

食物限制对异性大鼠气味选择的影响*

张建军 梁虹 张知彬**

(中国科学院动物研究所农业鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100080)

摘要: 通过 Y 型迷宫实验,以巢垫物为气味选择源,研究了大鼠对 60% 限食异性鼠和对照异性鼠气味选择的偏好。结果表明,雌雄大鼠均较多地选择对照异性鼠的气味,但这种选择上的差异并不显著 ($P > 0.05$)。 ^{125}I 放射免疫法对实验鼠血清中睾酮(雄性)和雌二醇(雌性)含量的测定结果表明,对照鼠血清中睾酮(雄性)和雌二醇(雌性)激素与 60% 限食鼠无显著差异。表明 60% 限食对大鼠异性间气味选择的影响较小。

关键词: 大鼠 (*Cricetulus triton*); 食物限制; 气味选择

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2003)03-33-05

Influence of Food Restriction on Mate Choice in the Rat-like Hamster (*Cricetulus triton*)

ZHANG Jian-Jun LIANG Hong ZHANG Zhi-Bin

(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Rat-like hamsters (*Cricetulus triton*) displayed a statistically insignificant ($P > 0.05$) preference for the odor of nesting material from *ad-libitum* fed individuals of the opposite sex to that from individuals that had been subjected to 60% food restriction (FR). This shows that the effect of a 60% FR on odor signals is not very strong. This was confirmed by the finding that the blood serum testosterone (T) content of male hamsters and estradiol (E_2) of female hamsters determined using ^{125}I radioimmunity (PR) did not differ between *ad-libitum* fed and FR animals.

Key words: Rat-like hamster (*Cricetulus triton*); Food restriction; Odor preference

化学感受系统存在于许多哺乳动物中,并在动物的社群行为中具有重要作用^[1,2]。动物的食物条件、身体状况、社会等级以及熟悉程度等都可以通过化学信号表达出来^[3-5]。通过对化学信号的辨别,动物可以选择自己的偏好,以继续以后的社会交往。

食物限制 (food restriction) 指动物可获得食物量的减少。能量代谢与需求在很大程度上限制着鼠类的生殖力和生存力。食物限制或食物短缺影响动物种群的很多方面,可获得食物量的变化引起动物种群数量的变化,并对种群

调节具有重要作用^[6-8],限食条件下,动物的能量消耗降低,能量需求减少,糖类、蛋白质和脂肪等物质的代谢过程及相应的酶活性改变,细胞免疫功能降低,神经内分泌及基因表达发生变化,性成熟延迟,动情周期改变,动情行为受

* 中科院知识创新工程项目 (No. KSCX2-SW-105, KSCX2-SW-103), 科技部招标项目 (FS2000-009) 资助;

** 通讯作者, zhangzb@panda.ioz.ac.cn;

第一作者简介 张建军,男,26岁,博士研究生;研究方向:动物生态和动物行为。

收稿日期:2002-12-01,修回日期:2003-03-07

到抑制,生殖力下降,并影响幼体的发育和性比^[9-16]。限食对动物行为影响的研究主要集中在动物的贮食行为上^[17],而对化学通讯方面的影响研究还未见报道。

大仓鼠(*Cricetulus triton*)在我国主要分布于长江以北地区,是华北平原地区的主要农田害鼠之一^[18-22]。大仓鼠为单洞独居,在繁殖期和非繁殖期都有很强的攻击行为^[23],其婚配制度尚不清楚。雌雄大仓鼠的特化皮肤腺为肋腺,其分泌物对于性别识别具有重要作用,肋腺大小和分泌物受性激素调节^[24]。对其繁殖期气味选择的研究表明,雌雄大仓鼠都表现出对异性气味的偏好,而在个体选择中都没有明显的性别偏好;在非繁殖期,雌鼠在气味选择上表现出对异性气味的偏好,雄鼠则缺乏对气味选择的性别偏好,而在个体选择实验中雄性喜欢选择同性个体,雌性不表现出性别偏好^[25,26]。本文通过大仓鼠对不同食物水平异性鼠的气味选择和激素测定,研究了食物限制对动物行为的影响。

1 材料与方 法

1.1 实验动物 选用野外捕获大仓鼠在实验室繁殖的子一代作为实验对象(野外大仓鼠捕获于河北固安、饶阳以及北京顺义三地)。每只个体单独饲养于面积为 37 cm × 27 cm × 17 cm 塑料饲养笼中,以锯末作为巢垫物,限食实验正式开始前,喂以充足的大鼠料块(北京科澳协力饲料有限公司)和水。饲养室温度保持在(25 ± 1)℃,光照周期为:14L:10D(光照时间 17:00 ~ 7:00 时)。用于实验的雌雄大仓鼠都处于发情状态。以雄鼠睾丸下降,雌鼠阴道口开放和处于动情周期作为繁殖状况的判定指标。

1.2 限食方法 选取成年健康雄鼠 20 只,雌鼠 24 只,分为对照组和限食组,对照组自由饮食,每日称重,记录前一天的进食量,限食组按文献^[27]限食喂养,喂养量为正常的 60%,限食 4 周。

1.3 气味选择的测定 行为观察室:行为观察室的温度和饲养室相同,观察期间门窗封闭,在

气味选择装置的上方用一盏 15 W 的红色灯泡予以照明。行为测量仪:选用 Y 型迷宫式嗅觉测量仪作为气味选择装置。迷宫以锡铁皮为材料,公共臂长为 70 cm,两选择臂各为 60 cm,臂宽 14 cm,选择臂夹角为 45°。每个选择臂两端均与一个长为 20 cm,宽和高与选择臂一致的刺激源箱相连,刺激源箱与选择臂之间以一个铁丝网隔开,使被试鼠不能接触到刺激源,两个刺激源箱的另一侧各通过一内径 3 cm 的塑料管与一台 80 W 的鼓风机相连;公共臂外端连接一个与刺激源箱大小相同的被试鼠适应箱,适应箱与迷宫臂相连接的一侧为一可启动的门;整套装置上方用透明的有机玻璃盖加以封闭。观察过程:以饲养笼内至少存留一星期的巢垫物作为选择气味源,脱脂棉作为空白对照。依次将气味源置于刺激源箱中,被试鼠放入适应箱内,打开鼓风机传送气味,待被试鼠适应 1 min 后,抽去适应箱和公共臂之间的铁丝网,正式开始观察记录。观察时间 10 min,观察者通过迷宫上方的透明有机玻璃盖观察鼠的行为,用秒表记录被试鼠在每个选择臂内停留时间和选择频次,每个刺激源选择实验在左右两个选择臂内各进行一次,以保证被试鼠选择的随机性。刺激源的组合为 60% 限食鼠的巢垫物和空白对照,对照鼠的巢垫物和空白对照,60% 限食鼠的巢垫物和对 照鼠的巢垫物。被试鼠为正常喂食的雌鼠或雄鼠,提供巢材的鼠和被试鼠之间没有较近的亲缘性和熟悉性。雌雄鼠各设置 10 个重复,每只鼠在实验后至少间隔 4 d 才用于下次实验。每次观察完毕,用清水和 75% 酒精擦洗迷宫内侧,风干。观察时间在每日 08:00 ~ 17:00 时(大仓鼠活动相)。

1.4 激素测定 气味选择实验结束后,随机选择对照组和 60% 限食组的雌雄鼠各 5 只,静 脉取血,在 4℃ 下,以 3 500 r/min 离心 30 min。离心完毕取上层血清,置入 1.5 ml 的离心管中于 -20℃ 冰冻保存,一周内测定。¹²⁵I 放射免疫法测定雄鼠血清中睾酮含量和雌鼠血清中的雌二醇含量。¹²⁵I 睾酮和 ¹²⁵I 雌二醇药盒购自北京北免东雅生物技术研究所。标准曲线范围睾酮为

10~2 000 ng/ml, 雌二醇为 10~2000 pg/ml。睾酮测定批内和批间变异系数分别为 5.4%~7.4% 和 3.1%~6.1%, 雌二醇批内和批间变异系数为 3.7%~8.0% 和 4.74%~7.7%。放射元素用 Beckman LS6000 液体闪烁计数器测定。

1.5 统计分析 采用配对符号秩检验技术 (Wilcoxon Signed Ranks Test) 对气味选择的数据进行统计分析, 采用独立样本 *t*-检验对血清测定结果进行统计分析, 差异显著性设为 $\alpha = 0.05$ 。数据记录为平均数 \pm 标准差 (样本容量)。

2 结果

2.1 大鼠鼠气味的选择 在空白组和对照组巢垫物之间, 不论在停留时间或选择频次上, 雄性大鼠鼠更多的选择后者, 但两者差异不显著 (停留时间: $Z = 1.376, P = 0.169$; 选择频次:

$Z = 0.935, P = 0.350$), 雌性大鼠鼠在两者之间的停留时间近似 ($Z = 0.357, P = 0.721$), 在选择频次上倾向于后者, 但差异不显著 ($Z = 0.994, P = 0.320$); 在空白组和 60% 限食组的巢垫物之间, 在停留时间和选择频次上, 雌雄大鼠鼠都更多地选择后者, 雄性大鼠鼠在停留时间上的差异显著 (停留时间: 雄性 $Z = 2.191, P = 0.028$; 雌性 $Z = 1.274, P = 0.203$ 。选择频次: 雄性 $Z = 1.589, P = 0.112$; 雌性 $Z = 0.319, P = 0.750$); 在 60% 限食组和对照组的巢垫物之间, 雄性大鼠鼠在停留时间上较多选择后者, 但差异不显著 ($Z = 1.376, P = 0.169$), 在选择频次上差异不大 ($Z = 0.365, P = 0.715$), 雌性大鼠鼠在停留时间和选择频次上都更多地选择后者, 但没有达到差异显著性 (停留时间: $Z = 1.580, P = 0.114$; 选择频次: $Z = 1.651, P = 0.099$)。以上结果见表 1、表 2。

表 1 Y 型迷宫中雄性大鼠鼠对雌性巢垫物的选择 ($n = 10$)

实验处理	空白组 + 对照组		空白组 + 限食组		限食组 + 对照组	
	空白组	对照组	空白组	限食组	限食组	对照组
停留时间 (s)	138.19 \pm 25.60	226.52 \pm 37.09	68.17 \pm 22.54	303.66 \pm 70.43	130.31 \pm 13.04	197.35 \pm 31.03
选择频次	4.40 \pm 0.93	4.90 \pm 0.43	2.20 \pm 0.59	3.00 \pm 0.60	6.35 \pm 1.10	6.30 \pm 0.98X

表 2 Y 型迷宫中雌性大鼠鼠对雌性巢垫物的选择 ($n = 10$)

实验处理	空白组 + 对照组		空白组 + 限食组		限食组 + 对照组	
	空白组	对照组	空白组	限食组	限食组	对照组
停留时间 (s)	196.06 \pm 33.60	190.57 \pm 24.77	199.91 \pm 46.60	265.88 \pm 35.50	179.33 \pm 45.38	278.19 \pm 48.52
选择频次	4.70 \pm 0.49	5.25 \pm 0.34	3.30 \pm 0.46	3.40 \pm 0.46	2.00 \pm 0.54	2.40 \pm 0.52

表 3 对照组和限食组血清中睾酮 (雄性) 和雌二醇 (雌性) 含量

	睾酮 (ng/ml)	雌二醇 (pg/ml)
对照组	95.23 \pm 94.61 ($n = 4$)	58.82 \pm 10.33 ($n = 5$)
限食组	224.67 \pm 171.28 ($n = 5$)	47.62 \pm 9.66 ($n = 4$)

2.2 激素含量的测定 通过 ^{125}I 放射免疫法对对照组和限食组血清中睾酮 (雄性) 和雌二醇 (雌性) 的含量进行了测定 (表 3)。限食雄鼠血清中睾酮含量大于对照雄鼠, 限食雌鼠血清中雌二醇含量小于对照雌鼠, 但差异均未达到显著性 (睾酮: $t = -1.344, df = 7, P = 0.221$; 雌二醇: $t = 1.661, df = 7, P = 0.141$)。

3 讨论

影响哺乳动物繁殖的环境因素主要有食物可利用性, 各种社会信号, 以及光周期、温度等物理环境, 其中食物的可利用性是最重要的因子, 它从根本上决定着动物的繁殖。食物限制对繁殖的影响有一个阈值, 以往研究表明, 50%~70% 限食对哺乳动物的繁殖影响显著^[28,29]。本实验模型参照 Hans 的研究方法, 限食组喂食量为正常组的 60%, 结果表明限食组大鼠鼠出现体重下降、毛发粗糙而直立、反应差等表现。

化学通讯是许多哺乳动物的一个重要通讯

方式,在调节哺乳动物的行为和内分泌状况方面有重要作用^[1,2,30]。动物用于化学通讯的化学信号可由阴道分泌物、尿液、粪便、唾液、精液、胚胎液以及特化皮肤腺分泌物产生^[31,32]。大仓鼠特化皮肤腺为肋腺^[24]。肋腺也存在于仓鼠科(Cricetidae)的其它许多物种中,如金仓鼠(*Mesocricetus auratus*)^[33]。气味的选择可能是繁殖行为、攻击行为、生理状况和个体间气味的综合影响,动物可以利用化学信号辨别对方的身体状况、社会等级以及食物条件^[3-5]。

在自然界中,动物竞争食物资源,选择摄食状况较好的个体就意味着选择较好的配偶。在食物条件对个体气味选择的影响方面,Ferkin^[4]报道,食物质量影响草原田鼠(*Microtus pennsylvanicus*)第二性征对异性的吸引力,雌雄两性均偏好摄食高蛋白食物异性的肛阴区、尿液和粪便气味,通过异性食物中蛋白质含量的气味信号来选择配偶。Meikle等^[34]的研究表明,动情雌性小家鼠(*Mus musculus*)偏好由营养状况良好的母体所生的雄鼠。但关于食物数量对动物个体气味选择的影响尚未见报道。

放射免疫法对雌雄鼠血清中的雌二醇和睾酮含量的测定表明,60%限食水平没有引起大仓鼠血清中两种激素含量的显著性差异,从生理上进一步验证了气味选择的结果。60%限食雄性大仓鼠血清中睾酮含量较大,较高的睾酮水平促进雄性的竞争性和攻击行为,但同时降低其细胞免疫和体液免疫^[35],有关大仓鼠血清睾酮含量与免疫力之间的相互关系还需深入研究。

本研究表明,与空白组相比,雌雄大仓鼠都对同种个体的巢垫物有所偏好,但差异并不显著。张健旭等^[25]的研究认为与空白组相比,大仓鼠明显偏好同种个体气味,这和本文结果略有差异,可能与气味刺激源的选取不同有关。在限食组和对照组的巢垫物之间,雌雄大仓鼠较多选择对照组的巢垫物,但没有达到差异显著性。说明60%限食水平还不足以引起大仓鼠个体气味上的较大改变。对气味的选择只能反映大仓鼠最初的行为动机或生殖行为的第一

步,味觉、视觉和声音通讯进一步影响个体选择,限食对个体选择的影响还有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Doty R L. Odor-guilded behavior in mammals. *Experientia*, 1986, **42**: 4~27.
- [2] Vandenberg J G. Pheromones and mammalian reproduction. In: Knobil E *et al.* eds. *The Physiology of Reproduction*. Vol. II. New York: Raven Press, 1988. 1679~1686.
- [3] Kavaliers M, Colwell D D. Odours of parasitized males induce aversive responses in female mice. *Animal Behavior*, 1995, **50** (1): 1161~1169.
- [4] Ferkin M H, Sorokin E S, Johnston R E, *et al.* Attractiveness of scents varies with protein content of the diet in meadow voles. *Animal Behaviour*, 1997, **53** (1): 133~141.
- [5] Kruczek M. Male rank and female choice in the bank vole, *Clethrionomys glareolus*. *Behavioral Processes*, 1997, **40**: 171~176.
- [6] Elton C J. *Voles, Mice and Lemmings*. Oxford: Clarendon Press, 1942. 469.
- [7] Lack D L. *The National Regulation of Animal Numbers*. New York: Oxford University Press, 1954. 1~20.
- [8] Batzli G O. The role of nutrition in population cycles of microtine rodents. *Acta Zoologica Fennland*, 1985, **173**: 13~17.
- [9] Hill J O, Fried S K, DiGirolamo M. Effects of fasting and restricted refeeding on utilization of ingested energy in rats. *American Journal of Physiology*, 1984, **247** (2 Pt 2): R318~R327.
- [10] Totzke U, Fenske M, Huppert O, *et al.* The influence of fasting on blood and plasma composition of herring gulls (*Larus argentatus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, 1999, **72** (4): 426~437.
- [11] 徐世侠,叶广俊,薛彬等. 早期限食对仔鼠胸腺凋亡的影响. *营养学报*, 2000, **22** (1): 55~58.
- [12] Dickerman R W, Li H Y, Wade G N. Decreased availability of metabolic fuels suppresses estrous behavior in Syrian hamsters. *American Journal of Physiology*, 1993, **264**: 568~572.
- [13] Woodside B, Abizaid A, Caporale M. The role of specific macronutrient availability in the effect of food restriction on length of lactational diestrus in rats. *Physiological Behavior*, 1998, **64** (3): 409~414.
- [14] Angela M, Leal O, Ayrton C, Moreira. Daily variation of plasma testosterone, androstenedione, and corticosterone in rats under food restriction. *Hormones and Behavior*, 1997, **31**: 97~100.
- [15] Perales J G, Patricio F R, Amancio O M, *et al.* Effects of

- exercise and food restriction in pregnant and newborn rats. Pre-pregnancy maximum oxygen consumption. *Comparative Biochemistry Physiology and Comparative Physiology*, 1992, **102** (3): 585 ~ 590.
- [16] Huck U W, Labov J B, Lisk R D. Food restricting young hamsters (*Mesocricetus auratus*) affects sex ratio and growth of subsequent offspring. *Biology of Reproduction*, 1986, **35**: 592 ~ 598.
- [17] Wood A D, Bartness T J. Food deprivation-induced increases in hoarding by Siberian hamsters are not photoperiod-dependent. *Physiological Behavior*, 1996, **60** (4): 1137 ~ 1145.
- [18] 王淑卿, 杨荷芳, 郝守身. 大仓鼠的某些生态研究. 动物学杂志, 1996 **31** (4): 28 ~ 31.
- [19] 王淑卿, 张知彬, 张健旭等. 大仓鼠消化道长度和重量变化的初步研究. 动物学杂志, 1999, **34**(6): 17 ~ 21.
- [20] 杨荷芳, 王淑卿, 郝守身等. 华北平原旱作区大仓鼠种群动态、预测预报和综合防治研究. 见:王祖望, 张知彬主编. 害鼠综合治理的理论和实践. 北京: 科学出版社, 1996. 229 ~ 246.
- [21] 黄文几, 陈延熹, 温业新. 中国啮齿动物. 上海: 复旦大学出版社, 1995.
- [22] 张知彬. 鼠类种群数量的波动及调节. 见: 王祖望, 张知彬主编. 害鼠综合治理的理论和实践. 北京: 科学出版社, 1996. 145 ~ 165.
- [23] Zhang J, Zhang Z, Wang Z. Seasonal changes in and effects of familiarity on agonistic behaviors of rat-like hamsters (*Cricetus triton*). *Ecological Research*, 2001, **16**: 309 ~ 317.
- [24] 张健旭, 张知彬, 王祖望. 大仓鼠腺体的发育及性别差别. 动物学报, 1999, **45**(4): 390 ~ 397.
- [25] 张健旭, 王祖望, 张知彬. 非繁殖期大仓鼠对同种气味的反应和个体间的行为关系. 动物学研究, 1999, **20** (3): 201 ~ 206.
- [26] 张健旭, 张知彬, 王祖望. 大仓鼠在繁殖期的行为关系及交配行为. 兽类学报, 1999, **19**(2): 132 ~ 142.
- [27] Han E S, Evans T R, Shu J H, et al. Food restriction enhances endogenous and corticotropin-induced plasma elevations of free but not total corticosterone throughout life in rats. *J Gerontol A Biol Sc*, 2001, **56A** (9): 391 ~ 397.
- [28] Woodside B, Jans J E. Role of the nutritional status of the litter and length and frequency of mother-litter contact bouts in prolonging lactational diestrus in rats. *Hormones and Behavior*, 1995, **29**: 154 ~ 176.
- [29] Temple J L, Rissman E F. Brief refeeding restores reproductive readiness in food-restricted female musk shrews (*Suncus murinus*). *Hormones and Behavior*, 2000, **38**: 21 ~ 28.
- [30] Brown R E. The rodents II: myormorpha. In: Brown R E, Macdonald D W ed. Social Odours in Mammals. Oxford: Oxford University Press, 1985. 345 ~ 457.
- [31] Muller-Schwarze D. Scent gland in mammals and their functions. In: Eisenberg J F, Kleiman D G ed. Advances in the Study of Mammalian Behavior. Special Publications No. 7. Pennsylvania: The American Society of Mammologist, 1983. 147 ~ 197.
- [32] Jannett F G Jr. Posterolateral gland positions among microtine rodents. In: Maxdonald D W, Natynczuk S, Muller-Schwarze D ed. Chemical Signals in Vertebrates (6). New York: Oxford Press, 1990. 109 ~ 124.
- [33] Johnston R E. Sex pheromones in golden hamsters. In: Muller-Schwarze D, Mozell M M ed. Chemical Signals in Vertebrates. New York and London: Plenum Press, 1977. 225 ~ 250.
- [34] Meikle D B. Adult male house mice born to undernourished mothers are unattractive to oestrous females. *Animal Behavior*, 1995, **50**: 753 ~ 758.
- [35] Sabra L K, Nelson R J. Adaptive immune responses are linked to the mating system of arvicoline rodents. *The American Naturalist*, 1998, **151**(1): 59 ~ 67.