

中缅树鼩消化道长度和重量变化

蔡金红 朱万龙 谢 静 贾 婷 王 睿 练 硝 王政昆*

(云南师范大学生命科学学院 生物能源持续开发利用教育部工程研究中心 昆明 650092)

摘要: 为探讨栖息于昆明禄劝地区中缅树鼩 (*Tupaia belangeri*) 的消化道特征与环境之间的适应关系, 在 2008 年 6 月和 12 月 (夏季和冬季) 分别对自然环境中缅树鼩的胃、小肠、大肠、盲肠的长度、含内容物重、去内容物重、干组织重等消化道指标进行了测定。结果表明, 中缅树鼩消化道特征冬季和夏季存在变化, 随着温度降低、食物质量下降, 中缅树鼩的小肠长度和重量增加; 各器官重量均在冬季最大; 中缅树鼩在受到低温、食物质量下降等因子胁迫下, 通过调节消化道长度和重量来满足能量需求的增加, 维持正常的生理机能。中缅树鼩的消化道在冬季和夏季中表现出的变化模式及消化对策对其在自然环境中的生存是至关重要的。

关键词: 中缅树鼩; 消化道; 能量需求

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2010) 01-140-05

Variations on Length and Weight of the Digestive Tract in *Tupaia belangeri*

CAI Jin-Hong ZHU Wan-Long XIE Jing JIA Ting

WANG Rui LIAN Xiao WANG Zheng-Kun*

(School of Life Sciences of Yunnan Normal University, Engineering Research Center of Sustainable Development and Utilization of Biomass Energy Ministry of Education, Kunming 650092, China)

Abstract In order to investigate the relationship between the morphology of digestive tract in *Tupaia belangeri* from the region of Luquan in Kunming and habitual environment, variations on length and weight of the digestive tract including stomach, small intestine, large intestine, caecum in June (summer) and December (winter) 2008 were measured, respectively. The results showed that the digestive tract characters in *T. belangeri* had variations between summer and winter. The length and weight of small intestine increased in low ambient temperature and poor food quantity; the weights of organs were largest in winter in *T. belangeri*. The results of present study indicated that *T. belangeri* could meet with the environment threats like low ambient temperature, less available of food by altering the length and weight of digestive tract. The change pattern of *T. belangeri* in summer and winter were suggested that the adjustments in capacity and size of the gastrointestinal tract play an important role in their digestive strategies of *T. belangeri* in natural environment.

Key words: *Tupaia belangeri*; Digestive tract; Energy metabolism

基金项目 科技强省重点项目 (No. 2007C000Z1), 云南省教育厅科学研究基金项目 (No. 08J0014), 云南省基金项目 (No. 2007C043M);

*通讯作者, E-mail: wzk_930@yahoo.com.cn;

第一作者介绍 蔡金红, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理生态; E-mail: cjh6707@163.com.

收稿日期: 2009-06-04, **修回日期:** 2009-09-04

小型脊椎动物的消化能力和吸收能力是与通过自然选择的能量、营养摄入相平衡的^[1]。当食物发生变化时,消化道形态和生理功能也会发生变化,这是动物维持能量平衡的重要调节机制^[2]。已有研究表明消化道大小和形态的变化能够保持食物在消化道内的时间、水解酶活性、营养运输的活性^[3-8]。目前,关于消化道的变化在不同物种中已经进行了广泛的研究^[9]。

Wunder^[10]认为利用消化道的形态可指示野外小型草食兽所面临的能量压力大小。目前对野生小型哺乳动物在自然条件下消化道形态变化的研究主要集中在啮齿动物,已有研究表明,小型哺乳动物消化道形态存在季节性变化,如橙腹田鼠(*Microtus ochrogaster*)^[11]、白足鼠(*Peromyscus leucopus*)和草原田鼠(*M. pennsylvanicus*)^[12]、青藏高原高寒地区根田鼠(*M. oeconomus*)^[13]、高山姬鼠(*Apodemus chevrieri*)^[14]、大绒鼠(*Eothenomys miletus*)^[15]。而高原鼯鼠(*Myospalax baileyi*)消化道形态的季节性调节并不强烈^[16];高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)消化道形态的季节性变化表现为总消化道长度相对稳定^[17]。

中缅树鼩(*Tupaia belangeri*)是东南亚树鼩中分布最北的一个种,主要分布于东南亚、印度、锡金、尼泊尔、缅甸,我国广西南部及海南岛等,为东洋界特有小型哺乳动物,我国的南部和西南部很可能是树鼩分布的北限^[18],中缅树鼩主要栖息于稀树灌丛,与普通树鼩(*T. glis*)^[19]相似,以地栖为主,是典型的昼行性动物,洞巢常见于土埂、墙角、树洞等处,结构简单,杂食性,并有食粪的特征^[20]。本研究以中缅树鼩为对象,对自然环境中其消化道长度和重量的变化进行了测定,为研究中缅树鼩自然环境中的能量压力水平及适应特征提供实验依据。

1 研究方法

1.1 动物来源 实验动物于2008年6月和12月捕自云南省昆明市禄劝县东化村(北纬25°25'~26°22',东经102°13'~102°57')附近的灌

丛中(海拔1679 m)。该地区位于滇中高原的北部,地质地貌复杂,地表起伏较大,东部的马棕岭海拔最高(4248 m),金沙江与普度河汇合处最低(746 m),相对高差为3502 m。气候属典型的北亚热带高原气候,年平均温度为15.6,极端高温达33.3,极端低温为-9.5。全年无霜期平均为234 d,最热月(7月)平均气温19.8,最冷月(1月)为7.8。年温差较小,日温差较大。年降水量为951.2 mm。植被类型主要为半湿润常绿阔叶林、针阔混交林、冷杉及杜鹃灌丛。中缅树鼩主要分布于半湿润常绿阔叶林、针阔混交林及林缘灌丛和村落附近。

1.2 动物处理 实验动物捕获后选择非繁殖成年个体作为实验样本,带回云南师范大学生命科学学院,断颈处死,称量体重,记录性别、繁殖状态等,然后进行解剖。仔细将胃肠器官完全取出,分离出胃、小肠、大肠及盲肠部分,将各器官小心剔除肠系膜及其他组织,平展为最大长度,不要拉伸,然后测量各部分长度(± 1 mm)。用分析天平称量各器官的重量(± 0.0001 g)。每个器官在滤纸上干燥后,放于锡铂纸上,称量其内容物器官重;然后用解剖剪将器官纵切,用生理盐水充分冲洗内容物,用滤纸干燥,称量其去内容物器官重,即鲜重;最后置烘箱内(60)烘至恒重,称量干重^[14]。

1.3 统计分析 数据以2008年6月、12月统计,捕获的中缅树鼩6月的雌雄比为8/12,12月的雌雄比为8/6,夏季和冬季中缅树鼩消化道各指标雌雄之间差异不显著($P > 0.05$),故合并计算。为了去除动物的体重对实验结果的影响,实验过程中夏季和冬季所挑选的实验动物平均体重在(94.18 \pm 9.20) g范围内,体重无显著性差异($P > 0.05$, $n = 34$),故未进行体重校正。采用SPSS 15.0软件包进行实验数据的统计分析。夏季和冬季差异采用独立样本 t 检验分析(Independent-Samples t -Test), $P < 0.05$ 被认为差异显著。数据均以平均值 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示。

2 结果

2.1 夏季与冬季总消化道的变化 中缅树鼩消化道总长是冬季较长,夏季较短,独立样本 *t*-检验分析表明,夏季与冬季差异显著 ($F =$

0.345, $P < 0.05$, $n = 34$)。夏季与冬季中缅树鼩消化道总含内容物重差异极显著 ($F = 1.183$, $P < 0.01$, $n = 34$); 总去内容物重差异极显著 ($F = 0.001$, $P < 0.01$, $n = 34$); 总干重差异极显著 ($F = 0.043$, $P < 0.01$, $n = 34$) (表 1)。

表 1 中缅树鼩总消化道长度和重量的夏季与冬季比较

Table 1 Comparisons on length and weight in total digestive tract in summer and winter in *Tupaia belangeri*

	夏季 Summer	冬季 Winter	差异显著性 Significant
体重 Body weight (g)	93.29 ±11.29	95.22 ±6.90	$P > 0.05$
消化道总长度 Total length (mm)	836.1 ±54.3	919.0 ±64.4	$P < 0.05$
消化道含内容物重 Weight with contents (g)	6.962 9 ±0.688 0	8.915 0 ±1.449 3	$P < 0.01$
消化道去内容物重 Wet weight (g)	3.878 6 ±0.483 8	4.876 7 ±0.523 6	$P < 0.01$
消化道干重 Dry weight (g)	0.672 2 ±0.076 8	0.851 0 ±0.087 2	$P < 0.01$

2.2 夏季与冬季各消化器官长度和重量的变化 独立样本 *t*-检验分析结果表明,夏季与冬季中缅树鼩胃长差异不显著 ($F = 7.993$, $P > 0.05$, $n = 34$), 胃含内容物重差异不显著 ($F = 0.511$, $P > 0.05$, $n = 34$), 胃去内容物重差异极显著 ($F = 0.003$, $P < 0.01$, $n = 34$), 胃干重差异极显著 ($F = 0.089$, $P < 0.01$, $n = 34$), 其中胃去内容物重、干重冬季较大,夏季较小 (表 2)。夏

季与冬季小肠长度、去内容物重、干重均差异显著 ($F = 1.890$, $P < 0.05$; $F = 0.081$, $P < 0.05$; $F = 0.289$, $P < 0.05$; $n = 34$), 小肠含内容物重差异极显著 ($F = 0.259$, $P < 0.01$, $n = 34$), 其中小肠的各项指标均是冬季较大,夏季较小 (表 2)。夏季与冬季大肠长度、大肠含内容物重均差异不显著 ($F = 9.447$, $P > 0.05$; $F = 14.715$, $P > 0.05$; $n = 34$), 大肠去内容物重、干重差异显

表 2 中缅树鼩消化道各器官长度和重量的夏季与冬季比较

Table 2 Comparisons on length and weight in different organs of digestive tract in summer and winter in *Tupaia belangeri*

	夏季 Summer	冬季 Winter	差异显著性 Significant
胃 Stomach			
长度 Length (mm)	22.79 ±4.90	26.75 ±1.69	$P > 0.05$
含内容物重 Weight with contents (g)	0.851 4 ±0.165 7	1.026 6 ±0.275 4	$P > 0.05$
去内容物重 Wet weight (g)	0.630 0 ±0.080 0	0.846 7 ±0.057 5	$P < 0.01$
干重 Dry weight (g)	0.144 2 ±0.011 9	0.193 0 ±0.013 3	$P < 0.01$
小肠 Small intestine			
长度 Length (mm)	729.29 ±45.32	804.00 ±65.93	$P < 0.05$
含内容物重 Weight with contents (g)	5.147 1 ±0.570 2	6.568 3 ±0.823 7	$P < 0.01$
去内容物重 Wet weight (g)	2.747 1 ±0.440 9	3.438 3 ±0.503 1	$P < 0.05$
干重 Dry weight (g)	0.442 7 ±0.069 8	0.557 3 ±0.085 1	$P < 0.05$
大肠 Large intestine			
长度 Length (mm)	65.39 ±12.61	69.80 ±3.68	$P > 0.05$
含内容物重 Weight with contents (g)	0.781 4 ±0.098 3	1.123 3 ±0.404 2	$P > 0.05$
去内容物重 Wet weight (g)	0.438 4 ±0.031 3	0.525 0 ±0.070 6	$P < 0.05$
干重 Dry weight (g)	0.073 9 ±0.005 3	0.088 0 ±0.011 5	$P < 0.05$
盲肠 Caecum			
长度 Length (mm)	18.64 ±2.93	18.43 ±1.89	$P > 0.05$
含内容物重 Weight with contents (g)	0.182 9 ±0.031 5	0.196 7 ±0.050 4	$P > 0.05$
去内容物重 Wet weight (g)	0.062 8 ±0.021 3	0.066 7 ±0.018 6	$P > 0.05$
干重 Dry weight (g)	0.011 3 ±0.003 1	0.012 6 ±0.003 3	$P > 0.05$

著 ($F = 12.083, P < 0.05; F = 8.400, P < 0.05; n = 34$), 其中大肠去内容物重、干重冬季较大, 夏季较小 (表 2)。夏季和冬季盲肠的长度、含内容物重、去内容物重、干重差异不显著 ($F = 0.930, P > 0.05; F = 2.876, P > 0.05; F = 0.147, P > 0.05; F = 0.001, P > 0.05; n = 34$) (表 2)。

3 讨论

3.1 消化道总长度及重量的夏、冬季变化及其适应意义 动物的消化道容纳和处理食物的能力以及消化、吸收营养物质的能力是限制其能量收支的重要因素,也是理解生活史进化和最优资源分配理论的关键^[12]。许多实验室和野外的研究表明,消化道形态的改变在动物适应

能量消耗增加或食物质量降低等方面占重要的地位^[21]。中缅树鼩消化道变化趋势是冬季较长,夏季较短,与大绒鼠^[15]的消化道变化趋势相似,与根田鼠^[13]、高山姬鼠^[14]的消化道变化趋势相反,而高原鼯鼠^[16]、高原鼠兔^[17]则没有明显的季节变化 (表 3),这可能与它们的分布地区、食性、个体大小、分类单元等特征有关。中缅树鼩消化道变化趋势可能与其生存环境有关。当冬季来临,中缅树鼩生活的地区温度降低,其通过增加消化道总长度和总重量等来满足寒冷能量需求的增加。而夏季由于受温度胁迫较小,食物丰富,其所面临的能量、食物压力相对也较小,可以获得足够的能量来满足生存的需要,因此夏季的消化道总长度和总重量相对低于冬季。

表 3 几种小型哺乳动物的消化道总长的季节变化

Table 3 Seasonal variations in total length of digestive tract morphology in some small mammals

	夏季 Summer	冬季 Winter	文献
根田鼠 <i>Microtus oeconomicus</i>	816.000 ±68.503	756.650 ±78.079	王德华等, 1995 ^[13]
高原鼯鼠 <i>Miospalax baileyi</i>	2 449.23 ±161.47	2 530.50 ±234.17	王德华等, 2000 ^[16]
高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	2 323.0 ±267.1	2 514.9 ±150.2	王德华等, 2001 ^[17]
高山姬鼠 <i>Apodemus chevrieri</i>	711.43 ±46.40	653.20 ±96.07	王蓓等, 2009 ^[14]
大绒鼠 <i>Eothenomys miletus</i>	694.4 ±52.3	734.5 ±44.9	朱万龙等, 2009 ^[15]
中缅树鼩 <i>Tupaia belangeri</i>	836.10 ±54.29	918.98 ±64.43	本研究

3.2 消化道各部分长度和重量的变化及其适应意义 胃是动物暂时贮藏食物和对食物进行初步消化吸收的部位,胃的大小与很多因素有关,如温度、食物等。较大的胃意味着能一次摄入较多的食物,从而缩短觅食时间^[22]。在冬季中缅树鼩通过增加胃的长度来吸收更多的能量,维持生命活动。大肠是水分和离子重吸收的重要部位,大肠的变化主要与动物的水代谢有关^[23]。中缅树鼩大肠的长度和重量冬夏季之间差异不显著,这是与其生存环境的气候条件(北亚热带高原气候,年降雨量较为平均)相适应的。盲肠是纤维素的发酵部位,对食物中纤维素含量较为敏感。当食物中纤维素含量高或低温驯化时,盲肠大小增加^[24]。中缅树鼩盲肠的各项指标冬夏季之间差异不显著,主要是

因为中缅树鼩主要以花、果实等为食,食物纤维素含量较低。小肠是食物消化和营养吸收的主要部位,其形态学的变化与能量需求有关^[12]。种内相对较长的小肠可能意味着动物能量需求较高,如低温环境及繁殖期啮齿动物的小肠长度与重量高于温暖和非繁殖季节^[11]。中缅树鼩小肠长度为冬季较高,夏季较低,表明其在冬季由于受到低温的胁迫,所需要的能量较高,增加小肠的长度可以获得更多的能量来满足生存的需要。

总之,中缅树鼩在冬夏季表现出的消化道变化特征,反映了该物种对滇中高原年温差小、日温差大的环境特征的适应模式,即通过增加小肠的长度和重量,增加消化道总长度或总重量等来满足寒冷或繁殖导致的能量需求增加,

以适应其生活的环境变化。

参 考 文 献

- [1] Diamond J M. Evolutionary design of intestinal nutrient absorption: enough but not too much. *News Physiol Sci*, 1991, 6: 92 - 96.
- [2] Starck J M. Phenotypic flexibility of the avian gizzard: rapid, reversible and repeated changes of organ size in response to changes in dietary fibre content. *Journal of Experimental Biology*, 1999, 202: 3171 - 3179.
- [3] Gross J E, Wang Z, Wunder B A. Effects of food quality and energy needs: Changes in gut morphology and capacities of *Microtus chrogaster*. *J Mamm*, 1985, 66: 661 - 667.
- [4] Green D A, Millar J S. Changes in gut dimensions and capacity of *Peromyscus maniculatus* relative to diet quality and energy needs. *Can J Zool*, 1987, 65: 2159 - 2162.
- [5] Hammond K A, Wunder B A. The role of diet quality and energy need in the nutritional ecology of a small herbivore, *Microtus ochrogaster*. *J Physiol Zool*, 1991, 64: 541 - 657.
- [6] Pei Y X, Wang D H, Hume I D. Effects of dietary fibre on digesta passage, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphology in the granivorous Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). *Physiol Biochem Zool*, 2000, 74: 742 - 749.
- [7] Lentle R G, Stålvord K J, Hume I D. A comparison of the gross gastrointestinal morphology of genetically-similar tammar wallabies (*Macropus eugenii*) from different nutritional environments. *Aust J Zool*, 2004, 52: 437 - 445.
- [8] Munn A J, Banks P, Hume I D. Digestive plasticity of the small intestine and the fermentative hindgut in a marsupial herbivore, the tammar wallaby (*Macropus eugenii*). *Aust J Zool*, 2006, 54: 287 - 291.
- [9] Naya D E, Bozinovic F. Digestive phenotypic flexibility in post metamorphic amphibians: studies on a model organism. *Biol Res*, 2004, 37: 365 - 370.
- [10] Wunder B A. Morphophysiological indicators of the energy state of small mammals. Tomasi T E, Herton T H. *Mammalian Energetics: Interdisciplinary Views of Metabolism and Reproduction*. Assoc: Comstock Pub, 1992, 83 - 104.
- [11] Hammond K A. Seasonal changes in gut size of the wild prairie vole (*Microtus ochrogaster*). *Can J Zool*, 1993, 71: 820 - 827.
- [12] Derting T L, Noakes E B. Seasonal changes in gut capacity in the white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*) and meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *Can J Zool*, 1995, 73: 243 - 252.
- [13] 王德华, 王祖望, 孙儒泳. 根田鼠消化道长度和重量的变化及其适应意义. *兽类学报*, 1995, 15 (1): 53 - 59.
- [14] 王蓓, 朱万龙, 练硝, 等. 横断山区高山姬鼠消化道形态的季节动态. *生态学报*, 2009, 29 (4): 1719 - 1724.
- [15] 朱万龙, 贾婷, 王睿, 等. 大绒鼠消化道形态的季节变化. *动物学杂志*, 2009, 44 (2): 121 - 126.
- [16] 王德华, 王祖望. 高寒地区高原鼯鼠消化道形态的季节变化. *兽类学报*, 2000, 20 (4): 270 - 276.
- [17] 王德华, 王祖望. 高寒地区高原鼠兔消化道形态的季节动态. *动物学报*, 2001, 47 (5): 495 - 501.
- [18] Wilson D S. Shyness and boldness in humans and other animals. *Trends Ecol Evol*, 1994, 9: 442 - 446.
- [19] Kawamichi T, Kawamichi M. Spatial organization and territory of tree shrews (*Tupaia glis*). *Anim Behav*, 1979, 27: 381 - 293.
- [20] 王应祥, 李崇云, 马世来. 树鼯生物学. 昆明: 云南科技出版社, 1991, 21 - 70.
- [21] Derting T L, Bogue B A. Responses of the gut to moderate energy demands in a small herbivore (*Microtus pennsylvanicus*). *J Mammal*, 1993, 74: 59 - 68.
- [22] Perrin M R, Curtis B A. Comparative morphology of the digestive system of 19 species of Southern African myomorph rodents in relation to diet and evolution. *Southern African Journal of Zoology*, 1980, 15: 22 - 33.
- [23] Bozinovic F, Sova F F, Claudio V. Seasonal changes in energy expenditure and digestive tract of *Abrothrix andinus* (Cricetidae) in the Andes Range. *Physiol Zool*, 1990, 63: 216 - 231.
- [24] 徐金会, 安书成, 邰发道. 棕色田鼠消化道形态变化与能量需求的关系. *动物学报*, 2003, 49 (1): 32 - 39.