

扬子鳄体温与环境温度关系的初步分析

汪仁平 夏同胜

(安徽省扬子鳄繁殖研究中心 宣城 242034)

摘要: 在人工饲养下, 对非繁殖的扬子鳄(*Alligator sinensis*) 体温及其所处的环境温度进行了测定, 并对其体温与环境温度的关系进行了分析。经过一年的测量, 得出体长为(116.83 ± 32.26) cm ($n = 183$) 的扬子鳄年均体温为(18.81 ± 8.08) °C ($n = 183$), 雄性体温为(20.81 ± 9.69) °C ($n = 42$), 雌性体温为(17.81 ± 8.56) °C ($n = 69$); 在活动期(4~ 11月), 扬子鳄的体温为(25.54 ± 5.24) °C ($n = 89$), 水温为(25.42 ± 5.20) °C ($n = 89$), 两者间无显著性差异($P > 0.05$); 在冬眠期(12月至翌年3月), 扬子鳄的体温为(10.78 ± 1.90) °C ($n = 94$), 冬眠期的地表温度为(10.64 ± 1.74) °C ($n = 94$), 两者间无显著性差异($P > 0.05$)。结果表明, 扬子鳄的体温受其周围环境温度的显著影响, 而不受其体长及性别的影响。即扬子鳄的体温由其长期接触的环境介质的温度决定, 其中水环境是控制活动期鳄体温波动的最重要介质。初步推测扬子鳄的偏爱体温范围是28~ 33°C。

关键词: 扬子鳄; 体温; 环境温度

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2008)05-76-04

Preliminary Analyses on Relationship between Body Temperature of Chinese Alligator and Its Environmental Temperature

WANG Ren Ping XIA Tong Sheng

(Anhui Research Centre of Chinese Alligator Reproduction, Xuancheng 242034, China)

Abstract: Body temperature of non breeding Chinese Alligators (*Alligator sinensis*) in captivity and the environmental temperature (water temperature and atmosphere) were measured for a whole year. The yearly body temperature of alligators with body length 116.83 ± 32.26 cm ($n = 183$) was 18.81 ± 8.08°C, male was 20.81 ± 9.69°C ($n = 42$) and female was 17.81 ± 8.56°C ($n = 69$), respectively. The body temperature of alligator in the active period from April to November was 25.54 ± 5.24°C ($n = 89$), while the water temperature was 25.42 ± 5.20°C ($n = 89$). No significant difference was found between body temperature and water temperature ($P > 0.05$). In hibernating period (December to March of next year), the body temperature of Alligators was 10.78 ± 1.90°C ($n = 94$) and the ground surface temperature at the hibernation point was 10.64 ± 1.74°C ($n = 94$). No significant difference was recorded between their body temperature and ground surface temperature ($P > 0.05$). The results indicated that the body temperature of Chinese Alligators was significantly influenced by the environmental temperature, but not by its body length and gender; water environment was the most important control factor for the fluctuation of the body temperature. The prime body temperature ranged of Chinese alligators was 28–33°C.

Key words: Chinese Alligator; Body temperature; Environmental temperature

爬行动物属于变温动物, 保持适度而稳定的体温对于维持它们的正常生理机能起着十分重要的作用^[1]。爬行动物主要利用外热源, 通过行为姿势调温, 并辅以生理调温, 将体温维持

在相对较高且稳定的水平^[2]。过高或过低的体

第一作者介绍 汪仁平, 男, 副研究员; 主要从事扬子鳄生物学研究; E-mail: wrenping2003@163.com

收稿日期: 2007-11-28, 修回日期: 2008-06-21

温对动物有害,甚至导致其死亡^[3]。鳄类作为爬行动物,通常利用在水陆之间的活动来实现其有效的体温调节^[4,5],那么这种调节在鳄类体温上是如何表达的?至今,在现存的 23 种鳄中,密河鳄 (*Alligator mississippiensis*)、美洲鳄 (*Crocodylus acutus*)、澳大利亚鳄 (*C. johnstoni*)、湾鳄 (*C. porosus*) 和新几内亚鳄 (*C. novaeguineae*) 的体温均有人进行了研究^[6-9]。扬子鳄 (*A. sinensis*) 是中国特有的濒危物种,也是世界上最濒危的鳄类之一,目前尚无关于其体温年度变化的报道。为了丰富扬子鳄的生态学,探讨其体温调节机制,有必要进行扬子鳄体温变化的研究。为此,于 2006、2007 年对扬子鳄的体温及其环境温度进行了测量,并分析了二者之间的关系。

1 材料与方法

1.1 动物及其生活环境 以安徽省扬子鳄繁殖研究中心(北纬 30°54', 东经 118°46') 内人工饲养的非繁殖扬子鳄作为测量对象。其中,雌性个体 69 条,雄性 42 条,另有性别不明的小鳄 72 条。它们生长良好,体长变化范围在 50~185 cm 之间。在活动期(4~11 月),个体大小不同的扬子鳄被分开放养于户外面积不等的分龄饲养池中,个体越大,放入的池子越大,放养密度越小,一般为 0.2~2 条鳄/m²。饲养池具有扬子鳄自然生活环境的基本特征,池中有土岛(约占池面积的三分之一)供鳄晒太阳和休息,岛上有少量植被,池中水深 0.5~1.0 m。在冬眠期(12 月至翌年 3 月),扬子鳄在人工控温的越冬房内越冬,在越冬房内鳄卧伏于水泥地面上,人工给其洒水保湿^[10]。

1.2 测量方法 在 4~11 月的每月中旬,从相同的分龄饲养池中随机抓捕扬子鳄。捕鳄时,首先观察鳄活动情况,确定所要捕的鳄已停留于水中约 1 h 以上,其次选择在当日不喂食期间,一般在 10:00~17:00 时。用套绳捕起鳄后,立即测量其肛温和体表温以及体长等数据,同时测量当时的气温及饲养池内水温。在 12 月至翌年 3 月的每月中旬,9:00~16:00 时在相

同的越冬房内随机抽取越冬鳄,测量其肛温、体表温及体长,随后测量室温及鳄卧伏处的地表温。所测量的鳄中体长小于 70 cm 的鳄不能鉴定性别,这部分鳄的数据不被用于性别与体温关系的分析,其余个体均鉴别性别。

以肛温代表扬子鳄的体温。肛温是用温度计插入鳄泄殖腔内深处测得,插入深度随鳄体长大小而定,鳄越大,插入得越深。一般地,鳄体长在 100 cm 以下,插入约 2~3 cm 深;鳄体长在 100 cm 及其以上,插入约 3~5 cm 深。体表温是在鳄左腹侧后肢前窝处测得。所有温度都用同一根水银温度计(刻度范围 0~100℃,精确度 0.5℃)测量,测温时长持续 1 min 以上。

1.3 数据分析 所测量的数据经过整理后,由 SPSS 11.0 统计软件进行分析。经 Lillifors 统计检验法检验,得出多数观测数据呈非正态分布,对这些非正态分布的数据采用非参数检验。

2 结果

2.1 扬子鳄的体温与体长和性别的关系 每月所测量的扬子鳄体长和体温均值被列于表 1,其中 10 月份因故没有测量。经过非参数 Spearman 方法分析,得出扬子鳄的体温与体长间的相关系数为 $r = 0.074$ ($n = 183$), $P = 0.317$ (> 0.05),所以扬子鳄的体温与体长间不具有显著的相关性,即扬子鳄的体温不受其体长大小影响。雌、雄扬子鳄的年体温均值各为 $(17.81 \pm 8.56) ^\circ\text{C}$ ($n = 69$)、 $(20.81 \pm 9.69) ^\circ\text{C}$ ($n = 42$)。应用非参数独立样本检验中的 Mann-Whitney Test 分析,得出雌、雄扬子鳄体温间无显著性差异 ($P = 0.078$, $n_{\text{雄}} = 42$, $n_{\text{雌}} = 69$),即扬子鳄的体温与性别无关。

2.2 扬子鳄的体温与环境温度的关系 根据扬子鳄在活动期和越冬时所处的时期及环境的不同,其体温与环境温度的关系被分成活动期与冬眠期二个阶段来处理(表 1)。在活动期,环境温度是水温和气温,使用非参数独立样本检验中的 Mann-Whitney Test 分析,鳄体温与水温之间,以及鳄体温与气温之间均无显著性差异 (P 分别为 0.891 及 0.900, 平均 > 0.05)。在冬

眠期, 环境温度是地表温和室内气温, 鳄鱼体温与地表温之间 $P = 0.338 (> 0.05)$, 鳄鱼体温与室内气温之间 $P = 0.032 (< 0.05)$, 说明鳄鱼体温与地

表温间无显著性差异, 而与室内气温间有显著性差异。

2.3 扬子鳄的体温与体表温的关系 尽管扬

表1 扬子鳄的体长、体温、体表温及其周围的环境温度(Mean±SD)

Table 1 Body length, body temperature and body surface temperature of alligators and environmental temperature

月 Month	样本数 Sample size	体长 Body length (cm)	体温 Body temperature (°C)	体表温 Body surface temperature (°C)	活动期 Active period		冬眠期 Hibernating period	
					水温 Water temperature (°C)	气温 Air temperature (°C)	地表温 Ground surface temperature (°C)	室内温度 Air temperature in room(°C)
1	23	139.20±46.52	7.85±1.78	7.19±1.71			7.73±1.74	8.83±1.57
2	23	103.31±19.37	9.49±0.14	9.56±0.12			9.89±0.09	10.27±0.20
3	24	123.53±33.71	11.05±0.87	10.51±0.52			11.53±0.92	13.06±1.19
4	13	113.16±19.40	20.78±0.82	20.97±0.05	20.54±0.92	21.67±1.16		
5	14	124.58±25.13	24.03±1.61	24.38±0.43	24.02±0.04	23.21±0.11		
6	12	127.89±20.56	25.47±0.44	25.81±0.41	26.04±0.91	26.70±0.65		
7	13	119.71±45.42	30.83±1.23	29.25±2.13	29.84±0.95	30.08±1.35		
8	14	117.13±38.20	31.87±1.41	31.03±1.58	31.86±1.16	32.46±2.76		
9	12	124.81±17.37	25.89±2.83	24.57±1.67	26.26±2.24	26.05±3.83		
11	11	103.07±36.47	12.93±0.22	12.71±0.35	12.91±0.16	11.87±0.25		
12	24	96.64±32.15	11.37±0.85	11.06±0.16			11.46±0.75	12.20±0.21
全年 Yearly	183	116.83±32.26	18.81±8.08	18.10±8.93	25.42±5.20	25.50±5.92	10.62±1.74	11.14±2.61

子鳄的体温与体表温的数据是配对样本(表1), 但属于非正态分布, 因此, 采用非参数相关样本检验中 Wilcoxon Signed Ranks 和 Sign 两种方法检验, 结果都得出体温与体表温之间无显著性差异($P > 0.05, n = 183$)。

3 讨论

3.1 影响扬子鳄体温的因素 本文研究结果表明, 扬子鳄的体温变化不受其体长及性别的影响, 而受其所在环境的温度影响, 与其接触的环境介质温度密切相关。本研究中, 在活动期扬子鳄长期沉浸在水体中, 而在冬眠期长期接触水泥地面, 它们的体温与这些介质的温度均无显著性差异。因此, 长期接触的介质温度决定了扬子鳄体温的高低。在活动期, 虽然鳄在陆地上晒太阳能提高其体温, 但这种变化是短暂的。王华等观察到扬子鳄在水中的活动最多, 占 62.1%^[9]; 张方等观察到扬子鳄在水中活动行为有休息、潜水和游泳, 其中潜水和游泳行

为日分配率约为 49%^[11]。这些研究显示, 在活动期扬子鳄主要生活于水体中, 水温控制着鳄鱼体温的波动。Fish 等也认为水环境作为一种高效而稳定的热环境对于鳄类保持稳定的体温意义重大^[12]。由于水环境的作用, 扬子鳄能在较大的气温范围内生存。据我们观察, 自然条件下无洞穴的成年扬子鳄能在水中安全越冬, 它一般沉于深水中, 以避免寒冷天气冻伤, 如果水面结冰, 对它也无伤害, 只需从水下将冰面破个洞, 透气呼吸; 扬子鳄原生活于亚热带, 但也能在中国最南端属于热带地区的海口生存繁殖^[13], 也要归功于水的作用, 因为为了躲避热带的高温气候, 它得终日沉于水中。在冬眠期, 本研究中的扬子鳄在人工条件下越冬, 属于逼迫选择环境冬眠。在此方式下所测得的鳄鱼体温与自然状态下的有所不同, 但是其体温高低受到接触的介质温度影响是肯定的。

3.2 扬子鳄体温的范围 本研究测得, 扬子鳄的体温范围在活动期是 15.5~ 33.5 °C ($n = 89$);

在 7~ 8 月的高温天气期间是 28.9~ 33.5℃, 平均为 (31.5 ± 0.97)℃ (n = 27)。研究表明, 扬子鳄在环境温度为 28~ 32℃ 时处于食欲最旺盛期^[13]。结合本文的研究, 可初步认为扬子鳄的偏爱体温范围是 28~ 33℃。偏爱体温是爬行动物自主调节体温后的体温结果, 是爬行动物正常生理代谢所需要的适宜体温^[1, 8]。

关于扬子鳄体温的上限, 即其能耐受的最高体温, 可通过鳄在陆地上晒太阳后自动逃避时的体温来认定。Seebacher 等通过植入鳄体内的带有测温功能的无线电发射器, 遥测得到湾鳄和澳大利亚鳄在陆地晒太阳达到最大体温后, 需进入水里进行降温, 以维持体温的平衡^[8, 14]; 王华等^[5]观察到扬子鳄在陆地气温较高时会潜入水中, 表明此时其体温已达最高临界温度, 为了避免伤害, 必须进入相对低温的水环境中。因此, 扬子鳄在晒太阳后下水之前, 已达到最大体温。根据在 8 月的高温天气里测得扬子鳄晒太阳后自动下水之前的体温为 33.7℃ (n = 3), 估计扬子鳄的体温上限约是 34℃。

扬子鳄的偏爱体温有一定范围的限制, 这要求其环境温度不能较大地超过它的体温范围。在适宜温度内, 扬子鳄摄食最旺盛, 消化功能最好, 生长也最快。当环境温度超过它们的体温范围时, 其摄食减少或停止, 生长将受阻, 对扬子鳄的饲养造成不良影响; 如果环境温度超过它们的耐受温度上限, 它们还可能因过热而受伤或致死。因此, 在人工饲养时, 采取人工措施辅助扬子鳄体温调节, 以达到扬子鳄饲养的较佳效果。例如, 在炎热的夏天, 在扬子鳄饲养池水面放养水葫芦或浮萍, 或在饲养池上架设遮荫网; 在寒冷的冬天, 在人工控温的饲养房内养鳄。

据报道, 在摄食或繁殖时期的性腺发育阶段、怀孕期以及地域不同等情况下, 同种鳄的偏爱体温范围会产生变化; 由于环境状况不同, 鳄在人工饲养与自然条件下的偏爱体温范围也会不同^[6~ 8]。本研究中, 所测得的体温是在人工

饲养、非摄食期及非繁殖的情况下获得, 所以得出的扬子鳄偏爱体温范围具有其局限性。其他状态下扬子鳄的偏爱体温范围有待于研究。

参 考 文 献

- [1] Smith E N. Behavioral and physiological thermoregulation of crocodilian. *American Zoologist*, 1979, **19**: 239~ 247.
- [2] Avery R A. Field studies of body temperature and thermoregulation. In: Gans C, Pough F H eds. *Biology of the Reptilia*. New York: Academic Press, 1982, **12**: 93~ 116.
- [3] Huey R B. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In: Gans C, Pough F H eds. *Biology of the Reptilia*. New York: Academic Press, 1982, **12**: 25~ 91.
- [4] Grenard S. *Handbook of Alligators and Crocodiles*. Malabar: Krieger Publishing Company, 1991, 50~ 51.
- [5] 王华, 王正寰, 王震伟等. 人工饲养条件下扬子鳄的行为体温调节. *动物学杂志*, 2006, **41**(6): 60~ 66.
- [6] Lang J W. Thermophilic response of the American alligator and the American crocodile to feeding. *Copeia*, 1979, (1): 48~ 59.
- [7] Johnson C R, Webb G J W, Tanner C. Thermoregulation in crocodilian II. A telemetric study of body temperature in the Australian crocodiles, *Crocodylus johnstoni* and *Crocodylus porosus*. *Com Biochem Physiol A*, 1976, **53**: 143~ 146.
- [8] Seebacher F, Grigg G C. Patterns of body temperature in wild crocodiles, *Crocodylus johnstoni*: thermoregulation versus thermoconformity, seasonal acclimatization, and the effect of social interactions. *Copeia*, 1997, (3): 549~ 557.
- [9] Johnson C R. Thermoregulation in crocodilians I. Head body temperature control in the Papuan New Guinean crocodiles, *Crocodylus novaeguineae* and *Crocodylus porosus*. *Comp Biochem Physiol A*, 1974, **49**: 3~ 28.
- [10] 周永康, 谢万树. 扬子鳄的越冬管理. *四川动物*, 2000, **19**(1): 43~ 44.
- [11] 张方, 吴孝兵, 朱家龙等. 夏秋两季饲养条件下扬子鳄的行为谱和活动节律初步研究. *水生生物学报*, 2005, **29**(5): 488~ 494.
- [12] Fish F E, Cosgrove L A. Behavioral thermoregulation of small American alligators in water: postural changes in relation to the thermal environment. *Copeia*, 1987, (3): 804~ 807.
- [13] 汪仁平, 周应健, 王朝林等. 扬子鳄生活习性与环境温度的关系. *动物学杂志*, 1998, **33**(2): 32~ 35.
- [14] Seebacher F. Dinosaur body temperatures: the occurrence of endothermy and ectothermy. *Paleobiology*, 2003, **29**(1): 105~ 122.