

长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 和金黄地鼠 (*Mesocricetus auratus*) 的肺皮蒸发失水量研究

肖增祜

(辽宁大学生物系)

孙儒泳

(北京师范大学生物系)

摘 要

通过对长爪沙鼠和金黄地鼠肺皮蒸发失水量的研究表明,同种内个体间肺皮蒸发失水量与动物体重呈负指数相关。在10—30℃范围内,肺皮蒸发失水量随温度上升呈指数式增加。随着相对湿度的增加,肺皮蒸发失水量呈指数式减少。在10℃和20℃环境温度下,金黄地鼠肺皮蒸发失水量略高于长爪沙鼠,在30℃环境温度下,长爪沙鼠肺皮蒸发失水量略高于金黄地鼠。

关键词(Key words): 肺皮蒸发失水量(Pulmo-cutaneous evaporative water losses), 环境温度(Ambient temperature), 长爪沙鼠(Mongolian gerbil, *Meriones unguiculatus*), 金黄地鼠(Golden hamster, *Mesocricetus auratus*)。

动物与环境之间的水平衡,通过水代谢而维持。水代谢包括得水与失水两方面,失水途径有二:(1)肺呼吸道和皮肤表面蒸发失水;(2)随尿和粪便失水。节约失水是栖息于干旱地区动物的重要适应性特征。

Schmidt-Nielson(1964)曾对一些干旱地区啮齿动物进行过大量水代谢研究。Chew(1965)对哺乳类水代谢进行过系统论述,以后又有MacMillen(1972, 1975)和Lindstedt(1980)等对荒漠啮齿动物的水代谢进行许多研究。我国干旱地区面积十分广大,仅有奚家星等(1973)对社鼠和褐家鼠,蔡正纬等(1982)对栖息于温度较高环境的大仓鼠和黄胸鼠进行过肺皮蒸发失水量和其它水代谢特征的研究。为弥补此方面之不足,我们选择了我国干旱地区优势啮齿动物长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)进行了肺皮蒸发失水量的测定,并以原产地叙利亚西北,于1930年后驯养成为实验室动物的金黄地鼠(*Mesocricetus auratus*)作比较。

材料与方 法

长爪沙鼠由中国医学科学院流行病微生物研究所动物饲养室提供,它是1979年5月从内蒙呼和浩特市郊区捕捉成鼠繁殖的第一代个体,体重25—95克,共30只。金黄地鼠也由该室供应,共30只,体重范围相同,以便进行比较。实验期中,实验动物分笼单独

本文于1986年6月30日收到。

饲养, 供以充足全营养混合料块, 并供充足水分。

实验进行于1980年3—4月, 分2个系列, 一是相对湿度为0%, 环境温度分为10℃、20℃、30℃ 3个组, 每组均随机取材, 以便观察体重对肺皮蒸发失水量的影响。两种鼠各取20只, 测定120次。二是温度固定为20℃, 相对湿度为30%、70%、100%的3个组, 每组随机取鼠20只, 测定120次, 两系列共计测定240次。

测定肺皮蒸发失水量的仪器与奚家星等(1973)相同, 但送气用大气采样器, 空气分别经过二个装有纯水、35%KOH水溶液、72%KOH水溶液、95%浓硫酸的硫酸瓶后进入呼吸室, 以使相对湿度分别保持在100%、70%、30%、0%。气流保持750毫升/分钟。以 H_2SO_4 为吸水剂, 分析天秤称量, 感量0.0001克, 每次实验用空白装置(同于实验, 只是没有动物)作对照, 以进行校正。两种鼠交替测定, 以消除时间影响。

结果和讨论

1. 肺皮蒸发失水量和体重的关系 体重较轻的鼠, 通常具有较高的肺皮蒸发失水量。这种负相关呈指数关系, 即肺皮蒸发失水量的对数在体重对数上的回归是一条直线。对这种关系, 常用 $Y = a - bx$ 或 $E = KW^{-b}$ 来表示, 其中 E 为肺皮蒸发失水量〔毫克(水)/克(体重)小时〕, W 为体重(克); $Y = \lg E$, $X = \lg W$ 。比较生理学的研究已证明这种表示法对于诸如代谢率、呼吸频率等许多生理和形态指标是适用的。

图1、2和表1表示了10℃、20℃、30℃各个环境温度下, 两种鼠的肺皮蒸发失水量

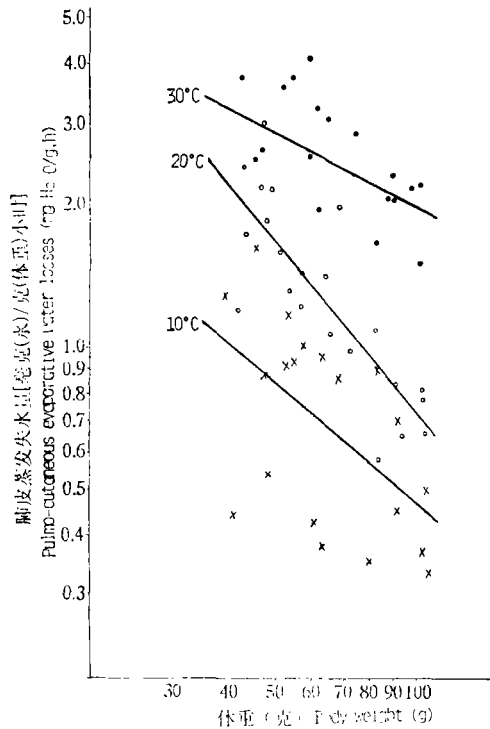


图1 长爪沙鼠肺皮蒸发失水量在体重上的回归 (双对数座标)

Fig.1 Regression of pulmo-cutaneous evaporative water losses of the mongolian gerbil on body weights (double logarithmic coordinate).

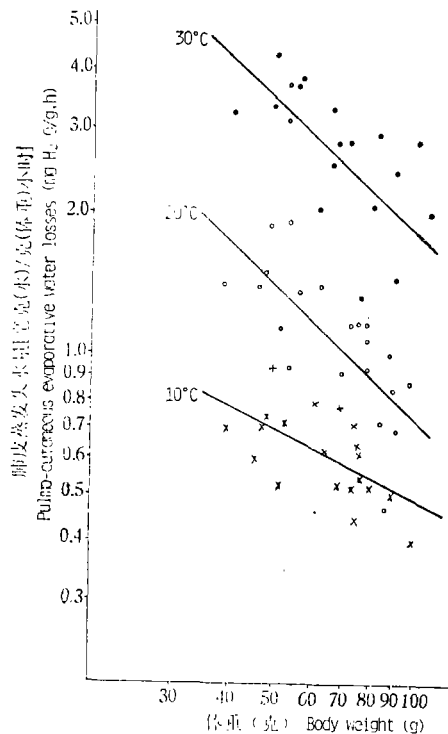


图2 金黄地鼠肺皮蒸发失水量在体重上的回归 (双对数座标)

Fig.2 Regression of pulmo-cutaneous evaporative water losses of the golden hamster on body weights (double logarithmic coordinate).

表 1 肺皮蒸发失水量对数与体重对数的回归

Table 1 Regressions on the logarithms of pulmo-cutaneous evaporative water losses to the logarithms of body weights

种名 species	温度 T(℃)	只数 No.	平均体重 Mean body weight(g)	r	回归方程 Regression equation $Y = a - bx$	肺皮蒸发失水量 $E = KW^{-b}$
长爪沙鼠 <i>M. unguiculatus</i>	10	20	58.90	-0.600	$Y = 0.68490 - 0.49756X$	$4.84W^{-0.49756}$
	20	20	60.03	-0.720	$Y = 1.73214 - 0.93668X$	$53.97W^{-0.93668}$
	30	20	61.32	-0.636	$Y = 2.05860 - 0.90244X$	$114.45W^{-0.90244}$
金黄地鼠 <i>M. auratus</i>	10	20	59.71	-0.553	$Y = 1.36756 - 0.85005X$	$23.3W^{-0.85005}$
	20	20	58.83	-0.805	$Y = 2.22759 - 1.18119X$	$168.88W^{-1.18119}$
	30	20	60.82	-0.501	$Y = 1.30900 - 0.50391X$	$20.37W^{-0.50391}$

注Note: E, pulmo-cutaneous evaporative water losses; W, body weight(g);
X, $\lg W$; $Y = \lg E = a - bX$; T, temperature; $r_{0.05} = 0.444$, $r_{0.01} = 0.561$

都与体重有这种负相关,共有 6 条回归线。以 20℃ 时的长爪沙鼠为例,肺皮蒸发失水量与体重的关系可以用 $Y = 1.73214 - 0.93668X$ 回归方程,或 $E = 53.97W^{-0.93668}$ 进行描述。这种相关是显著的,相关系数 $r = -0.720$, $P < 0.01$; 表明肺皮蒸发失水量的对数是平均地以体重对数的 0.93668 倍速率而降低。

由于肺皮蒸发失水量随体重的变化十分明显,因此在研究和比较不同鼠种间或不同环境温度间的肺皮蒸发失水量时,必须使各组实验动物的平均体重及其变化范围保持一致,至少不能相差过远。进行不同鼠种间的比较时,要选取体重一致的样品,有时是相当困难的。这时候,如果能使动物体重具有一定变化范围,随机地取材(这就是我们所采取的),然后通过协方差分析和计算调整平均数,把数据调整到理论上等体重基础上进行比较,是一种有效的方法(孙儒泳, 1976),并已在好些文献中得到成功的应用(孙儒泳等, 1973; 奚家星等, 1973; 韦正道等, 1983; 蔡正纬等, 1982)。

应用协方差分析和调整平均数,必须有两个条件:(1) 各项回归方程的斜率之间无显著性差异;(2) 各项距回归离差之间的方差是齐性的。表 1 说明, 6 个回归中,回归系数(b)值变化范围为 0.49756 到 1.18119。但根据协方差分析,这些回归系数之间没有显著性的差别, $F = S^2 \text{回归项} / S^2 \text{内部项} = 1.328$ ($F_{0.05} = 2.30$), $P > 0.05$ 。同时,根据方差齐性试验,得校正的 X^2 值 = 6.49, (当 $df = 5$ 时, $X^2_{0.05} = 11.07$), $P > 0.05$, 因此同样证明方差是齐性的,根据这两点,我们就有根据用公共回归系数 $b_T = -0.83127$ 来调整体重不同的影响,求得调整平均数,以作两种鼠间和不同环境温度间的

表 2 肺皮蒸发失水量的调整平均数(毫克(水)/克(体重)小时)

Table 2 Adjusted mean of pulmo-cutaneous evaporative water losses(mgH₂O/g.h)

种名 species	调整体重平均数 Adjusted mean of body weight	E		
		10℃	20℃	30℃
长爪沙鼠 <i>M. unguiculatus</i>	59.93	0.628	1.167	2.842
金黄地鼠 <i>M. auratus</i>	59.93	0.719	1.351	2.602
		$t = 1.46$	$t = 1.58$	$t = 0.95$

注Note: E same as table 1

比较, 表 2 就是以此方法计算出的结果。

2. 肺皮蒸发失水量与环境温度 表2的肺皮蒸发失水量是按上述原理, 把体重调整到公共体重 59.93 克的调整平均值。结果表明, 肺皮蒸发失水量随环境温度升高而增加, 例如 10℃、20℃和 30℃环境温度下的肺皮蒸发失水量, 长爪沙鼠分别为 0.628、1.167 和 2.842; 金黄地鼠为 0.719、1.351 和 2.602。

MacMillen 等 (1975) 曾总结了 22 种啮齿动物资料, 提出肺皮蒸发失水量在环境温度上回归的经验公式为 $\lg E = -0.624 + 0.026Ta$ 。以此方法, 对我们研究的两种鼠数据进行分解, 其回归方程如下:

长爪沙鼠: $\lg E = -0.54945 + 0.03278Ta$, $r = 0.995$;

金黄地鼠: $\lg E = -0.42446 + 0.02794Ta$, $r = 0.999$;

结果几乎与 MacMillen 的相同, 没有多少差别可言。MacMillen 还认为, 该回归方程适用于荒漠类群和非荒漠类群的啮齿类, 即此两类群之间的回归方程在斜率和截矩上均无多少差异。

Schmidt-Nielson 提出的水/氧比率 (肺皮蒸发失水量/同时的耗氧量) 能说明在较高环境温度下增加蒸发失水对体温调节的意义。

3. 肺皮蒸发失水量与空气相对湿度 空气相对湿度的提高, 使动物肺皮蒸发失水的效率降低。因此, 随着相对湿度的增加, 肺皮蒸发失水量就减少, 它们之间呈负相关。表 3 所列结果表明, 这种负相关是显著的, 对长爪沙鼠, 相关系数 $r = -0.975$, 对金黄地鼠 $r = -0.962$ ($r_{0.05, df_2} = 0.950$), $p < 0.05$ 。

表 3 肺皮蒸发失水量与空气相对湿度的关系

Table 3 Relationship of pulmo-cutaneous evaporative water losses with relative humidities of air

种名 species	相对湿度 Relative humidity (%)	只数 No.	平均体重(克) Mean body weight (g)	平均失水量 Mean water losses (mg/g.h)	回归分析 Regression analysis
长爪沙鼠 <i>M.unguiculatus</i>	0	20	60.0	1.167	$r = -0.975$ $E = 1.12516 - 0.01050 \% R.H.$ $r_{0.05} = 0.950, P < 0.05$
	30	20	63.8	0.697	
	70	20	63.6	0.515	
	100	20	63.9	0.022	
金黄地鼠 <i>M.auratus</i>	0	20	58.8	1.351	$r = -0.962$ $E = 1.32229 - 0.00883 \% R.H.$ $r_{0.05} = 0.950, P < 0.05$
	30	20	67.1	0.955	
	70	20	69.9	0.848	
	100	20	68.6	0.370	

在相对湿度很高或接近于饱和值时, 动物肺皮蒸发失水量降得很低, 这使肺皮蒸发失水量在体重上的回归成为无意义的。例如在相对湿度 100% 时, 长爪沙鼠的肺皮蒸发失水量与体重的相关系数 $r = -0.07$; 金黄地鼠, $r = -0.14$, 相关性很低, 再应用协方差分析是毫无意义的。由于这个原因, 表 3 所列的肺皮蒸发失水量数据是普通平均数 (均在 20℃ 时), 例如长爪沙鼠在干空气中, 肺皮蒸发失水量为 1.167; 而在相对湿度 30% 时, 降低到 0.697, 仅为干空气中的 59.7%; 在相对湿度 70% 时, 降低到 0.515, 为干空气中的 44.1%; 金黄地鼠的下降稍为缓慢, 在相对湿度 30% 时为干空气时的 70.7%; 相对湿度 70% 时为 62.8%。这种关系可以用下面回归方程式表示:

长爪沙鼠 E [毫克(水)/克(体重)小时] $=1.12516-0.01050\%$ 相对湿度;金黄地鼠 E [毫克(水)/克(体重)小时] $=1.3229-0.00883\%$ 相对湿度。对这两种肺皮蒸发失水量对体重的直线回归,是可以进行协方差分析的,分析结果表明,其斜率没有差异($F=0.46$),而回归的高度是有区别的($F=10.11$, $P<0.05$),达到95%的显著性水准。表明金黄地鼠的肺皮蒸发失水量在20℃时,在各个相对湿度下综合地比较,较长爪沙鼠为高。

4. 长爪沙鼠和金黄地鼠肺皮蒸发失水量的比较 利用协方差分析比较两个直线回归,可以从斜率、高度两方面进行比较。斜率相同,即两根回归直线互相平行,这在本实验中意味着随体重的改变,肺皮蒸发失水量的改变速率相同。高度相同,意味着体重相同的长爪沙鼠和金黄地鼠,其肺皮蒸发失水量相同。图1、2和表1的结果说明,在10℃、20℃、30℃的环境温度下,长爪沙鼠和金黄地鼠肺皮蒸发失水量与体重的6个回归方程的斜率之间无显著性差异。即这两种鼠在上述3个环境温度下,随体重的改变其肺皮蒸发失水量的改变速率没有本质上的不同。但值得注意的是,在10℃、20℃的环境温度下,金黄地鼠均略高于长爪沙鼠,特别在10℃下差别更大些,而在30℃下相反,长爪沙鼠略高于金黄地鼠。这可能是由于随机误差造成的,或者还与两种鼠所要求的适宜温区有关。

表2结果表明,当把两种鼠的肺皮蒸发失水量调整到59.93克体重时,在10℃下,金黄地鼠的数值(0.719)略高于长爪沙鼠(0.628),其差别不显著($t=1.46$);在20℃时,金黄地鼠的数值(1.351)同样略高于长爪沙鼠(1.167),差别不显著($t=1.58$);在30℃时情形不同,长爪沙鼠略高于金黄地鼠,差别也不显著($t=0.95$)。有趣的是,10℃和20℃时两种鼠肺皮蒸发失水量的差异显著性虽然达不到95%水准,即 $P>0.05$,但 $P<0.20$ ($t_{0.20}=1.030$, $t_{0.10}=1.69$),达到80%的水准,从统计学来说,如果能加大样品含量,从而使标准误差缩小,是有可能提高显著性水准的。事实也是这样,如上所述,图4和表3所示两种鼠的肺皮蒸发失水量在相对湿度上的回归,通过协方差分析比较,证明回归高度是有显著性差别的,并达到了95%水准,这就是说,仅以20℃时相对湿度0%下的结果作比较,金黄地鼠肺皮蒸发失水量高于长爪沙鼠的区别,仅能达到 $P<0.20$ 水准;但如果把0%、30%、70%、100%各相对湿度下结果综合在两个回归上进行比较,则 $F=10.11$, $P<0.05$,差别就达到了95%的显著性水准。

把这些结果综合地来看,金黄地鼠的肺皮蒸发失水量在10℃和20℃环境温度下,略高于长爪沙鼠。但当环境温度升高时,在30℃下,长爪沙鼠更能以增加肺皮蒸发失水量来防止过热。

金黄地鼠原产地是叙利亚西北 Aleppo 附近,栖息于石砾荒漠或灌丛,基本上是夜出性动物(Nowak等,1983)。在实验室内饲养一般在夜间8—11点最为活跃,喜呼吸潮湿空气,饲养室内要求相对湿度在40—60%之间(钟昌仁,1983)。长爪沙鼠是我国和蒙古人民共和国干旱地区的代表,在我国北部分布在荒漠草原或干草原区,喜栖息在具沙质的土壤,农业区中也主要栖于耕田旁的撩荒地和坟地,在实验室内饲养也不要求金黄地鼠那样严格的湿度条件,比金黄地鼠更能忍受干燥。关于长爪沙鼠的日夜活动节律,一些野外工作报告主要是日出性动物。这些生态学特征上的区别能部分地有助于说明这些水代谢特征。

参 考 文 献

- 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。
- 孙儒泳、黄铁华 1973 褐家鼠和社鼠耗氧量研究中协方差分析的应用。动物学报 19 (3):283—292。
- 孙儒泳 1976 协方差分析和调整平均数在生物学研究中的应用。北京师范大学学报(自然科学版)。第 2—3 期:62—76。
- 杨纪柯、汪安琦译 1963 斯奎迪格 G. M. 1959 应用于农学和生物学实验的数理统计方法。pp. 319—322, 442—452。科学出版社。
- 钟昌仁主编 1983 哺乳类实验动物: pp. 229—239, 人民卫生出版社。
- 奚家星、孙儒泳 1973 褐家鼠和社鼠肺皮蒸发失水量的初步比较。动物学报 19 (3):272—282。
- 蔡正伟、黄文儿 1982 大仓鼠和黄胸鼠的肺皮蒸发失水及其和地理分布的关系。生态学报 2 (3):291—302。
- Chew, R. M. 1965 Water metabolism of mammals. In "Physiological Mammalogy" vol. 2, edited by W. Mayer and R. Van Gelder.
- Lindstedt S. L. 1980 Energetics and water economy of the smallest desert mammal. Physiol. Zool. 53(1):82—97.
- MacMillen, R. E. 1972 Water economy of nocturnal desert rodents. In "Comparative Physiology of Desert Animals", Symp.
- MacMillen, R. E. and E. A. Christopher 1975 The water relation of two population of noncaptive desert rodents. In "Physiological Ecology of Desert Organism". Hadley(ed), pp. 117—137.
- Nowak, R. M. and J. L. Paradiso 1983 Walker's Mammals of the world, 4th edition the Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Schmidt-Nielsen, K. 1964 Desert Animals: Physiological problem of heat and water. Oxford: Clarendon press.

外文摘要 (Abstract)

A STUDY ON PULMO-CUTANEOUS EVAPORATIVE WATER LOSSES OF THE MONGOLIAN GERBIL AND GOLDEN HAMSTER

XIAO Zenghu

(Department of Biology, Liaoning University)

SUN Ruyong

(Department of Biology, Beijing Normal University)

The pulmo-cutaneous evaporative water losses(PEL) of the mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*) and golden hamster (*Mesocricetus auratus*) were measured at ambient temperatures of 10°C, 20°C, 30°C and relative humidities of 0%, 30%, 70%, 100% by the use of an open circuit system. The results are as follows:

1. The PEL per unit of body weight are correlated negatively with the body weight of tested animals. For example, at 20°C and 0% (relative humidity), $\log E = 1.73214 - 0.93668 \log W$ for gerbil, where E is the PEL in mg/g.h, and W is body weight in grams.

2. The PEL are increased with the ascent of the ambient temperatures between 10°—30°C, for gerbil $\log E = -0.54945 + 0.03278Ta$ ($r = 0.995$), and for golden hamster $\log E = -0.42446 + 0.02794Ta$ ($r = 0.999$).

3. The PEL are decreased with the ascent of relative humidities of air, for gerbil $E = 1.12516 - 0.01050\%$ (relative humidity) ($r = -0.975$), and for golden hamster $E = 1.32229 - 0.00883\%$ (relative humidity) ($r = -0.962$).

4. The PEL of golden hamster are only slightly higher than that of mongolian gerbil at 10° and 20°C, but at 30°C the PEL of the later become higher.