁ /۰۹	a ₅ /۲۱	a ₇ /۶۵	a ₅ /۹۱	میانگین
۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۸	انحراف معیار
b ₄ /۱۴	b ₄ /۶۹	b ₄ /۰۰	b ₄ /۴۹	b ₄ /۳۹	b ₂ /۴۰	b ₃ /۵۱	a ₁ /۷۰	b ₀ /۹۶	b ₄ /۹۹	b ₇ /۳۹	b ₅ /۶۵	میانگین
۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	انحراف معیار
۴/۳۰	۴/۸۵	۴/۱۵	۴/۶۰	۴/۵۰	۲/۴۹	۳/۶۴	a ₁ /۷۴	۱/۰۲	۵/۱۰	۷/۵۲	۵/۷۸	مجموع
۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۵	انحراف معیار

طول بدنه (BL)، ارتفاع مهره (VH)، ارتفاع زائده خاری (SH)، ضخامت عرضی زائده خاری (STT)، ضخامت قدامی خلفی زائده خاری (SCCT)، طول زائده دندانی (DPL)، قطر زائده دندانی (D) سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCaF)، طول زائده عرضی (TPL)، طول بدنه (BL)، ارتفاع مهره (VH)، ارتفاع زائده خاری (SH)، ضخامت عرضی زائده خاری (STT)، ضخامت قدامی خلفی زائده خاری (SCCT)، طول زائده دندانی (DPL)، قطر زائده دندانی (D) ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. میانگینهای دارای حروف غیر مشترک b و a در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار میباشد.



جدول ۳- اندازه‌گیری‌های توموگرافی کامپیوتری پارامترهای مهره‌های سوم تا هفتم گردنی خوکچه‌هندی نرو ماده (بر حسب mm)

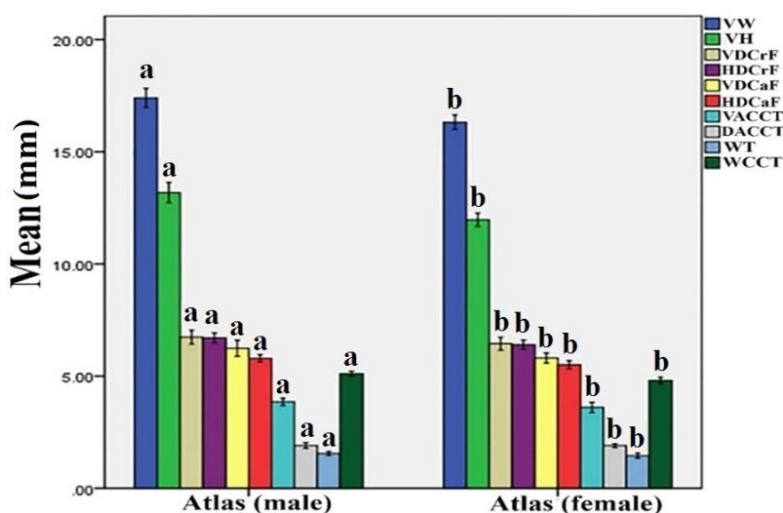
پارامتر	BL	APD	CCLAr	VH	BH	VDCrF	HDCrF	VDCaF	HDCaF
مهره	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین
C3	۵۵/۵۵	۴/۸۶	۲/۸۱	۶/۸۹	۲/۵۵	۳/۶۵	۵/۳۱	۴/۱۹	۵/۶۰
ماده	۵۵/۲۱	۴/۴۳	۲/۶۲	۶/۶۴	۲/۴۰	۳/۴۲	۵/۰۵	۴/۰۲	۵/۲۱
C4	۹۳/۴۳	۶/۰۱	۲/۷۵	۷/۸۵	۲/۶۵	۴/۱۴	۵/۷۵	۴/۸۰	۶/۱۴
ماده	۴۰/۴۰	۵/۵۹	۲/۶۲	۷/۶۸	۲/۴۸	۳/۹۶	۵/۵۵	۴/۶۴	۵/۸۵
C5	۹۰/۹۰	۵/۷۳	۳/۰۰	۸/۱۴	۲/۸۰	۴/۱۵	۶/۰۷	۴/۳۱	۵/۸۵
ماده	۴۱/۴۱	۵/۳۲	۲/۸۹	۷/۸۹	۲/۶۱	۳/۹۶	۵/۸۴	۴/۱۰	۵/۴۴
C6	۲۵/۲۵	۵/۸۱	۲/۲۴	۷/۹۹	۲/۷۵	۳/۹۰	۵/۷۸	۳/۷	۵/۹۷
ماده	۸۴/۸۴	۵/۴۱	۲/۱۵	۷/۷۳	۲/۵۲	۳/۷۰	۵/۵۳	۳/۵۶	۵/۵۴
C7	۸۴/۸۴	۵/۹۰	۲/۲۱	۹/۰۱	۲/۶۹	۳/۹۴	۵/۵۳	۴/۲۹	۶/۰۰
ماده	۳۷/۳۷	۵/۵۰	۲/۰۶	۸/۷۸	۲/۵۱	۳/۷۴	۵/۳۵	۴/۰۹	۵/۶۴
مجموع	۶۹/۶۹	۵/۶۶	۲/۶۰	۷/۹۷	۲/۶۹	۳/۹۵	۵/۶۸	۴/۲۷	۵/۹۱
ماده	۲۴/۲۴	۵/۲۵	۲/۴۷	۷/۷۴	۲/۵۰	۳/۷۶	۵/۴۶	۴/۰۸	۵/۵۴
انحراف معیار	۶۵/۶۵	۴/۴۵	۳/۳۴	۷/۷۲	۱/۱۶	۲/۲۴	۳/۳۰	۴/۳۹	۵/۲۴

طول بدنه (BL)، فاصله زوایید مفصلی (APD)، طول قدامی خلفی کمان (CCLAr)، ارتفاع مهره (VH)، ارتفاع بدنه (BH)، قطر عمودی سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCaF). $P \leq 0.05$ معنی دار و حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک با b در هر ستون (در هر مهره گردن) نشان‌دهنده اختلاف معنی دار است.

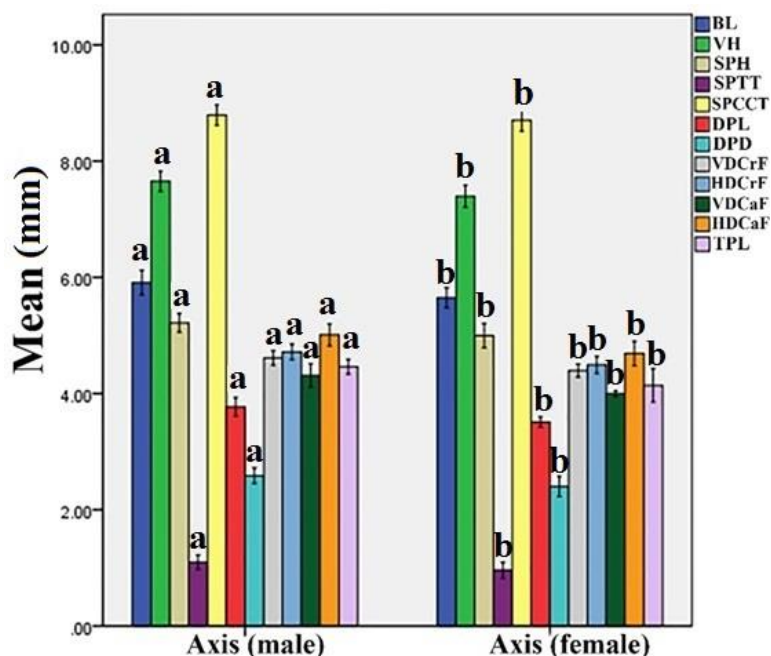
مقدار پارامترهای VDCrVF و TDCrVF در مهره اطلس بیش از سایر مهره‌ها بود باوجود این تفاوت آماری معنی‌داری در مقادیر این پارامترها در بین مهره‌ها دیگر وجود نداشت ($P \leq 0.05$) (جدول ۱). این یافته مشابه نتایج مطالعات Boonsri و همکاران در سال ۲۰۲۱ بود (۳). Nourinezhad و همکاران در سال ۲۰۲۲، گزارش کرده‌اند مهره اطلس در خوکچه‌های حبشی متشکل از یک استخوان حلقه‌ای با دو توده جانبی بزرگ است که این دو توده توسط یک قوس پشتی و یک قوس شکمی به همدیگر

متصل شده‌اند و قوس پشتی از قوس شکمی وسیع‌تر است. همچنین آنان در این تحقیق خود بیان داشته‌اند که قوس پشتی دارای یک برآمدگی پشتی پهن و تک قسمتی کوچکی در قسمت میانی خود است و قوس شکمی نیز دارای یک برآمدگی کوچک شکمی در قسمت خلفی خود می‌باشد (۲۲). اما بر خلاف این، نتایج ما در خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) نشان می‌دهد که برآمدگی پشتی در قسمت قدامی و برآمدگی شکمی در قسمت خلفی این قوس‌ها قرار داشتند.

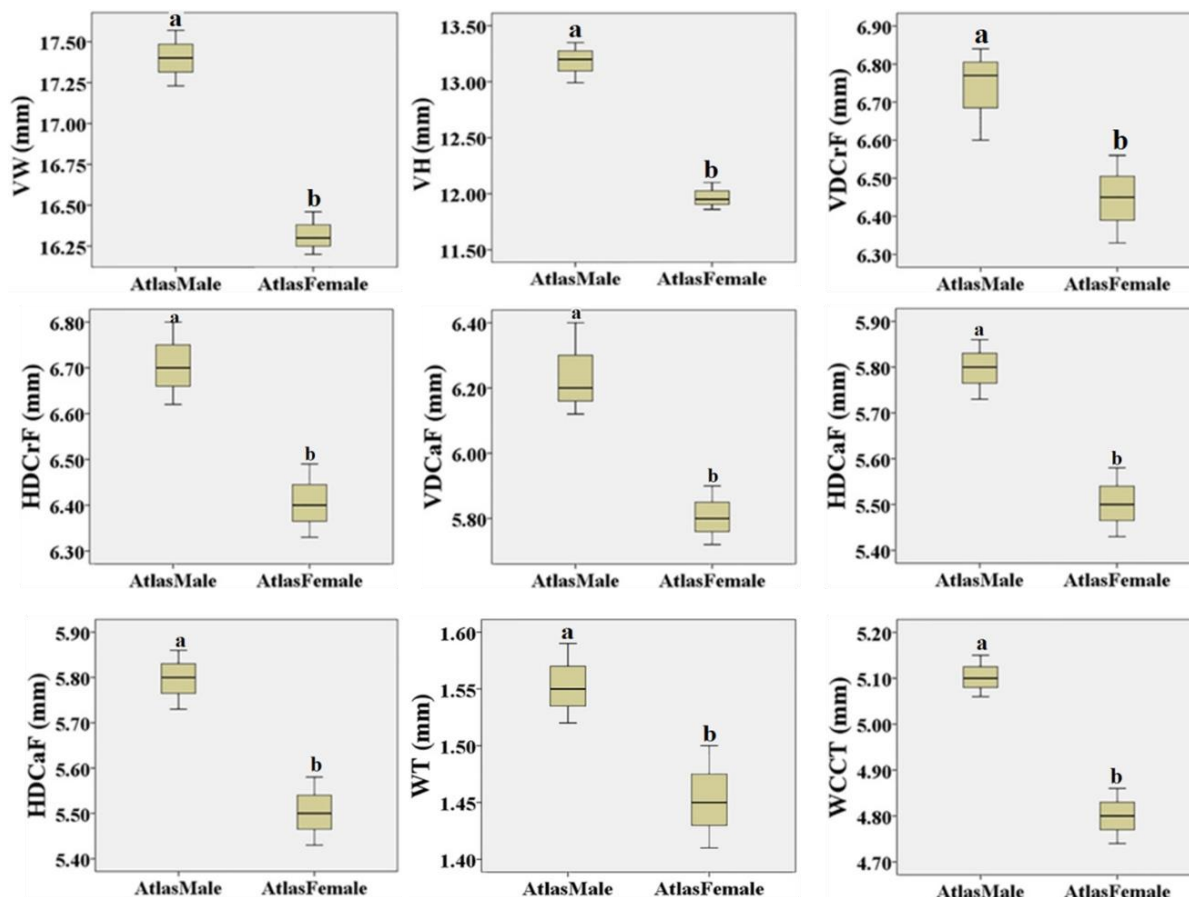




شکل ۲- نمودار پارامترهای مورفومتریک مهره اطلس (بر حسب میلی‌متر) در خوکچه‌های هندی نر و ماده. عرض مهره (VW)، ارتفاع مهره (VH)، قطر عمودی سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCAf)، ضخامت قدامی خلفی کمان شکمی (CCTVA)، ضخامت قدامی خلفی کمان پشتی (CCTDA)، ضخامت بال (WT) و ضخامت قدامی خلفی بال (WCCT). $P \leq 0.05$ معنی دار و حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک a و b در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می‌باشد.



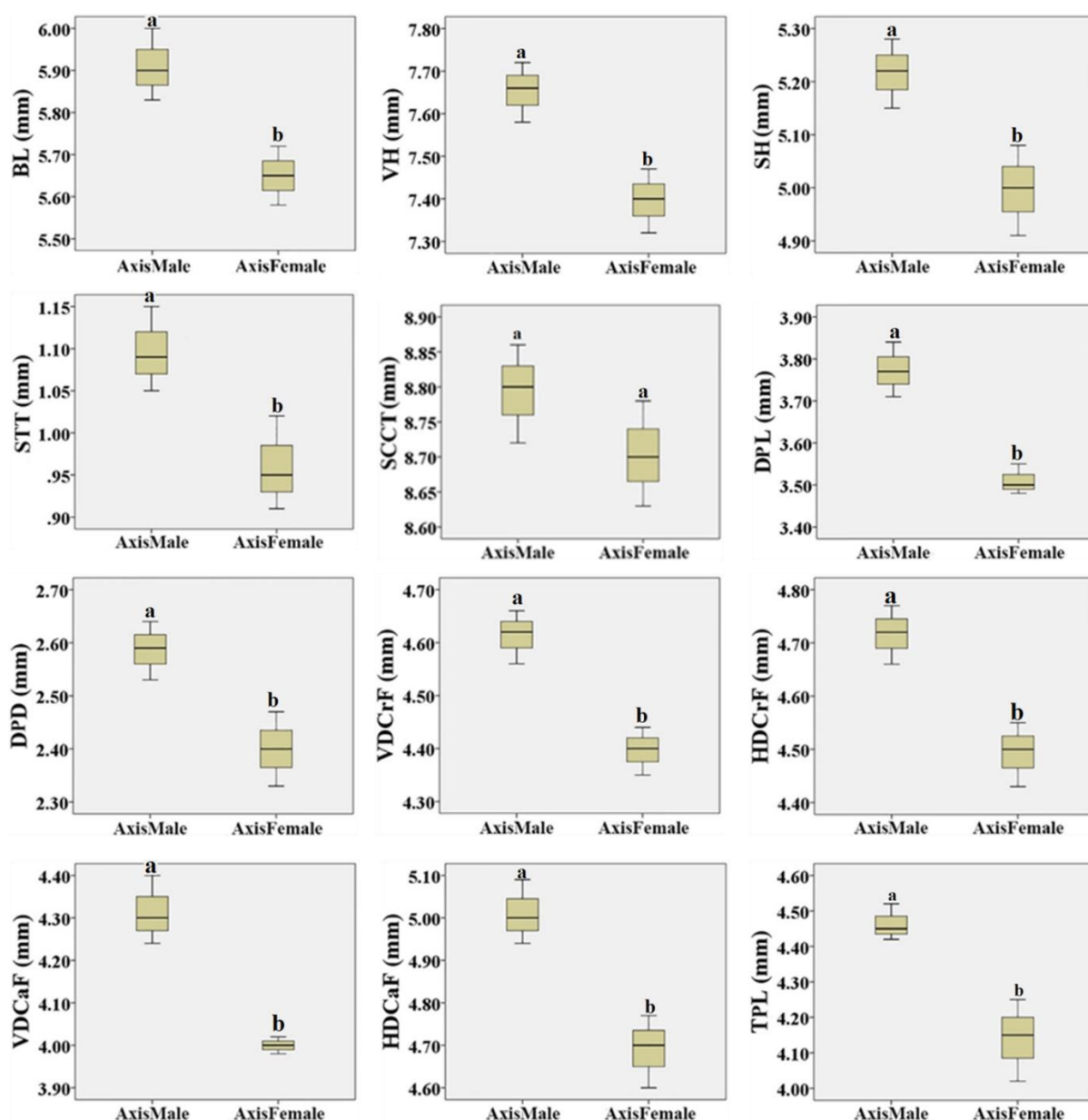
شکل ۳- نمودار پارامترهای مورفومتریک مهره آسه (بر حسب میلی‌متر) در خوکچه‌های هندی نر و ماده. طول بدنه (BL)، ارتفاع مهره (VH)، ارتفاع زائده خاری (SH)، ضخامت عرضی زائده خاری (STT)، ضخامت قدامی خلفی زائده خاری (SCCT)، طول زائده دندانی (DPL)، قطر زائده دندانی (DPD)، قطر عمودی سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCAf) و طول زائده عرضی (TPL). $P \leq 0.05$ معنی دار و حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک a و b در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می‌باشد.



شکل ۴- (نمودار جعبه‌ای) مقایسه پارامترهای مهره اطلس در خوکچه‌های هندی نر و ماده. عرض مهره (VW)، ارتفاع مهره (VH)، قطر عمودی سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCaF)، ضخامت قدامی خلفی کمان شکمی (CCTVA)، ضخامت قدامی خلفی کمان پشتی (CCTDA) و ضخامت بال (WT). $P \leq 0.05$ معنی‌دار و حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک a و b در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

است در مهره اطلس سوراخ عرضی، سطح پشتی پایه بال را تقریباً به صورت عمودی سوراخ می‌کند (۳۵). لذا نتایج مطالعه ما در رابطه با مهره اطلس خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) می‌تواند آناتومی مقایسه‌ای این جنده را با سایر گونه‌ها مطرح نماید. با توجه به یافته‌های ما این اختلاف آناتومیک می‌تواند به دلیل موقعیت‌های نسبی متفاوت شریان، ورید و اعصاب عبوری مربوط به این مهره در بین گونه‌های مختلف چونندگان باشد.

بر اساس یافته‌های ما زوایای عرضی هر دو طرف مهره اطلس از محلی که دو کمان به یکدیگر می‌رسیدند به صورت جانبی توسعه یافته بودند و در سطح شکمی این زوایای حفره‌هایی وجود داشتند که محل عبور عروق خونی بودند و سطح شکمی بال توسط کانالی به سوراخ عرضی (در لبه خلفی بال) منتهی می‌شد که این یافته مغایر با مطالعه Steen در سال ۲۰۲۲، بود چرا که او با تحقیق بر روی مهره‌های گردنی خوکچه‌های پرویی و حبشی گزارش کرده



شکل ۵- (نمودار جعبه‌ای) مقایسه پارامترهای مهره آسه در خوکچه‌های هندی نر و ماده. ارتفاع مهره (VH)، ارتفاع (BL)، طول بدنه (BL)، طول زائده خاری (SH)، ضخامت عرضی زائده خاری (STT)، ضخامت قدامی خلفی زائده خاری (SCCT)، طول زائده دندان (DPL)، قطر عمودی سوراخ زائده دندان (DPD)، قطر عمودی سوراخ قدامی مهره (VDCrF)، قطر افقی سوراخ قدامی مهره (HDCrF)، قطر عمودی سوراخ خلفی مهره (VDCaF)، قطر افقی سوراخ خلفی مهره (HDCaF) و طول زائده عرضی (TPL). $P \leq 0.05$ معنی دار و حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک با b در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می‌باشد.

باشد. سوراخ جانبی در قسمت قدامی - پشتی، قوس پشتی مهره اطلس قرار داشت. سطح مفصلی قدامی این مهره به شکل یک حفره مفصلی بود که با کندیل‌های پس‌سری استخوان جمجمه مفصل می‌شود تا امکان باز شدن و خم شدن آزاد سر را فراهم آورد. سطح مفصلی خلفی شامل دو سطح مفصلی زین اسبی شکل کم‌عمق بود و یک مفصل

در لبه قدامی بال‌های مهره اطلس، بریدگی‌های بالی (آلار) وجود داشتند. در سطح تحتانی بال اطلس شیاری دیده می‌شد که بریدگی آلار را به سوراخ جانبی این مهره متصل می‌کند. با بررسی مطالعات قبلی انجام گرفته این یافته برای اولین بار گزارش می‌گردد و باز می‌تواند مبین آناتومی مقایسه‌ای این حیوان با سایر گونه‌های خوکچه



متحرک را با مهره محور تشکیل می‌داد. قسمت خلفی سطح پشتی قوس شکمی، حفره‌ای مقعر را نشان می‌داد که محل مفصل شدن زائده دندانی استخوان محور بود. این یافته‌ها مشابه مطالعات Silva و همکاران در سال ۲۰۱۶ (۳۱)، Proks و همکاران در سال ۲۰۲۱ (۲۶) و Santos و همکاران در سال ۲۰۱۶ (۲۹) بودند و در این موارد تفاوت خاصی بین گونه‌های مختلف خوکچه‌ها مشاهده نشد.

در خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*)، بدنه مهره C2 در سطح پشتی و شکمی صاف، از بالا به پایین فشرده شده و نسبتاً طویل بود و زائده ادنتوئید تقریباً به استخوان پس‌سری می‌رسید. این ویژگی‌ها مشابه سایر گونه‌های مختلف خوکچه‌ها و حتی جوندگانی مثل موش‌ها و خرگوش‌ها است (۱۱ و ۳۴).

در مطالعه‌ای Evans و Benato در سال ۲۰۲۴، گزارش کرده‌اند در خوکچه‌های هندی، ستیغ شکمی موجود بر روی بدنه مهره C2 در قسمت‌های قدامی و خلفی آن برجسته هستند به طوری که این ویژگی باعث می‌شود سطح شکمی بدنه مهره C2 به دو قسمت تقسیم شود (۱۰). اما بر اساس نتایج مطالعه ما ستیغ شکمی موجود بر روی بدنه مهره C2 در قسمت قدامی، نامشخص ولی در قسمت خلفی کاملاً برجسته و واضح بود. با توجه به این نتایج، نوع آناتومی ستیغ شکمی مهره C2 خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) با سایر گونه‌های خوکچه فرق داشته و می‌تواند به عنوان آناتومی مقایسه‌ای این حیوان با گونه‌های دیگر خوکچه مطرح گردد.

زائده خاری مهره C2 در قسمت قدامی نازک و در قسمت خلفی ضخیم بود. انتهای قسمت قدامی و خلفی این مهره به ترتیب به سمت C1 و C3 گردنی کشیده شده بود. انتهای خلفی زائده شوکی، یک برآمدگی مشخص داشت که دارای برجستگی‌های جانبی بود که به سمت پایین امتداد یافته و به زواید مفصلی خلفی متصل می‌شدند که این یافته‌ها مشابه مطالعات قبلی بودند (۱۹ و ۳۹). البته Chawla و همکاران در سال ۲۰۲۱، در طی یک مطالعه‌ای اعلام کرده‌اند که این برآمدگی در رت نوک تیز است و آن را به عنوان یک شاخص آناتومی متفاوت در بین جوندگان

مطرح نموده‌اند (۶). زواید عرضی مهره محور در جوندگان باریک، تیغه مانند با لبه شکمی تیز و در جهت خلفی-شکمی هستند و در قاعده زواید عرضی یک سوراخ عرضی نسبتاً بزرگ دیده می‌شود. در کنار زائده دندانی و بر روی بدنه دو سطح مفصلی قدامی محدب مشخص و مثلثی شکل وجود دارد (۱۲) که این ویژگی‌های آناتومی دقیقاً در مهره C2 خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) نیز مشاهده گردید.

بر اساس نتایج این مطالعه طول بدنه مهره‌ها به تدریج از مهره‌های C2 تا C5 کاهش می‌یافت (جداول ۳ و ۴). سطح مفصلی قدامی مهره‌های تیپیک نسبتاً محدب و سطح مفصلی خلفی آن‌ها کمی مقعر بود (شکل ۱). این یافته‌ها مطابق با مطالعات انجام شده در سایر جوندگان نظیر راکن‌ها و سمورها بود (۱۳ و ۲۸).

ستیغ شکمی موجود بر روی بدنه مهره‌های C3-C5 خوکچه‌هندی تا حدودی مشخص بود (به‌خصوص در انتهای خلفی آنها) اما در مهره‌های C6 و C7 نامشخص بود که این ساختار آناتومی مشابه سایر گونه‌های خوکچه‌ها بود (۱۲). البته لازم به ذکر است که در موش رت و خرگوش ستیغ شکمی در بدنه مهره‌های تیپیک و مهره C6 واضح نیست (۶).

طبق نتایج ما زوائد شوکی مهره‌های C3-C7 به سمت قدام بودند و طول آن‌ها از قدامی به خلفی افزایش می‌یافت که این یافته‌ها مشابه مطالعات قبلی بودند (۷) با این تفاوت که زائده شوکی مهره C3 خوکچه‌هندی به‌صورت یک توپرکل پهن و کوچک بود و در مهره C7 این زائده تقریباً در جهت عمودی توسعه یافته بود.

زواید عرضی هر یک از مهره‌های تیپیک گردنی خوکچه‌هندی به‌صورت یک صفحه کوچک یک‌قسمتی بودند که این ساختار در سایر گونه‌های خوکچه نیز دیده می‌شود. بر اساس مشاهدات ما زائده عرضی مهره C6 خوکچه‌هندی دارای یک برآمدگی شکمی وسیعی بود که یک صفحه سهمی را تشکیل می‌داد که از قسمت پشتی توسط یک بریدگی از هم جدا شده بودند. این ویژگی منحصر به فرد مهره C6 خوکچه‌هندی (*Cavia*)



گردنی و زواید تشکیل دهنده آن‌ها در خوکچه‌هندی مورد استفاده قرار گیرد.

قدردانی و تشکر

بدین‌وسیله نویسندگان از معاونت محترم پژوهشی و تمام دستیاران محترم بخش رادیولوژی و آناتومی دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه به دلیل همکاری در انجام مطالعه حاضر تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

منابع

- 1- Bartáková A, Nováková M, Stracina T. Anesthetized Guinea Pig as a Model for Drug Testing. *Physiological Research*. 2022; 71(6 Suppl 2):S211.
- 2- Bertolini F, Gandolfi B, Kim ES, Haase B, Lyons LA, Rothschild MF. Evidence of selection signatures that shape the Persian cat breed. *Mammalian Genome*. 2016; 27:144-55.
- 3- Boonsri B, Nganvongpanit K, Buddhachat K, Punyapornwithaya V, Kongtueng P, Kaewmong P, et al. Morphometric analysis of cervical vertebrae in some marine and land mammals. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2021; 50(5):812-25.
- 4- Bouxsein ML, Boyd SK, Christiansen BA, Guldberg RE, Jepsen KJ, Müller R. Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography. *Journal of bone and mineral research*. 2010; 25(7):1468-86.
- 5- Cameron K, Holder H, Connor R. Cross-sectional survey of housing for pet guinea pigs (*Cavia porcellus*) in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*. 2022; 70(4):228-32.
- 6- Chawla S, Jena S, Nayak S. The Laboratory Guinea Pig. *Essentials of Laboratory Animal Science: Principles and Practices*. 2021:239-51.
- 7- Cohen S, Ho C. Review of rat (*Rattus norvegicus*), mouse (*Mus musculus*), guinea pig (*Cavia porcellus*), and rabbit

porcellus) می‌تواند آن را از سایر گونه‌های جوندگان متمایز سازد و در آناتومی مقایسه‌ای این گونه‌های جانوری مطرح گردد.

مهره C7 خوکچه‌هندی دارای دو سطح مفصلی کوچک برای مفصل شدن با دنده‌های اول بود و زواید عرضی آن نیز منفرد بودند. مهره‌های C3-C6 دارای سوراخ‌های عرضی مشخص بودند؛ اما مهره C7 فاقد سوراخ‌های عرضی بود. مهره C7 شبیه مهره اول سینه دارای بریدگی‌های مهره‌ای قدامی و خلفی عمیقی بود که با مهره T1 و C6 سوراخ‌های بین مهره‌ای بزرگی را تشکیل می‌داد که این یافته‌ها مشابه مطالعات پیشین بود (۲ و ۳۳). بر اساس مشاهدات ما در قسمت پشتی زواید مفصلی خلفی مهره C7 خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) برآمدگی وجود داشت که عضله چندپاره (*Multifidus muscle*) به آن متصل می‌شد. طبق بررسی‌های ما این یافته در مطالعات انجام‌یافته قبلی گزارش نشده است؛ لذا احتمال آن می‌رود که این ویژگی آناتومیکی نیز مختص خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) باشد و پیشنهاد می‌شود که این مورد در مطالعات آتی بررسی شود.

بررسی ویژگی‌های آناتومیکی مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی (*Cavia porcellus*) بر اساس تصاویر توموگرافی کامپیوتری می‌تواند به شناسایی خصوصیات آناتومیکی، بررسی گونه‌های مختلف آن و ارزیابی موارد پاتولوژیکی آن مفید و مؤثر واقع گردد. مهره‌های گردنی خوکچه‌های هندی در مقایسه با سایر جانداران مهره‌دار طیف وسیعی از سازگاری‌های آناتومیکی را نشان می‌دهند که منعکس‌کننده نیازهای اکولوژیکی متنوع و نیازهای عملکردی هر گونه است. خوکچه‌های هندی با مهره‌های گردنی کوتاه و فشرده‌شان برای سبک زندگی بی‌تحرك سازگار شده‌اند. در این مطالعه بررسی‌های دقیق و اختصاصی بر روی مهره‌های گردنی خوکچه‌هندی صورت گرفت و قسمت‌های مختلف تشکیل‌دهنده این مهره‌ها و مفاصل مربوط به آنها بررسی و اندازه‌گیری شده و حدود نرمال آنها نیز تعیین شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده در این مطالعه می‌تواند در تفسیر نتایج و تصمیم‌گیری‌های بالینی برای تعیین اندازه طبیعی و غیرطبیعی مهره‌های



- hamster, guinea pig and rabbit colonies in breeding and experimental units. Laboratory animals. 2014; 48(3):178-92.
- 17- Martinez-Pereira MA, Zancan DM. Comparative anatomy of the peripheral nerves. Nerves and nerve injuries: Elsevier; 2015. p. 55-77.
- 18- Maženský D, Flešárová S, Prokeš M. ARTERIES OF THE CERVICAL SPINAL CORD IN THE GUINEA PIG. FOLIA. 2014; 58(4):220-3.
- 19- McCready JE, Barboza T. Rodent Pediatrics. Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice. 2024; 27(2):193-219.
- 20- McDougall JJ, Andruski B, Schuelert N, Hallgrímsson B, Matyas JR. Unravelling the relationship between age, nociception and joint destruction in naturally occurring osteoarthritis of Dunkin Hartley guinea pigs. PAIN®. 2009; 141(3):222-32.
- 21- Nourinezhad J, Rostamizadeh V, Ranjbar R. Morphotopographic characteristics of the extrinsic innervation of the heart in guinea pigs (*Cavia porcellus*). Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger. 2022; 242:151911.
- 22- Nourinezhad J, Tabrizinejad MN, Janeczek M. Detailed gross anatomy and topography of the sympathetic cardiac nerves and related ganglia in Syrian hamsters (*Mesocricetus auratus*). Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger. 2022; 239:151842.
- 23- Okada M, Kitagawa M, Nagasawa A, Itou T, Kanayama K, Sakai T. Magnetic resonance imaging and computed tomography findings of vertebral osteosarcoma in a cat. Journal of Veterinary Medical Science. 2009; 71(4):513-7.
- 24- Özkadif S, Eken E, Kalaycı İ. A three-dimensional reconstructive study of pelvic cavity in the New Zealand rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). The Scientific World Journal. 2014; 2014.
- (*Oryctolagus cuniculus*) indicators for welfare assessment. Animals. 2023;13(13):2167
- 8- De Silva M. Gross and Microscopic Morphological Anatomical Study of the Guinea Pig (*Cavia porcellus*) and the Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), Aimed at the Preparation of a Comparative Anatomical Atlas of the Different Systems. 2022.
- 9- Del Chicca F, Puccinelli C, Petrini D, Citi S. Incidental Findings in Computed Tomography Examination of the Head in Rabbits and Guinea Pigs. Veterinary Sciences. 2023; 10(8):504.
- 10- Evans E, Benato L. Pain management in pet guinea pigs (*Cavia porcellus*): a review of limitations of current knowledge and practice. Veterinary Anaesthesia and Analgesia. 2024.
- 11- Flesarova S, Mazensky D, Supuka P. Study of possible anatomical arrangement of the vertebral artery in guinea pig. Biologia. 2015; 70:547-52.
- 12- Gómez Martin N, Domínguez Miño E, García de Carellán A, Vilalta Solé L. Abdominal ultrasound features and reference values in healthy guinea pigs (*Cavia porcellus*). Veterinary Record. 2024;194(2):no-no.
- 13- Harano T, Kutsukake N. Body size evolution in otters distinguished from terrestrial mustelids. Journal of Evolutionary Biology. 2024; 37(2):152-61.
- 14- Keane M, Paul E, Sturrock CJ, Rauch C, Rutland CS. Computed tomography in veterinary medicine: currently published and tomorrow's vision. Computed tomography-advanced applications. 2017:271-89.
- 15- Korim F, Kuricová M. Are the Variations of the Vascular System in Neurology Underestimated? Folia Veterinaria. 2022; 66(3):74-9.
- 16- Mähler M, Berard M, Feinstein R, Gallagher A. FELASA recommendations for the health monitoring of mouse, rat,



- 35- Steen M. Experimental infection of moose (*Alces alces*) with *Elaphostrongylus* spp. (Nematoda, protostrongylidae) originating from reindeer (*Rangifer tarandus*) and moose, with special emphasis on clinical signs, gross-and microscopic lesions, and predilection sites. *Alces: A Journal Devoted to the Biology and Management of Moose*. 2022; 58:113-27.
- 36- Veterinaria NA. International committee on veterinary gross anatomical nomenclature (ICVGAN). Published by the Editorial Committee, Hannover. 2017.
- 37- Wilczyńska A, Komsta R, Szadkowski M, Ziętek J, Adaszek Ł. Prevalence of *Encephalitozoon cuniculi* Infection in Guinea Pigs (*Cavia porcellus*) in Poland with Different Clinical Disorders—A Pilot Study. *Animals*. 2023;13(12):1992.
- 38- Wilhite R, Wölfel I. 3D Printing for veterinary anatomy: An overview. *Anatomia, histologia, embryologia*. 2019; 48(6):609-20.
- 39- Witkowska A, Alibhai A, Hughes C, Price J, Klisch K, Sturrock CJ, et al. Computed tomography analysis of guinea pig bone: architecture, bone thickness and dimensions throughout development. *PeerJ*. 2014; 2:e615.
- 40- Zipser B, Schleking A, Kaiser S, Sachser N. Effects of domestication on biobehavioural profiles: a comparison of domestic guinea pigs and wild cavies from early to late adolescence. *Frontiers in zoology*. 2014; 11(1):1-14.
- 25- Pignon C, Mayer J. Guinea pigs. Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery Elsevier. 2020; 270-97.
- 26- Proks P, Johansen TM, Nývtová I, Komenda D, Černochová H, Vignoli M. Vertebral formulae and congenital vertebral anomalies in guinea pigs: A Retrospective Radiographic Study. *Animals*. 2021; 11(3):589.
- 27- Randall EK. PET-computed tomography in veterinary medicine. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2016; 46(3):515-33.
- 28- Reinecke T, Angielczyk K. Raccoons Reveal Hidden Diversity in Trabecular Bone Development. *Integrative Organismal Biology*. 2024; 6(1):obae038.
- 29- Santos ACd, Miglino MA, Silva FM, Alcantara D, Carvalho R. CDevelopment of the central nervous system in guinea pig (*Cavia porcellus*, Rodentia, Caviidae). (2016).
- 30- Schwarz T, Saunders J. Veterinary computed tomography: John Wiley & Sons; 2011.
- 31- Silva FM, Alcantara D, Carvalho RC, Favaron PO, Santos ACd, Viana DC, et al. Development of the central nervous system in guinea pig (*Cavia porcellus*, Rodentia, Caviidae). *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2016; 36(08):753-60.
- 32- Spotorno AE, Marín JC, Manríquez G, Valladares J, Rico Ed, Rivas C. Ancient and modern steps during the domestication of guinea pigs (*Cavia porcellus* L.). *Journal of Zoology*. 2006; 270(1):57-62.
- 33- Stan F. Anatomical Particularities of Male Reproductive System of Guinea Pigs (*Cavia porcellus*). *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca Veterinary Medicine*. 2015;72(2).
- 34- Stan F. Anatomical differences and similarities of the pancreas in guinea pig (*Cavia porcellus*) and domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). 2017.



Radioanatomical study of guinea pig cervical vertebrae based on CT scan findings

Zahra Yaghobzadeh¹; Nohammadreza Hosseini^{2*}; Siamak Alizadeh³

1. D.V.M. Graduate Student, Faculty of Veterinary Medicine, Ur. C., Islamic Azad University, Urmia- Iran.
2. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Ur. C., Islamic Azad University, Urmia- Iran.
3. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Nag. C., Islamic Azad University, Naghadeh- Iran.

Received: 13 April 2024

Accepted: 16 December 2025

Summary

This study aimed to investigate the morphology and morphometry of the cervical vertebrae of guinea pigs (*Cavia porcellus*) based on computed tomography (CT) images. In this descriptive cross-sectional study used 10 healthy guinea pigs (5 males and 5 females). Following anesthesia of each guinea pig, CT scans were performed from the beginning of the atlas vertebra to the extremity of the seventh cervical vertebra in the transverse, sagittal, and dorsal planes. According to the findings of this study, the wings of the atlas vertebra are wide and each process has a lateral foramen that is better visible in the dorsal plane. In the middle of the alar notch of this vertebra, a groove is visible that leads to the lateral foramen of this vertebra. The odontoid process or dens of the C2 vertebra is seen as an elongated, rounded protrusion on sagittal and dorsal CT images. The transverse process of the C6 vertebra has with ventral portion and a dorsal portion separated by a notch. The C3 and C7 vertebrae had the lowest and highest VH respectively ($P \leq 0.05$). The values of TDCrVF and VDCrVF parameters in the atlas vertebra were higher than in other vertebrae ($P \leq 0.05$). The findings of this study can be utilized to the teaching of computed tomographic anatomy of the cervical vertebrae of the guinea pig, the interpretation of CT scan images, as well as performing clinical and treatment examinations this lovely pet.

Keywords: Anatomy, Computed tomography, Guinea pig, Cervical vertebrae

* Corresponding Author: hosseini.m@iau.ac.ir

