

北草蜥幼体短期禁食后的补偿生长

吴义莲 许雪峰

(滁州学院化学与生命科学系 滁州 239012)

摘要: 2005年4~5月,对幼体北草蜥(*Takydromus septentrionalis*)进行了不同短期禁食的饥饿处理后再供食的恢复生长实验。研究用蜥蜴于2005年4月捕自安徽滁州琅琊山,蜥蜴带回实验室禁食至无尿、粪排出后,随机选取状态较好的39条蜥蜴分为禁食0 d(C组) 3 d(S3组) 6 d(S6组) 9 d(S9组)4个组。禁食结束的各实验组蜥蜴用面包虫饱足饲喂至第24 d。恢复生长期间,各实验组蜥蜴的体重随饲喂时间延长而增加。饥饿组消化率和同化效率与C组无显著差异,S3组的消化率显著高于S9组,同化效率显著高于S6和S9组。S3组和S9组的摄食量显著高于C组。本研究结果表明,经各短期禁食处理的幼体北草蜥在恢复生长过程中产生了明显的补偿效应;该补偿现象主要因摄食水平显著增加所致。

关键词: 北草蜥;饥饿;补偿生长

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)04-107-04

Compensatory Growth in Juvenile Grass Lizards Following Short Periods of Fasting

WU Yi-Lian XU Xue-Feng

(Department of Chemistry and Life Science, Chuzhou University, Chuzhou 239012, China)

Abstract: The present paper deals with the recovery growth experiment in Juvenile Grass Lizards, *Takydromus septentrionalis*, following short periods of fasting. Lizards were collected in April and May 2005 from a population in Chuzhou (Anhui, eastern China). The captured lizards were transported to our laboratory at Chuzhou University, where they were maintained 10 in each 600 mm × 450 mm × 300 mm (length × width × height) glass terrarium, of which the bottom was filled with moist soil, grasses and debris. Lizards were kept starved at the nature temperature for 3 d prior to feeding to insure post-absorptive conditions. 39 lizards were divided into 4 experimental groups, which were deprived of food for 0 (control), 3, 6 and 9 days, respectively. The experiment lasted for 24 days for each test group. Then each group was fed with larvae of *Tenebrio molitor* for the rest of the experimental period. During the recovery growth, wet mass in each test group increased with the lapsed time. Food intake in S3 and S9 were higher than in C. Apparent digestive coefficient (ADC) and assimilation efficiency (AE) in each group by starvation were similar than those in C. ADC and AE in S3 were higher than those in S6 and S9. It is suggested that: (1) *T. septentrionalis* starvation pretreatment for 3, 6, 9 days show significantly compensatory effect in the recovery growth; (2) the compensatory growth result from significant increase in feeding intensity in the recovery growth.

Key words: *Takydromus septentrionalis*; Starvation; Compensatory growth

基金项目 安徽省教育厅自然科学基金资助项目 (No. 2002kj233);

第一作者介绍 吴义莲,女,副教授;主要从事动物生理生态学研究;E-mail: xuefxu@chzu.edu.cn。

收稿日期:2005-12-30,修回日期:2006-04-21

动物在其生命周期中,因环境变迁、季节更替以及食物时空分布上的不均匀,其生长、发育和繁殖经常受食物可得性的限制。饥饿能导致爬行动物主要储能部位的能量消耗,进而影响到雌体繁殖输出^[1]。动物生长的某个阶段,因营养不足,生长速度下降,生长发育受阻。当恢复良好营养条件时,生长速度比正常饲养的动物快,经过一段时间的饲养后,仍能恢复到正常体重,这种特性叫补偿生长(compensatory growth)^[2]。有关陆生脊椎动物补偿生长的研究主要集中在禽畜类和哺乳类^[2~5],并且已在一些经济动物的饲养中利用补偿增长效应来提高经济效益。国内有关爬行动物的补偿生长效应的研究仅见于山地麻蜥(*Eremias brenchleyi*),该种动物继饥饿后恢复生长过程中出现的补偿生长效应主要是通过提高摄食水平来实现的^[6]。本文以幼体北草蜥(*Takydromus septentrionalis*)作为实验对象,研究短期禁食后的补偿生长,以揭示其适应饥饿胁迫的生理生态学对策。

1 材料与方 法

研究用北草蜥于2005年4月下旬捕自安徽滁州琅琊山。捕捉到的蜥蜴带回滁州学院生理生态学实验室。挑选状态较好、体长(SVL, snout-vent length)小于55 mm的幼体39条,随机分为4组关养在蜥蜴专用玻璃缸(长×宽×高=600 mm×450 mm×300 mm)内禁食,禁食期间只提供添加含复合维生素的饮水。动物在缸内能接受自然光照。禁食至无尿、粪排出的蜥蜴称重后,被单个关养在饲养缸(长×宽×高=300 mm×150 mm×200 mm)内,对照组(以下称C组)蜥蜴投喂足量的面包虫(larvae of *Tenebrio molitor*)饲养24 d;饥饿组动物分别先饥饿3、6和9 d(以下分别称S3、S6和S9组)后,再投喂足量的面包虫分别饲养21、18和15 d。定期在饮水中添加复合维生素和儿童钙粉,以保证动物全面的营养需求。每隔3 d称量一次蜥蜴的体重。实验期间蜥蜴能接受自然光照,室内温度设置为(30±1)℃。及时收集蜥蜴排出的尿、粪。收集到的尿、粪用HB-15氧弹式热量计(长

沙长兴高教仪器厂)测定能值。

消化率(apparent digestive coefficient, ADC)用 $(I - F) \times 100\% / I$ 表示^[6~8],同化效率(assimilation efficiency, AE)用 $(I - F - U) \times 100\% / I$ 表示^[6~8];其中 I 为摄入食物能值, F 为粪能, U 为尿能。生长速度用单位体重每天增加的重量表示^[9]。

用Kolmogorov-Smirnov和Bartlett(Statistica统计软件包)分别检验数据分布的正态性和方差同质性。经检验,ADC、AE数据经反正弦转换(ASIN transformation)后符合参数统计分析的条件。用方差分析(ANOVA)和Tukey's检验等处理和比较相应的数据。描述性统计值用平均值±标准误表示,显著性水平设置为 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 身体重量的变化 各实验组雌、雄两性个体的对应数据无显著差异(all $P > 0.05$),故对应数据被合并。各实验组蜥蜴的初始体重($F_{3,35} = 3.58, P = 0.023$)差异显著。Repeated measures ANOVA显示:各实验组初始体重以及第12、15、18、21和24 d体重之间存在显著的差异,表现为随着喂食时间的延长,体重明显增加(表1);C、S3两组的体重显著高于S9组($F_{3,35} = 5.72, P < 0.01$);第24和21 d蜥蜴的体重显著高于第12、15、18 d以及初始体重($F_{5,175} = 137.00, P < 0.0001$)。饥饿持续时间和继饥饿后连续饲喂时间长短存在交互影响($F_{15,175} = 4.39, P < 0.0001$)。

2.2 摄食量和食物同化 各实验组蜥蜴的摄食量($F_{3,35} = 2.90, P < 0.05$),表现为S3、S9组显著高于C组(表2),说明随禁食时间的延长,北草蜥幼体恢复生长过程中的摄食量明显增加。各组的粪能($F_{3,35} = 2.66, P = 0.063$)、尿能($F_{3,35} = 1.98, P = 0.135$)差异均不显著,但C、S3、S6和S9组北草蜥幼体的ADC($F_{3,35} = 3.64, P < 0.05$)、AE($F_{3,35} = 3.75, P < 0.05$)的差异显著,表现为S3组的ADC显著高于S9组,S3组的AE显著高于S6和S9组(表2)。

表 1 实验期间北草蜥幼体的体重变化

组别 (n)	体重变化 (g)						显著性
	初始重	12 d	15 d	18 d	21 d	24 d	
C (9)	2.97 ± 0.17 ^b	3.81 ± 0.19 ^a	3.66 ± 0.20 ^a	3.80 ± 0.22 ^a	3.95 ± 0.22 ^a	3.96 ± 0.23 ^a	$F_{3,40} = 25.24$
	1.71~3.37	2.52~4.44	2.34~4.55	2.51~5.00	2.74~5.25	2.91~5.41	$P < 0.000 1$
S3 (10)	2.63 ± 0.16 ^d	3.41 ± 0.15 ^c	3.62 ± 0.14 ^{bc}	3.77 ± 0.17 ^{bc}	3.96 ± 0.17 ^{ab}	4.13 ± 0.19 ^a	$F_{3,45} = 39.63$
	1.96~3.40	2.56~4.35	3.00~4.53	3.18~4.94	3.34~4.99	3.33~5.23	$P < 0.000 1$
S6 (10)	2.81 ± 0.16 ^e	3.07 ± 0.22 ^d	3.27 ± 0.22 ^{cd}	3.45 ± 0.23 ^{bc}	3.62 ± 0.23 ^{ab}	3.74 ± 0.23 ^a	$F_{3,45} = 34.90$
	1.86~3.38	2.03~4.53	2.28~4.64	2.48~4.97	2.69~5.04	2.73~4.97	$P < 0.000 1$
S9 (10)	2.30 ± 0.11 ^e	2.55 ± 0.11 ^d	2.73 ± 0.11 ^c	2.87 ± 0.12 ^c	3.05 ± 0.11 ^b	3.23 ± 0.13 ^a	$F_{3,45} = 74.35$
	1.78~2.99	2.02~3.16	2.20~3.37	2.31~3.50	2.63~3.69	2.82~3.85	$P < 0.000 1$

不同上标的平均值之间差异显著 (Tukey's 检验, $\alpha = 0.05$), $a > b > c > d > e$ 。

表 2 北草蜥幼体的摄食量、消化率、同化效率及生长

组别 (n)	摄食量 (J/g · d)	粪能 (J/g · d)	尿能 (J/g · d)	消化率 (%)	同化效率 (%)	体重变化 (mg/g · d)
C (9)	573.4 ± 34.0 ^b	64.1 ± 7.5	26.2 ± 2.1	89.0 ± 0.6 ^{ab}	84.4 ± 0.8 ^{ab}	14.8 ± 3.1 ^b
	421.1~768.1	46.3~119.0	18.3~35.2	84.5~91.1	80.0~87.9	2.0~29.4
S3 (10)	758.3 ± 69.4 ^a	76.3 ± 8.3	31.7 ± 2.6	90.0 ± 0.3 ^a	85.8 ± 0.5 ^a	29.4 ± 3.6 ^a
	509.1~1 292.6	42.9~137.5	17.4~44.5	88.2~91.6	83.2~88.1	8.0~50.4
S6 (10)	670.4 ± 46.8 ^{ab}	83.9 ± 7.1	35.2 ± 3.6	87.5 ± 0.6 ^{ab}	82.2 ± 0.8 ^b	18.8 ± 2.4 ^{ab}
	492.4~937.7	50.3~126.2	20.6~60.4	83.8~89.9	78.0~86.0	6.3~27.0
S9 (10)	734.2 ± 34.5 ^a	98.1 ± 10.9	32.3 ± 1.8	86.6 ± 1.4 ^b	82.8 ± 1.5 ^b	27.7 ± 3.2 ^a
	599.5~855.6	72.0~182.2	24.5~39.6	78.0~89.5	72.7~85.5	15.4~42.7

不同上标的平均值之间差异显著 (Tukey's 检验, $\alpha = 0.05$), $a > b$ 。

2.3 生长速度 投喂足食和短期限食后再投喂足食对北草蜥幼体的生长速度有显著的影响 ($F_{3,35} = 3.25$, $P < 0.05$) (表 2), S3-S9 组的生长速度显著高于 C 组。随着饥饿时间的延长,北草蜥幼体短期限食后再足食饲喂,其生长速度明显增加 (表 2)。

3 讨论

和其他爬行动物一样,北草蜥属外温动物,其食物同化和运动表现等生理特征在一定程度上受环境温度的影响^[7,8]。为了避免温度对实验动物相关生理特征的影响,本研究设置 30 °C 条件,研究幼体北草蜥饥饿处理不同时间后恢复喂食,恢复喂食时间 + 饥饿处理时间为一定值,对照组持续喂食的补偿生长特征。本项研究得出 3 个基本结果:①各实验组蜥蜴短期限食后再足食饲喂,体重随着喂食时间的延长而明显增加;C-S3 两组的体重显著高于 S9 组;第 24-21 d 蜥蜴的体重显著高于第 12-15-18 d 以

及初始体重,并且饥饿持续时间和继饥饿后连续饲喂时间长短存在交互影响。②S3-S9 组蜥蜴的摄食量显著高于 C 组,但各组的粪能、尿能均无明显的差异;③S3 组的 ADC 显著高于 S9 组,S3 组的 AE 显著高于 S6 和 S9 组,S3-S9 组的生长速度显著高于 C 组。S9 组的重量显著低于 C 组是因饥饿使得蜥蜴脂肪体、肝脏和尾等主要储能部位能量消耗所致^[10]。

动物在短期限食后的恢复生长中常常出现补偿生长现象。据鱼类的研究资料,补偿生长有两种情况:①完全补偿生长 (completely compensatory growth),指饥饿后恢复喂食时生长速率明显加快,体重能赶上在相同时间内(饥饿时间 + 恢复喂食时间)持续喂食的鱼^[11];②部分补偿生长 (partially compensatory growth),指饥饿后恢复喂食的生长速度较持续喂食的有所加快,但最终体重不能赶上持续喂食的鱼^[12]。本项研究显示,S3 组的生长速度显著高于 C 组,S3 组恢复喂食后的体重与 C 组无差异,说明 S3

组出现完全补偿生长效应。S6 组生长速度略高于 C 组, S9 组生长速度显著高于 C 组, 但恢复喂食后的体重没能超过 C 组, 可能提示 S6、S9 组出现部分补偿生长效应。S3 组恢复生长后的体重高于 S9 组, 说明其生长速度的变化随着足食饲喂时间的延长而下降, 类似的结果还见于山地麻蜥^[6]。

动物补偿生长的机制有 3 种类型: ①饥饿使动物的代谢水平下降, 恢复喂食后, 较低的代谢水平能维持一段时间, 这种代谢支出的降低使动物在恢复生长阶段摄入同样净能用于生长的比例增加, 从而提高了食物的转化率^[4]; ②动物经饥饿恢复喂食的一段时间内通过增加食欲, 提高摄食水平来进行补偿生长^[13]; ③动物恢复喂食后不仅增加食欲, 同时提高食物的转化率^[14]。本研究结果显示, S3、S9 组的摄食量和生长速度高于 C 组, 各饥饿组的 ADC/AE 与 C 组无显著差异。以上结果表明, 幼体北草蜥短期禁食后恢复生长过程中出现的补偿生长效应属于第 ②种类型, 即主要是通过提高摄食水平来实现的。

参 考 文 献

- [1] 舒霖, 杜卫国, 赵炯等. 食物和繁殖对蓝尾石龙子储能的影响. 应用与环境生物学报, 2004, **10**: 329~331.
- [2] Wilson P N, Osbourn D F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biol Rev*, 1960, **35**: 324~363.
- [3] Drew K R, Reid J T. Compensatory growth in immature sheep 1. The effects of weight loss and realimentation on the whole body composition. *Agri Sci*, 1973, **85**: 193~204.
- [4] Flavnik I, Hurwitz S. The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poultry Sci*, 1985, **64**: 348~355.
- [5] Pitts G C. Cellular aspects of growth and catch-up growth in the rat: a reevaluation. *Growth*, 1986, **50**: 419~436.
- [6] 许雪峰, 吴义莲. 山地麻蜥蜴继饥饿后的补偿生长. 动物学报, 2002, **48**: 700~703.
- [7] Ji X, Du W G, Sun P Y. Body temperature, thermal tolerance and influence of temperature on sprint speed and food assimilation in adult grass lizards, *Takydromus septentrionalis*. *J Therm Biol*, 1996, **21**: 155~161.
- [8] Ji X, Zhou W H, He G B, et al. Food intake, assimilation efficiency, and growth of juvenile lizards *Takydromus septentrionalis*. *Comp Biochem Physiol*, 1993, **105A**: 283~285.
- [9] Xu X F, Zhao Q, Ji X. Selected body temperature, thermal tolerance and influence of temperature on food assimilation in juvenile Chinese skinks, *Eumeces chinensis* (Scincidae). *Reff Bull Zool*, 1999, **47**: 465~471.
- [10] 吴义莲, 许雪峰. 北草蜥和中国石龙子主要储能部位的比较研究. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2000, **23**(2): 140~143.
- [11] Dobson S H, Holmes R M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J Fish Biol*, 1984, **25**: 649~656.
- [12] Weatherley A H, Gill H S. Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J Fish Biol*, 1981, **18**: 195~208.
- [13] Kim M K, Lovell R T. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body issue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture*, 1995, **135**: 285~293.
- [14] Luquet P, Otepe Z J, Clsse A. Evidence for Compensatory growth and its utility in the culture of *Heterobranchius longifilis*. *Aquat Living Resour*, 1995, **8**: 389~394.