Research Article
Nova Biologica Reperta 8(1): 46-55 (2021)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI: 10.29252/nbr.8.1.46

مقاله پژوهشی
یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۸، شماره ۱، صفحات ۴۶ الی ۵۵ (۱۴۰۰)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

بررسی دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دوم تا چهارم در سوسمار لاسرتید انگشت شانه‌ای در جنوب ایران

نسترن حیدری
گروه علوم جانوری، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛ (heydari.ns@khu.ac.ir)

چکیده. نسبت طول انگشتان طی دوران تکوین جنینی سازماندهی شده و ممکن است با قرار گرفتن در معرض هورمون‌های استروئیدی جنسی درجات مختلفی از دوشکلی جنسی بین افراد نر و ماده در گروه‌های مختلف جانوری نشان بدهند. بین تمامی انگشتان یک فرد، نسبت بین انگشتان دوم به چهارم (2D:4D) بیشترین اهمیت را داراست. در این مطالعه، نسبت طول انگشتان دوم تا چهارم در هر دو سمت راست و چپ بدن در اندام‌های جلویی (دست‌ها) و عقبی (پاها) بدن در ۴۴ نمونه (شامل ۲۰ نر و ۲۴ ماده) از مارمولک‌های گونه *Acanthodactylus blanfordi* جهت تعیین وجود دوشکلی جنسی در نسبت بین انگشتان نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه همچنین دوشکلی جنسی نمونه‌ها از لحاظ دیگر صفات مورفولوژیک (۲۳ صفت متریک و مریستیک) مورد بررسی قرار گرفتند. دوشکلی جنسی در پنج صفت مورفولوژیک متریک و مریستیک مشاهده شد. اما از لحاظ نسبت اندازه انگشتان دست و پا، دوشکلی جنسی در اندازه طول انگشتان صرفاً در 2D:4D در سمت راست بدن در هر دوی اندام‌های حرکتی جلویی و عقبی مشاهده گردید. به‌طوری‌که، اندازه این صفت در نرها بیشتر از ماده‌ها بوده و این اختلاف نیز از لحاظ آماری معنی دار بود ($P\leq0.05$).

واژه‌های کلیدی. تکوین، خزندگان، ژن هاکس، مورفولوژی، مهره داران

Sexual dimorphism in digit length ratios of the second to fourth digits (2D:4D) in Blanford's fringe-toed lizard *Acanthodactylus blanfordi* Boulenger, 1918 (Sauria: Lacertidae) in the south of Iran

Nastaran Heidari
Department of Animal Biology, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran;
(heydari.ns@khu.ac.ir)

Abstract. Finger length ratios are organized during embryonic development of fingers as they exposed to sex steroid hormones, and may show varying degrees of sexual dimorphism between males and females in different animal groups. Among all the finger length ratios calculated in a sample, the ratio between the second to fourth fingers (2D: 4D) is the most important one. In this study, the 2D:4D ratios in both sides of the body (right and left) in all limbs were investigated to determine if sexual dimorphism is present in the 2D: 4D ratios in 44 specimens studied (20 males and 24 females) of *Acanthodactylus blanfordi*. Other morphological traits of the two sexes were also examined (23 metric and meristic traits), as a result, sexual dimorphism was observed in five metric and meristic morphological traits. In terms of the ratio of the size of the fingers and toes, sexual dimorphism in the length of the fingers was observed only in 2D: 4D on the right side of the body in forelimbs and hindlimbs. The value of this trait was higher in males than females and this difference was statistically significant $P \leq 0.05$).

Key words. development, hox gene, morphology, reptiles, vertebrates

Received 11.08.2020/ Revised 11.10.2020/ Accepted 22.10.2020/ Published 10.06.2021
دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۱/ اصلاح: ۱۳۹۹/۰۷/۲۰/ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۱/ انتشار: ۱۴۰۰/۰۳/۲۰

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

مقدمه

امروزه علاقه به بررسی دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دست بویژه در نسبت طول انگشتان دوم به چهارم (2D:4D) در حال افزایش است. این مطالعات اولین بار در انسان‌ها مورد بررسی قرار گرفت و ذکر شده است که مردها دارای نسبت 2D:4D کوچکتری نسبت به زنان هستند و این تفاوت در نسبت‌های جنسی در دست راست افراد غالب‌تر و شایع‌تر است (Phelps, 1952; Manning et al., 1998; McFadden & Shubel 2002). ارتباط معنی‌دار بین نسبت طول انگشتان دست و بسیاری از صفات وابسته به جنس از جمله رابطه منفی بین میزان غلظت هورمون تستوسترون در نرها و تعداد اسپرم توسط برخی محققین شناسایی شده است (Manning et al., 1998). این قبیل روابط نشان‌دهنده اثرات اوایل تکوینی روی هردوی فنوتیپ‌های وابسته به جنس و نسبت طول انگشتان در افراد نر و ماده داشته، چراکه این نسبت‌ها در اوایل تکوین سازماندهی شده و فاقد یا دارای میزان تغییرپذیری اندکی طی مراحل بعدی رشد هستند (Garn et al., 1975; Brown et al., 2002a; Trivers et al., 2006). بنابراین، نسبت‌های طول انگشتان ممکن است شاخص‌های ثابتی در دوران بلوغ در محیط جنینی یک فرد را ارائه بدهد.

در مهره‌داران، تمایز هردوی سیستم ادراری-تناسلی و رشد فردی و شکل‌گیری انگشتان توسط ژن‌های homeobox و به-ویژه ژن‌های HoxA و HoxD تنظیم می‌شود (Kondo et al., 1997; Peichel et al., 1997). یک مکانیسم پیشنهادی برای ارتباط بین نسبت طول انگشتان و تمایز جنسی، تاثیر آندروژن‌های پیش جنینی روی بیان ژن‌های HoxA و HoxD در هر فرد است (Brown et al., 2002a; Manning, 2002). این فرضیه اثر آندروژن‌های قبل از تولد با اندازه‌گیری نسبت 2D:4D در افراد ماده انسانی دارای مشکل CAH (Congenital Adrenal Hyperplasia)، بررسی شده است (Brown et al., 2002a). بدین منظور دو گروه انسانی ماده دارای و فاقد CAH را بررسی کردند و افراد ماده دارای CAH نسبت کوچکتر طول انگشتان در مقایسه با افراد ماده فاقد CAH را نشان دادند.

بررسی ژن‌های Hox نشان می‌دهد این ژن‌ها مسئول کنترل رشد و شکل‌گیری هر دوی ویژگی‌های مورفولوژیکی جنسی و انگشتان بوده و به‌طور وسیعی با قرار گرفتن در معرض هورمون‌های استروئیدی در اوایل جنینی تحت تاثیر قرار می‌گیرند (Kondo et al., 1997; Peichel et al., 1997). برای مثال تزریق هورمون تستوسترون به درون تخم‌ها در پرنده مگس‌گیر گونه *Ficedula albicollis* باعث افزایش نسبت 2D:4D در پاهای سمت چپ بدن شده است (Nagy et al., 2016). دوشکلی جنسی در نسبت 2D:4D و دیگر نسبت‌های طول انگشتان، ممکن است از لحاظ تاکسونومیکی پدیده شایعی باشد و این نشان از طبیعت و ذات محافظه کارانه ژن‌های Hox است. از آنجایی‌که این ژن‌ها بسیار محافظت شده هستند، بنابراین اکثر محققین تصور می‌کنند که وجود دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دوم و چهارم (2D:4D) در گروه‌های وسیعی از تاکسون‌های جانوری وجود دارد. مطالعات بسیار محدودی از لحاظ نسبت طول انگشتان 2D:4D در خزندگان جهت بررسی وجود دوشکلی جنسی صورت گرفته است. در این میان نتایج مختلفی از فقدان هرگونه دوشکلی جنسی در اندام‌های حرکتی تا وجود دوشکلی جنسی در صرفاً یک اندام حرکتی (دست‌ها یا پاها) و در نهایت وجود دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان در تمامی اندام‌ها مشاهده شده است (Chang et al., 2006; Lombardo & Thorpe, 2008; Van Damme et al., 2015). وجود دوشکلی جنسی معنی‌دار در نسبت 2D:3D در سمت راست اندام‌های حرکتی عقبی جکوها گونه *Hoplodactylus maculatus* مشاهده شده است (Woodhead et al., 2018). به‌طوری‌که نرها دارای نسبت‌های بیشتری از ماده‌ها بوده است. همچنین نسبت 2D:4D در هیچ-کدام از اندام‌های حرکتی تفاوت معنی‌داری از لحاظ دوشکلی جنسی در این گونه نشان نداده است.

در پستانداران سیناپسید، الگوی کلی این ویژگی شامل بالا بودن این نسبت در ماده‌ها نسبت به نرها است. این الگو در انسان‌ها (Manning, 2002)، در رت‌ها (McMechan et al., 2004)، در موش‌های آزمایشگاهی (Brown et al., 2002a) و در گروهی دیگر از موش‌های چوبی (Leoni et al., 2005) نشان داده شده است. البته در این میان استثنائاتی نیز در گروه‌های جانوری یاد شده وجود دارد. در پرندگان دیاپسید و خزندگان، نسبت 2D:4D عموما در نرها نسبت به ماده‌ها بالاتر است.

جوندگان یک الگوی دوشکلی جنسی در نسبت 2D:4D مشابه با آن در انسان‌ها را نشان می‌دهند و در طی آن ماده‌ها دارای نسبت‌های بالاتر از نرها بوده و این اختلاف یا تفاوت‌های جنسی عمدتا در سمت راست بدن بوده و یا در سمت راست بدن بسیار شدیدتر از سمت چپ بدن است (Brown et al., 2002b; Leoni et al., 2005; McMechan et al., 2004). اگرچه، طی یک مطالعه‌ای نشان داده شد که در بابون‌های گونه *Papio papio* الگوی متفاوتی با انسان‌ها و جوندگان وجود دارد و در

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

آن‌ها نسبت 2D:4D در دست راست در نرها بیشتر از ماده‌ها بوده است (Roney et al., 2004). اولین محققینی که نسبت‌های طول انگشتان در پرندگان را گزارش کردند، نشان دادند که در فنچ‌های گونه *Taeniopygia guttata* برعکس الگوی جوندگان و انسان‌ها نرها دارای نسبت 2D:4D بزرگتری نسبت به ماده‌ها حداقل در انگشتان پاهای سمت راست هستند (Burley & Foster 2004). در مطالعه‌ای که توسط محققین دیگر بر روی خزندگان صورت گرفت (Rubolini et al., 2006)، نشان دادند که نرها در گونه *Podarcis muralis* نسبت 2D:4D بزرگتری در اندام‌های راست و چپ جلویی (دست‌ها) و نسبت بزرگتر 2D:3D در اندام‌های جلویی سمت چپ در نرها نسبت به ماده‌ها نشان داده شده است. در مقابل، این محققین هیچ تفاوت جنسی در نسبت 2D:4D و نسبت بالاتر 2D:3D در اندام‌های جلویی سمت چپ در اسکینک‌های گونه *Mabuya planifrons* مشاهده نکردند.

در این مطالعه نسبت 2D:4D در افراد بالغ نر و ماده مارمولک‌های گونه *Acanthodactylus blanfordi* Boulenger, 1918 جهت بررسی هرچه بیشتر وجود دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت .

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۴۴ نمونه از مارمولک‌های گونه *A. blanfordi* (شکل ۱)، در ایران متشکل از ۲۰ نمونه نر و ۲۴ نمونه ماده در جنوب ایران، استان هرمزگان مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های مورد بررسی در محدوده بندر جاسک (25°43'22.97"N- 57°47'43.34"E) و محدوده شهرستان میناب (27° 4'29.79"N- 57° 6'19.43"E) جمع‌آوری گردید. تعیین جنسیت افراد نر و ماده با استفاده از وضعیت پایه دم نمونه‌ها تعیین گردید. اندازه‌گیری‌ها در محیط آزمایشگاه انجام گرفت و نمونه‌ها بعد از اندازه‌گیری با شرایط استاندارد در آزمایشگاه دانشگاه رازی نگهداری شدند. در این مطالعه فقط افراد بالغ مورد بررسی قرار گرفتند. طول بدن (از پوزه تا انتهای مخرج) (SVL) به همراه طول انگشتان دست و پا در کلیه نمونه‌ها با استفاده دستگاه کولیس دیجیتال با دقت ۰/۱ میلیمتر اندازه‌گیری شد. با توجه به تاکید بر انگشتان دوم الی چهارم در این قبیل مطالعات، صرفا انگشتان شماره II الی IV در سمت راست و چپ بدن جهت انجام آنالیزها مورد استفاده قرار گرفتند.

همچنین در این مطالعه حدود ۲۱ صفت متریک و مریستک (Heidari, 2014) جهت بررسی دوشکلی جنسی از لحاظ ویژگی‌های مورفولوژیکی مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تست Shapiro-Wilk (P>0.05) بررسی شد. مقایسه میانگین‌ها و معنی‌دار بودن تفاوت‌ها با استفاده از آزمون t برای نمونه‌های مستقل و آنالیز واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) صورت گرفت. تمامی سطوح معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ در نظر گرفته شدند. به منظور بررسی و تعیین اثر اندازه بدن، جنسیت و برهم‌کنش بین اندازه و جنسیت بر روی اندازه نسبت طول انگشتان 2D:4D از MANOVA چند متغیره به کمک نرم افزار SPSS 21 استفاده شد.

شکل ۱- نمایی از گونه مورد مطالعه *A.blanfordi* در زیستگاه طبیعی. عکس از نسترن حیدری.

Figure 1. View of the studied species of *A. blanfordi* in its natural habitat. Photo by Nastaran Heidari.

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

جدول ۱- صفات متریک و مریستیک مورد استفاده در این مطالعه.

Table 1. Metric and meristic traits used in this study.

Characters	تعریف صفت
SVL (Snout-Vent Length)	طول بدن- از نوک پوزه تا لبه قدامی مخرج
TL (Tail Length)	طول دم- از لبه خلفی مخرج تا انتهای دم
LH (Length of Head)	طول سر- از نوک پوزه تا لبه خلفی منفذ گوش
LHI (Length of Hind limb)	طول اندام‌های عقبی
LFL (Length of Forelimb)	طول اندام‌های جلویی
LHI/LFL (Ratio of LHI/LFL)	نسبت طول اندام‌های عقبی به اندام‌های جلویی
EYEL (Eye Length)	طول چشم-از لبه قدامی تا لبه خلفی چشم
EED (Eye to Ear Distance)	فاصله بین لبه خلفی چشم تا لبه قدامی منفذ گوشی
NL (Neck Length)	طول گردن
EYED (Eye Diameter)	عرض چشم- از لبه بالایی تا لبه زیرین چشم
LL (Length of Leg)	طول ساق پا
EARD (Ear Diameter)	قطر منفذ گوش
LA (Length of Arm)	طول بازو
DHF (Distance between Hindlimb and Forelimb)	فاصله بین اندام‌های جلویی و اندام‌های عقبی
NDS (Number of Dorsal Scales)	تعداد فلس‌های پشتی
NVS (Number of Ventral Scales)	تعداد فلس‌های سطح شکمی در یک ردیف طولی از یقه تا لبه مخرج
RVS (Row of Ventral Scales)	تعداد فلس‌های شکمی در عریض ترین سطح شکمی
NCOL (Number of Collar Scales)	تعداد فلس‌های یقه در زیر گردن
NGS (Number of Gular Scales)	تعداد فلس‌های ریز گلویی از زیر چانه تا فلس‌های یقه
NFP (Number of Femoral Pores)	تعداد منافذ رانی
LSDL4T (Left Subdigital Lamellae of 4th Toe)	تعداد لاملاهای زیرانگشتی انگشت چهارم پا
LSDL4F (Left Subdigital Lamellae of 4th Fingers)	تعداد لاملاهای زیرانگشتی انگشت چهارم دست

نتایج

نتیجه آزمون Shapiro-Wilk نشان داد که برای صفات مورد بررسی سطح معنی‌داری آن‌ها بیشتر از ۰/۰۵ بوده و فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن داده‌ها پذیرفته شد. بنابراین می‌توان توزیع داده‌ها را برای کلیه صفات با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد.

با بررسی ۲۰ نمونه نر و ۲۴ نمونه ماده از گونه *A. blanfordi* در ایران، نتایج آنالیزهای آماری نشان داد که جنس‌های نر و ماده از حدود ۲۱ صفت متریک و مریستک مورد استفاده، در تعداد محدودی از صفات یعنی در دو صفت متریک شامل طول بدن (SVL)، طول دم (TL)، و ۳ صفت مریستیک شامل تعداد فلس‌های شکمی در یک ردیف طولی (NVS)، تعداد منافذ رانی (NFP) و تعداد فلس‌های گلویی (NGS)، اختلافات معنی‌دار ($P\leq0.05$) نشان می‌دهند. از لحاظ اندازه طول بدن، میانگین اندازه این صفت در افراد نر ۵۸/۹۵ میلی‌متر و در ماده‌ها برابر با ۵۰/۳۳ میلی‌متر بود (شکل ۲). در اندازه طول دم، نرها دارای میانگین بیشتری برابر ۱۰۱/۷۳ و ماده‌ها با اندازه‌های نسبتا کمتر برابر ۹۲/۱۴ میلی‌متر بودند. از لحاظ تعداد فلس‌های شکمی در یک ردیف طولی نیز در نرها ۳۲-۲۸ عدد و در ماده‌ها ۲۹-۲۵ عدد بود ($P=0.00$). در صفت تعداد منافذ رانی نیز که اختلاف معنی‌دار بین افراد نر و ماده وجود داشت، تعداد این منافذ در نرها ۱۵-۲۳ عدد و در ماده‌ها ۱۹-۱۴ عدد بود ($P=0.00$). از لحاظ تعداد فلس‌های گلویی نیز در نرها تعداد این فلس‌ها ۳۹-۲۷ عدد و در ماده‌ها نیز ۳۶-۲۵ عدد بود ($P=0.00$). دیگر صفات متریک و مریستیک در بین افراد نر و ماده در جدول ۲ ارائه شده است.

نسبت اندازه طول انگشتان دست و پا در هردوی سمت راست و چپ بدن در گونه مورد بررسی از لحاظ (2D:3D, 2D:4D, 3D:4D) مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد که از لحاظ نسبت اندازه انگشتان دست و پا، دوشکلی جنسی در اندازه طول انگشتان صرفاً در 2D:4D در سمت راست بدن در هر دوی اندام‌های جلویی

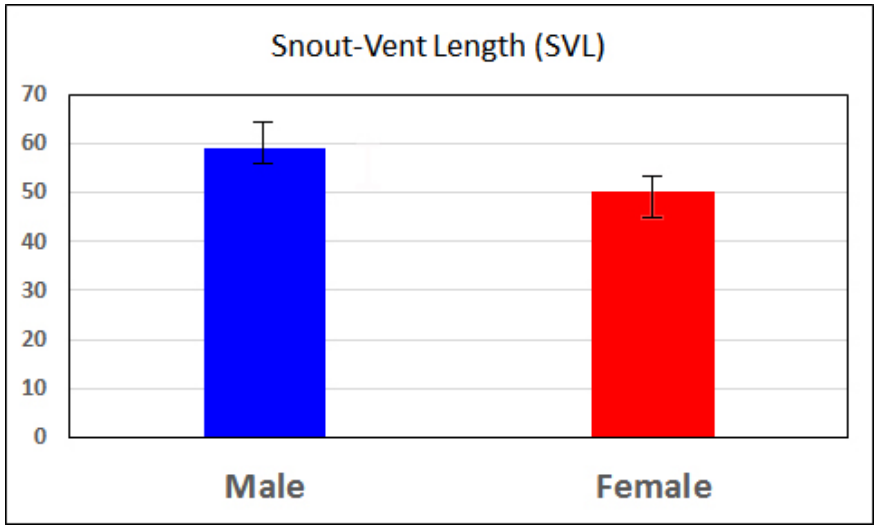
جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) برخی از صفات مورفولوژیکی (متریک و مریستیک) مورد استفاده در جمعیت‌های نر (n=20) و ماده (n=24) در گونه *A. blanfordi* در ایران. اطلاعات شامل: میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر، سطوح معنی‌دار ($P \leq 0.05$) و تعداد نمونه‌ها است.

Table 2. Results of analysis of variance (ANOVA) for some morphological traits (metric and meristic) used to examine male (n = 20) and female (n = 24) individuals of *A. blanfordi* in Iran. Information includes: mean, standard deviation, minimum and maximum, significant levels ($P \leq 0.05$) and number of samples (M = Male; F = Female)

Characters	Gender	N	Mean	SD	Min.	Max.	F-value	P-value
SVL	M	20	58.95	1.79	54.9	60.5	28.71	0.00
	F	24	50.33	6.99	30.1	60.4		
TL	M	20	101.73	1.96	98.5	105.09	28.56	0.00
	F	24	92.14	7.81	74.8	101.4		
LH	M	20	15.07	1.25	12.7	16.8	0.84	0.36
	F	24	14.69	1.49	12.26	18.54		
WH	M	20	8.47	0.53	7.4	9.2	0.08	0.77
	F	24	8.4	0.98	5.5	9.27		
EED	M	20	3.77	0.77	2.82	5.07	2.79	0.1
	F	24	3.38	0.76	2.6	5.68		
LFL	M	20	16.36	3	12.22	22.34	2.24	0.14
	F	24	15.11	2.53	12.26	20.5		
LHI	M	20	30.28	6.51	20.6	40.48	1.14	0.29
	F	24	28.42	4.98	20.81	42.46		
LHI.LFL	M	20	1.85	0.2	1.53	2.23	0.42	0.51
	F	24	1.89	0.2	1.44	2.21		
NL	M	20	5.88	1.4	4.22	8.72	1.58	0.21
	F	24	5.38	1.27	3.44	8.87		
LL	M	20	7.73	1.7	5.23	10.68	3.64	0.06
	F	24	6.81	1.51	5.12	11.31		
LA	M	20	4.66	0.79	3.12	5.92	0.13	0.72
	F	24	4.55	1.13	2.8	7.18		
DHF	M	20	19.46	3.59	14.55	25.89	1.18	0.28
	F	24	18.36	3.09	15.18	28.13		
EARD	M	20	2.36	0.33	1.72	3.02	0.50	0.48
	F	24	2.45	0.48	1.84	3.99		
EYED	M	20	1.58	0.37	1.08	2.24	0.15	0.7
	F	24	1.53	0.39	1.01	2.46		
EYEL	M	20	3.33	0.56	1.83	4.04	1.05	0.31
	F	24	3.15	0.61	2.33	4.53		
NDS	M	20	40.25	2.57	37	46	3.16	0.08
	F	24	42	3.72	37	49		
NVS	M	20	29.6	1.19	28	32	36.00	0.00
	F	24	27.13	1.34	25	29		
RVS	M	20	13.8	0.89	13	15	0.85	0.55
	F	24	11.67	0.64	11	13		
NFP	M	20	18.9	1.97	15	23	32.29	0.00
	F	24	15.96	1.46	14	19		
NCOL	M	20	9.45	0.76	8	10	0.73	0.39
	F	24	9.27	0.64	8	10		
NGS	M	20	33.7	3.67	27	39	8.42	0.00
	F	24	30.79	2.98	25	36		
RSDL4T	M	20	21.15	1.35	19	23	2.25	0.14
	F	24	21.71	1.12	19	23		
RSDL4F	M	20	16.5	1.19	15	18	0.29	0.59
	F	24	16.29	1.33	14	19		

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021



شکل ۲- نمودار اندازه طول بدن در افراد نر و ماده گونه *A. blanfordi* (اندازه بر حسب میلی‌متر).

Figure 2. The snout-ventral length (SVL) in male and female individuals of *A. blanfordi* (size in mm).

جدول ۳-تفاوت‌های جنسی اندام‌های حرکتی جلو و عقب سمت چپ در نمونه‌های مورد مطالعه *A. blanfordi*. F-tests مربوط به تست Levene و t-tests مربوط به آزمون t. اثر اندازه (Cohen's d) محاسبه شده برای هر دو جفت صفت مورد بررسی توسط dvar و dmean صورت گرفته است.

Table 3. Summary of sex differences in left fore and hind limb in examined samples of *A. blanfordi*. F-tests refer to the Levene's test for the equality of variances, whereas the t-tests refer to sex differences. Effect sizes (Cohen's d) are calculated for each of these two tests (dvar and dmean, respectively).

	Measure	Males (N=20)	Females (N=24)	F	d_{var}	t	p	d_{mean}
	Right Side							
	2D:3D	0.934	0.927	0.288	1	-2.420	0.594	1
	2D:4D	0.908	0.097	0.132	1	-2.541	0.019	1
Forelimb	**3D:4D**	0.748	0.753	0.111	1	-2.210	0.741	1
	Left Side							
	2D:3D	0.924	0.916	0.354	1	-1.810	0.555	1
	2D:4D	0.680	0.677	0.132	1	1.312	0.719	1
	3D:4D	0.737	0.740	0.066	1	2.704	0.799	1

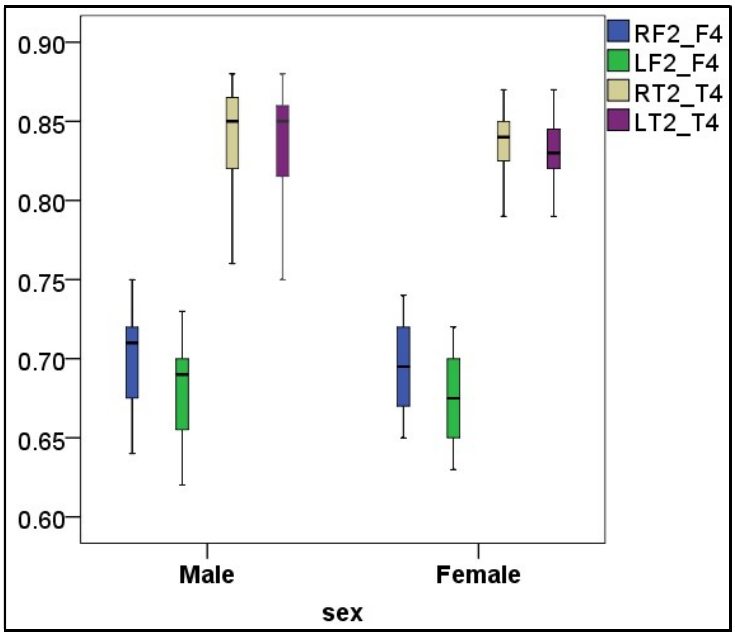
	Measure	Males (N=20)	Females (N=24)	F	d_{var}	t	p	d_{mean}
	Right Side							
	2D:3D	0.928	0.931	0.072	1	-2.104	0.790	1
	2D:4D	0.990	0.034	0.367	1	-3.540	0.048	1
Hindlimb	**3D:4D**	0.904	0.897	0.622	1	-2.104	0.435	1
	Left Side							
	2D:3D	0.927	0.930	0.78	1	-2.104	0.781	1
	2D:4D	0.836	0.831	0.232	1	1.224	0.632	1
	3D:4D	0.903	0.894	1.039	1	1.210	0.314	1

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

جدول ۴ – اثر اندازه، طول بدن، جنسیت و برهم‌کنش آن‌ها بر روی نسبت طول انگشتان 2D: 3D, 2D: 4D و 3D: 4D در اندام‌های جلویی و عقبی (سمت چپ) در نمونه‌های مورد مطالعه *A. blanfordi*.

Table 4. The effect of sex, snout–vent length (SVL), and their interaction on the digit ratios 2D: 4D, 3D: 4D and 2D: 3D of the left fore and hind limb in examined samples of *A. blanfordi*.

		2D:3D			2D:4D			3D:4D	
Forelimb	**Right Side**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
	Sex	1	0.802	0.362	1	7.832	0.050	1	1.028	0.103
	SVL	1	1.591	0.691	1	9.891	0.019	1	3.101	0.204
	SVL by Sex	1	1.072	0.209	1	27.291	0.059	1	2.191	0.463
		2D:3D			**2D:4D**			**3D:4D**	
	Left Side	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
	Sex	1	18.015	0.210	1	9.261	0.154	1	2.128	0.245
	SVL	1	16.271	0.124	1	2.352	0.552	1	3.183	0.382
	SVL by Sex	1	5.325	0.224	1	2.172	0.751	1	2.572	0.452
		2D:3D			**2D:4D**			**3D:4D**	
Hindlimb	**Right Side**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
	Sex	1	2.104	0.368	1	7.431	0.170	1	1.212	0.501
	SVL	1	1.493	0.484	1	7.572	0.248	1	1.161	0.201
	SVL by Sex	1	1.579	0.281	1	18.291	0.105	1	1.391	0.183
		2D:3D			**2D:4D**			**3D:4D**	
	Left Side	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
	Sex	1	18.015	0.118	1	7.561	0.158	1	2.243	0.214
	SVL	1	12.471	0.223	1	2.581	0.255	1	3.244	0.382
	SVL by Sex	1	5.241	0.227	1	2.063	0.258	1	2.831	0.222



شکل ۳– نمودار باکس پلات نسبت طول انگشتان دوم به چهارم در انگشتان دست و پا در هر دو سمت بدن در نمونه‌های مورد مطالعه *A. blanfordi*. حرف F معرف انگشتان دست (Fingers)، حرف T معرف انگشتان پا (Toes)، حرف R معرف سمت راست بدن (Right) و حرف L سمت چپ بدن (Left).

Figure 3. Box plot diagram of the ratio of the length of the second to fourth fingers in the fingers and toes on both sides of the body in the studied samples of *A. blanfordi*. The letter F represents the fingers (Fingers), the letter T represents the toes (Toes), the letter R represents the right side of the body (Right) and the letter L represents the left side of the body (Left).

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

(دست‌ها) و اندام‌های عقبی بدن (پاها) مشاهده گردید. از لحاظ 2D:4D در انگشتان دوم و چهارم اندام‌های جلویی بین افراد نر (۰/۹۰۸) و ماده (۰/۰۹۷) در گونه *Acanthodactylys blanfordi* اختلاف معنی‌دار (P=۰/۰۱۹) وجود داشت. در انگشتان دوم و چهارم اندام‌های عقبی نیز بین افراد نر (۰/۹۹۰) و ماده (۰/۰۳۴) اختلاف معنی‌دار (P=۰/۰۴۸) وجود داشت. به‌طوری‌که، اندازه این صفت در هر دو اندام در نرها بیشتر از ماده‌ها بوده و این اختلاف نیز از لحاظ آماری معنی‌دار بود (P<0.05). جزئیات بیشتر این مقادیر در جداول ۳ و ۴ و شکل ۳ ارائه شده است.

بحث

در این مطالعه دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دست و پا در دو سمت راست و چپ بدن و همچنین از لحاظ برخی دیگر از صفات مورفولوژیکی در گونه *A. blanfordi* مورد بررسی قرار گرفت. این گونه از لحاظ دوشکلی جنسی بر اساس کلیه صفات مورفولوژیکی توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که افراد نر و ماده در این گونه از لحاظ اندازه طول بدن و طول دم دارای تفاوت آماری معنی‌داری بوده به‌طوری‌که افراد نر دارای اندازه طول بدن و طول دم بیشتری از ماده‌ها هستند (Heidari et al., 2012). از لحاظ نسبت اندازه انگشتان دست و پا، دوشکلی جنسی در اندازه طول انگشتان صرفاً در 2D:4D در سمت راست بدن در هر دوی اندام‌های حرکتی جلویی و عقبی مشاهده گردید. به‌طوری‌که، اندازه این صفت در نرها بیشتر از ماده‌ها بوده و این اختلاف نیز از لحاظ آماری معنی‌دار بود (P≤0.05). این نسبت‌ها در نمونه‌های مورد بررسی ممکن است علاوه بر پایه ژنتیکی و هورمونی ارائه شده برای پستانداران و دیگر گروه‌های مهره‌داران، با ویژگی‌های زیستگاهی گونه نیز مرتبط باشد. ارتباط بین تنوع اکولوژیکی و تغییرات مورفولوژیکی در بسیاری از تاکسون‌های جانوری به خوبی نشان داده شده است (Collette 1961; Kaliontzopoulou et al., 2012). خزندگان موجود فعلی دارای یک جد مشترک با گونه‌های پرندگان بوده و این دو گروه با هم از لحاظ فیلوژنتیکی یک گروه خواهری با پستانداران سیناپسید تشکیل می‌دهند (Kumar & Hedges 1998). بر اساس فرضیه فیلوژنتیکی، خزندگان باید نسبت 2D:4D مشابهی با پرندگان داشته باشند و نرها دارای نسبت 2D:4D بیشتری نسبت به ماده‌ها هستند (Kumar & Hedges 1998). بر اساس فرضیه ژنتیکی جنسیت، خزندگان باید نسبت 2D:4D مشابهی با پستانداران داشته باشند و این نسبت در نرها کوچکتر از ماده‌ها باشد (Pough et al., 2004). بر اساس فرضیه فقدان دوشکلی جنسی نیز گونه‌ها فاقد هرگونه دوشکلی جنسی در نسبت 2D:4D است (Forstmeier, 2005). بنابراین، با توجه به فرضیه فیلوژنتیکی و موافق با نتایج بررسی برخی دیگر از گونه‌های خزندگان و پرندگان (Chang et al., 2006; Rubolini et al., 2006; Brown et al. 2002b; Leoni et al., 2005; Burley & Foster 2004) در گونه مورد بررسی در این مطالعه نیز، نرها دارای نسبت بیشتر 2D:4D نسبت به ماده‌ها هستند. اما واقعیت این است که، تعیین اینکه آیا دوشکلی جنسی مشاهده شده در نسبت انگشتان دوم به چهارم در گونه مورد بررسی طبق فرضیه‌های مذکور موافق با فرضیه فیلوژنتکی باشد یا اینکه نتیجه روش اندازه‌گیری صفات باشد یا خیر، نیازمند انجام مطالعات مشابه بر روی تعداد گونه‌های بیشتری از خزندگان بوده تا امکان استنتاج فرضیات موافق یا مخالف با فرضیات موجود امکان‌پذیر باشد.

در ایران تاکنون مطالعات اندکی بر روی بررسی دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان اندام‌های حرکتی جلویی و عقبی در گروه‌های مختلف مهره‌داران صورت گرفته است. مطالعات مشابهی در لاسرتای شکم سبز گونه *Darevskia cholorogaster* و همچنین در گونه قورباغه مردابی *Pelophylax ridibundus* و دو گونه از وزغ‌ها صورت گرفته که نشان از وجود تفاوت‌های معنی‌دار در اندازه انگشتان اول و چهارم بین دو جنس نر و ماده بوده است (Noghanchi & Javanbakht, 2019; Rajabi & Javanbakht, 2019; Alinezhadi et al., 2020). تفاوت‌های معنی‌دار در نسبت 2D:4D با نسبت بیشتر این صفت در نرها نسبت به ماده‌ها در اندام‌های عقبی در مارمولک‌های جنس *Anolis* و *Podarcis* توسط برخی محققین (Van Damme et al., 2015; Direnzo & Stynoski, 2012) و همچنین در ایگوانیاها (Gomes & Kohlsdorf, 2011) نشان داده شده است.

تکامل دوشکلی جنسی در یک گونه مشخص قطعا نتیجه ویژگی‌های محیط اکولوژیکی گونه و استفاده از میکرو-زیستگاه‌های مختلف محیطی است. این امر در مارمولک‌های جنس *Enyalius* گونه‌های *E. iheringi* و *E. perditus* از خانواده Polychrotidae به‌خوبی نشان داده شده است که در آن‌ها افراد نر و ماده در استفاده از میکروزیستگاه با همدیگر متفاوت هستند (Liou, 2008). استفاده از میکروزیستگاه‌های مختلف در افراد نر و ماده به‌ویژه در تاکسون‌هایی که از لحاظ برخی دیگر از ویژگی‌های مورفولوژیکی از جمله اندازه طول بدن و طول دم دوشکلی جنسی نشان می‌دهند محتمل‌تر است (Gomes & Kohlsdorf 2011). در این مطالعه نیز، افراد نر و

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

ماده گونه مورد بررسی از لحاظ اندازه بدن، طول دم و برخی دیگر از صفات مورفولوژیکی تفاوت‌های معنی‌داری را نشان می‌دادند. اما نسبت دادن تفاوت‌های مشاهده شده در نسبت 2D:4D در گونه *A.blanfordi* قطعاً نیاز به داده‌های اکولوژی، رفتار و تکوین بیشتر و دقیق‌تری دارد تا بتوان دلایل وجود و یا فقدان دوشکلی جنسی بین افراد نر و ماده را تشخیص داد.

اندازه‌گیری نسبت طول انگشتان از قبیل 2D:4D یک ابزار ارزشمندی به‌عنوان شاخص قرارگیری گونه در معرض هورمون‌ها به‌ویژه آندروژن‌ها در اوایل جنینی است. این امر به‌واسطه این احتمال است که نسبت طول انگشتان به‌وسیله آندروژن‌ها و در طی تکوین جنینی سازماندهی می‌شود. دوشکلی جنسی در نسبت 2D:4D توسط اختلاف در سطح آندروژن‌ها در افراد نر و ماده در طی اوایل تکوین و احتمالا از طریق تاثیر آن بر روی بیان ژن‌های HoxA و HoxD در ارتباط با انگشتان و اندام‌های جنسی ایجاد خواهد شد (Manning 2002). به جهت اینکه این ابزار بتواند به عنوان یک ابزار مفید و قابل اتکایی برای یک گونه مشخصی عمل بکند، تکرارپذیری تفاوت‌های جنسی مشاهده شده باید نه تنها در عرض جمعیت‌های یک گونه بلکه در طی نسل‌های آن جمعیت‌ها نیز بررسی شود. اما اینکه آیا این تفاوت‌های جنسی در تمامی نسل‌های یک گونه به یک صورت ثابت برقرار هست یا خیر و اینکه آیا این تفاوت‌های جنسی مستقیما مرتبط با درمعرض قرار گرفتن آندروژن‌های جنینی هست یا خیر، نیاز به بررسی‌های بیشتر و انجام مطالعات بیشتر در گونه‌های متعدد دیگری دارد.

سپاسگزاری

نویسنده مقاله از مسئولین موزه جانوری و آزمایشگاه جانورشناسی گروه زیست‌شناسی دانشگاه رازی و دانشگاه خوارزمی کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.

REFERENCES

Alinezhadi, I., Heidari, N. & Javanbakht, H. 2020. Sexual dimorphism in digit length ratios of the second to fourth digits (2D:4D) in two species of green toads (*Pelobates syriacus* Boettger, 1889 and *Bufo viridis* (Laurenti, 1768). Nova Biologica Reperta 7: 295-303. (In Persian).

Brown, W.M., Hines, M., Fane, B.A. & Breedlove, S.M. 2002a. Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. Hormones and Behavior 42: 380-386.

Brown, W.M., Finn, C.J. & Breedlove, S.M. 2002b. Sexual dimorphism in digit-length ratios of laboratory mice. The Anatomical Record 267: 231-234.

Burley, N.T., & Foster, V.S. 2004. Digit ratio varies with sex, egg order, and strength of mate preference in zebra finches. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 271: 239-244.

Channg J., Doughty S., Lovern M. & Wade J. 2006. Sexual dimorphism in the second-to-fourth digit length ratio in green anoles, *Anolis carolinensis* (Squamata: Polychrotidae), from the southeastern United States. Canadian Journal of Zoology 84: 1489-1494.

Collette, B. 1961. Correlations between ecology and morphology in Anoline lizards from Havana, Cuba, and southern Florida. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology 125: 135-162.

Forstmeier, W. 2005. Quantitative genetics and behavioral correlates of digit ratio in the zebra finch. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 272: 2641-2649.

Heydari, N. 2014. Systematics and phylogeny of *Acanthodactylus* Fitzinger, 1834 in Iran based on molecular and morphological studies (In Persian). Razi University, Ph.D. Thesis. 225 pp.

Heydari, N., Faizi, H. & Rastegar-Pouyani, N. 2012. Sexual dimorphism in *Acanthodactylus blanfordi* Boulenger, 1918 from Southern Iran. Zoology in the Middle East 55: 35-40

Garn, S.M., Burdi, A.R., Babler, W.J. & Stinson, S. 1975. Early prenatal attainment of adult metacarpal-phalangeal rankings and proportions. American Journal of Physical Anthropology 43: 327-332.

Gomes, C.M. & Kohlsdorf T. 2011. Evolution of sexual dimorphism in the digit ratio 2D:4D - relationships with body size and microhabitat use in Iguanian lizards. PLoS One 6: e28465.

Kaliontzopoulou, A., Adams, D., Van der Meijden, A., Perera, A. & Carretero, M. 2012. Relationships between head morphology, bite performance and ecology in two species of *Podarcis* wall lizards. Evolutionary Ecology 26. 825-845.

Downloaded from nbr.khu.ac.ir at 19:42 +0430 on Thursday July 29th 2021

Kondo, T., Zakany, J., Innis, J.W. & Duboule, D. 1997. Of fingers, toes, and penises. Nature (London) 390: 29-41

Kumar, S., & Hedges, S.B. 1998. A molecular timescale for vertebrate evolution. Nature (London) 392: 917-920.

Leoni, B., Rubolini, D., Romano, M., Giancamillo, M. & Saino, N. 2008. Avian hind-limb digit length ratios measured from radiographs are sexually dimorphic. Journal of Anatomy 213: 425-430.

Leoni, B., Canova, L., & Saino, N. 2005. Sexual dimorphism in the metapodial and phalanges length ratios in the wood mouse. Anatomical Records 286: 955-961.

Liou, N.S. 2008. História natural de duas espécies simpátricas de *Enyalius* (Squamata, Leiosauridae) na Mata Atlântica do sudeste brasileiro. Universidade de São Paulo. Master Thesis, 107 pp.

McMechan, A.P., O'Leary-Moore, S.K., Morrison, S.D. & Hannigan, J.H. 2004. Effects of prenatal alcohol exposure on forepaw digit length and digit ratios in rats. Developmental Psychobiology 45: 251-258.

Manning, J.T. 2002. Digit ratio: a pointer to fertility, behavior, and health. Rutgers University Press, Piscataway, N.J. 210 pp.

Manning, J.T., Scutt, D., Wilson, J. & Lewis-Jones, D.I. 1998. The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and estrogen. Human Reproduction 13: 3000-3004.

McFadden, D. & Shubel, E. 2002. Relative lengths of fingers and toes in human males and females. Hormones and Behavior 42: 492-500.

Noghanchi, E. & Javanbakht, H. 2019. Study of Sexual dimorphism in second-to-fourth digit length ratio (2D: 4D) in the green-bellied lizard (*Darevskia cholorogaster*) from Iran. Journal of Genetic Resources 5: 45-50.

Phelps, V.R. 1952. Relative index finger length as a sex-influenced trait in man. American Journal of Human Genetics 4: 72-89.

Peichel, C.L., Prabhakaran, B., & Vogt, T.F. 1997. The mouse *Ulnaless* mutation deregulates posterior *HoxD* gene expression and alters appendicular patterning. Development (Cambridge) 124: 3481-3492.

Pough, F.H., Andrews, R.M., Cadle, J.E., Crump, M.L., Savitzky, A.H. & Wells, K.D. 2004. Herpetology. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J. 480 pp.

Rajabi, F., & Javanbakht, H. 2019. Sexual dimorphism in digit length ratios in marsh frog, *Pelophylax ridibundus* (Ranidae) from Iran. Journal of Applied Biological Science 13: 33-36.

Roney, J.R., Whitham, J.C., Leoni, M., Bellem, A., Wielebnowski, N. & Maestripieri, D. 2004. Relative digit lengths and testosterone levels in Guinea baboons. Hormones and Behavior 45: 285-290.

Rubolini, D., Pupin, F., Sacchi, R., Gentilli, A., Zuffi, M.A.L., Galeotti, P., & Saino, N. 2006. Sexual dimorphism in digit length ratios in two lizard species. Anatomical Records 288: 491-497.

Trivers, R., Manning, J.T., & Jacobson, A. 2006. A longitudinal study of digit ratio (2D:4D) and other finger ratios in Jamaican children. Hormones and Behavior 49: 150-156.

Van Damme, R., Wijnrocx, K., Boeye, J., Huyghe, K. & Van Dongen, S. 2015. Digit ratios in two lacertid lizards: Sexual dimorphism and morphological and physiological correlates. Zoomorphology 134: 565-575.

*****

How to cite this article:

Heidari, N. 2021. Sexual dimorphism in digit length ratios of the second to fourth digits (2D:4D) in Blanford's fringe-toed lizard *Acanthodactylus blanfordi* Boulenger, 1918 (Sauria: Lacertidae) in southern Iran. Nova Biologica Reperta 8: 46-55. (In Persian).

حیدری، ن. ۱۴۰۰. بررسی دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دوم تا چهارم در سوسمار لاسرتید انگشت شانه‌ای در جنوب ایران. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۸: ۵۵-۴۶.