

## 长期强迫运动对布氏田鼠体重 和血清瘦素浓度的影响

李玉莲<sup>1,2</sup> 战新梅<sup>2,3</sup> 刘秀珍<sup>2,4</sup> 陈蕾<sup>1</sup> 王德华<sup>2\*</sup>

(1 青岛大学, 青岛 266071) (2 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, 北京 100101)

(3 青岛农业大学生命科学院, 青岛 266109) (4 首都体育学院研究生部, 北京 100088)

**摘要:** 动物稳定体重的维持需要能量摄入和消耗之间的平衡。运动是影响动物能量平衡的重要因素之一。为了理解运动对布氏田鼠的生理学效应, 我们在室内条件下, 运用踏车测定了强迫运动训练 6 周后动物的体重、体脂含量、摄食量和瘦素浓度的变化。摄食量采用代谢笼法测定, 体脂含量采用索氏提取法, 血清瘦素含量采用放免试剂盒测定。结果发现强迫运动训练 6 周对布氏田鼠的体重和摄食量都无显著影响, 与非运动训练组田鼠相比, 运动训练组田鼠的身体脂肪重量降低了 3.5 g, 运动组田鼠的血清瘦素水平比对照组下降了 30%。对照组田鼠的血清瘦素与体脂含量具有明显的相关性, 但运动组则不具有相关性。这些结果表明在强迫运动训练期间布氏田鼠不是通过增加食物摄入, 而可能是通过动员贮存的脂肪和减少非活动性能量消耗等方式来维持自身的能量平衡。瘦素在长期强迫运动训练过程中对身体脂肪含量的变化具有调节作用。

**关键词:** 布氏田鼠; 运动; 体重; 瘦素

中图分类号: Q494

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2008) 02-0151-06

## Effects of long-term forced exercise training on body mass and serum leptin concentrations in Brandt's voles

LI Yulian<sup>1,2</sup>, ZHAN Xinmei<sup>2,3</sup>, LIU Xiuzhen<sup>2,4</sup>, CHEN Lei<sup>1</sup>, WANG Dehua<sup>2\*</sup>

(1 Qingdao University, Qingdao 266071, China)

(2 State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

(3 College of Life Sciences, Qingdao Agriculture University, Qingdao 266109, China)

(4 Graduate Department of Capital Physical Education College, Beijing 100088, China)

**Abstract:** Maintaining a stable body weight requires a balance between energy intake and energy expenditure. Exercise, which can increase energy expenditure, is one of the most important factors affecting energy balance for animals. In order to understand the physiological effects of exercise, we measured changes in body mass, body fat content, food intake, and serum leptin levels in Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*) during 6-weeks of forced exercise training with of treadmill. Food intake was measured with food trials. Body fat mass was measured with the Soxhlet method. Serum leptin concentration was measured with multispecies RIA kit. The results showed that exercise training decreased serum leptin concentrations by 30% compared with controls and no significant effects on body mass and food intake were detected during 6 weeks exercise training. Body fat decreased by 3.5 grams in exercise trained voles, but was not significantly different from controls. There is a positive relationship between serum leptin concentrations and body fat content in control voles, but not for exercise trained voles. These results suggest that the decrease in serum leptin levels caused by forced long-term exercise training is independent on the changes in body mass and body fat content. Brandt's voles may mobilize body fat and decrease nonexercise energy expenditure rather than to increase food intake to regulate energy balance during forced exercise training.

**Key words:** Body fat; Body mass; Brandt's vole (*Lasiopodomys brandtii*); Food intake; Long-term forced exercise training; Serum leptin

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30430140, 30625009); 中国科学院创新方向资助项目 (KSCX2-YW-N-06)

作者简介: 李玉莲 (1962-), 女, 副教授, 主要从事运动生理学和运动营养学教学和科研。

收稿日期: 2007-12-20; 修回日期: 2008-03-12

\* 通讯作者, corresponding author, E-mail: wangdh@ioz.ac.cn

体重的维持和能量平衡的调节是动物或人类营养和健康的重要研究内容。1994年发现的脂肪细胞分泌的蛋白类激素—瘦素 (leptin), 在动物的体重和能量平衡过程中具有重要的作用 (Mantzoros, 1999)。瘦素可以抑制动物的能量摄入、促进能量消耗和产热能力增加, 但同时也受许多因素的影响, 如摄食或禁食 (Ahima *et al.*, 1996) 以及一些激素 (如胰岛素、糖皮质激素和儿茶酚胺) 等 (MacDougald *et al.*, 1995; Cusin *et al.*, 1995; Gettys *et al.*, 1996; Miell *et al.*, 1996; Pagano *et al.*, 1997)。

体重调节受食物摄入、代谢水平和能量消耗等多种因素的影响, 运动训练是影响动物能量平衡的一个重要因素。在人类的研究中, 运动训练可以引起机体一系列的有益适应。运动训练可以使体重和食物摄入的控制系统发生变化, 如发出信号减少能量消耗等 (Simsch *et al.*, 2002)。单次运动对大鼠 (Pagano *et al.*, 1999) 和人 (Hickey and Calsbeek, 2001) 的血浆瘦素浓度一般很少有或没有影响, 但能量消耗极大的单次运动也会影响瘦素水平 (Landt *et al.*, 1997; Zaccaria *et al.*, 2002)。许多研究表明, 长期运动能够影响动物的体重和瘦素水平 (胡振东和王德华 2007a, 2007b), 但目前没有统一的结论。一些研究发现, 长期运动能够降低动物的体重和瘦素水平 (Levin and Dunn - Meynell, 2004; 李玉莲等, 2006); 也有一些研究发现, 长期运动对动物的体重没有影响, 但却能降低瘦素水平 (Jen *et al.*, 2003; Miyasaka *et al.*, 2003; 李玉莲等, 2006)。

迄今为止, 关于运动对体重和瘦素水平影响的研究相对较少, 且多在实验室模型动物和人类中进行, 对于野生动物的研究则较少 (胡振东和王德华, 2007a, 2007b)。野生动物在长期进化过程中, 发展了许多生理和行为对策以适应复杂多变的环境条件。对于野生动物生存和适应方式的理解将会有助于肥胖病等人类医学难题的解决, 如在野外条件下, 除冬眠动物在冬眠前为了准备冬眠期间的能量消耗、动物在繁殖季节为了繁殖所需而进行身体脂肪积累外, 一般动物很少出现肥胖现象 (或过多积累脂肪)。研究运动对动物体重、体脂和血清瘦素含量的影响, 将有助于阐明瘦素在能量平衡和体重调节中的作用。

布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*) 是典型草原的优势鼠种, 主要分布于我国内蒙古、蒙古以及俄

罗斯外贝加尔地区的典型草原地带, 其主要生物学特征是群居、植食性和秋季贮草越冬。对布氏田鼠的能量代谢、体重调节和产热等生理生态学研究已有一些报道 (迟庆生等, 2006; Li and Wang, 2007; Liu and Wang, 2007; Liu *et al.*, 2007; Zhang and Wang, 2007; Zhao and Wang, 2007; 张志强等, 2007; 王德华, 2007), 但关于运动训练对其能量代谢特征的影响及机制尚无报道。本研究探讨了长期强迫运动训练条件下, 布氏田鼠体重、体脂和血清瘦素含量的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物

实验用布氏田鼠是1999年捕自内蒙古锡林郭勒盟太仆寺旗, 饲养在中国科学院动物研究所实验动物房内的繁殖后代。动物的饲养温度为  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 光照条件为 12L:12D, 喂以北京科奥协力饲料有限公司生产的标准兔饲料块。动物自由取食和饮水。

用于本实验的成年布氏田鼠 22 只。动物选取的原则是动物能在踏车上持续运动 3 min (15 m/min)。动物随机分为两组: 运动训练组 (简称运动组,  $n=10$ , 4 雌, 6 雄) 和静止对照组 (简称对照组,  $n=12$ , 7 雌, 5 雄)。

### 1.2 动物的运动训练

运动组动物开始训练的速度为 15 m/min, 每天训练 5 min。2 周后, 运动速度增加到 20 m/min, 每天训练 50 min。踏车的坡度为  $0^\circ$ 。动物在此运动水平上训练 4 周, 每周运动 5 d。运动训练用美国哥伦比亚仪器有限公司生产的鼠类踏车 (Treadmill, Columbus Instruments International Co., Ohio, USA)。

### 1.3 体重和食物摄入的测定

从运动训练前 1 天开始, 每周称量体重 2 次, 体重用电子天平测定 (精确到 0.1 g)。食物摄入采用代谢笼法进行测定 (宋志刚和王德华, 2001; Liu *et al.*, 2003), 每周测定 1 次。测定时每天定时定量给动物喂食, 每个实验周期为 3 d。3 d 后小心收集剩余食物和粪便, 每次收集时间均在 15:00 ~ 16:00 之间进行 (以减少动物昼夜节律的影响)。收集的食物和粪便在  $60^\circ\text{C}$  烘箱中干燥至恒重, 手工分离出剩余食物。食物摄入干重 (g) = 投放食物干重 (g) - 剩余食物干重 (g)。食物为标准兔饲料块。实验期间动物自由饮水和取食。

#### 1.4 体脂的测定:

体脂含量用索氏抽提法进行测定。将去除内脏的动物尸体(保留消化道上的脂肪)置于60℃烘箱中干燥至恒重,用小型粉碎机粉碎混匀,称取2g左右粉碎后的样品用干燥滤纸包严、烘干后称重,放入含有1/2~2/3体积乙醚的抽提瓶中,滤纸包的高度要低于虹吸管,在70℃的水浴上加热使乙醚回流,控制乙醚回流次数为120~150滴/h,回流约5h,抽提完毕将取出的滤纸包于烘箱中烘干,将烘干的滤纸包称重,抽提前后的重量差即为样品中的粗脂肪含量。根据公式:体脂百分含量(%) = 体脂重量(g)/胴体重(g) × 100% (李兴升等, 2004)。

#### 1.5 血清瘦素含量的测定

运动训练结束后的次日将动物处死、取血。血浆在4℃静置1h,于4℃、4000 r/min条件下离心30 min,取上层血清置于-80℃低温冰箱内保存、待测。血清瘦素浓度采用美国Linco公司(Linco Research, Missouri, USA)生产的多物种瘦素放射免疫分析试剂盒(multi-species leptin RIA Kit)进行测定,批内差<3.6%,批间差<8.7%(李兴升等, 2004; Li and Wang, 2005)。

#### 1.6 统计分析

数据用SPSS for Windows 10.0软件包进行统计分析。数据经过正态分布和方差齐性检验,符合参数检验条件。动物的体重、食物摄入、体脂含量和瘦素浓度等的组间差异采用独立样本 $t$ 检验进行分析。血清瘦素含量与体脂含量的关系采用Pearson相关分析。文内结果用平均值±标准误表示, $P < 0.05$ 为差异显著。

## 2 结果

### 2.1 体重

训练开始时,运动组和对照组的体重分别为 $45.2 \pm 1.9$  g和 $42.6 \pm 1.9$  g,没有显著差异( $t = 1.342$ ,  $df = 20$ ,  $P > 0.05$ )。随着训练时间的延长,运动组和对照组的体重都逐渐增加。训练6周后,运动组动物的体重增加了25%,对照组动物增加了29%(分别为: $56.6 \pm 4.2$  g和 $54.9 \pm 3.6$  g),但组间仍没有显著差异( $t = 0.304$ ,  $df = 20$ ,  $P > 0.05$ ,图1)。运动训练期间,运动组和对照组动物的体重组内也没有显著差异( $P > 0.05$ ,图1)。

### 2.2 食物摄入量

运动训练期间,运动组和对照组动物的食物摄

入量组内和组间都没有显著差异( $P > 0.05$ )(图2)。

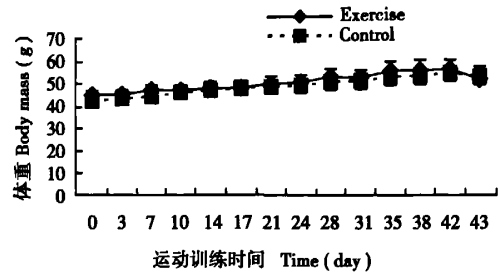


图1 运动训练期间布氏田鼠体重的变化

Fig.1 Changes in body mass during forced exercising in Brandt's voles

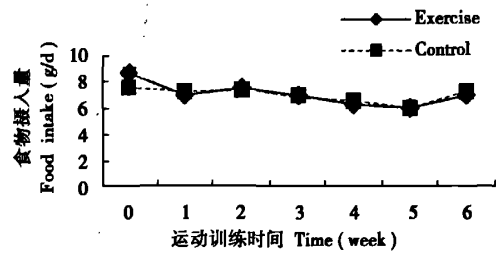


图2 运动训练对布氏田鼠食物摄入的影响

Fig.2 Effects of forced exercise training on food intake in Brandt's voles.

### 2.3 体脂含量和血清瘦素浓度

运动训练6周后,运动组和对照动物的体脂含量分别为8.87 g和12.41 g,占动物胴体干重的 $49.2\% \pm 1.6\%$ 和 $56.5\% \pm 2.9\%$ (注:测定体脂和血清瘦素时只有17个有效样本),但组间差异不显著( $t = -1.769$ ,  $df = 15$ ,  $P > 0.05$ ,图3)。

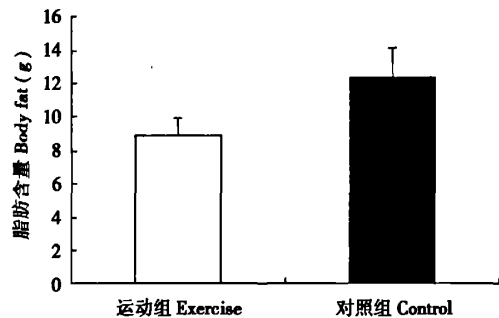


图3 运动训练对布氏田鼠体脂含量的影响

Fig.3 Effects of forced exercise training on body fat content in Brandt's voles

运动训练6周后,运动组动物的血清瘦素含量显著低于对照组( $t = -2.25$ ,  $df = 15$ ,  $P < 0.05$ ,

图4), 运动组比对照组下降了30%。对照组动物的血清瘦素与体脂含量呈明显的正相关关系 ( $R^2 = 0.562$ ,  $P < 0.01$ , 图5), 但运动组动物则不具有这种相关性 ( $P > 0.05$ )。

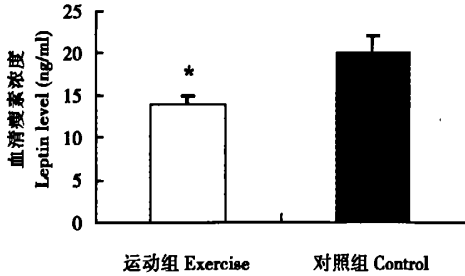


图4 运动训练对布氏田鼠血清瘦素浓度的影响

Fig. 4 Effects of forced exercise training on serum leptin concentrations in Brandt's voles

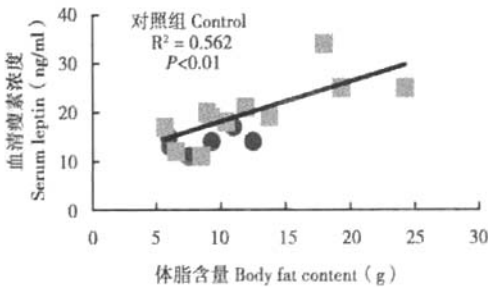


图5 血清瘦素含量与体脂含量的相关关系。对照组动物(方块)瘦素与体脂含量之间存在显著正相关关系 ( $P < 0.01$ ), 运动组动物(圆点)不存在相关关系 ( $P > 0.05$ )。

Fig. 5 There was significant positive relationship between serum leptin concentration and body fat mass in control voles ( $P < 0.01$ ), but no relationship was detected in exercise voles (Solid dot,  $P > 0.05$ ).

### 3 讨论

本研究发现, 长期强迫运动训练降低了布氏田鼠的血清瘦素浓度, 但其体重、体脂含量和食物摄入等并没有发生明显变化。

动物体重的稳定和维持取决于能量摄入和能量消耗这两个过程之间的平衡, 能量摄入的减少或能量消耗的增加均可导致体重的下降 (李兴升等, 2003)。长时间高强度的运动训练能促进新陈代谢 (Simsch *et al.*, 2002), 使运动期间和运动后一段时间内的能量消耗增加 (Richard and Rivest, 1989)。这样, 运动训练期间动物应该增加能量摄入和(或)降低静止状态下身体机能的能量消耗

万方数据

(Levin and Dunn-Meynell, 2004), 以维持能量的平衡, 否则体重就会下降。Miyasaka 等 (2003) 发现长期转轮运动并没有改变大鼠的体重和能量摄入水平。Narath 等 (2001) 也发现, 长期 (从5月龄到17月龄) 的踏车运动训练对雄性大鼠的体重、体脂和食物摄入都没有显著的影响。经6周转轮运动训练的大鼠也没有增加食物摄入, 但体重比对照组下降了33% (Levin and Dunn-Meynell, 2004)。Afonso 和 Eikelboom (2003) 发现, 大鼠经32 d的转轮运动后, 体重没有变化, 食物摄入量增加了13%。在优秀的运动员中也发现, 经历8个月的耐力训练后, 能量摄入明显增加, 但体重没有变化 (Desgorces *et al.*, 2004)。我们的研究表明, 野生的布氏田鼠经6周的强迫运动训练后, 体重和食物摄入水平平均没有显著变化, 说明运动训练的布氏田鼠可能依靠降低非运动期的能量消耗水平来维持能量平衡。有研究表明, 动物能够通过与能量平衡调节相关的神经肽来调节体内的能量平衡状态, 并通过内在的调定点来调节运动和非运动诱导的总能量消耗与总能量摄入, 以达到一个稳定水平 (Levin and Dunn-Meynell, 2004)。

长期强迫运动训练可使布氏田鼠的血清瘦素含量下降。瘦素可以增加褐色脂肪组织 (brown adipose tissue, BAT) 和骨骼肌中解偶联蛋白 (uncoupling protein, UCP) 的表达 (Pangono *et al.*, 1999)。因此, 当运动增加能量消耗时, 瘦素水平的下降可以通过解偶联蛋白表达的降低来阻止底物的无效循环和能量消耗 (Afonso and Eikelboom, 2003)。Simsch 等 (2002) 发现, 运动还能抑制下丘脑-垂体-甲状腺轴的活性。甲状腺轴调节功能的下降使血液中甲状腺素含量降低, 从而减少能量消耗。我们在实验室中也发现, 运动显著降低了布氏田鼠血清 T4 的浓度 (战新梅等未发表数据)。甲状腺素可以提高动物的代谢率。研究发现, 饥饿可使大鼠体内瘦素和甲状腺素浓度下降, 但通过注射瘦素可阻止 T4 水平的下降 (Ahima *et al.*, 1996)。

血清瘦素水平与脂肪含量具有高度的相关性 (Friedman, 2002)。一些研究表明, 运动引起的瘦素水平降低与身体脂肪的减少有关 (Hickey *et al.*, 1996; Perusse *et al.*, 1997)。但关于瘦素含量和身体脂肪之间的关系目前仍不十分确定 (Desgorces *et al.*, 2004), 最近许多关于运动对瘦素影响的研究表明, 瘦素水平的降低并不依赖于体重和脂肪含量的下降 (Simsch *et al.*, 2002; Jen *et al.*, 2003; Mi-

yasaka *et al.*, 2003; Baylor and Hackney, 2003)。我们对布氏田鼠的研究结果也证实了这一点。瘦素可以作为能量摄入和能量消耗之间差异的调节信号 (Hickey and Calsbeek, 2001), 长时间耐力训练后的负能量平衡状态可能触发了抑制脂肪组织 *ob* 基因的表达和分泌途径 (Jurimäe and Jurimäe, 2004)。关于运动引起瘦素水平下降的机制仍需进一步研究。

在能量平衡稳定的状态下, 瘦素含量是体脂含量的一个很好的指示指标, 但在非稳定状态下, 瘦素可能就不再是体脂含量的一个可靠指标 (Hickey and Calsbeek, 2001)。我们的研究结果也表明, 对照组布氏田鼠的血清瘦素与体脂含量具有明显的相关性, 但在运动组田鼠中并没有发现这种相关性。Simsch 等 (2002) 在人类中也发现, 长期的运动训练降低了运动员的瘦素水平而体重指数 (BMI) 和体脂含量则保持不变, 且瘦素水平与 BMI 和身体组成的任何参数都没有相关性。

总之, 长期强迫运动训练能够降低野生布氏田鼠的血清瘦素水平, 这种下降不依赖于动物体重和身体成分的变化, 说明瘦素除了具有调节体重的功能外, 还具有其他的生理功能。布氏田鼠在运动训练期间不是主要通过增加食物摄入, 而可能是通过降低非运动期的能量消耗来维持自身的能量平衡, 有关机制尚需进一步的研究。

#### 参考文献:

- Afonso V M, Eikelboom R. 2003. Relationship between wheel running, feeding, drinking, and body weight in male rats. *Physiol Behav*, **80**: 19-26.
- Ahima R S, Prabakaran D, Mantzoros C, Qu D, Lowell B, Maratos-Flier E, Flier J S. 1996. Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting. *Nature*, **382**: 250-252.
- Baylor L S, Hackney A C. 2003. Resting thyroid and leptin hormone changes in women following intense, prolonged exercise training. *Eur J Appl Physiol*, **88** (4-5): 480-484.
- Chi Q S, Li X S, Zhao Z J, Wang D H. 2006. Changes in thermogenic properties of brown adipose tissue and liver during postnatal development in Brandt's voles. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (3): 274-279. (in Chinese)
- Cusin I, Sainsbury A, Doyle P, Rohner-Jeanrenaud F, Jeanrenaud B. 1995. The *ob* gene and insulin. A relationship leading to clues to the understanding of obesity. *Diabetes*, **44**: 1467-1470.
- Desgorges F D, Chennaoui M, Gomez-Merino D, Drogou C, Guezennec C Y. 2004. Leptin response to acute prolonged exercise after training in rowers. *Eur J Appl Physiol*, **91**: 677-681.
- Friedman J M. 2002. The function of leptin in nutrition, weight and physiology. *Nutr Rev*, **60**: S1-14.
- Gettys T W, Harkness P J, Watson P M. 1996. The beta 3-adrenergic receptor inhibits insulin-stimulated leptin secretion from isolated rat adipocytes. *Endocrinology*, **137**: 4054-4057.
- Hickey M S, Calsbeek D J. 2001. Plasma leptin and exercise: recent findings. *Sports Med*, **31** (8): 583-589.
- Hickey M S, Considine R V, Israel R G, Mahar T L, McCammon M R, Tyndall G L, Houmard J A, Caro J F. 1996. Leptin is related to body fat content in male distance runners. *Am J Physiol*, **271**: E938-940.
- Hu Z D, Wang D H. 2007a. Effects of voluntary wheel exercise on body mass and energy metabolism in male Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Acta Theriologica Sinica*, **27** (2): 123-129. (in Chinese)
- Hu Z D, Wang D H. 2007b. Body mass, energy metabolism and serum leptin concentrations in female Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) under voluntary wheel exercise condition. *Chin J Sports Med*, **26** (5): 605-608. (in Chinese)
- Jen K L, Buisson A, Pellizzon M, Ordiz F, Jr, Ana L S, Brown J. 2003. Differential effects of fatty acids and exercise on body weight regulation and metabolism in female Wistar rats. *Exp Biol Med*, **228**: 843-849.
- Jürimäe J, Jürimäe T. 2004. Plasma leptin responses to prolonged sculling in female rowers. *J Sports Med Phys Fitness*, **44** (1): 104-109.
- Landt M, Lawson G M, Helgeson J M, Davila-Roman V G, Ladenson J H, Jaffe A S, Hickner R C. 1997. Prolonged exercise decreases serum leptin concentrations. *Metabolism*, **46**: 1109-1112.
- Levin B E, Dunn-Meynell A A. 2004. Chronic exercise lowers the defended body weight gain and adiposity in diet-induced obese rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, **286**: R771-778.
- Li X S, Wang D H. 2005. Regulation of body weight and thermogenesis in seasonally acclimatized Brandt's voles (*Microtus brandti*). *Hormones and Behavior*, **48**: 321-328.
- Li X S, Wang D H. 2007. Photoperiod and temperature can regulate body mass, serum leptin concentration, and uncoupling protein 1 in Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*) and Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, **80**: 326-334.
- Li X S, Wang D H, Yang J C. 2003. Effects of photoperiod on body mass and energy metabolism in Brandt's voles and Mongolian gerbils. *Acta Theriologica Sinica*, **23** (4): 304-311. (in Chinese)
- Li X S, Wang D H, Yang M. 2004. Effects of photoperiod on body weights and energy metabolism in Mongolian gerbils. *Acta Zoologica Sinica*, **50**: 334-340. (in Chinese)
- Li Y L, Zhan X M, Wang D H. 2006. Relationship between leptin and exercise and the application of leptin in the exercise training monitoring. *Chin J Sports Med*, **25** (3): 327-331. (in Chinese)
- Liu H, Wang D H, Wang Z W. 2003. Energy requirements during reproduction in female Brandt's voles (*Microtus brandti*). *Journal of Mammalogy*, **84** (4): 1410-1416.
- Liu Q S, Li J Y, Wang D H. 2007. Ultradian rhythms and the nutrition-

- al importance of caecotrophy in captive Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*). *Journal of Comparative Physiology B*, **177** (4): 423-432.
- Liu Q S, Wang D H. 2007. Effects of diet quality on phenotypic flexibility of organ size and digestive function in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Journal of Comparative Physiology B*, **177**: 509-518.
- MacDougald O A, Hwang C S, Fan H, Lane M D. 1995. Regulated expression of the obese gene product (leptin) in white adipose tissue and 3T3-L1 adipocytes. *Proc Natl Acad Sci*, **92**: 9034-9037.
- Mantzoros C S. 1999. The role of leptin in human obesity and disease: a review of current evidence. *Ann Intern Med*, **130**: 671-680.
- Miell J P, Englaro P, Blum W F. 1996. Dexamethasone induces an acute and sustained rise in circulating leptin levels in normal human subjects. *Horm Metab Res*, **28**: 704-707.
- Miyasaka K, Ichikawa M, Kawanami T, Kanai S, Ohta M, Sato N, Ebisawa H, Funakoshi A. 2003. Physical activity prevented age-related decline in energy metabolism in genetically obese and diabetic rats, but not in control rats. *Mech Ageing Dev*, **124**: 183-190.
- Narath E, Skalicky M, Viidik A. 2001. Voluntary and forced exercise influence the survival and body composition of ageing male rats differently. *Exp Gerontol*, **36**: 1699-1711.
- Pagano C, Englaro P, Granzotto M, Blum W F, Sagrillo E, Ferretti E, Federspil G, Vettor R. 1997. Insulin induces rapid changes of plasma leptin in lean but not in genetically obese. *Int J Obes Relat Metab Disord*, **21**: 614-618.
- Pagano C, Marzolo M, Granzotto M, Ricquier D, Federspil G, Vettor R. 1999. Acute effects of exercise on circulating leptin in lean and genetically obese fa/fa rats. *Biochem Biophys Res Commun*, **255**: 698-702.
- Perusse L, Gollier C, Gagnon J, Leon A S, Rao D C, Skinner J S, Wilmore J H, Nadeau A, Zimmet P Z, Bouchard C. 1997. Acute and chronic effects of exercise on leptin levels in humans. *J Appl Physiol*, **83** (1): 5-10.
- Richard D, Rivest S. 1989. The role of exercise in thermogenesis and energy balance. *Can J Physiol Pharmacol*, **67**: 402-409.
- Simsch C, Lormes W, Petersen K G, Baur S, Liu Y, Hackney A C, Lehmann M, Steinacker J M. 2002. Training intensity influences leptin and thyroid hormones in highly trained rowers. *Int J Sports Med*, **23**: 422-427.
- Song Z G, Wang D H. 2001. Maximum energy assimilation rate in Brandt's voles from the Inner Mongolian Grassland. *Acta Theriologica Sinica*, **21** (4): 271-278. (in Chinese)
- Wang D H. 2007. Progress in physiological ecology of small mammals. In: Wang D H ed. *Progress in Animal Ecology*. Beijing: High Education Press, 29-46.
- Zaccaria M, Ermolao A, Roi G S, Englaro P, Tegon G, Varnier M. 2002. Leptin reduction after endurance races differing in duration and energy expenditure. *Eur J Appl Physiol*, **87**: 108-111.
- Zhang X Y, Wang D H. 2007. Thermogenesis, food intake and serum leptin in cold-exposed lactating Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*). *The Journal of Experimental Biology*, **210**: 512-521.
- Zhang Z Q, Zhang L N, Wang D H. 2007. Effects of reducing photoperiod and temperature on energy metabolism and body composition in Brandt's voles. *Acta Theriologica Sinica*, **27** (1): 18-25. (in Chinese)
- Zhao Z J, Wang D H. 2007. Effects of diet quality on energy budgets and thermogenesis in Brandt's voles. *Comp Biochem Physiol A*, **148**: 168-177.
- 王德华. 2007. 小型哺乳动物生理生态学研究进展. 见: 王德华等主编《动物生态学研究进展—庆祝孙儒泳院士80寿辰纪念文集》. 北京: 高等教育出版社, 29-46.
- 宋志刚, 王德华. 2001. 内蒙古草原布氏田鼠的最大同化能. *兽类学报*, **21** (4): 271-278.
- 张志强, 张丽娜, 王德华. 2007. 渐变的光周期和温度对布氏田鼠能量代谢和身体成分的影响. *兽类学报*, **27** (1): 18-25.
- 李玉莲, 战新梅, 王德华. 2006. 瘦素与运动的关系及其在运动训练监测中的应用. *中国运动医学杂志*, **25** (3): 327-331.
- 李兴升, 王德华, 杨明. 2004. 冷驯化条件下长爪沙鼠血清瘦素浓度的变化及其与能量收支和产热的关系. *动物学报*, **50**: 334-340.
- 李兴升, 王德华, 杨俊成. 2003. 光周期对布氏田鼠和长爪沙鼠体重和能量代谢的影响. *兽类学报*, **23** (4): 304-311.
- 迟庆生, 李兴升, 赵志军, 王德华. 2006. 布氏田鼠胎后发育过程中褐色脂肪组织和肝脏的产热特征. *兽类学报*, **26**: 274-279.
- 胡振东, 王德华. 2007a. 自愿转轮运动对雄性长爪沙鼠体重和能量代谢的影响. *兽类学报*, **27** (2): 123-129.
- 胡振东, 王德华. 2007b. 自愿转轮运动条件下雌性长爪沙鼠的体重、能量代谢和血清瘦素含量的变化. *中国运动医学杂志*, **26**: 605-608.

# 长期强迫运动对布氏田鼠体重和血清瘦素浓度的影响

作者: 李玉莲, 战新梅, 刘秀珍, 陈蕾, 王德华, LI Yulian, ZHAN Xinmei, LIU Xiuzhen, CHEN Lei, WANG Dehua

作者单位: 李玉莲, LI Yulian(青岛大学, 青岛, 266071; 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, 北京100101), 战新梅, ZHAN Xinmei(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, 北京100101; 青岛农业大学生命科学院, 青岛266109), 刘秀珍, LIU Xiuzhen(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, 北京100101; 首都体育学院研究生部, 北京, 100088), 陈蕾, CHEN Lei(青岛大学, 青岛, 266071), 王德华, WANG Dehua(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, 北京, 100101)

刊名: 兽类学报 **ISTIC PKU**

英文刊名: ACTA THERIOLOGICA SINICA

年, 卷(期): 2008, 28(2)

被引用次数: 2次

## 参考文献(49条)

1. Afonso V M;Eikelboom R Relationship between wheel running, feeding, drinking, and body weight in male rats[外文期刊] 2003
2. Ahima R S;Prabakaran D;Mantzoros C;Qu D Lowell B Maratos-Flier E Flier J S Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting[外文期刊] 1996
3. Baylor L S;Hackney A C Resting thyroid and leptin hormone changes in women following intense, prolonged exercise training[外文期刊] 2003(4-5)
4. Chi Q S;Li X S;Zhao Z J;Wang D H Changes in thermogenic properties of brown adipose tissue and liver during postnatal development in Brandt's voles[期刊论文]-Acta Theriologica Sinica 2006(03)
5. Cusin I;Sainsbury A;Doyle P;Rohner Jeanrenaud F, Jeanrenaud B The ob gene and insulin. A relationship leading to clues to the understanding of obesity[外文期刊] 1995
6. Desgorces F D;Chennaoui M;Gomez Merino D;Drogou C Guezennex C Y Leptin response to acute prolonged exercise after training in rowers[外文期刊] 2004
7. Friedman J M The function of leptin in nutrition, weight and physiology[外文期刊] 2002(10 part 2)
8. Gettys T W;Harkness P J;Wstson P M The beta 3 adrenergic receptor inhibits insulin stimulated leptin secretion from isolated rat adipocytes[外文期刊] 1996
9. Hickey M S;Calsbeek D J Plasma leptin and exercise: recent findings[外文期刊] 2001(08)
10. Hickey M S;Considine R V;Israel R G;Mahar T L, McCammon M R, Tyndall G L, Houmard J A, Caro J F Leptin is related to body fat content in male distance runners 1996
11. Hu Z D;Wang D H Effects of voluntary wheel exercise on body mass and energy metabolism in male Mongolian gerbils(Meriones unguiculatus)[期刊论文]-Acta Theriologica Sinica 2007(02)
12. Hu Z D;Wang D H Body mass, energy metabolism and serum leptin concentrations in female Mongolian gerbils(Meriones unguiculatus) under voluntary wheel exercise condition[期刊论文]-Chinese Journal of Sports Medicine 2007(05)
13. Jen K L;Buisson A;Pellizzon M;Ordiz F Jr Ana L S Brown J Differential effects of fatty acids and exercise on body weight regulation and metabolism in female Wistar rats[外文期刊] 2003(7)
14. Jürim(a) e J;Jürim(a) e T Plasma leptin responses to prolonged sculling in female rowers[外文期刊]

2004(01)

15. [Landt M;Lawson G M;Helgeson J M;Davila Roman V G Ladenson J H Jaffe A S Hickner R C Prolonged exercise decreases serum leptin concentrations](#)[外文期刊] 1997
16. [Levin B E;Dunn Meynell A A Chronic exercise lowers the defended body weight gain and adiposity in diet induced obese rats](#) 2004
17. [Li X S;Wang D H Regulation of body weight and thermogenesis in seasonally acclimatized Brandt's voles \(Microtus brandti\)](#) [外文期刊] 2005(3)
18. [Li X S;Wang D H Photoperiod and temperature can regulate body mass, serum leptin concentration, and uncoupling protein 1 in Brandt's voles \(Lasiopodomys brandtii\) and Mongolian gerbils \(Meriones unguiculatus\)](#) [外文期刊] 2007(3)
19. [Li X S;Wang D H;Yang J C Effects of photoperiod on body mass and energy metabolism in Brandt's voles and Mongolian gerbils](#)[期刊论文]-[Acta Theriologica Sinica](#) 2003(04)
20. [Li X S;Wang D H;Yang M Effects of photoperiod on body weights and energy metabolism in Mongolian gerbils](#) 2004
21. [Li Y L;Zhan X M;Wang D H Relationship between leptin and exercise and the application of leptin in the exercise training monitoring](#)[期刊论文]-[Chinese Journal of Sports Medicine](#) 2006(03)
22. [Liu H;Wang D H;Wang Z W Energy requirements during reproduction in female Brandt's voles \(Microtus brandti\)](#) [外文期刊] 2003(04)
23. [Liu Q S;Li J Y;Wang D H Ultradian rhythms and the nutritional importance of caecotrophy in captive Brandt's voles \(Lasiopodomys brandtii\)](#) [外文期刊] 2007(04)
24. [Liu Q S;Wang D H Effects of diet quality on phenotypic flexibility of organ size and digestive function in Mongolian gerbils \(Meriones unguiculatus\)](#) [外文期刊] 2007
25. [MacDougald O A;Hwang C S;Fan H;Lane M D Regulated expression of the obese gene product \(leptin\) in white adipose tissue and 3T3-L1 adipocytes](#) [外文期刊] 1995(20)
26. [Mantzoros C S The role of leptin in human obesity and disease:a review of current evidence](#)[外文期刊] 1999
27. [Miell J P;Englaro P;Blum W F Dexamethasone induces an acute and sustained rise in circulating leptin levels in normal human subjects](#)[外文期刊] 1996
28. [Miyasaka K;Ichikawa M;Kawanami T;Kanai S Ohta M Sato N Ebisawa H Funakoshi A Physical activity prevented age related decline in energy metabolism in genetically obese and diabetic rats, but not in control rats](#)[外文期刊] 2003
29. [Narath E;Skalicky M;Viidik A Voluntary and forced exercise influence the survival and body composition of ageing male rats differently](#)[外文期刊] 2001(10)
30. [Pagano C;Englaro P;Granzotto M;Blum W F Sagrillo E Ferretti E Federspil G Vettor R Insulin induces rapid changes of plasma leptin in lean but not in genetically obese](#)[外文期刊] 1997
31. [Pagano C;Marzolo M;Granzotto M;Ricquier D Federspil G Vettor R Acute effects of exercise on circulating leptin in lean and genetically obese fa/fa rats](#)[外文期刊] 1999
32. [Perusse L;Gollier C;Gagnon J;Leon A S Rao D C Skinner J S Wilmore J H Nadeau A Zimmet P Z](#)



- [Bouchard C Acute and chronic effects of exercise on leptin levels in humans](#)[外文期刊] 1997(01)
33. [Richard D;Rivest S The role of exercise in thermogenesis and energy balance](#) 1989
34. [Simsch C;Lormes W;Petersen K G;Baur S Liu Y Hackney A C Lehmann M Steinacker J M Training intensity influences leptin and thyroid hormones in highly trained rowers](#)[外文期刊] 2002(6)
35. [Song Z G;Wang D H Maximum energy assimilation rate in Brandt's voles from the Inner Mongolian Grassland](#)[期刊论文]-[Acta Theriologica Sinica](#) 2001(04)
36. [Wang D H Progress in physiological ecology of small mammals](#) 2007
37. [Zaccaria M;Ermolao A;Roi G S;Englaro P Tego G Varnier M Leptin reduction after endurance races differing in duration and energy expenditure](#)[外文期刊] 2002(2)
38. [Zhang X Y;Wang D H Thermogenesis, food intake and serum leptin in cold exposed lactating Brandt's voles\(Lasiopodomys brandtii\)](#)[外文期刊] 2007(pt 3)
39. [Zhang Z Q;Zhang L N;Wang D H Effects of reducing photoperiod and temperature on energy metabolism and body composition in Brandt's voles](#)[期刊论文]-[Acta Theriologica Sinica](#) 2007(01)
40. [Zhao Z J;Wang D H Effects of diet quality on energy budgets and thermogenesis in Brandt's voles](#)[外文期刊] 2007(1)
41. [王德华 小型哺乳动物生理生态学研究进展](#) 2007
42. [宋志刚;王德华 内蒙古草原布氏田鼠的最大同化能](#)[期刊论文]-[兽类学报](#) 2001(04)
43. [张志强;张丽娜;王德华 渐变的光周期和温度对布氏田鼠能量代谢和身体成分的影响](#)[期刊论文]-[兽类学报](#) 2007(01)
44. [李玉莲;战新梅;王德华 瘦素与运动的关系及其在运动训练监测中的应用](#)[期刊论文]-[中国运动医学杂志](#) 2006(03)
45. [李兴升;王德华;杨明 冷驯化条件下长爪沙鼠血清瘦素浓度的变化及其与能量收支和产热的关系](#)[期刊论文]-[动物学报](#) 2004(3)
46. [李兴升;王德华;杨俊成 光周期对布氏田鼠和长爪沙鼠体重和能量代谢的影响](#)[期刊论文]-[兽类学报](#) 2003(04)
47. [迟庆生;李兴升;赵志军;王德华 布氏田鼠胎后发育过程中褐色脂肪组织和肝脏的产热特征](#)[期刊论文]-[兽类学报](#) 2006(3)
48. [胡振东;王德华 自愿转轮运动对雄性长爪沙鼠体重和能量代谢的影响](#)[期刊论文]-[兽类学报](#) 2007(02)
49. [胡振东;王德华 自愿转轮运动条件下雌性长爪沙鼠的体重、能量代谢和血清瘦素含量的变化](#)[期刊论文]-[中国运动医学杂志](#) 2007(5)

#### 本文读者也读过(9条)

1. [刘维群 世界上没有一模一样的两片叶子浅谈在小学体育教学中如何开展心理健康教育](#)[会议论文]-2006
2. [岳芳 罗光霞 体育运动对大学生心理健康效益发展的研究](#)[会议论文]-2006
3. [陈梅.Chen Mei 谈心理健康教育目标功能与体育教学的融合](#)[期刊论文]-[安徽体育科技](#)2008, 29(1)
4. [陈远航 谈体育与健康教学中的自信心教育](#)[期刊论文]-[辽宁教育行政学院学报](#)2008, 25(12)
5. [赵景礼. 王强. 吴秀英. 顾华丽 强制性使用运动治疗和强化治疗对脑卒中患者偏瘫上肢运动功能恢复的比较](#)[期刊论文]-[中国实用医药](#)2009, 4(22)
6. [王存德 浅谈通过体育教学实现“我能行”心理品质](#)[期刊论文]-[中小学心理健康教育](#)2004(8)
7. [胡亚娟.HU Ya-juan 谈体育教学调适学生心理健康平衡](#)[期刊论文]-[辽宁高职学报](#)2009, 11(2)

8. [佟天夫](#) [浅谈在体育教学中激发学生的积极性](#)[期刊论文]-[中小学心理健康教育](#)2009(9)
9. [李建龙](#).[Li Jianlong](#) [浅谈如何在体育教学中促进学生健康人格的发展](#)[期刊论文]-[哈尔滨体育学院学报](#)2005(5)

#### 引证文献(4条)

1. [朱万龙](#).[王政昆](#).[杨盛昌](#).[张麟](#) [长期强迫运动对大鼠体重、能量代谢和血清瘦素的影响](#)[期刊论文]-[动物学杂志](#) 2012(4)
2. [王军](#).[陈乐琴](#) [不同强度长期跑台运动对大鼠摄食及生理机能的影响](#)[期刊论文]-[中国疗养医学](#) 2011(2)
3. [王军](#).[陈乐琴](#) [不同强度长期跑台运动对大鼠摄食及生理机能的影响](#)[期刊论文]-[中国疗养医学](#) 2011(2)
4. [贺争鸣](#) [我国资源动物的实验动物化潜力与展望](#)[期刊论文]-[中国比较医学杂志](#) 2010(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_slxb-200802006.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_slxb-200802006.aspx)