

雄性斑腿泛树蛙两侧睾丸的对称性研究

张丽霞, 安东, 何玉晓, 陈晓虹

(河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007)

摘要: 雄性个体两侧睾丸大小的不对称性存在于很多动物类群. 补偿假说认为当雄性一侧睾丸受损时, 另一侧的睾丸可通过增强自身大小来补偿受损侧睾丸的功能降低, 从而导致两侧睾丸大小之间产生不对称性. 为检验这一假说, 我们比较了斑腿泛树蛙两侧睾丸大小的差异性. 研究发现雄性斑腿泛树蛙两侧睾丸大小之间不存在显著性差异, 且两侧睾丸之间不对称性强度与雄性身体质量之间不存在相关性. 本研究结果不支持 Møller 提出的睾丸补偿假说.

关键词: 斑腿泛树蛙; 睾丸大小; 不对称性; 补偿假说

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

最近几十年来, 雄性个体两侧睾丸大小的不对称性引起了很多动物学家的关注^[1-4]. 很多脊椎动物类群存在雄性两侧睾丸不对称现象^[5-13]. 已知很多鸟类物种雄性个体的左侧睾丸显著的大于右侧睾丸^[3,6,7,14]. 迄今为止, 这种现象存在的进化意义尚不清楚, 但 Møller^[9]对此提出了补偿假说. 该假说认为: 当鸟类左侧睾丸受损时, 会增大右侧睾丸从而弥补左侧睾丸因受损而导致的功能降低. 依据此假说, 雄性两侧睾丸大小不对称性的强度可作为一个衡量雄性身体质量指标. 身体状况处于劣势的雄性在个体发育过程中因对环境压力更敏感, 将不易具有较大程度的两侧睾丸的不对称性^[6,9,11]. 此外, 一些研究表明年龄较大的雄性比年龄较小的雄性具有更大程度的两侧睾丸的差异性^[9,11], 但也有研究发现雄性鲫鱼(*Carassius auratus*)不存在两侧睾丸的差异性^[15]. 相似的研究结果也在峨眉树蛙(*Rhacophorus omeimontis*)中被报道^[16-17]. 这些结果表明不同物种间雄性两侧睾丸之间是否存在不对称性存在很大的种间差异, 所以需更深入的研究, 特别是开展对无尾类的相关研究^[12-13].

斑腿泛树蛙(*Polypedates megacephalus*)在中国南方地区分布广泛, 分布北限为河南商城^[18]; 海拔分布可从 520 m 上升到 2 200 m. 其繁殖期一般从五月持续到七月, 属于延长式繁殖^[18-19]. 此蛙背面皮肤较光滑, 上有细小痣粒, 腹面皮肤稍粗糙, 分布有大小不等的疣粒, 腹部疣粒大而密. 生活时体色多为浅褐色或黄褐色, 夹有深色点状斑, 有的在背面两侧有条状斑^[18-19]. 近几年来, 斑腿泛树蛙身体器官大小的地理变异^[21]和其他一些生活史特征已被广泛研究^[21-24], 但其雄性两侧睾丸之间是否存在不对称性尚不清楚. 依据 Møller 提出的补偿假说, 我们可提出如下预测: 1) 雄性斑腿泛树蛙两侧睾丸大小之间存在显著差异; 2) 两侧睾丸之间不对称性强度与雄性身体质量正相关. 体长相对于体重的残差被用来代表雄性的身体质量^[25-26]. 本研究主要检验雄性斑腿泛树蛙两侧睾丸之间大小的差异性, 并进一步检验雄性两侧睾丸不对称性强度与雄性身体质量之间的相关性.

1 材料与方法

实验所用样本均采集于西藏自治区林芝市墨脱县(29.32°N, 95.33°E; 1 093 m). 2014年6月15-18日

收稿日期: 2017-06-26; 修回日期: 2017-12-20.

基金项目: 国家自然科学基金河南人才培养联合基金(U1304309); 国家自然科学基金青年科学基金项目(31501870); 河南师范大学博士科研启动课题(qd12132).

作者简介: 张丽霞(1983-), 女, 河南许昌人, 河南师范大学副教授, 博士, 研究方向: 动物生态学, E-mail: zhanglxsky@163.com.

通信作者: 陈晓虹(1964-), 女, 四川广元人, 河南师范大学教授, 博士, 研究方向: 动物分子系统地理学、动物生态学, E-mail: xhchen-xx@sohu.com.

在斑腿泛树蛙的繁殖期,我们连续3个傍晚共徒手抓取了43只雄性斑腿泛树蛙性成熟个体.判定雄性个体是否达到性成熟主要依据雄蛙前肢第一指基部是否具有凸起的婚垫.采集的活体标本用过量的鱼安定MS-222处理后固定于10%的福尔马林溶液,然后被带回实验室.用游标卡尺(精确度0.02 mm)和电子天平(精确度0.1 g)分别对每个样本的体长和体重进行测量;然后,取出用精密电子天平对每个样本两侧辜丸的大小进行测质量(精确度0.1 mg).左、右两侧辜丸的重量之和被定义为辜丸的总质量,质量之差被定义为辜丸不对称性的强度^[4,12].

选择配对样本的T检验对两侧辜丸大小的差异性进行检验.采用线性回归分析计算雄性的身体质量指标,设模型中体质量为因变量,体长为自变量.选择皮尔逊相关分析检验辜丸不对称性强度与雄性身体质量的关系.采用一般线性模型检验辜丸质量与体质量的关系,模型中总(左、右)辜丸质量分别为因变量,体长和体质量为自变量.所有检验都是双尾检验,统计分析软件选择SPSS 16.0.

2 结果

雄性斑腿泛树蛙平均体质量为 (7.2 ± 1.3) g[体重范围:(4.9~11.3) g],平均体长为 (46.48 ± 3.13) mm[体长范围:(40.52~55.03) mm].两侧辜丸大小之间正相关($r=0.853, n=44, P<0.001$).配对样本T检验表明两侧辜丸大小之间不存在显著性差异($t=0.02, df=42, P=0.982$).回归分析结果表明体长与体重之间存在强烈的相关性($F_{1,42}=94.9, r^2=0.693, P<0.001$, 体重 $=0.391 \times$ 体长(mm) -10.937).皮尔逊相关分析表明雄性身体质量与两侧辜丸不对称性强度之间不存在相关性($r=0.076, N=44, P=0.625$),表明单侧辜丸不存在补偿作用.另外,线性回归分析发现当控制身体大小时,总(左侧、右侧)辜丸质量与体质量无关(表1, 图1).

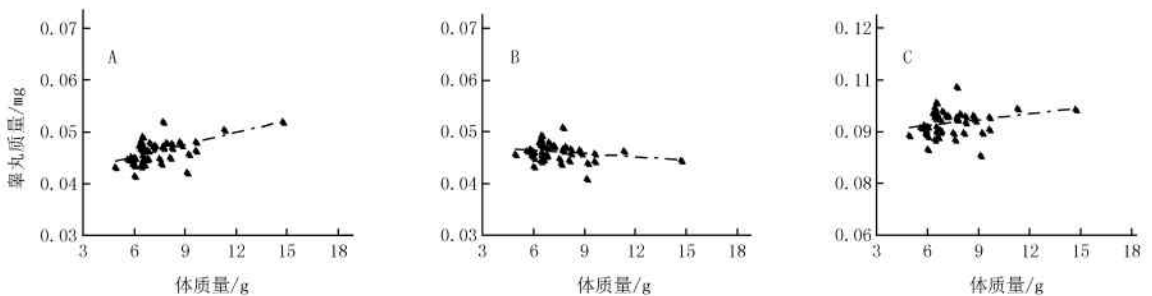


图1 体重与A)左侧辜丸重量;B)右侧辜丸重;C)总辜丸重量的关系

表1 体长和体重与左、右以及总辜丸重量的一般线性模型分析结果参数

	左侧辜丸质量			右侧辜丸质量			总辜丸质量		
	$\beta \pm SE$	t	p	$\beta \pm SE$	t	p	$\beta \pm SE$	t	p
截距	0.010 \pm 0.045	0.22	0.831	0.021 \pm 0.051	0.40	0.689	0.030 \pm 0.092	0.33	0.745
体长	0.001 \pm 0.001	0.71	0.479	0.001 \pm 0.001	0.55	0.584	0.002 \pm 0.003	0.65	0.518
体重	-0.001 \pm 0.003	0.31	0.759	-0.003 \pm 0.003	0.53	0.601	-0.002 \pm 0.006	0.44	0.661

3 讨论

本研究结果发现雄性斑腿泛树蛙两侧辜丸大小之间不存在显著差异,且其两侧辜丸不对称性强度和辜丸重量与雄性身体质量不存在相关性.这些结果表明斑腿泛树蛙其一侧的辜丸并不在功能上对另外一侧辜丸起补偿作用.因此,本研究结果不支持moller提出的补偿假说^[9].

对很多鸟类物种的研究发现,其雄性左侧辜丸质量显著大于右侧^[5,7,9,11,27-29],但也有部分鸟类物种其雄性右侧辜丸质量大于左侧^[14,30].本研究结果发现雄性斑腿泛树蛙两侧辜丸大小之间不存在显著性差异,相似的研究结果在峨眉林蛙(*Rana omeimontis*)^[16-17]和鲫鱼(*C. auratus*)^[15]中也被发现.迄今为止,与本结

果类似的研究在无尾类中被发现的较少,多数无尾类物种其雄性个体两侧睾丸大小都具有不对称性^[4,12-13]。多数无尾类物种其雄性的左侧睾丸大于右侧,如沼水蛙(*Hylarana guentheri*)^[4]和黑斑侧褶蛙(*Pelophylax nigromaculatus*)^[13],中华蟾蜍(*Bufo gargarizans*)^[31],峨眉林蛙(*R. omeimontis*)^[32],但也有少数无尾类物种其右侧睾丸大于左侧,如 *R. temporaria*^[12]。研究发现具有两侧不对称性睾丸的雄性比具有两侧睾丸无差异性的雄性更有繁殖优势。假设雄性两侧睾丸大小之间具有差异性,当较大侧睾丸受损害时,较小睾丸将会增大自身以对补偿受损侧的功能降低,这将会降低两侧睾丸不对称性的强度^[9]。因此,雄性两侧睾丸大小不对称性的强度可反映雄性身体质量,且与雄性第二性征的表达正相关^[9,33]。然而,本研究发现雄性斑腿泛树蛙两侧睾丸不对称性强度与雄性身体质量不存在相关性,表明此物种内两侧睾丸不对称性程度并不代表身体质量。本研究结果类似于某些无尾类^[4,13]和鸟类^[1,11,28]的研究结果,即雄性两侧睾丸大小不对称性强度与雄性的身体质量无关。这些结果表明在一些物种,雄性两侧睾丸大小不对称强度并不是代表雄性身体质量好坏的理想指标。但欧洲普通蟾蜍(*R. temporaria*)其雄性两侧睾丸大小不对称性强度与身体质量正相关^[12],支持补偿假说。另外,Møller 发现雄性麻雀和家燕其睾丸不对称性强度与雄性身体质量正相关^[9]。以上研究结果的差异性也许是由于不同身体质量指标的差异性引起的。

理论预测雄性繁殖投入与精子竞争强度正相关^[34],当精子竞争强度增大时,雄性应该具有更大的睾丸^[8,35]。因此,身体状况好的雄性比身体状况差的雄性应该有更大的繁殖投入,相应的应该具有更大的睾丸大小^[36-37]。很多研究表明雄性体重与睾丸大小之间存在正相关,表明处于较好身体状态的雄性应该会比身体质量较差的雄性有更大的繁殖投入,以提高他们的精子竞争能力^[4]。但是我们的研究结果发现睾丸质量和体质量无相关性,表明对斑腿泛树蛙,体重并不是雄性睾丸大小的一个预测指标。

总之,本研究结果表明雄性斑腿泛树蛙不存在两侧睾丸大小的差异性,且睾丸不对称性强度与身体质量之间无相关性,不支持 Møller 提出的补偿假说。

参 考 文 献

- [1] Kempnaers B,Peer K,Vermeirssen E L M,et al.Testis size and asymmetry in the tree swallow: a test of the compensation hypothesis [J].Avian Science,2002,2:115-122.
- [2] GRAVES G R.Testicular volume and asymmetry are age-dependent in black-throated blue warblers *Dendroica caerulescens* [J].Auk, 2004,121:473-485.
- [3] JAMIESON B G M,Briskie J V,Montgomerie R.Testis size sperm size and sperm competition.In Jamieson B.G.M.(Ed.),Reproductive Biology and Phylogeny of Birds[M].Part A:Phylogeny,Morphology,Hormones,Fertilization.Enfield,NH:Science Publishers,2007.
- [4] LIU Yanhong,LIAO Wenbo,ZHOU Caiquan,et al.Asymmetry of testes in Guenther's Frog,*Hylarana guentheri* (Anuar:Ranidae)[J].Asian Herpetological Research,2011,2:234-239.
- [5] SELANDER R K,HAUSER R J.Gonadal and behavioral cycles in the Great-tailed Grackle[J].Condor,1965,67:157-182.
- [6] LAKE P E.Male genital organs[M].In King A S,McLelland J.(Eds.),Form and Function in Birds.London:Acad Press,1981.
- [7] RISING J D.Geographic variation in testis size in Savannah Sparrows (*Passerculus sandwichensis*) [J].Wilson Bulletin,1987,99:63-72.
- [8] MØLLER A P.Sperm competition,sperm depletion,paternal care,and relative testis size in birds[J].American Naturalist,1991,882-906.
- [9] MØLLER A P.Direction selection on directional asymmetry:testes size and secondary sexual characters in birds[J].Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences,1994,258:147-151.
- [10] RISING J D.Relationship between testis size and mating systems in American sparrows (Emberizinae)[J].Auk,1996,113:224-228.
- [11] BIRKHEAD T R,Fletcher F,Pellatt E J.Testis asymmetry,condition and sexual selection in birds;an experimental test[J].Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences,1998,265:1185-1189.
- [12] HETTYEY A,LAURILA A,HERCZEG G,et al.Does testis weight decline towards the Subarctic? A case study on the common frog, *Rana temporaria* [J].Naturwissenschaften,2005,92:188-192.
- [13] ZHOU Caiquan,MAO Min,LIAO Wenbo,et al.Testis asymmetry in the dark-spotted frog *Rana nigromaculata* [J].Herpetological Journal,2011,21:181-185.
- [14] Friedmann H.Testicular asymmetry and sex ratio in birds[J].Biological & Pharmaceutical Bulletin,1927,52:197-207.
- [15] LIU Jiao,ZHOU Caiquan,Liao Wenbo.Evidence for neither the compensation hypothesis nor the expensive-tissue hypothesis in *Carasius auratus* [J].Animal Biology,2014,64(2):177-187.
- [16] MI Zhiping,LIAO Wenbo,Jin Long,et al.Testes asymmetry and sperm length in *Rhacophorus omeimontis* [J].Zoology Science,2012, 29:368-372.

- [17] LIAO Wenbo, MI Zhiping, LI Chenliang, et al. Sperm traits in relation to male amplexus position in the Omei treefrog *Rhacophorus omeimontis*, a species with group spawning[J]. *Herpetological Journal*, 2013, 23: 23-27.
- [18] 陈晓虹, 夏中荣, 胡焕富, 等. 河南发现斑腿树蛙[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2004, 32(2): 104-105.
- [19] 费梁, 叶昌媛. 四川两栖类原色图鉴[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [20] ZHONG Maojun, WANG Xiaoyi, HUANG Youyou, et al. Altitudinal variation in organ size in *Polypedates megacephalus*[J]. *Herpetological Journal*, 2017, 27: 235-238.
- [21] CHEN Cheng, HUANG Youyou, LIAO Wenbo. A comparison of testes size and sperm length between *Polypedates megacephalus* populations at different altitudes[J]. *Herpetological Journal*, 2016, 26: 249-252.
- [22] JIN Long, CHEN Cheng, Mi, Zhiping, et al. Altitudinal variation in body size and age in male Spot-legged Treefrog (*Polypedates megacephalus*)[J]. *Russian Journal of Ecology*, 2017, 48(5): 476-481.
- [23] LIAO Wenbo, ZHONG Maojun, CHEN Cheng, et al. No evidence of phenotypic selection on large females leading to female-biased sexual size dimorphism in the frog *Polypedates megacephalus*[J]. *Salamandra*, 2016, 30: 30-35.
- [24] ZHAO Li, CHEN Cheng, LIAO Wenbo. No evidence for trade-off between clutch size and egg size in the spot-legged treefrog (*Polypedates megacephalus*)[J]. *North-Western Journal of Zoology*, 2016, e161506.
- [25] Schulte-Hostedde A I, Millar J S, Hickling G J. Evaluating body condition in small mammals[J]. *Canadian Journal of Zoology*, 2001, 79: 1021-1029.
- [26] Schulte-Hostedde A I, Millar J S, Hickling G J. Condition dependence of testis size in small mammals[J]. *Evolutionary Ecology Research*, 2005, 7: 143-149.
- [27] Wright P L, Wright M H. The reproductive cycle of the male Red-winged Blackbird[J]. *Condor*, 1944, 46: 46-59.
- [28] Birkhead T R, Buchanan K L, Devoogd T J, et al. Song, sperm quality and testes asymmetry in the sedge warbler[J]. *Animal Behaviour*, 1997, 53: 965-971.
- [29] Yu Zonghan. Asymmetrical testicular weights in mammals, birds, reptiles and amphibian[J]. *International Journal of Andrology*, 1998, 21: 53-55.
- [30] Ligon J D. A single functional testis as a unique proximate mechanism promoting sex role reversal in coucals[J]. *Auk*, 1997, 114: 800-801.
- [31] Yu Tonglei, Guo Yanshu. Testes asymmetry of *Bufo gargarizans* in relation to body condition and age[J]. *Acta Herpetologica*, 2015, 10(2): 155-158.
- [32] Liu Wencao, Huang Yan, Liao Yongmei. Testes asymmetry of Chinese endemic frog (*Rana omeimontis*) in relation to body condition and age[J]. *North-Western Journal of Zoology*, 2012, 8(2): 390-393.
- [33] Merilä J, Sheldon B C. Testis size variation in the greenfinch *Carduelis chloris*; relevance for some recent models of sexual selection[J]. *Behavioral Ecology And Sociobiology*, 1999, 45: 115-123.
- [34] Parker G A. Sperm competition and the evolution of ejaculates: Towards a theory base[M]. In Birkhead R, Moiler A E. (Eds.), *Sperm Competition and Sexual Selection*. San Diego, CA: Acad Press, 1998.
- [35] MØLLER A P, Briskie J V. Extra-pair paternity, sperm competition and the evolution of testis size in birds[J]. *Behavioral Ecology And Sociobiology*, 1995, 36: 357-365.
- [36] Olsson M, Madsen T, Shine R. Is sperm really so cheap? Costs of reproduction in male adders, *Vipera berus*[J]. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 1997, 264: 455-459.
- [37] Olsson M, Madsen T. Sexual selection and sperm competition in reptiles[M]. In Birkhead T R, Moller A P. (Eds.), *Sperm Competition and Sexual Selection*. San Diego, CA: Acad Press, 1998.

No evidence for the compensation hypothesis in *Polypedates megacephalus*

Zhang Lixia, An Dong, He Yuxiao, Chen Xiaohong

(College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: Testes size in most animals commonly shows directional asymmetry. The compensation hypothesis states that an increase in size of one testis can compensate for a reduced function in the other testis. Here we tested the compensation hypotheses in *Polypedates megacephalus*, by analysing difference between left and right testes mass. From 43 sampled males, we found no difference between left and right testis mass and no correlations between relative testis size and body condition. These findings suggest that either testis cannot serve a compensatory role in *P. megacephalus*.

Keywords: *Polypedates megacephalus*; testis size; directional asymmetry; compensation hypothesis

[责任编辑 王凤产]