

# 四种哺乳动物气体代谢的一些材料\*

梁杰荣 金菊香 黄孝龙

(中国科学院西北高原生物研究所) (青海省地方病防治研究所)

近年来,能量学研究日益受到重视,国内不少动物学者对啮齿动物的气体代谢和体温调节作了很多研究,但对食肉动物尚未见有报道。本项研究探讨了在高寒、缺氧的环境下,对甘肃鼠兔 (*Ochotona cansu*),香鼬 (*Mustela altaica*),艾虎 (*Mustela eversmanni*) 和喜马拉雅旱獭 (*Marmot himalayana*) 四种哺乳动物的耗氧量及其体温与环境温度的相互关系,回归方程 MR-Ta, 能量学参数等,作了初步分析和比较。为研究草原生态系统的次级生产力和能量流提供一些资料。现将研究结果总结如下。

## 一、材料与方 法

这项工作于1981—1982年间进行。甘肃鼠兔、香鼬和艾虎捕于青海省海北高寒草甸生态系统定位站地区,喜马拉雅旱獭捕自青海省海晏县热水滩地区,海拔约3250米。捕获后置室内笼养,选择健康个体参加试验。环境温度为5、10、15、20、25、30、35℃。根据动物的大小,采用不同静止代谢笼和呼吸器。实验前、后分别测定动物的肛温和体重。动物耗氧量的测定采用封闭式流体压力呼吸器(Gorecki, 1975)。实验温度误差不超过1℃。肛温用95型半导体点温计插入肛门约1厘米深处。试验动物:甘肃鼠兔12只,香鼬和艾虎均为10只,喜马拉雅旱獭8只。试验时间:甘肃鼠兔在1981年7—8月;香鼬、艾虎和喜马拉雅旱獭分别在1982年8、9和10月进行。

## 二、结果与讨论

### 1. 四种哺乳动物的耗氧量比较

近年来,一些动物生态学者在能量研究中,已注意采用各种方法矫正体重的影响(Hart, 1971; 王祖望等, 1979; 韦正道等, 1983)。本文采用Hart (1971)的方法以  $W^b = W^{0.73}$  来矫正体重差别的影响,求出每只实验动物调整体重后的耗氧量。四种哺乳动物的耗氧量(图1)。

由图1看出,当环境温度在15℃时,甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和喜马拉雅旱獭的耗氧量

\* 本工作承蒙夏武平教授和北京师范大学生物系孙儒泳教授指导; 本所海北生态系统定位站和动物饲养房给予很大帮助,特此致谢。

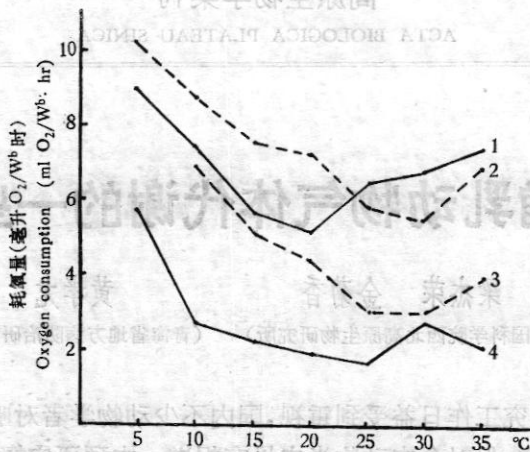


图 1 四种哺乳动物的耗氧量比较

Fig. 1 Comparison of oxygen consumption in four mammals

1. 甘肃鼠兔 *Cansu pika* 2. 香鼬 *Alpine weasel* 3. 艾虎 *Polecat*  
 4. 喜马拉雅旱獭 *Himalaya marmot*

分别为 5.57、7.48、5.10 和 2.24 毫升 O<sub>2</sub>/Wb·时；当环境温度在 25°C 时，鼠兔、香鼬、艾虎和旱獭的耗氧量分别为 6.36、5.84、3.03 和 1.65 毫升 O<sub>2</sub>/Wb·时。很明显，鼠兔和香鼬的代谢率高于艾虎和旱獭。不同种类的动物，其体重越大，代谢率越低。另外由于艾虎和旱獭大部分时间在洞穴内生活，较适应地下缺氧环境，而甘肃鼠兔和香鼬大部分时间在地面上活动，可能也是它们代谢率不同的原因之一。

## 2. 四种哺乳动物代谢率与环境温度的关系

由图 1 看出当环境温度降至 5°C 时，四种动物的代谢率都有明显的增加。这种关系可以通过代谢率 (MR) 与环境温度 (Ta) 回归方程的计算结果来进一步证实。由表 1

表 1 四种哺乳动物回归方程 MR-Ta 的比较

Table 1 Comparison of regression equation MR-Ta in four mammals

种类 Species	温差范围 Range of temperature (°C)	冷压下 MR-Ta 方程 MR-Ta equation	相关系数 (R) Correlation coefficient	t 测验 t-test
甘肃鼠兔 <i>Ochotona cansu</i>	5—20	MR = 10.05 - 0.264Ta	0.976	t = 6.44, p < 0.01
香 鼬 <i>Mustela altaica</i>	5—30	MR = 10.67 - 0.183Ta	0.976	t = 10.15, p < 0.001
艾 虎 <i>Mustela eversmanni</i>	10—30	MR = 8.42 - 0.197Ta	0.961	t = 6.96, p < 0.001
喜马拉雅旱獭 <i>Marmot himalayana</i>	5—25	MR = 5.50 - 0.177Ta	0.850	t = 2.81, p < 0.05

说明，四种哺乳动物在化学体温调节区内 MR 与 Ta 均呈负相关，相关系数和回归系数的显著性水平较高。由此可见，甘肃鼠兔耗氧量在环境温度上的回归方程 MR = 10.05 - 0.264Ta，即环境温度每改变 1°C 时，耗氧量增加 0.264，香鼬、艾虎和旱獭的改变斜率

分别为  $0.183 (MR = 10.67 - 0.183Ta)$ 、 $0.197 (MR = 8.42 - 0.197Ta)$  和  $0.177 (MR = 5.50 - 0.177Ta)$ 。

### 3. 四种哺乳动物的能量学参数

有关能量学参数的计算方法, Hayward(1965)、McNab(1966)、王祖望等(1979)、韦正道等(1983)已做了详细介绍。计算了四种哺乳动物的理论临界温度、临界梯度、基础代谢率(BMR)、基础代谢率预期率(M%)、传导率(Cm)、传导率预期率(Cm%)和动物隔热力(I),并与其它哺乳动物做了比较(表2)。

为了便于叙述,现按上述不同能量学参数分别阐明如下。

(1) 基础代谢率 即动物在静止状态的最低代谢水平(Gelinas, 1964)。甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和喜马拉雅旱獭的基础代谢率分别为  $1.74 (Ta = 20^{\circ}\text{C})$ 、 $1.26 (Ta = 30^{\circ}\text{C})$ 、 $0.46 (Ta = 30^{\circ}\text{C})$  和  $0.91 (Ta = 25^{\circ}\text{C})$  毫升  $O_2$ /克·时;经调整后,分别为 5.12、5.46、3.01 和 1.65 毫升  $O_2$ /W<sup>b</sup>·时。很明显,香鼬的基础代谢率较高,旱獭较低。前者属地上活动型,未受到低氧浓度影响,所以代谢率较高;后者属挖洞型适应于洞中低氧浓度的环境,基础代谢率较低。这种现象与韦正道等(1983)对大仓鼠和黄胸鼠观察的结果一致。

(2) 基础代谢率预期率(M%) 甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和旱獭的基础代谢率预期率分别为 139%、143%、76% 和 42%。很明显,鼠兔和香鼬的 BMR 比标准值高,而艾虎和旱獭的 BMR 比标准值低。这与 McNab(1979)关于穴居或挖洞鼠类中“体重大于 80 克的种类, BMR 比标准值高”的结论大致相同。香鼬平均体重大于 80 克,而 BMR 比标准值高。说明食肉动物和鼠类的代谢水平有差异。

(3) 传导率(Cm) 四种哺乳动物的传导率(表2)。甘肃鼠兔为 0.135 毫升/克·时·度,旱獭为 0.018 毫升/克·时·度。很明显,不同种类的传导率有差异。甘肃鼠兔的传导率较大,而旱獭较小。

(4) 热传导率预期率(Cm%) 甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和旱獭的热传导率预期率分别为 68%、131%、122% 和 183%。甘肃鼠兔的预期率比标准值低,其它 3 种动物比标准值高。

(5) 预期率之比 ( $M\%/Cm\% = F$ ) 由表 2 看出,甘肃鼠兔和棕色田鼠的 F 值很接近,分别为 2.04 和 1.99;香鼬和高原鼠兔的 F 值也很接近,分别为 1.09 和 1.08,它们的 F 值均大于 1。艾虎和 *Heliophobius* 的 F 值相接近,分别为 0.62 和 0.63;旱獭和 *Heterocephalus glaber* 的 F 值大致相同,分别为 0.23 和 0.14,它们的 F 值均小于 1。McNab 认为地下哺乳动物的 F 值较一般动物低,小于 1。甘肃鼠兔和香鼬属于地上动物,而艾虎和旱獭基本上属于地下动物,前者的 F 值大于 1,而后者小于 1。

(6) 理论临界温度 四种哺乳动物的理论临界温度与实测结果大致相近。甘肃鼠兔的理论临界温度为  $18.67^{\circ}\text{C}$ ,而实测为  $25^{\circ}\text{C}$ ,旱獭的理论临界温度为  $21.73^{\circ}\text{C}$ ,而实测为  $25^{\circ}\text{C}$ ,与实测结果均有一定差异。

(7) 临界梯度 实验动物体温和理论临界温度之差,即为临界梯度。甘肃鼠兔临界梯度为  $18.85^{\circ}\text{C}$ ,旱獭为  $11.47^{\circ}\text{C}$ 。

(8) 隔热力(I) 按照 Scholander(1950)的方法,隔热力(I)与传导率(Cm)成反比,即  $I = 1/Cm$ ,计算结果,甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和旱獭的毛皮隔热力分别为 7.41、



表 2 12种哺乳动物能量学参数的比较

Table 2 Comparison of energetic parameters in twelve mammals

种 类 Species	平均体重(克) Mean B. W. (g)	基础代谢率 (M)		传导率 (Cm)		M%/ Cm%	平均体温(°C) Mean body temperature	理论临界温度 (°C) Theoretical critical temperature	临界梯度(°C) Critical gradient	隔热力 Thermal insulality (g.h°C/ ml O <sub>2</sub> )	资料来源 Data source
		BRM (ml O <sub>2</sub> /g.h)	(M%)	Conductivity (ml O <sub>2</sub> /g.h°C)	(Cm%)						
甘肃鼠兔 <i>Ochtona cansu</i>	54.61	1.74	139	0.135	68	2.04	37.52	18.67	18.85	7.41	作者 Author
香 鼬 <i>Mustela altaica</i>	221.59	1.26	143	0.067	131	1.09	39.18	26.39	12.89	14.93	作者 Author
艾 虎 <i>Mustela eversmanni</i>	999.09	0.46	76	0.032	122	0.62	39.00	27.46	11.54	31.25	作者 Author
喜马拉雅旱獭 <i>Marmot himalayana</i>	3092.98	0.19	42	0.018	183	0.23	33.20	21.78	11.47	55.56	作者 Author
中华鼯鼠 <i>Myaspalax fontanieri</i>	196.00	1.35	148	0.151	211	0.70	35.30	24.48	10.80	6.62	王祖望等 Wang Zuwang et al. (1979)
高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	117.50	2.15	208	0.178	193	1.08	37.17	28.81	9.14	5.62	王祖望等 Wang Zuwang et al. (1979)
棕色田鼠 <i>Microtus mandainus</i>	28.93	3.07	209	0.196	105	1.99	36.69	19.47	17.20	5.10	韦正道等 Wei Zhengdao et al. (1983)
大仓鼠 <i>Cricetus triton</i>	49.24	2.31	180	0.192	135	1.33	35.87	24.78	11.09	5.20	韦正道等 Wei Zhendao et al. (1983)
黄胸鼠 <i>Rattus flavipeti</i>	80.48	2.62	231	0.167	150	1.54	35.42	23.82	11.60	5.99	韦正道等 Wei Zhengdao et al. (1983)
<i>Heliophabius kapeti</i>	89.00	0.87	76	0.128	121	0.63	35.00	—	—	7.81	McNab(1966)
<i>Heterocephalus glaber</i>	39.00	0.55	40	0.45	281	0.14	32.30	—	—	2.20	McNab(1966)
<i>Spalax leucodon</i>	208.00	0.77	86	0.068	101	0.85	37.00	—	—	14.71	McNab(1966)

表3 四种哺乳动物体温与环境温度关系

Table 3 The relationship between body temperature (Tb) and ambient temperature (Ta) in four mammals

种类 species	环境温度 (Ta)°C	5	10	15	20	25	30	35	笼养平均体温 Cage fed mean Tb
甘肃鼠兔 <i>Ochotona cansu</i>	动物数 Number of animals	12	12	12	12	12	10	8	Tb = 37.52°C (35.5—38.6°C)
	实验后平均体温 Mean Tb after experiment	36.45	37.03	37.14	37.53	37.65	38.39	38.55	
香鼬 <i>Mustela altaica</i>	动物数 Number of animals	10	8	10	10	10	8	8	Tb = 39.18°C (38.5—39.5°C)
	实验后平均体温 Mean Tb after experiment	38.02	38.25	38.64	38.82	39.00	39.24	40.11	
艾虎 <i>Mustela eversmanni</i>	动物数 Number of animals	—	10	8	10	10	10	8	Tb = 39.00°C (38.2—39.8°C)
	实验后平均体温 Mean Tb after experiment	—	37.60	38.10	38.25	38.48	39.20	39.80	
喜马拉雅旱獭 <i>Marmot himalayana</i>	动物数 Number of animals	6	8	8	8	8	6	6	Tb = 33.20°C (31.5—34.0°C)
	实验后平均体温 Mean Tb after experiment	29.80	31.40	32.50	33.00	33.50	33.70	34.70	

14.93、31.25、55.56 克·时·度/毫升  $O_2$ 。这与实际观察的结果相一致。由表 2 可以看出,小型鼠类的毛皮隔热力比较低,而食肉动物和旱獭的毛皮隔热力较高。旱獭是珍贵毛皮动物之一,毛皮质量比较好。因此,用 I 表示动物的隔热力较合适。动物隔热力的大小,可以作为衡量动物毛皮质量优劣的指标之一。

#### 4. 动物体温与环境温度的关系

由表 3 看出,甘肃鼠兔在环境温度  $5^{\circ}C$  升至  $25^{\circ}C$  时,其体温变动不大。当环境温度升至  $30^{\circ}C$  时,体温明显升高;  $T_a = 35^{\circ}C$  时,体温达到  $38.55^{\circ}C$ ,个别动物死亡。甘肃鼠兔的热中性带在  $15-20^{\circ}C$  之间。香鼬和艾虎在环境温度由  $5^{\circ}C$  升至  $30^{\circ}C$  时,体温变化幅度不大;当环境温度进入过热区升至  $35^{\circ}C$  时,体温明显升高,个别动物死亡。这两种食肉动物的热中性带在  $20-25^{\circ}C$  之间。旱獭在环境温度由  $5^{\circ}C$  升至  $25^{\circ}C$  时,体温变化不大;当  $T_a = 30^{\circ}C$  时,体温明显升高。环境温度升至  $35^{\circ}C$  进入过热区时,体温升至  $34.7^{\circ}C$ ,未发现有动物死亡,说明旱獭在上述四种动物中,对高温环境具有较高的忍受能力。

### 三、小 结

1. 当环境温度在  $15^{\circ}C$  时,甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和旱獭的耗氧量分别为 5.57、7.48、5.10 和 2.24 毫升  $O_2/W^b \cdot$  时,前者的耗氧量高于后者,不同种类的动物,体重越大,耗氧量越小。

2. 四种哺乳动物冷压下 MR 与  $T_a$  均呈负相关,其回归线斜率在  $-0.264-0.177$  之间,相关系数(R)在  $0.976-0.850$  之间,显著水平都比较高。

3. 香鼬的 BMR 较高,甘肃鼠兔、艾虎和旱獭较低,与其生活习性有关。

4. 甘肃鼠兔和香鼬的 M% 分别为 139% 和 143%, BMR 比标准值高;艾虎和旱獭的 M% 分别为 76% 和 42%, BMR 比标准值低。

5. 甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和旱獭的隔热力 (I) 分别为 7.41、14.93、31.25 和 55.56 克·时·度/毫升  $O_2$ 。旱獭毛皮的隔热力最好,其次是艾虎。

6. 甘肃鼠兔、香鼬、艾虎和旱獭的理论临界温度分别为 18.67、26.39、27.46 和  $21.73^{\circ}C$ 。

7. 甘肃鼠兔和香鼬的预期率之比(F)大于 1,而艾虎和旱獭的 F 值小于 1,说明栖息在高寒地区的哺乳动物,由于生活习性和栖息环境的不同,其生理特征也有差异。

### 参 考 文 献

- 王祖望、曾缙祥、韩永才, 1979, 高原鼠兔和中华鼯鼠气体代谢的研究, 动物学报 **25**(1): 75—85。  
韦正道、黄文儿, 1983, 三种啮齿动物气体代谢的比较研究, 兽类学报 **3**(1): 73—84。  
Gorecki, A., 1975, Kalabukhov-Skvorstov respirometer and resting metabolic measurement. In Grodzinski W. (ed). IBP Handbook No. 24. Methods for ecological bioenergetics. 309—313.  
Gelinas, S., 1964, Organ system in adaptation, the temperature regulating system. In Handbook of physiology, section Adaptation to the environment, 259—282.  
Hart, J. S., 1971, Rodents. In Whittow, G. C. (ed), Comparative physiology of thermoregulation, Vol. 2. Mammals, 1—149.



- Hayward, J. S., 1965, Metabolic rate and its temperature-adaptive significance in six geographic races of *Peromyscus*. *Can. J. Zool.*, 43(2): 209—323.
- McNab, B. K., 1966, The metabolism of fossorial rodent: A study of convergence. *Ecology*, 47(5): 712—731.
- McNab, B. K. 1979 Climatic adaptation in energetics of heteromyid rodents. *Comp. Biochem. physiol.* 62A (4): 813—820.
- Scholander, P. F., R. Hock, V. Walters and L. Irving, 1950 Adaptation to cold in arctic and tropical mammals and birds in relation to body temperature, insolation and basal metabolic rate. *Biol. Bull.*, 99: 259—271.

## SOME MATERIALS ON GAS METABOLISM IN FOUR MAMMALS

Liang Jierong Jim Juxiang

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Huang Xiaolong

(Institute of Endemic Disease Control Qinghai Province)

The work was carried out during 1981—1982. Experimental animals were trapped in Qinghai Plateau at an altitude of 3250 m. They had been fed in laboratory for five or six days before experiments. The gas metabolisms and thermoregulation for four mammals were studied, They are Cansu pika (*Ochotona cansu*), alpine weasel (*Mustela altaica*), polecat (*Mustela eversmanni*), Himalaya marmot (*Marmot himalayana*). The results are as follows:

(1) The oxygen consumptions for pika, weasel, polecat and marmot averages 5.57, 7.48, 5.10 and 2.24 (ml O<sub>2</sub>/W<sup>b</sup>. hr) respectively, as ambience temperature (Ta) is 15°C (Fig 1).

(2) The correlation between metabolic rate (MR) and ambience temperature (Ta) in four mammals, under chemical thermoregulation, is negative (Table 1).

(3) The basal metabolic rates (BMR) for pika, weasel, polecat and marmot averages 5.12 (Ta=20°C), 5.46 (Ta=30°C), 3.01 (Ta=35°C), 1.65 (Ta=25°C) (ml O<sub>2</sub>/W<sup>b</sup>.hr) respectively.

(4) Theoretical critical temperatures for pika, weasel, polecat and marmot averages 18.67, 26.39, 27.46 and 21.73 (°C) respectively (Table 2).

(5) Thermal conductance (cm) for pika, weasel, polecat and marmot averages 0.135, 0.067, 0.032 and 0.018 ml O<sub>2</sub>/g. °C, respectively.

(6) Thermal insulativity (I=1/cm) for the marmot is the highest of four mammals (Table 2).

(5) Thermal conductance (Cm) for pika, weasel, polecat and marmot averages 0.135, 0.067, 0.032 and 0.018 ml O<sub>2</sub>/g.°C, respectively.

(6) Thermal insulativity (I=1/cm) for the marmot is the highest of four mammals (Table 2).