

# 限食及重喂食对雄性长爪沙鼠生理指标的影响

闻一雷 牛红星\*

(河南师范大学生命科学学院, 新乡 453007)

**摘要:** 限食通常会显著影响鼠类的营养及内分泌等生理指标, 但限食后重喂食其生理指标是否能得以恢复尚不清楚。本文采取 70% 的限食水平, 研究了限食及重喂食对雄性长爪沙鼠生理指标的影响。将雄性长爪沙鼠分为限食组、重喂食组和对照组。限食组先自由饮食 4 周, 后 70% 限食 4 周; 重喂食组先 70% 限食 4 周, 后恢复自由饮食 4 周。对照组自由饮食 8 周。实验结束时, 检测各组肥满度及血清白蛋白和总蛋白含量、血清甲状腺素 T3 和 T4 水平、睾酮和皮质醇含量等各项生理指标的变化。研究结果表明, 4 周限食显著降低了雄性长爪沙鼠的肥满度和血清甲状腺素 T4 含量, 显著升高了其血液皮质醇含量; 限食后重喂食 4 周后可使上述指标恢复或接近正常, 但血清白蛋白含量比对照组低, 其他指标与对照组无明显差异, 长爪沙鼠的一些生理指标在限食重喂食后能得以恢复, 但其内分泌调节可能存在新的变化, 值得进一步研究。

**关键词:** 长爪沙鼠; 食物限制; 重喂食; 血清激素

中图分类号: Q494

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2010) 02 - 0182 - 06

## Effect of food restriction and normal feeding after food restriction on physiological indicators of Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*)

WEN Yilei, NIU Hongxing\*

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

**Abstract:** Food restriction has been shown to affect endocrine and nutritional indices of small rodents, but it is not known how normal feeding after food restriction affects recovery of these physiological responses. In this study, we investigated the effect of food restriction and normal feeding after food restriction on fatness index and some protein or hormone levels in the blood of laboratory Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). Experimental male adult gerbils were divided into three groups: food restriction group (FR), normal feeding after food restriction group (NFFR) and control group (C). Animals in the control group consumed food freely throughout the 8 weeks. Animals of FR group consumed food freely for the first 4 weeks, then consumed food equivalent to 70% of their normal needs for the last 4 weeks. Animals of NFFR group consumed food equivalent to 70% of their normal needs for the first 4 weeks, then consumed food freely in the last 4 weeks. At the end of the experiment, we measured some physiological indicators such as the fatness index, the serum ALB protein level, the total protein level, the serum T3 level, the serum T4 level, the testosterone level, and the cortisol level of the three groups. Our results showed that food restriction significantly reduced the body mass, fatness index and the thyroid hormone T4 level, but significantly increased the cortisol level of the male Mongolian gerbils. Food restriction-induced responses of the above physiological indices were recovered to normal levels in normal feeding after re-feeding of the food restriction group, but the blood ALB protein concentrations of Mongolian gerbils were significantly reduced. It is worth while to further explore the endocrine responses of small rodents to normal feeding after food restriction.

**Key words:** Food restriction; Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*); Normal feeding after food restriction; Serum hormone level

由于气候变化、季节更替等原因, 野生鼠类常重要影响 (Elton, 1942; Lack, 1954; Batzli, 1985)。过去, 对食物限制的研究多集中在限食益  
面临食物资源的波动, 对鼠类自然种群动态可能有

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (2007CB109100)

作者简介: 闻一雷 (1984 -), 女, 硕士研究生, 主要从事动物生理生态学研究. skangry@yahoo.com.cn

收稿日期: 2009 - 05 - 09; 修回日期: 2009 - 08 - 07

\* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: hongxingniu@henannu.edu.cn

寿的生理机制研究方面 (Rozovski and Temkin, 1984), 比如, 适度限食可使小鼠的寿命延长 (Ferraris *et al.*, 2001), 但研究发现, 过度限食对鼠类的生理器官、免疫功能、内分泌代谢等生理状况具有明显的抑制作用 (Morin, 1986; Dickerman *et al.*, 1993; McGuire, 1995)。有研究表明, 限食可使动物血清蛋白含量显著下降 (Jahoor and Bhattiprolu, 1996; Ramos and Teixeira, 2000)。Voltura 和 Wunder (1998) 发现食物限制可显著降低鼠类的身体脂肪含量和体重。

长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 是内蒙古干旱和半干旱草原地区典型的群居性鼠种, 不冬眠, 依靠秋季所贮藏的食物越冬。迄今为止, 关于该鼠的野外研究主要集中在生态习性 (秦长育, 1984)、社群行为 (Agren *et al.*, 1989a, 1989b)、繁殖特征 (周庆强等, 1985; 刘伟等, 2004)、种群动态 (夏武平等, 1982; 周庆强等, 1985; 吕卫东等, 1998; 刘满福等, 2004) 和生理与免疫 (张志强和王德华, 2006) 等方面。关于其限食及限食重喂食对其生理状况变化的研究尚未见报道。本文主要测定了实验室条件下长爪沙鼠在限食、限食重喂食和正常饲养三种情况下, 成年雄鼠的肥满度、血清白蛋白和总蛋白含量、血清甲状腺素 T3 和 T4 水平、睾酮含量和皮质醇含量等生理指标的变化, 目的在于探讨不同限食经历其生理指标的变化以及限食重喂食后这些生理指标能否得以恢复。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验动物

选用实验室长爪沙鼠繁殖群作为实验对象。每个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。实验正式开始前, 喂以充足的标准鼠饲料 (北京科澳协力饲料有限公司) 和水。饲养室温度保持在 25 ± 1℃ 左右, 光照周期为 14L: 10D (光照时间 7: 00 ~ 21: 00)。用于实验的雌雄长爪沙鼠都处于正常的繁殖状态。

### 1.2 限食方法

选取成年健康雌雄个体 (约 100 ~ 150 日龄), 随机分为 3 组。重喂食组和限食组雄鼠每组各 35 只, 雌鼠每组各 40 只, 对照组雌雄鼠各 35 只。按 Han 等 (2001) 进行限食喂养, 喂养量为对照组自由取食状态下摄食量的百分率 (限食水平), 预实验结果显示, 80% 长爪沙鼠限食组无个体死亡,

体重下降不显著; 60% 组死亡率达到 50%, 死亡率过大; 70% 组体重下降明显, 并且死亡率不到 10%, 故采用 70% 的限食水平开展限食实验。对照组自由饮食 8 周。限食组先自由饮食 4 周, 然后限食 4 周。重喂食组先限食 4 周, 然后恢复自由饮食 4 周。实验期均为 8 周。8 周实验期结束后, 3 个实验组雌雄配对, 合笼一周后, 取三组部分雄鼠血样检测其血清激素及血清蛋白含量等生理指标, 雌性繁育后代, 用于其他实验。肥满度计算公式为: 肥满度 = 体重/体长 (g/cm) (房继明等, 1995)。

### 1.3 激素测定

实验结束后, 选取对照组的雄鼠 22 只, 重喂食组的雄鼠 21 只和限食组的雄鼠 32 只, 取静脉血 2 mL, 4℃, 3 500 r/min 离心 30 min (Beckman 公司生产 GS-6KR 型低速冷冻离心机)。离心完毕, 取上层血清, 置入 115 mL 的离心管中于 -20℃ 冰冻保存。一周内送北京科美生物有限公司测定血清甲状腺素 T3 和 T4、睾酮、皮质醇、血清白蛋白和血清全蛋白含量。用 <sup>125</sup>I 放射免疫法 (RIA) (张建军等, 2003; 乔海英, 2005) 测定血清甲状腺 T3、T4、睾酮、皮质醇含量, 用溴甲酚绿法测定血清白蛋白 (ALB) 含量 (魏永巨等, 1996)、用双缩脲法测定血清全蛋白 (TP) 含量 (Doumas *et al.*, 1981)。

### 1.4 统计分析

利用 SPSS 软件包对数据进行统计分析。采用单变量的广义线性模型 (General Linear Model, GLM) 分析方法检验各指标组间差别, 若方差齐次性检验表明方差齐次, 采用 LSD 检验进行组间多重比较, 若方差非齐次, 采用 Tamhane 检验进行组间多重比较。当  $P < 0.05$  时为差异显著,  $P < 0.01$  时为差异极显著。文中数据均以平均值 ± 标准误 (Mean ± SE) 表示。

## 2 结 果

### 2.1 体重变化

本实验期为 8 周, 每周称量体重。其中第 4 周重喂食组结束限食开始恢复正常饮食, 限食组则开始限食。实验开始时, 重喂食组、限食组和对照组的体重分别为 62.74 ± 9.30 g、60.94 ± 8.60 g 和 63.30 ± 9.79 g, 初始体重在组间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。第 4 周结束, 重喂食组、限食组和对照组的体重分别 55.28 ± 8.43 g、63.86 ± 9.01 g 和

64.57 ± 8.51 g, 重喂食组体重显著低于对照组和限食组 ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ), 对照组与限食组间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。第8周限食结束时, 重喂食组、限食组和对照组的体重分别为 62.52 ± 9.26 g、53.47 ± 7.98 g 和 64.59 ± 8.36 g, 限食组与对照组和重喂食组间差异极显著 ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ), 对照组与重喂食组间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 2.2 肥满度

统计分析表明, 限食及重喂食处理对长爪沙鼠的肥满度有显著影响 ( $F = 61.573$ ,  $P < 0.001$ ), LSD 多重比较结果说明, 肥满度在限食组与对照组及重喂食组之间有极显著差异 ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ), 在对照组与重喂食组之间无显著差异 ( $P = 0.411$ ) (图 1, 表 1)。结果说明, 限食组肥满度显著低于对照组和重喂食组。

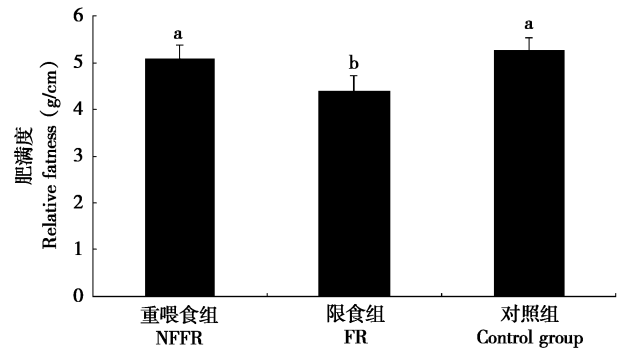


图 1 对照组、限食组和重喂食组雄性长爪沙鼠肥满度的差异  
Fig. 1 Differences of fatness indices of Mongolian gerbils among the control group, food restriction group (FR) and normal feeding after FR group (NFFR)

## 2.3 血清激素及血清蛋白含量

血清甲状腺素 (T3, T4)、睾酮、皮质醇、血清白蛋白、血清全蛋白的含量测定结果见表 1。

表 1 对照组和重喂食组、限食组雄性长爪沙鼠的肥满度、血清中激素和蛋白含量 (Mean ± SE)

Table 1 Fatness index, serum hormone and protein levels of male Mongolian gerbils in control group, food restriction group (FR) and normal feeding after FR group (NFFR) (Mean ± SE)

指标 Index	对照组 Control (n = 22)	重喂食组 FR (n = 21)	限食组 NFFR (n = 32)
肥满度 Fatness (g/cm)	5.262 ± 0.066	5.083 ± 0.068	4.382 ± 0.055 **
T3 (ng/mL)	1.136 ± 0.087	0.999 ± 0.089	1.088 ± 0.072
T4 (ng/mL)	51.133 ± 3.962	55.373 ± 4.055	36.188 ± 3.285 **
皮质醇 Cortisol (pg/mL)	45.257 ± 15.048	86.864 ± 15.402 *	152.737 ± 12.477 **
睾酮 Testosterone (ng/mL)	211.65 ± 25.827	201.25 ± 26.435	211.046 ± 21.415
总蛋白 Total protein (g/L)	50.895 ± 1.245	50.433 ± 1.274	52.794 ± 1.032
白蛋白 Albumin (g/L)	33.341 ± 0.721	32.267 ± 0.738	34.488 ± 0.598 *

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

统计分析结果表明, 限食及重喂食对长爪沙鼠的血清甲状腺素 T3 ( $F = 0.622$ ,  $P = 0.54$ )、血清睾酮 ( $F = 0.052$ ,  $P = 0.949$ ) 和血清全蛋白 ( $F = 1.247$ ,  $P = 0.294$ ) 含量均无显著影响, LSD 多重比较结果也表明血清中甲状腺素 T3、血清睾酮和血清全蛋白含量在对照组与重喂食组和限食组之间无显著差异, 重喂食组和限食组之间均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

限食及重喂食处理对长爪沙鼠的血清甲状腺素 T4 含量有极显著影响 ( $F = 7.969$ ,  $P = 0.001$ ), LSD 多重比较结果说明, 血清甲状腺素 T4 含量在限食组与对照组和重喂食组之间有极显著差异 ( $P < 0.001$ ), 在对照组与重喂食组之间无显著差异 ( $P = 0.457$ ) (图 2)。结果说明, 限食组甲状腺素 T4 含量显著低于对照组和重喂食组。

限食及重喂食处理对长爪沙鼠的血清皮质醇含量有极显著影响 ( $F = 15.857$ ,  $P < 0.001$ ), Tamhane 多重比较结果说明, 血清皮质醇含量在限食组与对照组和重喂食组之间有极显著差异 ( $P < 0.001$ ), 在对照组与重喂食组之间有显著差异 ( $P = 0.019$ ) (图 3)。结果说明限食组皮质醇含量显著高于对照组和重喂食组。

限食及重喂食处理对长爪沙鼠的血清白蛋白 ALB 含量无显著影响 ( $F = 2.782$ ,  $P = 0.069$ ), 但 LSD 多重比较结果说明, 血清白蛋白 ALB 含量在重喂食组和限食组之间有显著差异 ( $P = 0.022$ ), 在对照组与重喂食组和限食组之间无显著差异 ( $P = 0.301$ ,  $P = 0.225$ ) (图 4)。结果说明, 限食组血清白蛋白 ALB 含量显著高于重喂食组。

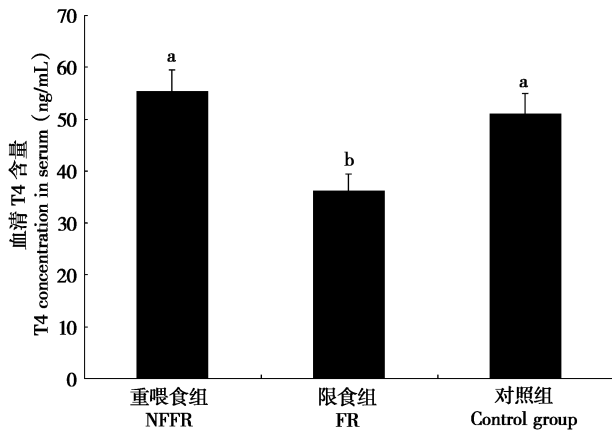


图2 对照组、限食组和重喂食组雄性长爪沙鼠血清 T4 含量的差异  
Fig. 2 Differences of serum T4 levels of Mongolian gerbils among the control group, food restriction group (FR) and normal feeding after FR group (NFFR)

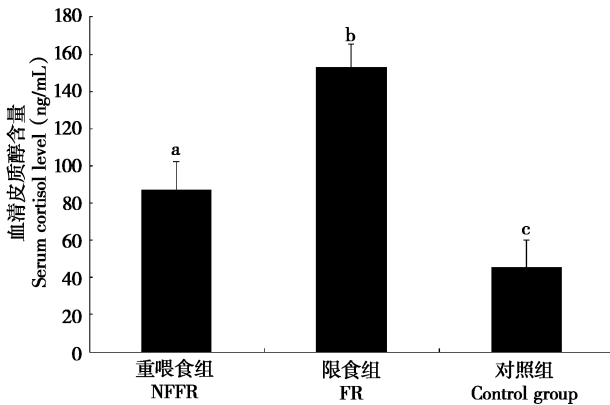


图3 对照组、限食组和重喂食组雄性长爪沙鼠血清皮质醇含量的差异  
Fig. 3 Differences of serum cortisol levels of Mongolian gerbils among the control group, food restriction group (FR) and normal feeding after FR group (NFFR)

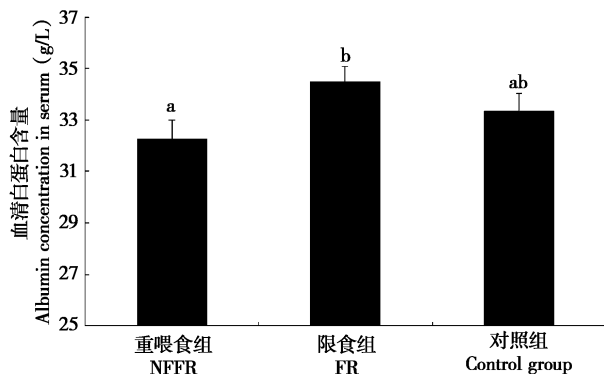


图4 对照组、限食组和重喂食组雄性长爪沙鼠血清白蛋白含量的差异  
Fig. 4 Differences of albumin concentrations of Mongolian gerbils among the control group, food restriction group (FR) and normal feeding after FR group (NFFR)

### 3 讨论

研究表明, 70% 限食显著降低了雄性长爪沙鼠的肥满度和血清甲状腺素 T4 水平, 显著提高了血清皮质醇含量。重喂食组各项检测指标与对照组差异不显著, 但血清白蛋白含量明显偏低。

饥饿将迫使鼠类动用身体贮存的能量来维持生命活动。作为主要贮能物质的糖元、脂肪和蛋白质在饥饿过程中将会不同程度地被消耗, 在限食的临界极限阶段, 机体依靠分解蛋白质供能, 使体重下降 (Totzke *et al.*, 1999)。本实验中, 限食组和重喂食组的血清总蛋白含量没有显著影响, 而重喂食组的血清白蛋白含量有所下降。郭长江等 (1999) 的研究结果也表明, 50% 限食大鼠的血浆总蛋白水平无显著下降, 但血浆白蛋白含量显著下降。表明只有在极度限食条件下蛋白质含量才下降。

通常, 限食可导致动物代谢率的下降。甲状腺素 (T3, T4) 是代谢率的调节因子, 其水平可作为代谢活动的间接指标。有研究表明, 限食可使啮齿动物血清 T3 水平下降, 也有报道认为限食并不影响甲状腺素水平 (McCarter and McGee, 1989)。而 Ramos (2000) 研究发现蛋白质限制可使大鼠血清 T3 水平升高, T4 水平下降。Harris (1986) 也认为限食可使大鼠的甲状腺素 T4 水平下降。本研究表明, 限食不影响长爪沙鼠血清甲状腺素 T3 水平, 但使甲状腺素 T4 水平显著下降, 提示限食可能会降低长爪沙鼠的代谢率。

皮质醇和皮质酮激素是反映动物应激程度的重要指标 (Ottenweller *et al.*, 1985; Reburn and Wynne-Edwards, 2000)。Han 等 (2001) 研究表明限食可提高鼠类的血清皮质醇含量, 且与限食程度正相关。因此, 维持较高的皮质醇激素状态可能是限食鼠的一个生理需求。皮质激素的升高也可能与免疫力的下降有关 (Gursoy *et al.*, 2001)。由于营养缺乏, 限食组动物体内新陈代谢降低, 中枢免疫器官——胸腺和脾脏的机能降低。Gursoy 等 (2001) 报道在限食条件下大鼠表现出显著的胁迫反应, 如胸腺相对重量下降, 肾上腺相对重量和血清皮质激素含量升高。本研究表明, 限食可显著升高长爪沙鼠的皮质醇含量。虽然限食恢复后皮质醇含量有所恢复, 但仍然显著低于对照组。今后的研究要关注皮质酮激素的变化。

描述动物肥满度的指标有 K ( $K = 100W/L^3$ , 单位  $g/cm^3$ , W, L 分别为动物的体重和体长)、

$K_{WL}$  ( $K_{WL} = W/L$ , 单位 g/cm) 和  $B/W$  ( $B/W = L/W$ , 单位 mm/g)。房继明等 (1995) 通过对不同啮齿动物的研究表明,  $K_{WL}$  指标在灵敏度、年龄组分析和生物学意义等方面优于  $K$  指标。在研究动物身体综合状况时, 如季节、年动态, 在 3 个肥满度指标中应首选  $K_{WL}$  指标。本研究也表明  $K_{WL}$  指标能够反映长爪沙鼠的食物缺乏和营养状况。结果表明, 限食组和重喂食在限食阶段, 体重都明显下降; 限食显著降低了雄性长爪沙鼠的肥满度; 但重喂食后, 其体重和肥满度也很快恢复。

**致谢:** 本实验在中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室完成, 得到了张彬彬研究员的指导, 在此致谢。

#### 参考文献:

- Agren G, Zhou Q Q, Zhong W Q. 1989a. Ecology and social behaviour of Mongolian gerbils, *Meriones uaguiculatus*, at Xinlinhot, Inner Mongolian, China. *Animal Behavior*, **40**: 417 - 427.
- Agren G, Zhou Q Q, Zhong W Q. 1989b. Territoriality, cooperation and resource priority: hoarding in the Mongolian gerbils, *Meriones uaguiculatus*. *Animal Behavior*, **37**: 28 - 32.
- Batzli G O. 1985. The role of nutrition in population cycles of microtine rodents. *Acta Zoologica Fennland*, **173**: 13 - 17.
- Dickerman R W, Li H Y, Wade G N. 1993. Decreased availability of metabolic fuels suppresses estrous behavior in Syrian hamsters. *Am J Physiol*, **264**: 568 - 572.
- Doumas B T, Bayse D D, Carter R J. 1981. A candidate reference method for determination of total protein in serum. I. Development and validation. *Clin Chem*, **27**: 1642.
- Elton C J. 1942. Voles, Mice and Lemmings: Problems in Population Dynamics. Oxford University Press, Oxford: Clarendon Press, 469.
- Fang J M, Wang H M, Yu X D. 1995. Analysis of fatness indices of rodents. *Acta Ecologica Sinica*, **15** (2): 221 - 222. (in Chinese)
- Ferraris R P, Cao Q X, Prabhakaram S. 2001. Chronic but not acute energy restriction increases intestinal nutrient transport in mice. *J Nutr*, **131**: 779 - 786.
- Guo C J, Wei J Y, Yang J J, Feng Y, Ge Y Z. 1999. Study on nutritional intervention in incomplete starvation. *Journal of Preventive Medicine of Chinese People's Liberation Army*, **17** (5): 319 - 323. (in Chinese)
- Gursoy E, Cardounel A, Hu Y, Kalimi M. 2001. Biological effects of long-term caloric restriction: adaptation with simultaneous administration of caloric stress plus repeated immobilization stress in rats. *Experim Biol Medic*, **226**: 97 - 102.
- Han E S, Evans T R, Shu J H. 2001. Food restriction enhances endogenous and corticotrophin - induced plasma elevations of free but not total corticosterone throughout life in rats. *J Gerontol A Biol Sci*, **56A** (9): 391 - 397.
- Harris R B, Kasser T R, Martin R J. 1986. Dynamics of recovery of body composition after overfeeding, food restriction or starvation of mature female rats. *J Nutr*, **116** (12): 2536 - 2546.
- Jahoor F, Bhattiprolu S. 1996. Chronic protein deficiency differentially affects the kinetics of plasma proteins in young pigs. *J Nut*, **126**: 1489 - 1495.
- Lack D L. 1954. The National Regulation of Animal Numbers. New York: Oxford University Press, 1 - 20.
- Liu M F, Li Y G, Liu H Z, Dong G R, Zhang X D. 2004. Studies on population quantity succession of *Citellus dauricus* and *Meriones unguiculatus* in plague natural foci of hebei province. *Chinese Journal of Pest Control*, **20** (1): 911 - 917. (in Chinese)
- Liu W, Wan X R, Wang G H, Liu W D, Zhong W Q. 2004. Reproductive pattern of cohort and its adaptation in life history of Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Acta Theriologica Sinica*, **24** (3): 229 - 234. (in Chinese)
- Lü W D, Mi J C, Wang C G. 1998. An analysis of factors impact over population of Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, **9** (2): 131 - 132. (in Chinese)
- McCarter R J, McGee J G. 1989. Transient reduction of metabolic rate by food restriction. *Am J Physiol*, **257**: E175 - E179.
- McGuire M K, Littleton A W, Schulze K J, Rasmussen K M. 1995. Pre- and postweaning food restrictions interact to determine reproductive success and milk volume in rats. *J Nutr*, **125** (9): 2400 - 2406.
- Morin L P. 1986. Environment and hamster reproduction: responses to phase-specific starvation during estrous cycle. *Am J Physiol*, **251**: R663 - R669.
- Ottenweller J E, Tapp W N, Burke J M, Natelson B H. 1985. Plasma cortisol and corticosterone concentrations in the golden hamster (*Mesocricetus auratus*). *Life Sci*, **37** (16): 1551 - 1558.
- Qiao H Y. 2005. Comparing the determination results of CLIA with RIA for detecting thyroid hormones. *Chin J Ctrl Endem Dis*, **20** (3): 148 - 150. (in Chinese)
- Qin C Y. 1984. An investigation of ecology of gerbil. *Acta Theriologica Sinica*, **4** (1): 43 - 51. (in Chinese)
- Ramos C F, Teixeira C V. 2000. Low-protein diet changes thyroid function in lactating rats. *Proc Soc Exp Biol Med*, **224** (4): 256 - 263.
- Rebum C J, Wynne-Edwards K E. 2000. Cortisol and prolactin concentrations during repeated blood sample collection from freely moving, mouse-sized mammals (*Phodopus* spp). *Comp Med*, **50**: 184 - 198.
- Rozovski S J, Temkin M E. 1984. Protein malnutrition in aged rats: an experimental model. *J Nutr*, **114**: 1199 - 1203.
- Totzke U, Fenske M, Huppopp O. 1999. The influence of fasting on blood and plasma composition of herring gulls (*Larus argentatus*). *Physiol Biochem Zool*, **72** (4): 426 - 437.
- Voltura M B, Wunder B A. 1998. Effects of ambient temperature, diet

- quality and food restriction on body composition dynamics of the prairie vole *Microtus ochrogaster*. *Physiological Zoology*, **71** (3): 321 - 328.
- Wei Y J, Li K A, Tong S Y. 1996. Interaction of bromocresol green with serum albumin in acid solution. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, **24** (4): 387 - 391. (in Chinese)
- Xia W P, Liao C H, Zhong W Q, Sun C L, Tian Y. 1982. On the population dynamics and regulation of *Meriones unguiculatus* in agricultural region north to Yin Mountains, Inner Mongolia. *Acta Theriologica Sinica*, **2** (1): 51 - 71. (in Chinese)
- Zhang J J, Liang H, Zhang Z B. 2003. Influence of male surgical ligation sterilization on the odor and individual preference of female Brandt's vole. *Acta Theriologica Sinica*, **23** (3): 225 - 229. (in Chinese)
- Zhang Z Q, Wang D H. 2006. Seasonal changes in immune function, body fat mass and organ mass in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Acta Theriologica Sinica*, **26** (4): 338 - 345. (in Chinese)
- Zhou Q Q, Zhong W Q, Sun C L. 1985. Comparison of population characteristics of *Meriones unguiculatus* adapting farmland grassland. *Acta Theriologica Sinica*, **5** (1): 25 - 33. (in Chinese)
- 乔海英. 2005. 化学发光法与放射免疫法分析甲状腺激素结果对比. *中国地方病防治杂志*, **20** (3): 148 - 150.
- 刘伟, 宛新荣, 王广和, 刘文东, 钟文勤. 2004. 不同季节长爪沙鼠同生群的繁殖特征及其在生活史对策中的意义. *兽类学报*, **24** (3): 229 - 234.
- 刘满福, 李玉贵, 刘合智, 董国润, 张雪冬. 2004. 河北省鼠疫自然疫源地内达乌尔黄鼠和长爪沙鼠种群数量演替研究. *医学动物防制*, **20** (1): 911 - 917.
- 吕卫东, 米景川, 王成国. 1998. 长爪沙鼠种群数量的影响因素分析. *中国媒介生物学及控制杂志*, **9** (2): 131 - 132.
- 张志强, 王德华. 2006. 长爪沙鼠免疫功能、体脂含量和器官重量的季节变化. *兽类学报*, **26** (4): 338 - 345.
- 张建军, 梁虹, 张知彬. 2003. 不育雄性对布氏田鼠气味选择和个体选择的影响. *兽类学报*, **23** (3): 225 - 229.
- 周庆强, 钟文勤, 孙崇潞. 1985. 内蒙古阴山北部农牧区长爪沙鼠种群适应特征的比较研究. *兽类学报*, **5** (1): 25 - 33.
- 房继明, 王红梅, 于晓东. 1995. 啮齿动物肥满度指标的探讨. *生态学报*, **15** (2): 221 - 222.
- 夏武平, 廖崇惠, 钟文勤, 孙崇潞, 田云. 1982. 内蒙古阴山北部农业区长爪沙鼠的种群动态及其调节研究. *兽类学报*, **2** (1): 51 - 71.
- 秦长育. 1984. 长爪沙鼠的一些生态资料. *兽类学报*, **4** (1): 43 - 51.
- 郭长江, 韦京豫, 杨继军, 冯宇, 葛玉章. 1999. 不全饥饿状态下的营养干预研究. *解放军预防医学杂志*, **17** (5): 319 - 323.
- 魏永巨, 李克安, 童沈阳. 1996. 溴甲酚绿与血清白蛋白的结合反应. *分析化学*, **24** (4): 387 - 391.