

倭蜂猴静止代谢率和体温调节的研究*

王政昆 孙儒泳 李庆芬

(北京师范大学生物学系, 北京 100875)

内 容 提 要

通过研究倭蜂猴在不同环境温度下的静止代谢率和体温调节特征发现: 倭蜂猴 (*Nycticebus pygmaeus*) 的 RMR 为 $0.498 \pm 0.03960 \text{ ml/hr. g.}$, 仅为预期值的 63.7%; 热中性区不明显, 实测下临界温度为 30°C ; 平均最低热传导为 $0.6804 \pm 0.00210 \text{ ml/hr. g. }^\circ\text{C}$; 在室温下平均体温为 $33.8 \pm 0.18^\circ\text{C}$; 在冷压下体温变化较大, 温调指数为 0.535; 在高温时主要以高体温和分泌唾液进行体温调节, 显示典型热带原猴类动物热能代谢特征。

关键词: 倭蜂猴 (*Nycticebus pygmaeus*), 静止代谢率 (RMR), 体温调节。

原猴类 (Primates) 与高等灵长类 (Simiidae) 相比较, 其基础代谢率和体温都较低 (Müller, 1979, 1985), 除体重、食性和栖息方式的影响外, 还受到活动节律强度的影响 (Hildwein and Goffart, 1975; Müller, 1979; Whittow *et al.*, 1977) 的影响, 这些差异可能反映了它们对生存环境所采取的适应方式不同 (Müller, 1985; McNab, 1986)。

倭蜂猴 (*Nycticebus pygmaeus*) 属于眼镜猴科 (Lorisidae) 蜂猴属。该科主要分布于非洲, 亚洲仅一属两种, 即蜂猴 (*N. coucang*) 和倭蜂猴。但后者的分布区远比前者狭窄 (Wolfheim, 1983)。七十年代末就被列为濒于灭绝的灵长类, 并被列为我国一级保护动物。

由于这种动物分布特殊, 数量稀少, 近年来才开始引起学者们的注意; Kappler 和 Peter (1991) 报道了倭蜂猴的性二态现象; 许金菊等 (1991) 报道了血清乳酸脱氢酶和血清蛋白的特性; 但对其热能代谢特征, 迄今尚未见报道。本文研究了产于云南河口、屏边、金平等地倭蜂猴的静止代谢率和体温调节特征, 并探讨了其对热带气候条件的适应意义。

材 料 和 方 法

实验于1992年6月至8月在云南师范大学生物学系 (昆明) 进行。

实验动物均捕自云南河口、屏边和金平, 共10只 (6♂4♀); 雄性平均体重为 374.4 ± 14.7 (323—411.5) 克; 雌性 235 ± 4.1 (222—246) 克; 动物分笼饲养于约 $100 \times 50 \times 50$ 厘米的铁丝笼内; 自然光照, 室温变化范围在 $18.5—24.5^\circ\text{C}$; 相对湿度为 72—93%; 每天定量饲喂香蕉和自配饲料 (米饭50%, 麦麸

本文于1993年9月27日收到, 1994年4月14日修回。

* 国家自然科学基金 (38970145) 资助项目。

云南师范大学生物学系88级徐应明同学参加了部分实验工作, 谨此致谢。

20%、面粉 25% 和干虾粉 5%，适量食盐和白糖），每隔一天加喂一个生鸡蛋。在室内饲养 5—7 天后，进行耗氧量测定，测定前禁食 5 小时。

静止代谢率 (RMR) 测定按 Gorecki (1975) 介绍的方法，采用 Kalabukhov-Skvortsov (1959) 封闭式流体压力呼吸仪进行；用水浴控制呼吸室的温度，呼吸室温度控制在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内；实验分别在 10、15、20、25、30、35 和 37.5°C 条件下进行；在耗氧量最低的环境两端，隔 2.5°C 再取两个温度点进行测定，以确定热中性区；动物在每一环境温度下适应 0.5—1.0 小时左右方可读数，并连续计数 1 小时的耗氧量；以实验前后体重（精确到 0.1 克）的平均值作为本次实验动物的体重；实验前后用 95 型半导体点温计插入直肠 2.5 厘米测量体温 45 秒以上，并以实验后体温作为动物在该温度下的体温；考虑到昼夜节律的影响，测定均在 18:00—24:00 进行。

结 果

1. 体温 (Tb) 与环境温度 (Ta) 的关系 (图 1)

倭蜂猴的体温较低，在平均室温为 22.5°C ($18.5\text{--}24.6^\circ\text{C}$) 时，测得其平均体温为 $33.8 \pm 0.18^\circ\text{C}$ ($N=89$)，变化范围 $31.1\text{--}36.2^\circ\text{C}$ 。在实验中，倭蜂猴的体温受环境温度的影响很大，仅在 $25\text{--}30^\circ\text{C}$ 范围内比较稳定，此时体温为 34.3°C ；当环温低于 25°C 经受 90 分钟的冷压后，体温呈线性下降，此时体温与环温 (Ta) 的回归方程为 $Tb = 20.8 + 0.46Ta$ ($P < 0.001$)。温调指数 ($I = 1 - b$) (Sun and Zeng, 1987) 为 0.535；当环温超过 30°C 后，体温随环温的升高而上升，但在高温区体温随环温变化的速度与低温区不同；如果以环温每改变 1°C ，体温的改变量来表示，则环温在 $30\text{--}32.5^\circ\text{C}$ 时，体温的改变量最大为 1.12，以后随环温的上升而逐渐降低，在 35°C 和 37.5°C 时分别为 0.8 和 0.24。

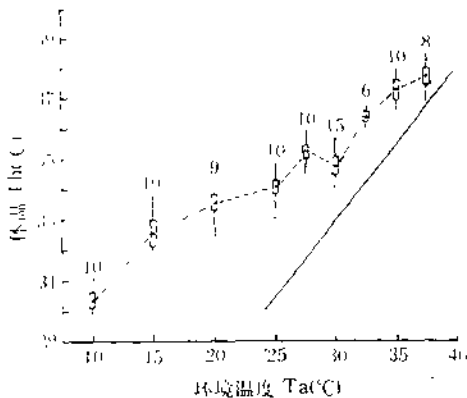


图 1 倭蜂猴在不同环境温度 (Ta) 的体温 (Tb)

[Fig. 1 The body temperature (Tb) of the lesser slow loris, *Nycticebus pygmaeus*, at different ambient temperature]

2. RMR 与环温 (Ta) 的关系 (图 2)

在 $10\text{--}30^\circ\text{C}$ 范围内，倭蜂猴的 RMR 与环境温度 (Ta) 呈极显著的负相关 ($r = -0.893$, $P < 0.001$, $N = 89$)，两者的回归方程为 $RMR = 1.4435 - 0.0331Ta$ ；当环温达到 30°C 时，RMR 最小，为 $0.498 \pm 0.396 \text{ O}_2\text{ml/hr. g.}$ (14)，体重预期值 ($BMR = 3.4W^{-0.25}$, Klieber, 1961) 的 63.7%；环境温度超过 30°C 后，RMR 又随环境温度上升而上升；在 30°C 形成一个拐点，此时的 RMR 与 27.5°C 时的差异不显著 ($P < 0.05$)，但与 32.5°C 时的差异显著 ($P < 0.05$)；Kappler 和 Peter (1991) 报道了倭蜂猴的体重具有明显的性二态现象，且我们的实验动物雌雄体重差异极显著 ($P < 0.001$)，故以体重的 0.73 次方 (Hart, 1971) 矫正体重的影响。

结果表明，不但 30°C 时的 RMR 最低，而且与相邻两个温度点的差异均达到显著水平 ($P < 0.05$)，故倭蜂猴的临界点温度为 30°C ，此值比根据 RMR-Ta 回归方程计算的理论临界温度 (28.6°C) 略高。另矫正体重后，雌雄两性在各环境温度下的 RMR 差异不显著 ($F = 0.862$, $P > 0.05$)。

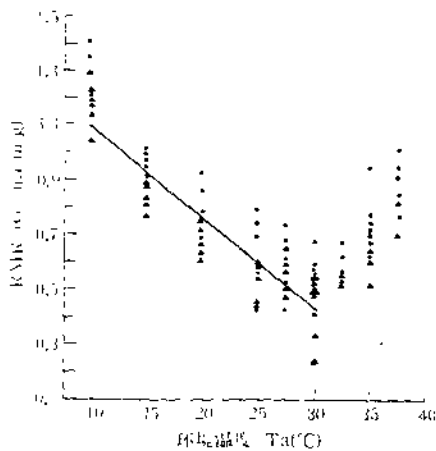


图2 倭蜂猴在不同环境温度 (T_a) 下的 RMR
[Fig. 2 RMR of the lesser slow lorises at different ambient temperature]

• ----: 雌性 (female), Δ ----: 雄性 (male);
——: $RMR = 1.4435 - 0.0331T_a$.

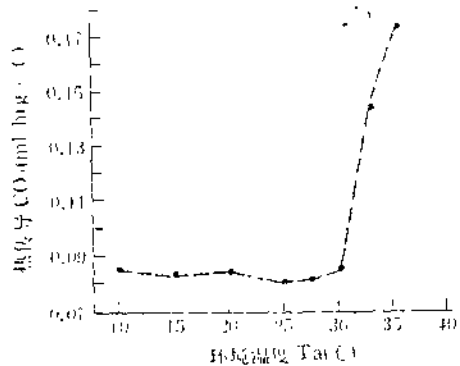


图3 倭蜂猴在不同环境温度 (T_a) 下的热传导 (C)
[Fig. 3 The thermal conductance (C) (McNab, 1970) of the lesser slow lorises at different ambient temperature]

3. 热传导 (C) 与环境温度 (T_a) 的关系 (图3)

倭蜂猴在冷压下的平均最低热传导 (按 McNab, 1980 的方法计算) 为 $0.0804 \pm 0.0021 \text{ O}_2/\text{hr. g. } ^\circ\text{C}$, 为体重预期值 ($C = 1.02W^{-0.21}$, Herreid and Kessel, 1967) 的 147.99%, 且在整个冷压区内基本保持不变 (图3); 当 T_a 高于 30°C 时, 热传导迅速上升, 到 35°C 时为 0.173 ± 0.043 ($n=10$), 是最低热传导的 2.15 倍, 比 30°C 时增加了 103%。

讨 论

一、倭蜂猴的体温调节特征

倭蜂猴的体温较低 ($33.16 \pm 0.18^\circ\text{C}$, 范围: $31.1-36.2^\circ\text{C}$), 与 Müller (1979, 1985) 的结论是一致的; 但我们的结果较 Müller (1979) 和 Whittow 等 (1977) 报道的蜂猴 (*N. coucang*) 测定值 ($33-36^\circ\text{C}$ 和 34.6°C) 低, 变化范围也较大; 与 *Hapalemur griseus* 在 $20-27^\circ\text{C}$ 条件下的体温 ($32-36^\circ\text{C}$) 相似, 而比倭狐猴 (*Microcebus murinus*) 的变化范围 ($21.7-38.2^\circ\text{C}$, 当 T_a 为: $18-24^\circ\text{C}$ 时, Müller, 1985) 小。过去一般认为原猴类的体温较低以及具有昏睡 (lethargic) 现象是其原始恒温状态的标志 (Müller, 1979, 1983), 但最近研究表明, 导致原猴类具有较低体温除上述原因外, 还可能与生态适应有关, 至少是两者共同作用的结果 (Müller, 1985)。与蜂猴同属一科, 主要分布于非洲萨哈拉沙漠以南地区的 *Galago* (Wolfhein, 1983), 虽然也属夜行性树栖类型, 但体温较高而稳定 ($36-38^\circ\text{C}$), 这可能与它们的活动模式不同及少昏睡有关 (Müller and Jacksche, 1980; Knox and Wright, 1989)。Galago 为快速跳跃类型, 而倭蜂猴与蜂猴相似, 均属于缓慢活动并具有较多昏睡类型, 具有较低的体温, 此点又与 *Hapalemur griseus* 和倭狐猴相似。所以, 两种蜂猴具有较低的体温可能与它们缓慢活动有关。另外体重也可能是影

响原猴类体温的一个重要因素；一般来说，同类猿猴类中体重较大者能保持较高而恒定的体温。例如倭狐猴的体重仅 60 克，与其同域分布的褐狐猴 (*Lemur fulvus*) 体重 2330 克，后者可在 $-2-40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度条件下保持高而稳定体温 (38.2°C) (Daniels, 1984)，而前者的体温较低、变化较大。眼镜猴科的种类也有类似的情况，从表 1 中可见，树熊猴 (*Perdicicus potto*)、蜂猴和倭蜂猴的体重分别为 1090、960、606.5 和 310 克，随体重的减少，体温变化逐渐增大，蜂猴和倭蜂猴在东南亚及我国境内是同域分布的 (Wolfheim, 1983; Zheng Yongzu *et al.*, 1992)，虽然它们都分布于热带，但倭蜂猴的身体较小，体表面积相对较大，在热环境中吸热比个体较大的蜂猴多，所以，较低的体温对其防止过热是有利的。

倭蜂猴在冷压下体温变化较大，为了比较几种原猴类的体温调节能力，我们根据文献报道的数据，按 Sun 和 Zeng (1987) 提出的温调指数 (I) [$I = 1 - b$, b 为体温 (T_b) 与环境温度 (T_a) 的回归斜率, $0 \leq I \leq 1$, 当 $I = 0$ 时，表示完全变温，体温随环境温度变化； $I = 1$ 时，体温与环境温度无关，即完全恒温]，分别计算了树熊猴 (Hildwein and Goffard, 1975)，蜂猴 (Whittow *et al.*, 1977) 和眼镜猴 (*Taris syrichta*) (McNab and Wright, 1987) 的 I 值，分别为 0.9505 (T_a : $0-30^{\circ}\text{C}$)、0.8629 (T_a : $10-30^{\circ}\text{C}$) 和 0.8751 (T_a : $17.5-30^{\circ}\text{C}$)，而倭蜂猴的 I 值为 0.535 (T_a : $10-30^{\circ}\text{C}$) 和 0.5997 (T_a : $15-30^{\circ}\text{C}$) 比上述三种原猴分别低 78、61.3 和 45.9%；所以倭蜂猴在低温条件下的体温调节能力较低。

在高温下，内温动物要维持体温恒定比在低温下要困难得多，其机制也比在低温下维持恒温要复杂。虽然原猴类的皮肤内具有少量的汗腺，但没有明显的泌汗功能，故在高温下对其体温调节没有多大作用，许多原猴类在高温下都通过增加呼吸频率来增加蒸发失水进行散热。如 Whittow 等 (1977) 记录到在 40°C 的高温时，蜂猴的呼吸频率高达 300 次/分。与此相反，高等灵长类则以出汗来增加蒸发失水来达到散热的目的。除此之外，一些原猴类还分泌大量唾液并将唾液涂抹在身上，如蜂猴 (Müller, 1979)、*Culago crassicaudatus* (Müller *et al.*, 1982)；或地上，如树熊猴 (Hildwein and Goffart, 1975)，增加散热；在我们的研究中也观察到类似现象，倭蜂猴在环境温度达到 32.5°C 时，开始出现过热反应，体温迅速上升，呼吸频率加快，出现出不安，舔手掌等；当 T_a 达到 35°C 时，便将唾液涂抹在身上，以后涂抹的面积越来越大，到 37.5°C 时，头部、腹部以及背部的一部分均已湿透。此点与蜂猴 (Müller, 1979) 相同，而与树熊猴 (Hildwein and Goffart, 1975) 不同。可见，倭蜂猴在高温下可以通过分泌大量的唾液来进行体温调节。

另外，从图 1 中可见，倭蜂在环境温度超过 30°C 后，体温变化速率与环境温度的变化速率几乎相同 ($T_a = T_b$)，表明倭蜂猴在高温下的体温调节能力很低，主要通过耐受过热来抵抗高温的胁迫，这对其能在热带持续高温下生存具有重要的适应意义。

二、RMR、热传导与体温调节的关系

McNab (1970) 指出热带哺乳动物具有较低的代谢率，较高的热传导，从而能较持久地耐受高温。倭蜂猴在低温环境中体温变化较大，并随环境温度的下降而降低，其主要原因与代谢率低、热传导高有关，热传导越高，体温下降也越大，倭蜂猴的基础代谢

表 1 几种原猴类能学参数、食性和栖息方式的比较

(Tab. 1 The comparison of energetic parameters, feeding habits, and habitats in some prosimias)

物种 (Species)	体重 (Body weight) (g)	基础代谢率 BMR		代谢预期比*	热传导 Cm (O ₂ ml/hr. g·C)	热传导 预期比 Cm/C*	F 值**	热中性 区 TNZ (°C)	下临界 温度 Tl (°C)	生活 习性	来源 Ref.
		(O ₂ ml/ hr. g)	(O ₂ ml/ hr. g ^{0.75})								
金熊猴 <i>Arctocebus calabarensis</i>	210	0.77	3.26	85	—	—	—	—	—	N. A. IN.	1
树熊猴 <i>Perodicticus potto</i>	1090	0.37	2.45	63	0.0288	100	0.63	25—29	25	N. A. FR.	2, 3
狐猴 <i>Lemur fulvus</i>	2330	0.14	1.14	28	0.037	18	1.56	30—40	30	D. A. FO.	1, 2, 4
眼镜猴 <i>Tarsius syrichta</i>	114.3	0.676	2.43	65	0.073	78	0.833	32—35	32	D. A. IN.	5
蜂猴 <i>Nycticebus coucang</i>	606.5	0.25	1.41	36	—	—	—	31.4 —34.6	31.4	N. A. IN.	6
蜂猴 <i>N. coucang</i>	960	0.229— 0.244	1.51	40	0.0169	55	0.73	25—33	35	N. A. IN.	7, 8
倭蜂猴 <i>N. nygmæus</i>	310	0.498	2.33	63.7	0.0804	148	0.43	30	30	N. A.	本文

* $Me = 3.4w^{-0.25}$ (Klieber, 1961); $C' = 1.02W^{-0.51}$ (McNab, 1970); **, $F = (BMR/Me)/(Cm/C')$;

N=Nocturnal; D=diurnal; A=arboreal; IN=insectivorous; FO=folivorous; FR=frugivorous;

1, Hildein, 1972; 2, Hildwein, et al., 1975; 3, Palacio, 1977; 4, Daniels, 1984; 5, McNab and Wright, 1987; 6, Whittow, et al., 1977; 7, Muller, 1979.

率 (BMR) 仅为预期值的 63.7%, 而热传导却为预期值的 148% (表 1)。为了表示 BMR 与热传导与体温调节的关系, McNab (1970) 以代谢预期比和热传导预期比之间的比率 [$F = (BMR/Me)/(Cm/C)$] 来表示动物的体温调节能力, 并指出对于体重在 0.5—1.0kg 的种类, F 值必须大于或等于 0.7, 体重在 0.1—0.5kg 的种类, F 值必须大于或等于 1.0 才能精确地调节体温。由表 1 可见, 褐狐猴的 F 值最高为 1.56、蜂猴为 0.73、树熊猴 0.63, 而倭蜂猴 0.63、眼镜猴 0.833 (体重 114.3 克); 前三者均超过 McNab 的标准, 而后两者均未达到标准。

倭蜂猴的热传导比蜂猴高 3.8 倍 $[(0.0804-0.0169)/0.0169]$ (表 1), 可能反应了两者的对高温胁迫所采取的适应对策不同。蜂猴可能主要采取低代谢率, 倭蜂猴则是采取提高热传导来防止过热。

倭蜂猴和蜂猴在冷压下, RMR 随 T_a 变化的回归方程明显不同, 两者分别为:

蜂猴: $RMR = 0.654C - 0.016T_a$, ($5-25^{\circ}\text{C}$, Müller, 1979)

倭蜂猴: $RMR = 1.4435 - 0.03312T_a$, ($10-30^{\circ}\text{C}$, 本文)

从方程中可见, 倭蜂猴的 A 值 (1.4435) 为蜂猴 (0.654C) 的 2.2 倍, B 值 (0.03312) 为蜂猴 (0.016) 的 2.07 倍。前者表明当 T_a 外推到零度时, 倭蜂猴的代谢率比蜂猴高 2.2 倍, 后者表明倭蜂猴的 RMR 对 T_a 的敏感性较蜂猴高。另外, Müller (1979) 未注明动物的来源, 但从体重来看, 很可能是中国亚种 (*N. coucang bengalensis*) (李志祥和林正玉, 1983), 该亚种主要分布于云南西南部、广西南部、缅甸、泰国、印度之那和印度的阿萨姆, 而倭蜂猴则仅分布于越南、老挝、柬埔寨和我国云南南部 (Zheng Yongzu *et al.*, 1992), 前者的分布区明显比后者偏北, 甚至可达到北纬 27 度左右, 而后者仅达 23 度左右 (Zheng Yongzu *et al.*, 1992), 故对温度的敏感性较倭蜂猴的低, 这与纬度较高, 气候较冷地区的内温动物对低温的代谢反应没有热带区种类敏感的结论是一致的。所以, 倭蜂猴比蜂猴对低温有较高的反应是符合内温动物热能代谢的地带性规律的。

由图 2 可见, 倭蜂猴的 RMR 在 30°C 时最低 ($0.498 \text{ O}_2\text{ml/g} \cdot \text{hr}$) 高于或低于此温度, RMR 都增加; 我们按照 Gorecki (1975) 的方法确定热中性区, 即在 RMR 最低的环境温度两端每隔 2.5°C 进行测定, 结果表明, 倭蜂猴的热中性区很狭窄, 实测下临界温度 (30°C) 较理论上临界温度 (28.5°C) 高, 与 Whittow 等 (1977) 蜂猴的结果 (31.4°C) 相近, 而较 Müller (1979) 的结果 (25°C) 高。一般来说, 生活在热带的内温动物其热中性区较生动在寒带的狭, 下临界温度亦较高; 这与其生活在热带、低温的影响较少有关。倭蜂猴的情况与此一致。

三、BMR 的水平

我们按照文献惯例, 将临界温度下的 RMR 视为 BMR, 并且考虑到体重对 BMR 的影响将我们的结果与其它几种原猴类进行比较 (表 1), 在原猴类中, 体重仍然是影响 BMR 的一个重要因素 (McNab, 1987)。就两种蜂猴而言, 倭蜂猴的 BMR ($0.498 \text{ O}_2\text{ml/g} \cdot \text{hr}$) 明显高于蜂猴 (0.25) (Whittow *et al.*, 1977; Müller, 1979), 前者为后者的 1.99 倍 (Whittow *et al.*, 1977) 或 2.11 倍 (Müller, 1979) 校正体重后仍然比蜂猴高 1.65 或 1.54 倍。表明体重对 BMR 的影响至少占 20—40%, 其它原猴类亦有类似的趋势, 如体重为 2330 克的褐狐猴的 BMR 为 $0.14 \text{ O}_2\text{ml/g} \cdot \text{hr}$ (或 $1.14 \text{ O}_2\text{ml/ht. g}^{0.75}$) (Daniels, 1984), 而体重只有 114.3 克的眼镜猴的 BMR 为 0.67 (或 2.43) (McNab and Wright, 1987) 分别为前者的 4.8 倍 (或 2.1 倍)。至于金熊猴的结果比眼镜猴的结果高, 可能与其不是在热中性区内测定的结果 ($T_a = 28-30^{\circ}\text{C}$, Daniels, 1984) 有关。另外, 与蜂猴体重相近的树熊猴具有较高的 BMR (2.45), 可能与其分布特征有关, 后者主要分布于非洲几内亚、赞比亚和肯尼亚热带森林中, 其海拔高度可达 3500 米, 而前者的分布海拔高度最高记录为 1646 米 (Wolfheim, 1983), 故树熊猴具有较高水平的 BMR 是可以理解的。

倭蜂猴的 BMR 水平高于蜂可能还与其它因素有关。Müller (1985) 在总结灵长类

(包括 8 种原猴类)的 BMR 时指出,热带夜行性种类一般具有很低的 BMR,这种情况不仅在原猴类如此,在高等灵长类也有类似的情况,如高等灵长类中的夜猴(*Aotus trivirgatus*),其 BMR 是高等灵长类中最低的(Le Maho *et al.*, 1981)。另外,昏睡状态较少,也是导致倭蜂猴 BMR 高于蜂猴的一个原因,在实验期内,我们同时饲养了两种蜂猴,并发现倭蜂猴的昏睡状态较蜂猴少,白天也经常处于醒觉状态,甚至还有取食和漫步行为。而蜂猴白天从未见有此情形,与文献报道的蜂猴属于典型的夜行性灵长类相符。尽管倭蜂猴的生活习性尚未见报道,但从我们的观察结果来看,倭蜂猴的夜行性似没有蜂猴的严格,故倭蜂猴的 BMR 比蜂猴高,此点和 Müller (1985) 的结论是一致的。两者的分布区有相当大的重叠,如果两种蜂猴均属于夜行性类型,在分布区重叠部分内,身体大小的差异就可能是其降低种间竞争的一种适应方式;同时,倭蜂猴个体小,单位体重的代谢强度高,食物消耗相对较多,故活动强度较蜂猴大,从而使倭蜂猴的 BMR 高于蜂猴。显然,这只是理论上的推测,还应通过对其生态习性的进一步研究来得到证实。

McNab (1987) 认为原猴类的 BMR 的变化与食性和栖息方式密切相关,树栖食果类的 BMR 高于食无脊椎动物(包括昆虫)的种类,前者一般为 Kleiber (1961) 预期值的 60—70%,而后者仅为 40—50%。从我们的结果来看,倭蜂猴的 BMR/Me 值为 63.7% (表 1),与典型食果类的树熊猴(63%)相近,而与蜂猴(36%或 40%)不同。许多学者对蜂猴的野外或室内观察表明,它主要取食昆虫,蜥蜴(特别是大壁虎 *Gecoks*)、树蛙、小鸟、鸟蛋以及少量的植物嫩叶;关于倭蜂猴的食性尚未见报道,我们在实验期饲养表明,以香蕉等水果和米饭、麦麸、面粉及干虾粉等植物性饲料,倭蜂猴也能很好生活;所以倭蜂猴在野外条件下,其食性很可能与蜂猴不同,倭蜂猴更接近于植食性,而蜂猴则更接近动物性食性,这可能是导致倭蜂猴的 BMR 高于蜂猴的另外一个原因;同时,这对它们在分布区重叠区域内降低竞争是十分有利的。十分有趣的是 Müller 等 (1983) 报道了两种生活在同一生境中,具相同生活习性的高等灵长类(*Colobus guereza* 和 *Cercopithecus mitis*) 之间 BMR 的差异主要是由于它们食性不同而引起的。

小 结

倭蜂猴的静止代谢率和体温调节具有较典型的原猴类的特征;表现在 BMR 水平低;RMR 与环温(T_a)的回归斜率较大,对环境温度的变化非常敏感;同时体温较低,变化幅度较大;而且,倭蜂猴在热能代谢方面也显示出明显不同于文献报道蜂猴的特征:

1. 体温比蜂猴低,可能主要与倭蜂猴身体只有蜂猴的 1/3 有关。
2. 倭蜂猴的 BMR 比蜂猴的高,前者为后者的 1.99 倍;其主要原因是倭蜂猴的体重较蜂猴小;同时,可能还与食性,活动模式不同有关。
3. 倭蜂猴与蜂猴对高温胁迫所采取的适应对策是不同的,倭蜂猴主要以提高热传导(0.0804),增强抵抗高温的能力,并且主动放松恒温要求来适应高温胁迫;而蜂猴则以降低代谢产热来适应高温。

所以,倭蜂猴具有较低体温以及体温变化较大、BMR 较低、热传导较高等特征,对其生存适应具有重要意义。

参 考 文 献

- 李志祥、林正玉 1983 云南灵长类的分类与分布。动物学研究 4 (2): 111—120。
- 许金菊、唐承荣、唐绍宗 1991 懒猴血红蛋白血清蛋白及同功酶的研究。动物学研究 12 (4): 406—418。
- Daniels, H. L. 1984 Oxygen consumption in *Lemur fulvus*: deviation from the ideal model. *J. Mammalogy*. 65: (4): 584—592.
- Gorecki, A. 1975 kalabukhov-Skvortsov respirometer and resting metabolic rate measurement. In: Grodzinski, W. (ed.), "IBP Handbook No. 24. Methods for ecological bioenergetics." P. 309—313, Published for the international Biological Programme by Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, and Melbourne.
- Herreid, C. F. and B. Kessel, 1967 Thermal conductance in birds and mammals, *Comp. Biochem. Physiol.* 21: 405—414.
- Hildwein, G. and M. Geffart, 1975 Standard metabolism and thermoregulations in a prosimian *Perodicticus potto*. *Comp. Biochem. Physiol.* 50A: 201—213.
- Kappeler, P. and M. Peter. 1991 pattern of sexual dimorphism in body weight among prosimian primates. *Folia Primatol.* 57: 132—146.
- Kucx, C. M. and P. G. Wright, 1989 Thermoregulation and energy metabolism in the lesser bushbaby, *Galago senegalensis*. *S. Afr. J. Zool.* 24 (2): 89—94.
- Kleiber, M. 1961 The Fire of Life. Wiley, New York.
- Le, Maho Y., M. Gorffart and M. Rochas 1981 Thermoregulation in the only nocturnal simian: the night monkey (*Aotus trivirgatus*). *Am. J. Physiol.* 240R: 156—165.
- McNab, B. K. 1970 Body weight and the energetics of temperature regulation. *J. Biol.* 53: 329—348.
- McNab, B. K. and P. C. Wright 1987 Temperature regulation and oxygen consumption in Philippine Tarsier *Tarsius syrichta*. *Physiol. Zool.* 60 (5): 596—600.
- Muller E. f. 1979 Energy metabolism, thermoregulation and water budget in the slow loris (*Nycticebus coucang*). *Comp. Biochem. Physiol.* 64A: 109—119.
- 1985, Basal metabolic rates in primates: The possible role of phylogenetic and ecological factors. *Comp. Biochem. Physiol.* 81A: 707—711.
- Muller, E. F. and H. Jaksche. 1982 Thermoregulation, oxygen consumption, heart rate and evaporative water loss in the chick-tailed bushbaby (*Galago crassicaudatus* Geoffroy, 1812). *Z. Saugeliebk.* 45: 269—278.
- Muller, E. F. J. M. Z. kamau and G. M. O. Maloiy 1983 Comparative study of basal metabolism and thermoregulation in a folivorous (*Colobus guereza*) and an omnivorous (*Cercopithecus mitis*) primate species. *Comp. Biochem. Physiol.* 74A: 319—322.
- Sun Ru-yong and Zeng Jin-Xang 1987 Postnatal development of thermoregulation in root vole (*Microtus oeconomus*) and the quantitative index of homeothermy ability. *Therm. Biol.* 12 (4): 267—272.
- Whittow, G. C., C. A. Seamle L., J. K. Manuel, D. Rand and M. Leong 1977 Temperature regulation in a hypometabolic primate, the slow loris (*Nycticebus coucang*). *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie.* 85: 139—151.
- Wolfheim, J. H. (ed.) 1983 Primates of the world; distribution, abundance, and conservation. Univ. Washington Press. Seattle and London. P. 37—57.
- Zheng Yongzu, Quan Guoqiang, Zhao Tigong and C. H. Southwick 1992 Distribution of primates (except *Macaca*) in China. *Acta Theriologica Sinica.* 12 (2): 81—95.

外 文 摘 要 (Abstract)

CHARACTERISTICS OF THE RESTING METABOLISM AND TEMPERATURE
REGULATION IN LESSER SLOW LORIS*(Nycticebus pygmaecus)*

WANG ZHENG-KUN SUN RU-YONG LI QIN-FEN

(Department of Biology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

WU JIE-YUN

(Department of Biology, Yunnan Teaching University, Kunming, 650092)

The Lesser slow loris (*Nycticebus pygmaecus*) is a small prosimian living in Vietnam, Laos, and the south part of Yunnan Province. In order to understand the characteristics of its thermoregulation, the resting metabolic rate (RMR) and body temperatures (T_b) at different ambient temperatures (T_a) were measured, as well as calculated the thermal conductance. The results obtained mainly are as follow:

1. The T_b at room temperatures were quite low ($33.8 \pm 0.18^\circ\text{C}$) and varied with T_a from $21-28^\circ\text{C}$. The index of homeothermy ability was only 0.535. The T_b was stable only in $25-30^\circ\text{C}$.

2. Thermal neutral zone (TNZ) was not clear, and the minimum metabolic rate occurred as a point at 30°C below and above it the metabolic rate increased strikingly. The minimum metabolic rate was $0.498 \text{ O}_2\text{ml/g. hr.}$, which was 63.7% of the previous predicted rate by Klieber. At the ambient temperature below 30°C , there was a negative relationship between RMR and T_a , which be described as:

$$\text{RMR} = 1.4435 - 0.331T_a$$

3. The minimum thermal conductance (C_m) of the lesser slow loris was $0.0804 \text{ O}_2\text{ml/g. hr. }^\circ\text{C}$, it was 48% higher than that of previous predicted rate.

4. The results were compared with that of *N. coucang* from Müller (1979) and Whittow (1977), which were widely distribution in Southeastern Asia. The common and different characteristics of thermoregulation between these two species were discussde.

Key words: *Nycticebus pygmaecus*, RMR, body temperature, thermal conductance.