Nova Biologica Reperta 7(3): 295-303 (2020)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI: 10.29252/nbr.7.3.295

یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۷، شماره ۳، صفحات ۲۹۵ الی ۳۰۳ (۱۳۹۹)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]

بررسی دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دوم تا چهارم (2D:4D) در دو گونه وزغ سبز و وزغ پابیلچه‌ای

ایمان علی‌نژادی[۱]، نسترن حیدری[۲] و حسین جوان بخت[۱]
[۱] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛ [۲] گروه علوم جانوری، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران
مسئول مکاتبات: نسترن حیدری، heydari.ns@khu.ac.ir

چکیده. دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان یک ویژگی مورفولوژیکی حاصل از برهمکنش بین هورمون‌های جنسی و ژن‌های Hox قبل از تولد بوده که تکوین هر دوی اندام‌های حرکتی دست‌ها و پاها و اندام‌های جنسی را کنترل می‌کند. وضعیت این روند و نسبت‌ها در گروه‌های مختلف جانوری از جمله در انسان، دیگر پستانداران، پرندگان، خزندگان و دوزیستان بررسی شده است. در این مطالعه، دوشکلی جنسی از لحاظ نسبت بین طول انگشتان II تا IV (2D:3D, 2D:4D, 3D:4D) دست و پای چپ، در ۵۴ نمونه از وزغ‌ها متشکل از گونه *Bufo viridis* (۱۶ نمونه نر و ۱۹ نمونه ماده) و گونه *Pelobates syriacus* (۱۰ نمونه نر و ۹ نمونه ماده) در شمال ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در *Pelobates syriacus* ماده‌ها دارای میانگین طول بدن (SVL) بیشتری نسبت به نرها بودند و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵). در گونه *Bufo viridis* نیز ماده‌ها دارای میانگین طول بدن بیشتری از نرها بودند اما این اختلاف بین افراد نر و ماده از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. نسبت اندازه طول انگشتان دست و پا در سمت چپ بدن برای هر دو گونه از لحاظ (2D:3D, 2D:4D, 3D:4D) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هیچ کدام از صفات مورد بررسی در اندام‌های حرکتی جلویی و عقبی، اختلاف معنی‌داری بین افراد نر و ماده در گونه *Bufo viridis* مشاهده نشد. اما از لحاظ 2D:4D بین افراد نر و ماده در گونه *Pelobates syriacus* اختلاف معنی‌دار (P=۰/۰۴۰) وجود داشت و این نسبت در افراد نر بیشتر از ماده‌ها بود. بنابراین، وجود تفاوت‌های معنی‌دار در این انگشتان در گونه *Pelobates syriacus* هماهنگ با این الگوی تغییرات در بیشتر دوزیستان و دیاپسیدها است.

کلمات کلیدی. تکوین، دوزیستان، ژن هاکس، مهره داران، مورفولوژی

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))

Iman Alinezhadi[1], Nastaran Heidari[2] & Hossein Javanbakht[1]
[1]Department of Biology, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Iran; [2]Department of Animal Biology, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran
Corresponding author: Nastaran Heidari, heydari.ns@khu.ac.ir

Abstract. Sexual dimorphism in the ratio of digits length is a morphological feature resulted from the interaction between sex hormones and prenatal Hox genes, the latter is known to control the development of both limbs and genitals. The status of this trend and ratios have been investigated in various animal groups, including humans, other mammals, birds, reptiles, and amphibians. In this study, the body length and sexual dimorphism in the second-to-fourth, second-to-third and third-to-fourth digit lengths ratios (i.e., 2D:3D, 2D:4D, 3D:4D) of left fore and hind limbs were investigated in 54 specimens of toads collected from the northern Iran, including *Bufo viridis* (16 males and 19 females) and *Pelobates syriacus* (10 males and 9 females). In addition, the body length of the studied specimens were recorded. The results showed that the average body length (SVL) of female individuals of *Pelobates syriacus* was higher than those in males, which was found to be statistically significant (P≤0.05). Meanwhile, the average body length (SVL) of female individuals of *Bufo viridis* was found to be higher than those in males, however, the difference was not statistically significant. No sexual dimorphism was detected in the second-to-fourth, second-to-third and third-to-fourth digit lengths ratios of left fore and hind limbs between the male and female undividuals of *Bufo viridis*. However, the second-to-fourth digit ratio

Received 25.03.2020/ Revised 10.06.2020/ Accepted 22.07.2020/ Published 21.11.2020
دریافت ۱۳۹۹/۰۱/۰۶/ اصلاح ۱۳۹۹/۰۴/۲۰/ پذیرش ۱۳۹۹/۰۵/۰۱/انتشار ۱۳۹۹/۰۹/۰۱

(2D:4D) in *Pelobates syriacus* species were found to be significantly different (P=0.040) between the male and female individuals, as the ratio was higher in males than females. Therefore, it could be concluded that the sexual dimorphism in 2D:4D of *Pelobates syriacus* species is consistent with those in most amphibians and diapsids.

Key words. Amphibia, development, Hox gene, morphology, vertebrates

مقدمه

دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دست‌ها و پاها بویژه در نسبت طول انگشتان دوم به چهارم دست‌ها در انسان‌ها بسیار مورد توجه و بررسی قرار گرفته است که در آن افراد نر دارای نسبت‌های پایین‌تر 2D:4D نسبت به افراد ماده هستند (Manning, 2002; Peters et al., 2002). این قبیل از دوشکلی‌های جنسی در ابتدای مراحل جنینی شکل گرفته و تا مراحل انتهایی رشد، در موجودات تثبیت می‌شود (McIntyre et al., 2005; Trivers et al., 2006). تفاوت‌های جنسی در نسبت طول انگشتان همچنین در دیگر جفت انگشتان اندام‌های جلویی یا دست‌ها و اندام‌های عقبی یا پاها (2D:3D, 2D:5D, 3D:4D) در دیگر گروه‌های مهره‌داران بررسی شده است که عموما نرها مقادیر بالاتری نسبت به ماده‌ها نشان داده‌اند (McFadden & Shubel, 2002; Manning et al., 2003). بعلاوه، تقارن جهت دار در نسبت 2D:4D در بسیاری از مطالعات در انسان‌ها در زنان و مردان بررسی شده و دست راست دارای نسبت‌های پایینتری نسبت به دست چپ بوده و تقارن جهت دار در مردها نسبت به زن‌ها بالاتر است (Williams et al., 2000; Manning, 2002). همچنین نرها دارای نسبت‌های پایینتر در بین انگشتان 2D, 3D, 4D در موش‌های وحشی و آزمایشگاهی بودند (Brown et al., 2002a; Manning et al., 2003; Leoni et al., 2005; Bailey et al., 2005). درحالی‌که الگوهای متغیر تفاوت‌های جنسی در انگشتان (2D:4D) در نخستیان غیر انسان نشان داده است که نرها دارای مقادیر پایین‌تری نسبت به ماده‌ها هستند (در بابون *Papio hamadryas*)، اما در بابون‌های گینه‌ای (*Papio papio*)، گوریل‌ها (*Gorilla gorilla*) و شامپانزه‌ها (*Pan troglodytes*) نرها دارای نسبت بالاتری هستند (McFadden & Bracht, 2003, 2005; Roney et al., 2004). اگرچه بررسی‌های موشکافانه‌تر از لحاظ نشانه‌های تفاوت‌های جنسی برحسب نسبت‌های مختلف انگشتان ممکن است تفاوت‌های دیگری را آشکار کند.

تکوین اندام‌های حرکتی در مهره داران تحت کنترل یک سری از ژن‌های هاکس (HoxA, HoxD) بوده که در جوانه‌های جنسی جنینی (پیش ساخت اندام‌های جنسی) در طی تکوین جنینی بیان می‌شوند (Kondo et al., 1997). بنابراین تکوین انگشتان و اندام‌های جنسی تحت کنترل بیان یک سری مشابه از ژن‌ها هستند. برای مثال، در انسان‌ها سندروم دست-پا-دستگاه تناسلی که مشخصه آن چسبیده شدن دو یا چندین انگشت دست یا پا به همدیگر است و همچنین برخی ناهنجاری‌ها در دستگاه تناسلی، حاصل از جهش در ژن‌های هاکس است (Mortlock & Innis, 1997). این قبیل شواهد موجود در رابطه بین تکوین اندام‌های حرکتی و گنادها (Manning et al., 1998) را به این فرضیه رساند که هورمون‌های جنسی ممکن است به صورت علت و معلولی مرتبط با متغیرهای درون و بین جنسی در نسبت انگشتان باشد که ممکن است در نتیجه برهم کنش بین بیان ژن‌های هاکس و تولید استروئیدهای جنسی (تستسترون و استرادیول) طی دوران جنینی باشد. تحت این فرضیه و بررسی وسیع برهم کنش‌های هورمون‌های جنسی با رفتار و ویژگی‌های مرتبط با شایستگی موجود، مطالعات وسیع و گسترده‌ای در ارتباط با بررسی رابطه بین گرایشات جنسی، عملکرد، سلامت فردی و دیگر ویژگی‌های شایستگی موجود و نسبت طول انگشتان در هر دوی جنس‌های نر و ماده در انسان و دیگر مهره داران صورت گرفته است (Bailey & Hurd, 2005; Fink et al., 2005; Flegr et al., 2005; Kempel et al., 2005; Romano et al., 2006; Manning, 2002; Putz et al., 2004). اکثر این مطالعات، رابطه قوی‌تری بین این نسبت‌ها در دست راست نسبت به دست چپ گزارش داده‌اند که نشان دهنده یک تقارن جهت دار در حساسیت اندام‌های حرکتی به هورمون‌های جنسی بوده که مصداق بارز آن نسبت پایین‌تر 2D:4D در سمت راست در مقایسه با سمت چپ در بسیاری از مطالعات انسانی و همچنین در موش‌ها است (Williams et al., 2000; Brown et al., 2002a, b). ژن‌های هاکس از لحاظ تکاملی در رده مهره داران بشدت محافظت شده است (Krumlauf, 1994). دوشکلی جنسی در نسبت بین انگشتان 2D:4D در تقریبا تمامی گروه‌های مهره دارن چهارپا از جمله مارمولک‌ها، پرندگان و پستاندارن صورت گرفته است. برخی از این موارد شامل فنچ راه راه گونه (*Taenopygia guttata*) که در آن نرها نسبت 2D:4D بالاتری در پای راست در مقایسه با ماده‌ها دارا بوده‌اند (Burley & Foster, 2004) و نیز گونه *Phasianus colchicus* که در آن دوشکلی جنسی در هیچ

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]

کدام از نسبت‌های انگشتان در هر دو پا مشاهده نشده است (Romano et al., 2005). ارتباط بین اکولوژی و مورفولوژی در بسیاری از تاکسونهای جانوری مورد بررسی قرار گرفته است. ارتباط بین طول نسبی انگشتان و ویژگی‌های زیستگاهی گونه بسیار محتمل است که نشان دهنده این است در برخی گونه‌ها مورفولوژی پاها و یا دست‌ها مرتبط با عملکرد حرکتی گونه در محیط‌های اکولوژیکی مختلف است. مطالعات مشابهی در لاسرتای شکم سبز گونه *Darevskia cholorogaster* در شمال ایران توسط Noghanchi & Javanbakht (2019) صورت گرفته که اظهار داشتند این نسبت‌ها در گونه مورد بررسی ممکن است علاوه بر پایه ژنتیکی و هورمونی ارائه شده برای پستاندارن و دیگر گروه‌های مهر داران، با ویژگی‌های زیستگاهی گونه نیز مرتبط باشد. همچنین بررسی دوشکلی جنسی در گونه قورباغه مردابی *Pelophylax ridibundus* در شمال ایران توسط Rajabi & Javanbakht (2019) نشان از وجود تفاوت‌های معنی‌دار در اندازه انگشتان اول و سوم (1D:3D) بین دو جنس نر و ماده بوده است.

وزغ پابیلچه ای *Pelobates syriacus* Boettger, 1889 گونه ای از وزغ‌های خانواده Pelobatida است که از قسمت‌های شرقی شبه جزیره بالکان و شرق دریای سیاه تا شمال ایران و آسیای صغیر و قفقاز پراکنش دارد. این وزغ در مناطق جنگلی، استپی و نیمه بیابانی زیست می‌کند. در کف پای این وزغ توبرکول پشتی توسعه یافته و شبیه بیلچه شده است که وجه تسمیه نام این وزغ است. وزغ سبز *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) گونه‌ای وزغ از خانواده Bufonidae است که در نواحی استپ و کوهستانی، بیابانی، جنگلی و حاشیه شهرها با پراکنش وسیع حضور دارند. این وزغ در اغلب استان‌های ایران دیده شده است. در این مطالعه، تغییرات مرتبط با جنسیت در نسبت‌های 2D:3D, 2D:4D, 3D:4D اندام‌های حرکتی جلو و عقب در سمت چپ دو گونه از وزغ‌های ایران شامل وزغ پابیلچه ای و وزغ سبز بر اساس اندازه گیری کلیه انگشتان دست و پا مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۵۴ نمونه از وزغ‌ها متشکل از وزغ سبز *Bufo viridis* (۱۶ نمونه نر و ۱۹ نمونه ماده) و وزغ پابیلچه‌ای *Pelobates syriacus* (۱۰ نمونه نر و ۹ نمونه ماده) در شمال ایران مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱) . نمونه‌های وزغ سبز از محدوده روستای دهکا (4137047N; 417443E; 39S) از توابع بخش کیاشهر شهرستان آستانه اشرفیه و نمونه‌های وزغ پابیلچه‌ای در محدوده روستای گالش کلام (4118430N; 433536E; 39S) از توابع شهرستان لنگرود جمع آوری گردید. تعیین جنسیت افراد نر و ماده با استفاده از وجود سطوح پینه بسته در کف دست‌های نمونه‌ها تعیین گردید به طوریکه نرها دراری سطوح پینه بسته بر روی انگشت شست بودند. همچنین بدلیل جمع آوری این وزغ‌ها در فصول تولید مثل نرها دراری بدنی کشیده و کوچکتر و ماده‌ها دارای بدن حجیم ، بزرگتر و پر از تخم بودند. اندازه گیری‌ها در محیط انجام گرفت و نمونه‌ها بعد از اندازه گیری بلافاصله آزاد 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 اندازه گیری شد. با توجه به تاکید بر انگشتان دوم الی چهارم در این قبیل مطالعات، صرفا انگشتان شماره II الی IV در سمت چپ بدن جهت انجام آنالیزها مورد استفاده قرار گرفتند. 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 برهم کنش بین اندازه و جنسیت بر روی اندازه نسبت طول انگشتان 2D:4D از MANOVA چند متغیره به کمک نرم افزار SPSS 21 استفاده شد.

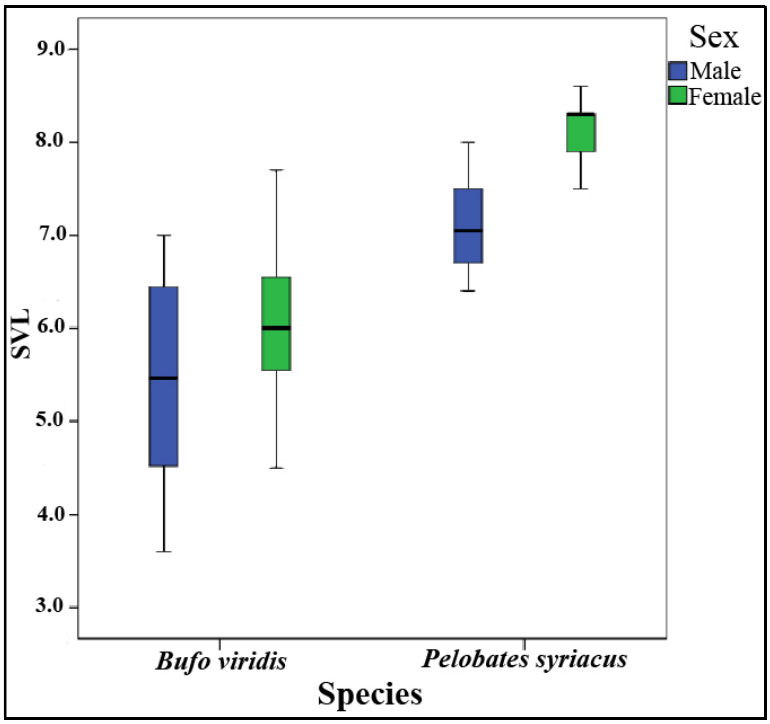
نتایج

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 این صفات با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد. در این مطالعه تماماً نمونه‌های بالغ مورد استفاده قرار گرفتند. اندازه طول بدن در گونه *Bufo viridis* در محدوده ۳/۶۰-۷/۷۰ (۵/۰±۸۰/۹۲۶) و در گونه *Pelobates syriacus* در محدوده ۶/۸-۴۰/۶۰ (۷/۰±۶۰/۶۹۶) بودند. در *Pelobates syriacus* ماده‌ها دارای میانگین طول بدن (SVL) بیشتری نسبت به نرها بودند و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود (۸/۱۲ در مقابل ۷/۱۴ و P=۰/۰۰۱). در گونه *Bufo viridis* نیز ماده‌ها دارای میانگین طول بدن بیشتری از نرها بودند اما این اختلاف بین افراد نر و ماده از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۲).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]

شکل ۱- تصاویر وزغ‌های بررسی شده در این مطالعه. **A**. وزغ سبز اروپایی(*Bufo viridis*). **B**. وزغ پابیلچه ای (*Pelobates syriacus*).

Fig. 1. Photographs of toads investigated in this study. **A.** European green toad (*Bufo viridis*). **B.** Eastern spadefoot toad (*Pelobates syriacus*).



شکل ۲- نمودار باکس پلات افراد نر و ماده دو گونه مورد بررسی از لحاظ ویژگی اندازه بدن.

Fig. 2. Box plot graph of male and female specimens in two examined species based on snout-vent length (SVL).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]

جدول ۱- تفاوت‌های جنسی اندام‌های حرکتی جلو و عقب سمت چپ در دو گونه مورد بررسی. 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 1. Summary of sex-related differences in left fore and hind limb in two examined species. 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=16)	Females (N=19)	F	d_{var}	t	p	d_{mean}
Bufo viridis	**Forelimb**							
	2D:3D	0.8200	0.7879	0.804	1	-1.418	0.376	1
	2D:4D	1.1538	1.1203	0.237	1	-3.142	0.630	1
	3D:4D	1.4081	1.4223	0.059	1	-1.112	0.809	1
	Hind limb							
	2D:3D	0.6603	0.6106	1.983	1	-0.714	0.168	1
	2D:4D	0.4055	0.3680	2.909	1	0.417	0.097	1
	3D:4D	0.6241	0.6147	0.060	1	1.854	0.814	1

	Measure	Males (N=10)	Females (N=9)	F	d_{var}	t	p	d_{mean}
Pelobates syriacus	**Forelimb**							
	2D:3D	0.7404	0.7147	0.444	1	-1.214	0.514	1
	2D:4D	1.0659	0.9940	2.879	1	-2.941	0.108	1
	3D:4D	1.4701	1.3904	0.675	1	-1.004	0.423	1
	Hind limb							
	2D:3D	0.6429	0.7149	1.721	1	-1.714	0.207	1
	2D:4D	0.5033	0.4481	4.932	1	0.821	0.040	1
	3D:4D	0.6956	0.7187	0.603	1	1.252	0.448	1

نسبت اندازه طول انگشتان دست و پا در سمت چپ بدن برای هر دو گونه از لحاظ (2D:3D, 2D:4D, 3D:4D) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هیچ کدام از صفات مورد بررسی در اندام‌های حرکتی جلویی و عقبی اختلاف معنی‌داری بین افراد نر و ماده در گونه *Bufo viridis* مشاهده نشد. اما از لحاظ 2D:4D بین افراد نر (۰/۵۰۳۳) و ماده (۰/۴۴۸۱) در گونه *Pelobates syriacus* اختلاف معنی‌دار (P=۰/۰۴۰) در انگشتان دوم و چهارم اندام‌های عقبی وجود داشت (شکل ۳). جزئیات بیشتر این مقادیر در جدول ۱ ارائه شده است.

بحث

در این مطالعه دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دست و پا در سمت چپ بدن در گونه‌های *Bufo viridis* و *Pelobates syriacus* مورد بررسی قرار گرفت. دوشکلی جنسی در اندازه بدن در گونه *Pelobates syriacus* مشاهده شد. اما در گونه *Bufo viridis* از لحاظ اندازه بدن افراد نر و ماده فاقد دوشکلی جنسی معنی‌دار از لحاظ آماری بودند. اما دوشکلی جنسی در اندازه طول انگشتان صرفا در نسبت 2D:4D مشاهده گردید. اهمیت این مطالعه در این است که طبق مطالعات Chang (2006) الگوی دوشکلی جنسی انگشتان در یک گونه دوزیست اگر وجود داشته باشد و طبق الگوی بدست آمده در دیاپسیدها اگر نسبت 2D:4D در نرها بیشتر از ماده‌ها باشد میتوان طبق مطالعات پیشین در این زمینه اظهار کرد که دوشکلی جنسی در این صفت ممکن است حالت اجدادی در گونه مورد بررسی باشد.

طبق فرضیه‌های ارائه شده در این خصوص، نسبت طول انگشت دوم به چهارم (2D:4D) مهمترین عامل تفاوت‌های مورفولوژیکی این صفت در گروه‌های مختلف جانوری بوده که در بعضی گروه‌ها نرها نسبت‌های بالاتری دارند و در برخی گروه‌ها ماده‌ها نسبت بالاتری دارند. دوشکلی جنسی انگشتان همچنین در انگشتان شماره ۳ و ۴ هم دیده شده‌اند. در برخی گروه‌های جانوری انگشتان دست این ویژگی دو شکلی جنسی را بهتر نشان می‌دهند، در برخی گونه‌ها دوشکلی جنسی بیش‌تر توسط انگشتان پاها نشان داده می‌شوند. در برخی موارد نیز هر دوی انگشتان دست و پا ممکن است نتایج متفاوتی را ارائه بدهند.

نسبت 2D:4D به عنوان یک صفت مهمی در بررسی دوشکلی جنسی مهره داران می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این قبیل از مطالعات در گونه‌ها و تاکسون‌های جانوری مختلف بندرت صورت گرفته است و مطالعه حاضر می‌تواند شواهد کامل‌تر و بهتری از

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]

وضعیت دوشکلی جنسی در دوزیستان ارائه بدهد و اطلاعات موجود در این زمینه را بهبود بخشد. نسبت‌های بالای 2D:4D در گونه *Pelobates syriacus* در افراد نر نسبت به افراد ماده، موافق و هماهنگ با بیشتر گونه‌های مهره داران از جمله فنچ راه راه (Burley & Foster, 2004)، مرغ بهشتی (Saino et al., 2007)، مارمولک‌های جنس *Podarcis* (Rubolini et al., 2006) و *Anolis* (Chang et al., 2006) است. فقدان کامل دوشکلی جنسی در نسبت 2D:4D در اندام‌های جلویی و عقبی گونه *Bufo viridis* می‌تواند به دلیل پایین بودن دامنه تغییرات پایین در اندازه نسبت این دو انگشتان در هر دوی اندام‌های جلویی و عقبی گونه *Bufo viridis* و در اندام‌های جلویی گونه *Pelobates syriacus* باشد (شکل ۳). اگرچه مکانیسم‌های تکوینی که مسئول این اختلافات و عدم وجود تفاوت‌های جنسی در این نسبت‌ها به خصوص در اندام‌های جلویی باشد کاملا مشخص نیست، اما این امکان وجود دارد که مکانیسم کاهش تعداد انگشتان در اندام‌های جلویی در دوزیستان میتواند مسئول این کاهش نسبت در انگشتان دوم و چهارم و در نتیجه فقدان دوشکلی جنسی در این اندام باشد (Chang, 2008).

در میان دیگر دوزیستان بررسی شده در ایران، تغییرات درون جمعیتی و درون گونه‌ای از لحاظ این نسبت‌ها در میان نمونه‌های بررسی شده مشاهده شده است (Rajabi & Javanbakht, 2019). اما، الگوی دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان در دو گونه مورد بررسی در این مطالعه مشابه بود. بنابراین پیش بینی و تعمیم الگوی ثابت و معینی در میان دوزیستان از این لحاظ، تا حدودی مشکل و غیر ممکن است. الگوهای مشابه در تفاوت‌های جنسی در نسبت‌های مشاهده شده طول انگشتان در دو گونه مورد بررسی نشان دهنده الگوهای مشابه دوشکلی جنسی اندازه بوده و ممکن است به معنی وجود یک مکانیسم اساسی مشترک شکل دهنده دوشکلی جنسی در هر دوی ویژگی‌های بدنی و نسبت‌های انگشتان در این گونه‌ها باشد. در مهره‌داران، مراحل رشد دوشکلی جنسی بستگی به بیان

جدول ۲- اثر اندازه، طول بدن، جنسیت و برهم کنش آن‌ها بر روی نسبت طول انگشتان 2D: 3D, 2D: 4D و 3D: 4D در اندام‌های جلویی و عقبی (سمت چپ) در دو گونه مورد بررسی.

Table 2. 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 two examined species.

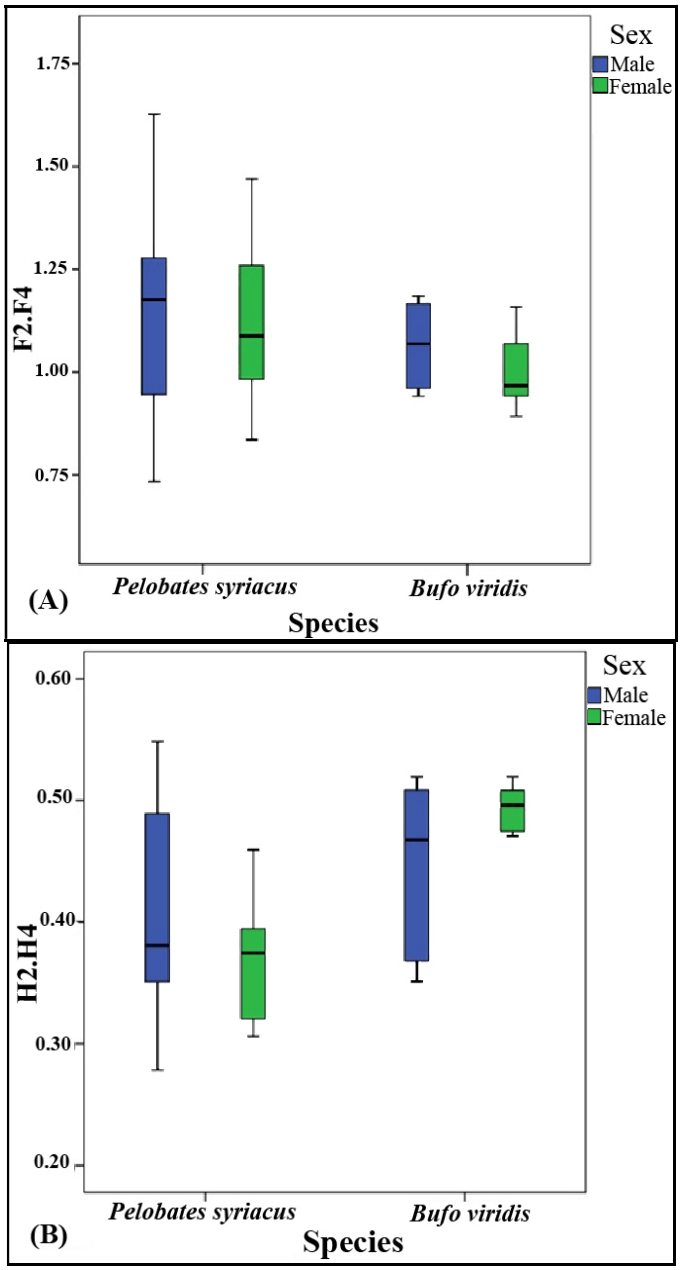
		2D:3D			2D:4D			3D:4D	
	Forelimb	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
					Factor					
Bufo viridis	**Sex**	1	1.906	0.261	1	8.731	0.060	1	0.018	0.903
	SVL	1	0.993	0.594	1	8.792	0.049	1	2.061	0.304
	SVL by Sex	1	2.973	0.199	1	29.399	0.009	1	2.292	0.263
		2D:3D			**2D:4D**			**3D:4D**		
	Hind limb	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
					Factor					
	Sex	1	21.095	0.019	1	8.869	0.059	1	1.448	0.315
	SVL	1	15.574	0.022	1	1.382	0.453	1	2.143	0.292
	SVL by Sex	1	4.345	0.128	1	1.670	0.357	1	1.932	0.312
		2D:3D			**2D:4D**			**3D:4D**		
	Forelimb	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
					Factor					
Pelobates syriacus	**Sex**	1	2.108	0.345	1	7.234	0.120	1	0.124	0.871
	SVL	1	1.125	0.852	1	9.482	0.088	1	3.101	0.524
	SVL by Sex	1	2.802	0.288	1	27.988	0.007	1	1.857	0.547
		2D:3D			**2D:4D**			**3D:4D**		
	Hind limb	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**	**df**	**F-ratio**	**P**
					Factor					
	Sex	1	24.194	0.411	1	8.701	0.157	1	2.221	0.452
	SVL	1	14.571	0.014	1	2.014	0.252	1	3.412	0.752
	SVL by Sex	1	5.741	0.412	1	2.410	0.427	1	2.254	0.489

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]

[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]



شکل ۳- نمودار باکس پلات نسبت طول انگشتان دوم به چهارم (2D:4D) در انگشتان دست (A) و انگشتان پا (B) در دو گونه وزغ مورد بررسی. حرف F در محور عمودی نمودار (A) معرف اندام‌های جلویی (Fore Limbs)، حرف H در نمودار (B) معرف اندام‌های عقبی (Hind Limbs).

Fig. 3. Box plot diagram of the ratios of the length of the second to fourth digits (2D: 4D) in the fingers (A) and toes (B) in two examined species of toads. The letter F in the vertical axis of the diagram represents the fingers of the front limbs (Fore Limbs), the letter H represents the hind limbs (Hind Limbs).

ژن‌های مسئول در طی تکوین فردی دارد (Badyaev, 2002). در واقع، الگوهای رشد وابسته به جنس توسط تخصص یافتگی بالای جنسی در هورمون رشد (GH) ترشح و تکمیل می‌شود (Badyaev, 2002). در این رابطه، استروئیدهای جنسی نقش موثری را بازی می‌کنند. زیرا فاکتورهای مهار کننده و آزاد کننده هیپوتالاموسی هورمون رشد، که باعث تنظیم آزادسازی و سنتز هورمون رشد می‌شود، تحت کنترل استروئیدهای جنسی است. هردوی آندروژن‌ها و استروژن‌ها می‌توانند ترشح هورمون رشد را تحریک کنند اما اهمیت نسبی آن‌ها می‌تواند در گونه‌های متفاوت مختلف باشد (Badyaev, 2002).

در نهایت به طور خلاصه، نسبت 2D:4D در گونه *Pelobates syriacus* (در اندام‌های عقبی) دارای دوشکلی جنسی بوده و این نتایج، پیرو یک الگوی مشابه در دیاپسیدها (و نه سیناپسیدها) بوده که در آن نسبت این انگشتان در نرها نسبت به ماده‌ها بالاتر است. اما جهت بررسی صحت و تعمیم این الگو در دیگر دوزیستان و مهره داران، لازم است تا نسبت 2D:4D در تعداد گونه‌های بیشتری از مهره داران مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مسئولین موزه و آزمایشگاه گروه زیست شناسی دانشگاه گیلان کمال تشکر و سپاسگزاری را دارند.

REFERENCES

Badyaev, A. 2002. Growing apart: an ontogenetic perspective on the evolution of sexual size dimorphism. Trends in Ecology & Evolution 17: 369-378.

Bailey, A. & Hurd, L. 2005. Finger length ratio (2D:4D) correlates with physical aggression in men but not in women. Biological Psychology 68: 215-222.

Bailey, A., Wahlsten, D. & Hurd, P. 2005. Digit ratio (2D:4D) and behavioral differences between inbred mouse strains. Genes Brain and Behavior 4: 318-323.

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

Brown, W.M., Finn, C.J., Cooke, B.M. & Breedlove, S.M. 2002b. Differences in finger length ratios between self-identified "butch" and "femme". Archives of Sexual Behavior 31: 123-127.

Burley, N. & Foster, V. 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.

Chang, J.L. 2008. Sexual dimorphism of the second-to-fourth digit length ratio (2D:4D) in the strawberry poison dart frog (*Oophaga pumilio*) in Costa Rica. Journal of Herpetology 42: 414-416.

Chang, J., Doughty, J. Wade, L. & Lovern, M. 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.

Fink, B., Grammer, K., Mitteroecker, P., Gunz, P., Schaefer, K., Bookstein, F. & Manning, J. 2005. Second to fourth digit ratio and face shape. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 272: 1995-2001.

Flegr, J., Hruskova, M., Hodny, Z., Novotna, M., & Hanusova, J. 2005. Body height, body mass index, waist-hip ratio, fluctuating asymmetry and second to fourth digit ratio in subjects with latent toxoplasmosis. Parasitology 130: 621-628.

Kempel, P., Gohlke, B., Klempau, J., Zinsberger, P., Reuter, M. & Hennig, J. 2005. Second-to-fourth digit length, testosterone and spatial ability. Intelligence 33: 215-230.

Kondo, T., Zakany, J., Innis, J. & Duboule, D. 1997. Of fingers, toes and penises. Nature 390: 29.

Krumlauf, R. 1994. Hox genes in vertebrate development. Cell 78: 191-201.

Leoni, B., Canova, L. & Saino, N. 2005. Sexual dimorphism in metapodial and phalanges length ratios in the wood mouse. The Anatomical Record Part A Discoveries in Molecular Cellular and Evolutionary Biology 286A: 955-961.

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

McFadden, D. & Bracht, M. 2003. The relative lengths and weights of metacarpals and metatarsals in baboons (*Papio hamadryas*). Hormones and Behavior 43: 347-355.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]

McFadden, D. & Bracht, M. 2005. Sex differences in the relative lengths of metacarpals and metatarsals in gorillas and chimpanzees. Hormones and Behavior 47: 99-111.

McIntyre, M., Ellison, P., Lieberman, D., Demerath, E. & Towne, B. 2005. The development of sex differences in digital formula from infancy in the Fels longitudinal study. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 272: 1473-1479.

Manning, J. 2002. Digit ratio. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

Manning, J., Scutt, D., Wilson, J. & Lewis-Jones, D. 1998. The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm number and levels of testosterone, LH and oestrogen. Human Reproduction 13: 3000-3004.

Manning, J., Callow, M. & Bundred, P. 2003. Finger and toes ratios in humans and mice: implications for the etiology of diseases influenced by HOX genes. Medical Hypotheses 60: 340-343.

Mortlock, D. & Innis, J. 1997. Mutation of HOXA13 in hand-foot genital syndrome. Nature Genetics 15: 179-180.

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.

Peters, M., Mackenzie, K. & Bryden, P. 2002. Finger length and distal finger extent patterns in human. American Journal of Physical Anthropology 117: 209-217.

Rajabi, F. & Javanbakht, H. 2019. Sexual Dimorphism in Digit Length Ratios in Marsh Frog, *Pelophylax ridibundus* (Ranidae) from Iran. Journal of Applied Biological Sciences 13: 33-36.

Utz, D., Gaulin, S., Sporter, R. & McBurney, D. 2004. Sex hormones and finger length. What does 2D:4D indicate? Evolution and Human Behavior 25: 182-199.

Romano, M., Rubolini, D., Martinelli, R., Bonisoli, A. & Saino, N. 2005. Experimental manipulation of yolk testosterone affects digit length ratios in the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*). Hormones and Behavior 48: 342-346.

Romano, M., Leoni, B. & Saino, N. 2006. Examination marks of male university students positively correlate with finger length ratios (2D:4D). Biological Psychology 71: 175-182.

Roney, J., Whitham, J., 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, A., Gentilli, M., Zuffi, P., Galeotti, H. & Saino, N. 2006. Sexual dimorphism in digit length ratios in two lizard species. Anatomical Record 288: 491-497.

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

Williams, T., Pepitone, M., Christensen, S., Cooke, B., Huberman, A., Breedlove, N., Breedlove, T., Jordan, C. & Breedlove, S. 2000. Finger-length ratios and sexual orientation. Nature 404: 455-456.

*****

How to cite this article:

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).

علی‌نژادی، ا.، حیدری، ن. و جوان بخت، ه. ۱۳۹۹. بررسی دوشکلی جنسی در نسبت طول انگشتان دوم تا چهارم (2D:4D) در دو گونه وزغ سبز و وزغ پابیلچه‌ای. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۷: ۳۰۳-۲۹۵.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1399.7.3.12.8]
[DOI: 10.52547/nbr.7.3.295]