

بررسی تأثیر رشد آلومتریک بر صفات ریختی جمجمه گرگ (*Canis lupus*) با استفاده از روش تراس هندسی

رسول خسروی و محمد کابلی *

گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

گرگ (*Canis lupus*) گوشتخواری با گستره پراکنش وسیع در سطح زیستگاه‌های کشور است که تنوع ریختی بالایی را در این گستره نشان می‌دهد. مطالعه حاضر، به بررسی رشد آلومتریک و تغییرات هندسی در فک بالایی جمجمه این گونه همراه همزمان با افزایش رشد پرداخته است. بدین منظور ۳۵ جمجمه از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری و به دو گروه بالغ و نابالغ تقسیم‌بندی شدند. هشت نقطه قابل تعیین بر روی دید پشتی جمجمه تعیین و یک شبکه تراس بر روی جمجمه ترسیم شد. سپس ۱۷ زاویه حاصل از اتصال این نقاط ترسیم و در پنج شکل هندسی از قسمت‌های عقبی، جلویی و کل جمجمه مورد بررسی قرار گرفت و همبستگی هر زاویه با نمایه جمجمه و دیگر زاویه‌های هر شکل بررسی شد. کاهش زاویه‌های بین بیرونی‌ترین نقطه قسمت پسین جمجمه بر روی تیغه ساجیتال، نقطه اتصال خطوط بینی در محل پیشانی، بیرونی‌ترین نقاط جانبی دو محور زیگوماتیک و بیرونی‌ترین نقطه پیشین جمجمه میان دندان‌های پیشین و همبستگی منفی زاویه‌های این قسمت از جمجمه نشان داد که افزایش پهنای زیگوماتیک در جمجمه گرگ‌ها در مقایسه با طول کلی جمجمه رشد بیشتری دارد که این امر سبب افزایش نمایه جمجمه همزمان با افزایش رشد گونه می‌شود. نتایج بررسی‌های هندسی نشان داد که قسمت عقبی جمجمه همزمان با افزایش رشد، رشد طولی بیشتری نسبت به افزایش پهنای جعبه جمجمه دارد. از طرف دیگر قسمت‌های پیشین جمجمه رشد عرضی بیشتری در مقایسه با رشد طولی این قسمت داشته که سبب پهن‌تر شدن این قسمت از جمجمه همزمان با افزایش رشد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تراس هندسی، رشد آلومتریک، ریخت‌سنجی، گرگ، نمایه جمجمه، نیم فک بالایی

مقدمه

(Onar and Gunes, 2003). تعیین نمایه‌ها و نشانگرها

ابزاری مهم در بررسی و تعیین تفاوت‌های ریختی افراد همراه همزمان با افزایش رشد است. روش‌های متنوعی به منظور بررسی تغییرات ریختی در بین افراد و یا

بررسی تغییرات ریختی جمجمه اهمیت بسزایی در تعیین تغییرات شکل جمجمه و الگوهای آن در افراد یک گونه در نتیجه تکامل و افزایش رشد دارد

Zelditch *et al.*, Cardini and Tongiorgi, 2003)
(Milenkovic *et al.*, 2010؛ 2004).

تحلیل و بررسی تراس هندسی روشی منظم به منظور بررسی تغییرات درون گونه‌ای در بررسی‌های ریخت‌سنجی است (Strauss and Bookstein, 1982). در این روش، شبکه‌ای از نشانگرها بر روی جمجمه تعریف و فاصله بین نشانگرها یا زوایای بین آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. از آنجا که در روش تراس پوشش منظمی از نقاط بر روی جمجمه تعریف شده، بنابراین، این روش در بررسی‌های ریخت‌شناسی درون‌گونه‌ای دقت بالایی دارد. روش‌های هندسی بیشتر در جوندگان و نخستین‌ها استفاده شده است، اما در بررسی‌های تکاملی گوشتخواران نیز به کار رفته است (Goswami, 2006؛ Christiansen, 2008؛ Figueirido *et al.*, 2009). تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با تغییرات ریخت‌سنجی جمجمه سگ‌سانان صورت گرفته است که در بیشتر این مطالعات از روش‌های هندسی برای این منظور استفاده شده است (Brehm *et al.*, 1985؛ Hidaka *et al.*, 1991؛ Onar, 1997؛ Lignereux *et al.*, 1991؛ Onar *et al.*, 2001؛ Jouve *et al.*, 2001؛ Milenkovic *et al.*, 2003؛ Onar and Gunes, 2003). 2010).

تنوع زیاد در شکل و اندازه جمجمه سگ‌سانان در قیاس با گربه‌سانان سبب شکل‌گیری تنوع گونه‌ای بالا در این خانواده شده است (Vila *et al.*, 1993؛ Evans, 1993). 1999). گرگ خاکستری (*Canis lupus*)، گوشتخواری با محدوده پراکنش وسیع در جهان است که از کانادا و آمریکای شمالی تا کشورهای آسیایی از جمله ایران

گونه‌های مختلف معرفی شده است. در روش‌های سنتی به دلیل متمرکز بودن بر اندازه‌های موجود در جمجمه، استفاده تکراری از نقاط مشخص روی جمجمه، اندازه‌گیری‌های متعدد در یک جهت از جمجمه و نادیده گرفتن سایر جهات، عدم پوشش کامل از شکل نمونه و عدم وزندهی یکسان به تمامی بخش‌های بدن، امکان بروز خطا بالاست (Turan, 1999). همچنین یکی از نکات مهم در بررسی‌های ریخت‌شناسی، توجه به رشد آلومتریکی گونه و تأثیر آن بر تغییرات صفات ریختی در افراد یک گونه همزمان با افزایش سن است که در روش‌های سنتی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Strauss and Bookstein, 1982).

روش‌های ریخت‌سنجی تراس هندسی ابزاری قوی در توصیف و تحلیل شکل‌های زیست‌شناختی افراد یک گونه هستند (Rohlf and Marcus, 1993؛ Dryden and Mardia, 1998). این روش‌ها به دلیل استفاده از نشانگرهای آناتومی همچون نشانگرهای کالبدی، ریاضیاتی و کاذب، سنجش زاویه‌ها و فواصل نسبت به هم، پوشش یک شبکه کامل از نشانگرها در سطوح مختلف جمجمه، تعیین و برطرف کردن خطاهای تصادفی و استاندارد کردن اندازه‌ها به منظور مقایسات درون‌گونه‌ای از دقت بیشتری در مطالعات ریخت‌سنجی برخوردار هستند (Ohiggins, 2000؛ Dryden and Mardia, 1998). از آنجا که در این روش‌ها مؤلفه‌های تغییرات ریختی مربوط به شکل و اندازه به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد، بنابراین استفاده از این روش‌ها در مقایسه با روش ریخت‌سنجی سنتی از اولویت بیشتری برخوردار است

گسترش دارد (Mech, 1970). تغییرات بارز در خصوصیات ریخت شناختی نظیر رنگ بدن، اندازه بدن و استخوان‌ها به ویژه جمجمه، رفتار و دیگر خصوصیات ریختی در بین جمعیت‌های نواحی مختلف سبب شده است تا این گونه به زیرگونه‌های متعددی تفکیک شود، به طوری که تاکنون ۳۹ زیرگونه از این گونه در جهان شناسایی شده است (Wozencraft, 2005). زیرگونه معرفی شده برای ایران، *Canis lupus pallipes*; Sykes, 1831 است که در گستره وسیعی از کشور به استثنای نواحی بیابانی در کویر مرکزی و کویر لوت، حضور دارد. تنوع الگوهای ریختی بالایی از نظر رنگ بدن، اندازه بدن و اندازه جمجمه بین جمعیت‌های مختلف گرگ در ایران وجود دارد.

هدف این مطالعه، بررسی تغییرات ریختی در فک بالایی این گونه همزمان با افزایش رشد و طول جمجمه با استفاده از روش ترانس هندسی است.

مواد و روش‌ها

از آنجا که برنامه منظمی برای جمع‌آوری جمجمه لاشه‌های یافت شده از گرگ در طبیعت در ایران وجود ندارد، همچنین، با توجه به اینکه گرگ‌های شکار شده توسط دامداران به صورت غیر قانونی سریعاً مدفون می‌گردد و اغلب جمجمه‌های موجود در مجموعه موزه‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست فاقد مشخصات مربوط به مکان و زمان تهیه نمونه است، بنابراین این پژوهش با دشواری‌های فراوانی برای تهیه جمجمه روبرو بوده است. بر این اساس، تعداد ۳۵ جمجمه از موزه سازمان حفاظت محیط‌زیست، مجموعه‌های شخصی و جمجمه‌های تهیه شده از طبیعت در اثر

تصادفات جاده‌ای این گونه جمع‌آوری گردید. به منظور بررسی تغییرات هندسی در فک بالایی همزمان با افزایش رشد، نمونه‌های جمع‌آوری شده بر اساس پهنای زیگوماتیک، طول کلی جمجمه و میزان پوسیدگی دندان‌ها به دو گروه بالغ (۲۵ جمجمه) و نابالغ (۱۰ جمجمه) تقسیم‌بندی شدند (Gipson et al., 2000). ابتدا جمجمه در درون ظرف شن تراز شده و با ثابت کردن دوربین بر روی پایه و قرار دادن نمایه سنجشی در کنار جمجمه از دید پشتی جمجمه عکس‌برداری شد. سپس هشت نقطه قابل تعیین بر روی جمجمه با استفاده از نرم‌افزار TpsDig نسخه ۲/۰۴ مشخص شد (Rohlf, 2005). همچنین، طول کلی جمجمه و پهنای زیگوماتیک به منظور محاسبه نمایه جمجمه (فرمول ۱) اندازه‌گیری شد (شکل ۱).

$$\text{نمایه جمجمه} = \frac{\text{پهنای زیگوماتیک}}{\text{طول جمجمه}} \times 100 \quad (\text{فرمول ۱})$$

- نقاط تعیین شده بر روی جمجمه‌ها به صورت زیر تعریف شد:
- بیرونی‌ترین نقطه قسمت پسین جمجمه بر روی تیغه ساجیتال (A)
 - بیرونی‌ترین نقاط جانبی استخوان‌های پیشانی (Ec)
 - بیرونی‌ترین نقاط جانبی جبهه جمجمه (E)
 - نقطه اتصال خطول بینی در محل پیشانی (N)
 - بیرونی‌ترین نقطه پیشین جمجمه میان دندان‌های پیشین (P)
 - بیرونی‌ترین نقاط جانبی محورهای زیگوماتیک (Z)
 - بیرونی‌ترین نقطه سوراخ‌های تحت حدقه‌ای (Sw)
 - داخلی‌ترین نقطه کمان‌های پیش حدقه‌ای (En)

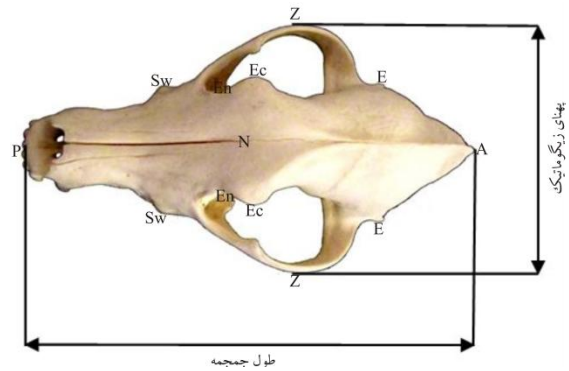
۲- شکل‌های هندسی بر اساس بیرونی‌ترین نقاط جانبی جعبه جمجمه (E):

در این طبقه، با در نظر گرفتن بیرونی‌ترین نقطه قسمت پسین جمجمه بر روی تیغه ساجیتال (A) به عنوان نقطه شروع، دو شکل هندسی بر روی جمجمه‌ها تعریف شد. شکل اول با اتصال نقاط A و E به بیرونی‌ترین نقطه پیشین جمجمه میان دندان‌های پیشین (P) ترسیم و سه زاویه EPE، EAE و AEP اندازه‌گیری شد (شکل ۳ ب). شکل دوم نیز با اتصال نقاط A و E به نقطه اتصال خطول بینی در محل پیشانی (N) ترسیم و دو زاویه AEN و ENE تحلیل شد (شکل ۳ الف).

۳- شکل‌های هندسی بر اساس بیرونی‌ترین نقطه سوراخ‌های تحت حدقه‌ای (Sw):

در این طبقه، نیز دو شکل هندسی تعریف شد. شکل اول با اتصال نقاط Sw و N به بیرونی‌ترین نقطه پیشین جمجمه میان دندان‌های پیشین (P) ترسیم و سه زاویه SwNSw، SwPSW و NSWP اندازه‌گیری شد (شکل ۴ الف). شکل دوم نیز با اتصال نقاط E، Ec، En و Z و Sw ترسیم و ۴ زاویه ZSwEn، ZSwN، EcEnSw و EECEn مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴ ب).

پس از اندازه‌گیری زاویه‌های تعریف شده بر روی جمجمه‌های بالغ و نابالغ، همبستگی هر زاویه با نمایه جمجمه و همچنین همبستگی با سایر زاویه‌ها در هر گروه بررسی و روند تغییرات این زاویه‌ها به منظور بررسی تغییرات رشد آلومتریکی و شکل جمجمه همزمان با افزایش رشد و طول جمجمه در افراد بالغ و نابالغ بررسی شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در نرم‌افزار TpsDig نسخه ۲/۰۴ و آزمون همبستگی آماری پیرسون بین زاویه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۵/۰ صورت گرفت.



شکل ۱- طول جمجمه و پهنای زیگوماتیک و موقعیت نقاط مشخص شده بر روی جمجمه‌ها به منظور ترسیم شبکه خطوط تراس.

پس از ترسیم شبکه تراس بین نقاط تعریف شده بر روی دید پشتی جمجمه، به منظور بررسی تغییرات هندسی در جمجمه‌ها همزمان با افزایش رشد و نمایه جمجمه، شش شکل هندسی با استفاده از اتصال نقاط قابل تعیین بر روی جمجمه‌ها ترسیم و ۱۷ زاویه حاصل از ترسیم این شکل‌ها با استفاده از برنامه TpsDig نسخه ۲/۰۴ اندازه‌گیری شد. شکل‌های به دست آمده از اتصال نقاط به سه گروه تقسیم‌بندی شدند:

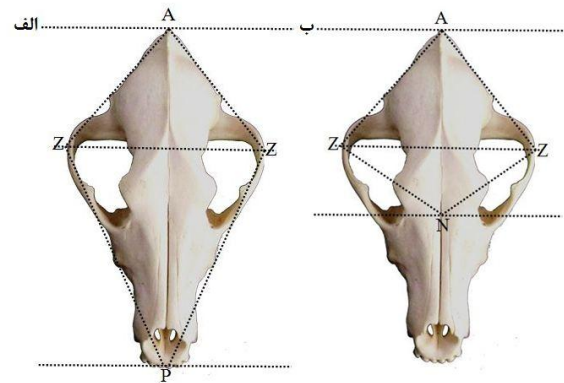
۱- شکل‌های هندسی بر اساس بیرونی‌ترین نقطه جانبی محورهای زیگوماتیک (Z):

در این بخش، با در نظر گرفتن بیرونی‌ترین نقطه قسمت پسین جمجمه بر روی تیغه ساجیتال (A) به عنوان نقطه شروع، دو شکل هندسی بر روی جمجمه‌ها تعریف شد. شکل اول با اتصال نقاط A و Z به بیرونی‌ترین نقطه پیشین جمجمه میان دندان‌های پیشین (P) ترسیم و سه زاویه ZAZ، ZPZ و AZP اندازه‌گیری شد (شکل ۲ الف). شکل دوم با اتصال نقاط A و Z به نقطه اتصال خطول بینی در محل پیشانی (N) ترسیم و دو زاویه AZN و ZNZ اندازه‌گیری شد (شکل ۲ ب).

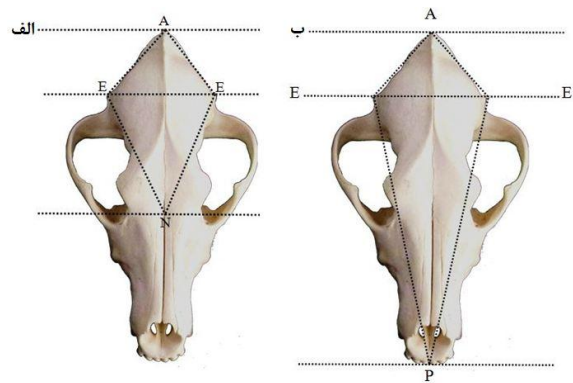
نتایج

میانگین، کمینه، بیشینه و خطای استاندارد ۱۷ زاویه اندازه گیری شده در ۳۵ جمجمه، در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین ضرایب همبستگی معنی دار بین زاویه های اندازه گیری شده با نمایه جمجمه و همچنین همبستگی بین هر زاویه با زاویه های دیگر در هر شکل برای هر دو گروه افراد بالغ و نابالغ در جدول ۲ آورده شده است.

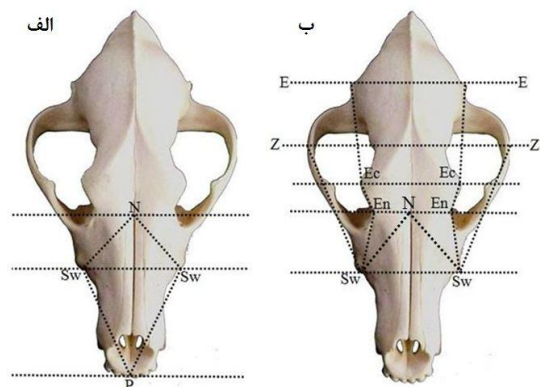
نتایج بررسی تغییرات هندسی در طبقه ۱ نشان داد که زاویه ZAZ همزمان با افزایش رشد کاهش می یابد. این کاهش، به دلیل افزایش طول تیغه ساجیتال در گرگ ها همزمان با افزایش رشد بوده که سبب افزایش طول جمجمه و در نتیجه کاهش این زاویه می شود. همچنین زاویه های ZNZ و ZPZ با افزایش رشد، افزایش و زاویه های AZN و AZP با افزایش رشد و طول جمجمه کاهش می یابند. در این طبقه، دو شکل هندسی بررسی شد. در شکل اول (اتصال نقاط A، Z و P) نتایج محاسبه ضرایب همبستگی بین زاویه ها نشان داد که همبستگی منفی شدید و معنی داری بین زاویه های ZPZ و AZP در هر دو گروه جمجمه های بالغ و نابالغ مشاهده شد در حالی که این زاویه ها با افزایش رشد تغییرات معنی داری را نشان نمی دادند. در شکل دوم (اتصال نقاط A، N و Z)، همبستگی منفی معنی داری بین AZN و ZNZ وجود داشت که البته این همبستگی تنها در جمجمه های بالغ معنی دار بود. نتایج بررسی تغییرات هندسی در این طبقه بیانگر این مطلب است که در این گونه همزمان با افزایش رشد، پهنای زیگوماتیک با نرخ بیشتری نسبت به طول کلی جمجمه رشد کرده، این امر سبب رشد بیشتر زاویه های ZAZ و ZPZ نسبت به زاویه های AZP و AZN و در نتیجه



شکل ۲- شکل های هندسی ترسیم شده با استفاده از نقاط A، Z، N و P



شکل ۳- شکل های هندسی ترسیم شده با استفاده از نقاط A، E، N و P



شکل ۴- شکل های هندسی ترسیم شده با استفاده از نقاط Sw، N، Ec، E، P و En

مطلب بود. از طرف دیگر، منفی بودن ضریب همبستگی بین دو زاویه AEP و EAE در هر دو گروه مجمله‌های بالغ و نابالغ که هر دو همزمان با افزایش رشد، افزایش می‌یافتند، بیانگر این مطلب بود که رشد طولی قسمت عقبی مجمله در گرگ‌ها در مقایسه با رشد عرضی این قسمت با نرخ بیشتری صورت می‌گیرد.

نتایج بررسی شکل‌های هندسی در سومین طبقه نشان داد که زاویه‌های $ZSwN$ ، $EcEnSw$ و $SwPSW$ و $SwNSw$ همزمان با افزایش رشد و طول مجمله افزایش می‌یابند. در این طبقه نیز دو شکل هندسی بررسی شد. در اولین شکل (اتصال نقاط N ، Sw و P) اگرچه افزایش زاویه‌های $SwNSw$ و $NSwP$ همزمان با افزایش رشد و طول مجمله معنی‌دار نبود اما همبستگی منفی نسبتاً بالایی بین زاویه‌های $SwNSw$ با $NSwP$ در هر دو گروه نمونه‌های بالغ و نابالغ مشاهده شد. نتایج بررسی دومین شکل هندسی در این طبقه (اتصال نقاط Sw ، Ec ، En و E و Z) نشان داد که همبستگی مثبت بالایی بین $ZSwN$ و $ZswEn$ در مجمله‌های بالغ و نابالغ مشاهده شد. همچنین، همبستگی منفی معنی‌داری بین $ZSwEn$ و $EcEnSw$ و همبستگی مثبت معنی‌داری بین $ZSwEn$ و EEn در مجمله‌های بالغ مشاهده شد. افزایش زاویه $ZSwN$ در هر دو گروه افراد بالغ و نابالغ به دلیل افزایش پهنای زیگوماتیک همزمان با افزایش رشد در گرگ‌هاست. افزایش دو زاویه $SwPSw$ و $SwNSw$ در مجمله‌ها نیز به دلیل پهن‌تر شدن قسمت‌های جلویی مجمله در گرگ‌ها همزمان با افزایش رشد است که این موضوع در بررسی‌های صورت گرفته در شکل‌های هندسی طبقه‌های ۱ و ۲ نیز نشان داده شد. منفی بودن ضریب همبستگی بین دو

برقراری همبستگی منفی بین این زاویه‌ها می‌شود. بررسی شکل‌های هندسی در طبقه دوم نشان داد که زاویه‌های ENE ، EPE ، AEN و AEP با افزایش طول مجمله و رشد افزایش می‌یابند. (البته این افزایش تنها در رابطه با دو زاویه AEN و AEP معنی‌دار بود). در حالی که زاویه EAE همزمان با افزایش رشد کاهش می‌یافت. در این طبقه، دو شکل هندسی بررسی شد. افزایش زاویه AEN به دلیل رشد تیغه ساجیتال در گرگ‌ها همزمان با افزایش رشد است. در شکل اول، (اتصال نقاط A ، E و P) نتایج بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که زاویه AEP همبستگی منفی و بالایی با EAE و EPE دارد. اگرچه در مجمله‌های بالغ این همبستگی بین AEP و EAE و همچنین همبستگی بین AEP و EPE معنی‌دار بود اما در مجمله‌های نابالغ این همبستگی تنها بین AEP و EAE معنی‌دار شد. نتایج بررسی دومین شکل هندسی در این طبقه (اتصال نقاط A ، E و N)، نشان داد که زاویه AEN همبستگی منفی بالایی با ENE در هر دو گروه بالغ و نابالغ داشت.

تغییرات زاویه‌های هندسی در طبقه دوم نشان می‌دهد که در گرگ‌ها همزمان با افزایش رشد، رشد طولی قسمت عقبی مجمله (neurocranium length) نسبت به افزایش پهنای عرض مجمله (Cranial width) با نرخ بیشتری صورت گرفته است که این امر سبب می‌شود دو زاویه AEP و AEN همزمان با افزایش رشد، افزایش و زاویه EAE کاهش یابد. همچنین، افزایش دو زاویه EPE و ENE به دلیل پهن‌تر شدن قسمت‌های جلویی مجمله (viscerocranial width) در گرگ‌ها همزمان با افزایش رشد است که نتایج بررسی تغییرات هندسی در طبقه سه نیز بیانگر همین

SwPSw نشان داد. از آنجا که بررسی زاویه‌ها در طبقه اول نشان داد که دو زاویه AZP و AZN همزمان با افزایش رشد، افزایش می‌یافتند، بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که بین این دو زاویه با نمایه جمجمه همبستگی منفی وجود دارد. بنابراین، این مطلب بیانگر این موضوع است که در گرگ‌ها پهنای زیگوماتیک با نرخ بیشتری نسبت به طول جمجمه افزایش می‌یابد که سبب شکل‌گیری همبستگی منفی بین این زاویه‌ها با نمایه جمجمه می‌شود. همچنین مثبت بودن ضریب همبستگی بین زاویه‌های SwNSw، SwPSW و ZPZ با نمایه جمجمه نیز نشان‌دهنده رشد بیشتر زیگوماتیک در مقایسه با طول جمجمه و همچنین پهن شدن قسمت جلویی جمجمه گرگ همزمان با افزایش رشد بود.

زاویه NSwP و SwNSw که هر دو همزمان با افزایش رشد، افزایش می‌یافتند، بیانگر این مطلب بود که در گرگ‌ها بر خلاف قسمت عقبی جمجمه، رشد طولی بخش جلویی کمتر از رشد عرضی این بخش است که سبب شکل‌گیری همبستگی منفی بین این زاویه‌ها می‌شود. همچنین مثبت بودن ضریب همبستگی بین دو زاویه ZSwN و ZSwEn نیز به دلیل افزایش پهنای زیگوماتیک در گرگ‌ها همزمان با افزایش رشد است. نتایج بررسی همبستگی بین زاویه‌های محاسبه شده و نمایه جمجمه نشان داد که زاویه‌های ENE، AZN، AZP و ZSwN همبستگی منفی و معنی‌داری با نمایه اندازه جمجمه داشتند. همچنین، نمایه جمجمه همبستگی مثبت و معنی‌داری با SwNSw، ZPZ و

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و خطای استاندارد ۱۷ زاویه اندازه‌گیری شده بر روی جمجمه گرگ

خطای استاندارد	میانگین	بیشینه	کمینه	زاویه
۰/۵۵	۷۴/۴۶	۷۹/۰۰	۶۸/۰۰	ZAZ
۰/۵۷	۴۵/۹۳	۵۱/۰۰	۳۹/۰۰	ZPZ
۰/۵۲	۱۱۹/۵۷	۱۲۳/۰۰	۱۱۴/۰۰	AZP
۰/۵۹	۹۱/۸۵	۹۸/۰۰	۸۵/۰۰	AZN
۱/۰۴	۱۰۰/۰۳	۱۱۳/۰۰	۸۸/۰۰	ZNZ
۰/۱۹	۲۲/۲۱	۲۵/۰۰	۲۰/۰۰	EPE
۱/۳۲	۸۰/۵۷	۹۲/۰۰	۶۵/۰۰	EAE
۰/۶۸	۱۲۷/۹۲	۱۳۶/۰۰	۱۲۱/۰۰	AEP
۰/۵۵	۴۳/۸۵	۵۱/۰۰	۳۹/۰۰	ENE
۰/۷۳	۱۱۷/۲۱	۱۲۴/۰۰	۱۱۱/۰۰	AEN
۱/۶۷	۹۴/۰۴	۱۰۵/۰۰	۷۱/۰۰	SwNSw
۰/۴۸	۴۸/۳۹	۵۴/۰۰	۴۴/۰۰	SwPSw
۱/۰۹	۱۰۶/۷۵	۱۲۰/۰۰	۹۸/۰۰	NSwP
۱/۲۴	۶۹/۷۸	۸۰/۰۰	۵۵/۰۰	ZSwN
۰/۷۵	۳۵/۶۴	۴۳/۰۰	۲۹/۰۰	ZSwEn
۱/۳۵	۱۴۰/۷۸	۱۶۳/۰۰	۱۲۹/۰۰	EcEnSw
۱/۶۰	۱۵۷/۳۹	۱۶۸/۰۰	۱۳۶/۰۰	EEcEn

بحث

بررسی تغییرات ریختی در افراد یک گونه همزمان با افزایش رشد نقش مهمی در تعیین شکل و نوع رشد گونه (آلومتریکی و ایزومتریکی) دارد. یکی از دلایل مهم تنوع ریخت‌شناسی و در نتیجه تنوع گونه‌های خانواده سگ‌سانان، رشد آلومتریکی در گونه‌های این خانواده در مقایسه با رشد ایزومتریکی خانواده گربه‌سانان است (Sears et al., 2007). بررسی‌های آلومتریکی به عنوان ابزاری مناسب برای تعیین ارتباط بین اندازه و شکل در افراد یک گونه و تعیین میزان انحراف از الگوهای قابل انتظار در بین افراد است. یکی از روش‌های مهم در بررسی تغییرات ریخت‌سنجی در افراد یک گونه بررسی‌های هندسی جمجمه همزمان با افزایش رشد است (Klingenberg, 1998; Goswami and Prochel, 2007). در این پژوهش، تغییرات هندسی در جمجمه گرگ با بررسی زاویه‌ها و شکل‌های هندسی به منظور تعیین شکل جمجمه و ارزیابی تغییرات شکل در طول دوره رشد این گونه مطالعه شد.

تغییر در نرخ نمایه جمجمه با رشد به دلیل برخی تغییرات ریخت‌شناسی در افراد نظیر تشکیل تیغه ساجیتال و یا افزایش پهنای زیگوماتیک همزمان با افزایش رشد است. کاهش زاویه‌های ZAZ، AZN و AZP همزمان با رشد و همبستگی منفی این زاویه‌ها با نمایه جمجمه، بیانگر این موضوع است که افزایش عرض جمجمه همزمان با افزایش رشد در مقایسه با افزایش طول جمجمه با نرخ بیشتری در گرگ‌ها صورت می‌گیرد. این نتایج نشان می‌دهد که شکل جمجمه در این گونه همزمان با افزایش رشد پهن‌تر می‌شود. کاهش زاویه‌های AZP و AZN با افزایش

نمایه جمجمه نیز نشان از نرخ بیشتر رشد زیگوماتیک در مقایسه با طول کلی جمجمه است. Onar و Gunes (۲۰۰۳) نشان دادند که زاویه‌های ZAZ، ZPZ و ZNZ در زیرگونه‌ای از سگ در کشور ترکیه همبستگی مثبت و معنی‌داری با نمایه جمجمه در این گونه داشت، به طوری که با افزایش نمایه جمجمه و افزایش رشد گونه، این زاویه‌ها افزایش می‌یافتند. بنابراین، بیان کردند که طول جمجمه در مقایسه با عرض جمجمه افزایش بیشتری را با رشد نشان می‌دهد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افراد این گونه قبل از بلوغ جمجمه کشیده‌تری دارند که با افزایش سن، رشد بیشتر زیگوماتیک در مقایسه با طول کلی جمجمه سبب پهن‌تر شدن جمجمه می‌شود.

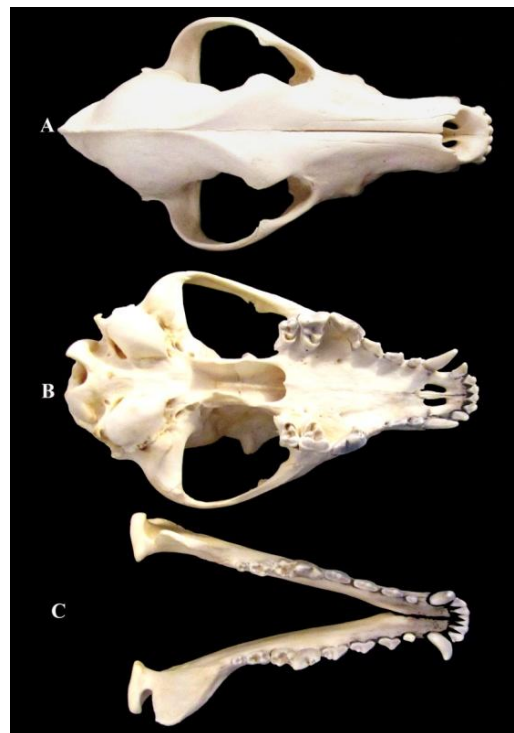
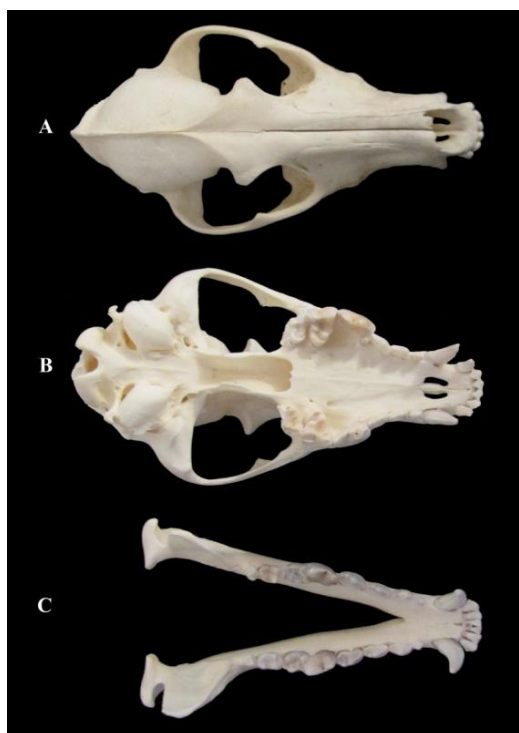
بررسی‌های هندسی بر اساس بیرونی‌ترین نقاط جانبی جعبه جمجمه نشان داد که نمایه جمجمه همبستگی منفی و معنی‌داری با ENE دارد. از طرف دیگر زاویه AEP همبستگی منفی با EAE و EPE نشان داد که این نتایج نشان می‌دهد که قسمت عقب جمجمه در این گونه ظاهر کشیده‌تر و بلندتری را همزمان با افزایش رشد پیدا می‌کند. به عبارت دیگر، رشد طولی قسمت عقبی جمجمه در مقایسه با رشد عرضی این قسمت با گذشت زمان بیشتر است. بنابراین، می‌توان این گونه بیان کرد که گرگ‌ها پیش از بلوغ دارای پس‌سر پهن هستند که با افزایش سن، رشد طولی این قسمت با نرخ بیشتری در مقایسه با پهنای جعبه جمجمه صورت می‌گیرد و سبب کشیده‌تر شدن این قسمت از جمجمه در افراد بالغ می‌شود. از طرف دیگر، رشد تیغه ساجیتال همزمان با بلوغ فرد، یکی دیگر از دلایل کاهش زاویه EAE است.

بررسی‌های هندسی بر اساس بیرونی‌ترین نقطه

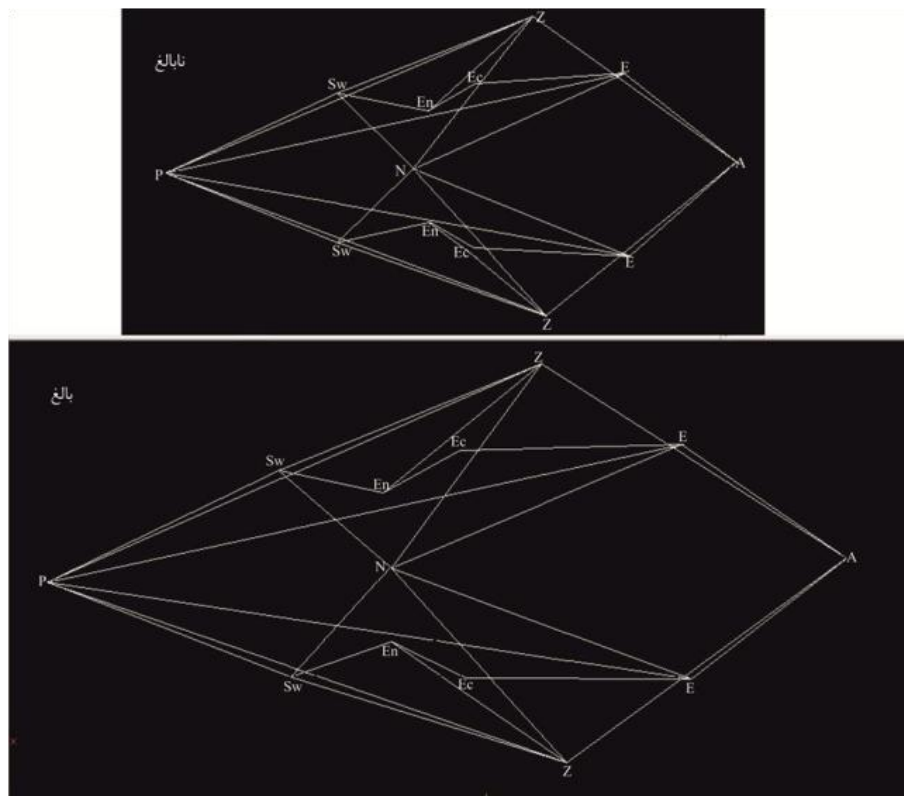
در ایران با استفاده از بررسی‌های دید پشتی جمجمه بررسی شد. Onar و Gunes (۲۰۰۳) بیان کردند که تغییرات ریخت‌شناسی دید پشتی جمجمه ممکن است سبب تغییر دیگر زاویه‌ها در افراد یک گونه همزمان با افزایش رشد شود. لذا، تغییرات زاویه‌ای در دید پشتی نیم فک بالایی ممکن است بیانگر تغییرات رخ داده در شکل جمجمه همزمان با افزایش رشد باشد. همان‌طور که بیان شد، به دلیل محدودیت‌هایی در جمع‌آوری جمجمه این گونه در ایران و همچنین عدم اطلاعات دقیق از جمجمه‌های موجود، امکان بررسی نمونه‌های بیشتر از این گونه در این مطالعه فراهم نبود و این مطالعه با بررسی ۳۵ جمجمه از مناطق مختلف کشور صورت گرفت. اجرای مطالعات بیشتر در رابطه با تغییرات ریخت‌شناسی این گونه در کشور با تعداد نمونه بیشتر می‌تواند گام مهمی در پر کردن خلاء اطلاعاتی موجود و تعیین زیرگونه‌های این گونه در کشور باشد.

سوراخ‌های تحت حدقه‌ای در جمجمه نشان داد که قسمت جلویی جمجمه همزمان با افزایش رشد بر خلاف قسمت‌های عقبی، رشد عرضی بیشتری در مقایسه با رشد طولی دارد و این قسمت از جمجمه همزمان با افزایش رشد پهن‌تر می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که گرگ‌ها قبل از بلوغ دارای پوزه کشیده‌تری هستند و همزمان با افزایش رشد فرد این قسمت از جمجمه پهن‌تر می‌شود که این امر سبب افزایش در زاویه‌های ZSwEn و SwPSw، SwNSw می‌شود. در شکل ۵، دید پشتی و شکمی فک بالا و پایین دو نمونه گرگ از مناطق شمال غربی (تبریز) و شرق (کرمان) کشور نشان داده شده است. همچنین در شکل ۶ نمای کلی از شبکه تراس ترسیم شده بر روی دید پشتی جمجمه در دو نمونه گرگ بالغ و نابالغ نشان داده شده است.

در این مطالعه، تنها تغییرات هندسی جمجمه گرگ



شکل ۵- دید پشتی فک بالا (A)، دید شکمی فک بالا (B)، دید شکمی فک پایین (C) یک قلاده گرگ از مناطق شمال غربی (چپ) و یک قلاده گرگ از مناطق شرق (راست) ایران



شکل ۶- نمای کلی شبکه ترانس ترسیم شده به منظور بررسی تغییرات هندسی شکل جمجمه در دو نمونه نابالغ (زنجان) و بالغ (همدان)

منابع

- Brehm, H. V., Loeffler, K. and Komeyli, H. (1985) Skull shape in the dog. *Anatomy, Histology and Embryology* 14: 324-331.
- Cardini, A. and Tongiorgi, P. (2003) Yellow-bellied marmots (*Marmota flaviventris*) 'in the shape space' (Rodentia, Sciuridae): bsexual dimorphism, growth and allometry of the mandible. *Zoomorphology* 122: 11-23.
- Christiansen, P. (2008) Evolution of skull and mandible shape in cats (Carnivora: Felidae). *PloS ONE* 7: 1-8.
- Dryden, I. L. and Mardia, K. V. (1998) *Statistical shape analysis*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Evans, H. E. (1993) The skeleton. In: *Millers anatomy of the dog* (ed. Evans, H. E.) 122-166. Saunders Co, Philadelphia.
- Figueirido, B., Palmqvist, P. and Perez-Claros, J. A. (2009) Ecomorphological correlates of craniodental variation in bears and paleobiological implications for extinct taxa: an approach based on geometric morphometrics. *Journal of Zoology* 277: 70-80.
- Gipson, P. S., Warren, B. B., Ronald, M. N. and Mech, L. D. (2000) Accuracy and precision of estimating age of gray wolves by tooth wear. *Wildlife Management* 64: 752-758.
- Goswami, A. (2006) Morphological integration in the carnivoran skull. *Evolution* 60: 122-136.
- Goswami, A. and Prochel, J. (2007) Ontogenetic morphology and allometry of the cranium in the common european mole (*Talpa europaea*). *Journal of Mammalogy* 88: 667-677.
- Hidaka, S., Matsumoto, M., Hiji, H., Ohsaka, S. and Nishinakawa, H. (1998) Morphology and

- morphometry of skulls of raccoon dogs, *Nyctereutes procyonoides*, and badgers, *Meles meles*. *Journal of Veterinary Medicine Sciences* 60: 161-167.
- Jouve, S., Courant, F. and Marchand, D. (2001) Disparity of skull morphology in dogs: geometrical morphometry approach. *Journal of Morphology* 3: 246-248.
- Klingenberg, C. P. (1998) Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews* 73: 79-123.
- Lignereux, Y., Regedon, S. and Pavaux, C. I. (1991) Typologie cephalique canine. *Review Medicine Veterinary* 142: 469-480.
- Mech, L. D. (1970) *The wolf: the ecology and behavior of an endangered species*. Doubleday Publication Company, New York.
- Milenkovic, M., Joji, V., Blagojevi, J., Tatovi, S. and Vujošević, M. (2010) Skull variation in Dinaric-Balkan and Carpathian gray wolf populations revealed by geometric morphometric approaches. *Journal of Mammalogy* 91: 376-386.
- Ohiggins, P. (2000) The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. *Journal of Anatomy* 197: 120-130.
- Onar, V. (1997) A morphometric study on the skull of the German shepherd dog (Alsatian). *Anatomy Histology and Embryology* 28: 253-256.
- Onar, V. and Gunes, H. (2003) On the variability of skull shape in German shepherd (Alsatian) Puppies. *The Anatomical Record Part 272*: 460-466.
- Onar, V., Ozcan, S. and Pazvant, G. (2001) Skull typology of adult male Kangal dogs. *Anatomy, Histology and Embryology* 30: 41-48.
- Rohlf, F. J. (2005) TpsDig version 2.04. Department of Ecology and Evolution. State University of New York, Stony Brook.
- Rohlf, F. J. and Marcus, L. F. (1993) A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 129-132.
- Sears, K. E., Goswami, A., Flynn, J. J. and Niswander, L. A. (2007) The correlated evolution of Runx2 tandem repeats, transcriptional activity and facial length in Carnivora. *Evolution* 9: 555-565.
- Strauss, R. E. and Bookstein, F. L. (1982) The truss body form reconstructions in morphometrics. *Systematic Zoology* 31: 113-135.
- Sykes, W. H. (1831) *Catalogue of the mammalia of Dukun (Deccan); with observations on the habits, etc., and characters of new species*. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1830: 99-106.
- Turan, C. (1999) A note on the examination of morphometric differentiation among fish population: the truss system. *Trend Journal Zoology* 23: 259-263.
- Vila, C., Maldonado, J. E. and Wayne, R. K. (1999) Phylogenetic relationships, evaluation, and genetic diversity of domestic dog. *Journal of Heredity* 90: 71-77.
- Wozencraft, W. C. (2005). Order carnivora. In: *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference* Wilson (eds. Don, E. and Reeder, D. M.) 532-628. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D. and Fink, F. L. (2004) *Geometric morphometrics for biologists: A primer*. Elsevier Academic Press, New York and London.

The effect of allometric growth on morphometric traits of wolf (*Canis lupus*) using geometric truss

Rasoul Khosravi and Mohammad Kaboli *

Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj,
Iran

Abstract

Iranian wolf is found in different habitats of Iran and possesses different morphological characteristics with respect to its cranium shape based on its distribution. This study was conducted to investigate the allometric growth and geometric changes of cranium in relation to its growth. A total of 35 skulls were collected from different regions and divided into two groups (adult and subadult). Seventeen angles that were drawn by joining the measuring points on the whole, neurocranium, and viscerocranium. The correlation between skull index and angle measurements were analyzed in three categories. The decreasing of angles among dorsal face point on the external occipital crest, junction on the median plane of the right and left nasofrontal sutures, the most lateral point of the zygomatic arch and anterior end of the interincisive suture located between the roots of the upper central incisor teeth showed width of the skull increased more than the skull length with age, therefore, skull index increased with age. Results of geometry surveys showed that cranial width did not increase as much compared to the length of neurocranium length. Therefore, the angles of this section increased with age. Also, viscerocranium width increased more than viscerocranium length and the skull became widened with age.

Key words: Geometric truss, Allometric growth, Morphometric, Wolf, Skull index, Cranium

* mkaboli@ut.ac.ir