

灰冠鹤雏鸟的生长发育

田秀华 石全华 张冬冬 余溢

(东北林业大学 哈尔滨 150040)

摘要: 1999~2000年对哈尔滨动物园8只灰冠鹤(*Balerica regulorum*)雏鸟的生长发育进行了观察,并对雏鹤恒温能力的发育进行测定。发现灰冠鹤体重、喙峰、跗跖和翼4个生长指标的增长曲线均呈“S”型。利用 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 生长曲线分别对其进行回归分析,发现3种曲线的回归效果均较好,其中 Logistic 曲线的回归效果最佳。显示出雏鹤外部体征发育呈现一定的顺序,符合重要功能优先发育的原则。灰冠鹤雏鸟的体温调节能力在5~10日龄发育最快,到40日龄体温基本恒定,达到成鸟体温。根据灰冠鹤的发育规律,可将其生长分为4个阶段:(1)0~5日龄,体重下降,体温调节能力很低;(2)6~30日龄,体重开始增长,喙峰增长速度达到顶峰,体温调节能力明显增强;(3)31~80日龄,体重、跗跖和翼快速生长,体温基本恒定;(4)81~135日龄(离巢),体重及各外部体征的生长都很缓慢,体型已接近成体,不断完善身体各部的机能。

关键词: 灰冠鹤 雏鸟生长发育 体温调节能力 Logistic 回归曲线

中图分类号:Q494 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)04-17-05

The Growth of Nestlings Grey-crowned Crane

TIAN Xiu-Hua SHI Quan-Hua ZHANG Dong-Dong YU Yi

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Growth of 8 nestlings of the Grey-crowned Crane (*Balerica regulorum*) from the day hatched (0 day) to 135 days old was observed and described, and their thermoregulation ability was measured. The body growth indexes (body weight, length of culmen, tarsus and wing) showed a “S” shape. Logistic, Gompertz and Von Bertalanffy models were used to describe the body growth. The results revealed that Logistic curve was perfectly matched to all the indexes, with the value of R^2 0.998 for body weight, 0.931 for culmen length, 0.990 and 0.990 for tarsus and wing, respectively. The Asymptote of body weight for the nestlings was 3 021.798 which was less than that for adult cranes; the max-growth velocity (inflexion of Logistic curve) was 31.37 g/d which occurred in 48.16 days old. Inflexion of the others indexes were appear in 19.97 days old for culmen length, 32.86 day old for -age tarsus length and 43.70 for wing. The body development followed the principle that the body part with most important function had been developed earlier.

Body temperature of nestlings kept increasing until 41 days old, then became as same as adults stable at 40.2°C. The body temperature increased very raptly during 0 to 5 days of life and their ability of thermoregulation of was not developed well. However, their Thermoregulation Ability increased rapidly at age of 6 to 10 days according to the index.

The process of growth of nestlings can be divided into four phases: (1) 0-5 day old when body weight was decreased with no development in culmen, tarsus, and wings; their thermoregulation ability was low. (2) 6-30 days

old, body weight started increasing; culmen developed fast; the thermoregulation ability enhanced observably. (3) 31-80 day old, body weight, length of tarsus and wings increased rapidly; body temperature stable. (4) 81-135 days old, nestlings left the nest and their body characters were more close to adults and all the indexes was changed slowly.

Key words Grey-crowned Crane; Growth of nestling; Thermoregulation ability; Logistic Regression

灰冠鹤 (*Balerica regulorum*) 又名东非冠鹤、非洲冕鹤。隶于鹤形目 (Gruiformes) 鹤科 (Gruidae) 冠鹤亚科 (Subfamily Balaericinae)。已被确认有 2 个亚种: 东非亚种 (*B. r. gibbericeps*) 分布于东非, 从乌干达北部和肯尼亚南部到津巴布韦、博茨瓦纳和纳米比亚; 指名亚种 (*B. r. regulorum*) 生活在津巴布韦和南非, 目前全世界灰冠鹤的数量约 85 000 ~ 95 000 只^[1]。我国动物园从 20 世纪 80 年代开始引进灰冠鹤, 到 2004 年国内共饲养灰冠鹤近 400 只。很多动物园已建立稳定的繁殖种群, 并从单纯的展览种群逐渐转为科研和易地保护种群。然而, 国内有关灰冠鹤的研究仅限于饲养和疾病情况的简单介绍^[2,3]。为了不断提高灰冠鹤繁殖率、扩大人工饲养种群和积累鹤类易地保护经验, 本文对灰冠鹤雏鸟的生长发育进行了研究。

1 材料与方法

研究对象是哈尔滨动物园 1999 年 4 月、6 月及 2000 年 2 月利用人工孵化和亲鸟自然孵化相结合孵化出的 8 只灰冠鹤, 健康状况良好, 在整个生长发育过程中未曾感染疾病。

灰冠鹤雏鸟出壳当天计为 0 日龄, 第 2 d 计为 1 日龄, 以下依次类推。定时测量灰冠鹤的生长指标, 包括: 体重、嘴峰长、翅长, 观察记录羽毛生长及体温的变化情况。灰冠鹤幼雏生活于可自动控温的育雏箱内, 育雏箱内温度在雏鸟 0 日龄时为 32℃, 1~3 日龄时为 31℃, 4~5 日龄为 30.5℃, 6 日龄为 30℃, 7 日龄为 29.5℃, 8~10 日龄为 29℃, 11 日龄为 28℃。保持此温度至 30 日龄, 幼雏转出育雏箱, 圈养在育雏室内, 用红外线灯泡供暖。同时从 0 日龄到 50 日龄每日将雏鹤暴露于 25℃ 室温条件下到体温恒定后测定体温。

文中数据用 SPSS 11.5 统计处理。

2 结果

2.1 灰冠鹤生长模式

2.1.1 体重的增长 灰冠鹤是早成鸟, 出雏 1~2 h 便能站立行走, 初生雏鸟体重 (111.0 ± 14.8) g ($n=8$)。因为初生雏鸟要排出胎便和吸收体内残余卵黄, 同时摄食较少, 出生后 5 日龄内体重负增长, 减重后达 (86.5 ± 15.2) g ($n=8$), 占雏鸟初重的 7.2% ~ 16.2%。之后, 雏鸟体重逐渐增长, 在不同日龄增长幅度有所不同。6~30 日龄, 体重增长缓慢, 平均每天增长 (28.2 ± 5.9) g; 50 日龄左右体重增长最快; 80 日龄时体重为 (2750 ± 42.3) g, 之后体重增长缓慢。一般认为, 鸟类的生长曲线呈“S”型, 符合 Logistic、Gompertz 或 Von Bertalanffy 生长模型。对 3 种模型进行非线性回归发现, 灰冠鹤体重增长 Logistic 曲线拟合度最高 (Logistic: 0.998 4; Gompertz: 0.997 0; Von Bertalanffy: 0.994 7)。本文采用 Logistic 曲线描述灰冠鹤雏鸟体重的增长, 回归方程为:

$$W = 3021.7989(1 + 40.8046e^{-0.0770 \cdot t})$$

其中 W 为雏鸟体重 (g), t 为雏鸟的日龄 (d)。

从拟合方程来看, 灰冠鹤的渐近线体重为 3021.7989, 生长速率 r 为 0.0770。根据 Logistic 曲线本身的性质, 可以知道灰冠鹤雏鸟的体重增长率在体重 W 为 $K/2$ (1510.9 g) 时达到最大, 为 31.37 g/d, 此时为 48.16 日龄, 即为 Logistic 曲线拐点。图 1 为灰冠鹤雏鸟体重从 1 日龄到 130 日龄的增长曲线。

2.1.2 外部体征的生长 灰冠鹤初生雏鸟嘴尖部灰黑色, 上喙有一约 0.2 cm × 0.1 cm 大小的白色骨质卵齿, 下喙颜色与上喙相似, 但被有白色绒毛, 眼圈周围为青黑色裸区, 脸颊部有明

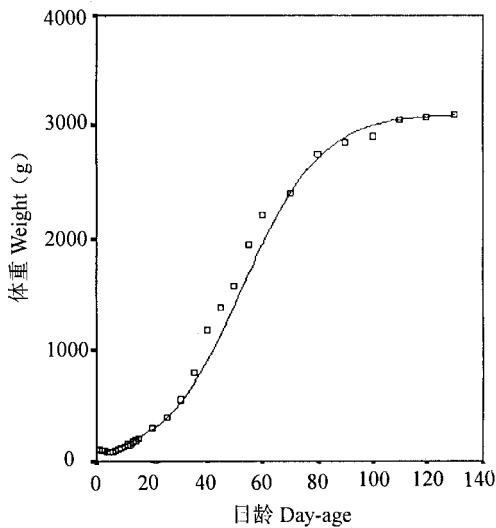


图 1 灰冠鹤雏鸟体重增长曲线

Fig. 1 Body weight-increasing curve of nestlings

显的白色耳区。幼雏身被棕黄色绒毛,胸腹部羽色相近,均为棕红色,只是腹部颜色较浅,背部和腰部分别有一“八”字形白色绒毛区,在两绒毛区之间的毛色较深,呈灰黑色,翅边缘绒毛为黑色。

随着日龄的增加,嘴尖颜色逐渐加深,卵齿逐渐缩小,至 16~18 日龄时消失。眼前的裸区也逐渐消失,耳区范围不断扩大,颜色也由原来的白色向米黄色转变,14 日龄后,枕部绒毛突出,28 日龄时,隐约可见羽冠轮廓。47 日龄时,可清晰见到散乱的羽冠,56 日龄时,羽冠开始呈有序的放射状生长。

灰冠鹤刚出生时跗跖为粉红色,膝关节和脚掌处为青色,爪为黑色,脚上鳞的类型不明显。38 日龄时,跗跖前关节为淡黑色,后为粉白色,此时清晰可见跗跖前侧为规整的盾状鳞,后侧为网状鳞,趾上侧为盾状鳞,下侧为网状鳞。70 日龄时,跗跖长达 (22.4 ± 1.6) cm,为成鸟跗跖长的 97.3%,95 日龄时,达到成鸟的长度 (23.5 ± 1.3) cm。

灰冠鹤 17~18 日龄开始萌发初级飞羽(P)、次级飞羽(S)和尾羽(R),初级飞羽的生长顺序为: $P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5 \rightarrow P_1 \rightarrow P_6 \rightarrow P_7 \rightarrow P_8 \rightarrow P_9 \rightarrow P_{10}$;次级飞羽的生长顺序为: $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4 \rightarrow \dots \rightarrow S_{21} \rightarrow S_{22} \rightarrow S_{23}$;尾羽同时生长。小翼羽(A)在 30 日龄开始萌发羽芽,生长顺序为: $A_2 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3 \rightarrow A_4$ 。

本文选择 3 个具有代表性的外部体征作为生长指标进行定期测量,包括嘴峰、跗跖和翅,并采用 3 种生长曲线(同 2.1.1),结果显示 3 种指标的生长模式均较符合 Logistic 曲线(表 1)因而采用 Logistic 曲线进行回归,结果见表 2、图 2。

表 1 灰冠鹤外部体征的生长 3 种曲线拟合度 (R^2)

Table 1 R^2 value of 3 models of growth indexes of nestlings

体征 Indexes	Logistic	Gompertz	Von Bertalanffy
嘴峰 Culmen	0.931 3	0.916 7	0.911 0
跗跖 Tarsus	0.990 5	0.981 9	0.975 9
翅 Wing	0.990 0	0.976 7	0.968 4

表 2 灰冠鹤 3 个生长指标 Logistic 曲线拟合结果

Table 2 Results of Logistic regression of 3 growth indexes of nestlings

体征 Indexes	渐近线 Asymptote	拐点 Inflexion	最大增长率 Max-growth velocity	Logistic 拟合方程 Equal of Logistic Regression
嘴峰 Culmen	5.837 1	19.97	0.15	$W = 5.837 1 / (1 + 2.268 0 \cdot e^{-0.041 0 \cdot t})$
跗跖 Tarsus	23.512 7	32.86	0.36	$W = 23.512 7 / (1 + 7.064 5 \cdot e^{-0.059 5 \cdot t})$
翅 Wing	79.688 4	43.70	0.91	$W = 79.688 4 / (1 + 26.182 3 \cdot e^{-0.074 7 \cdot t})$

2.2 灰冠鹤恒温发育 平均体温随恒温能力的发育过程提高是反映雏鸟恒温能力的指标之一^[4],灰冠鹤雏鸟的体温随日龄增长不断升高:1~10 日龄时,雏鸟体温在 38.3~39.3℃ 之间

波动,平均体温为 (38.8 ± 0.38) ℃,较成鹤体温低 1~2℃,雏鸟对外界环境温度依赖性大;11~30 日龄雏鸟平均体温为 (39.3 ± 0.18) ℃,与前 10 d 相比波动较小;至 40 日龄时,雏鸟体温

与成鸟体温基本相同,不再受外界温度变化干扰。为了能更清楚地了解灰冠鹤雏鸟体温调节能力的发育情况,选取 25℃ 室温条件下测定不同日龄的体温调节力指数(雏鸟体温与室温之差/成鸟体温与室温之差)^[5] 结果见图 3。体温

调节力指数随日龄的增加不断升高,在 5 日龄之前体温的调节能力不强且变化不大;6 日龄到 10 日龄,雏鸟的体温调节能力急剧增强;10 日龄之后呈缓慢增长直到 40 日龄之后达到成鸟的水平。

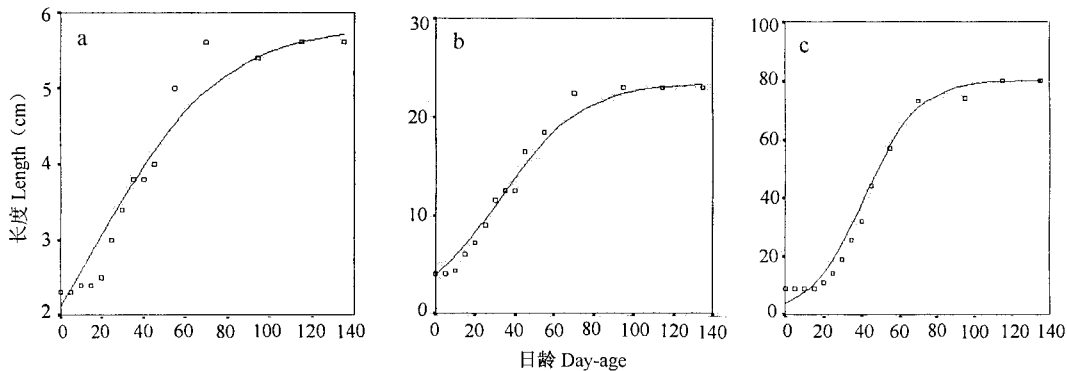


图 2 灰冠鹤雏鸟嘴峰、跗跖及翼的生长曲线

Fig. 2 Growth curve of culmen, tarsus and wing of nestlings of Grey-crowned Crane

a 嘴峰; b 跗跖; c 翼。

A :Culmen ; b :Tarsus ; c :Wing.

灰冠鹤属早成鸟,出生就具有一定的恒温能力。5 日龄之前,相比置于 30~32℃ 育雏箱内的雏鹤,置于室温 25℃ 条件下的雏鹤体温要低 1~2℃,且不断颤抖产热,说明在这段时间雏鹤的体温调节机制还不健全,体温在一定程度上依赖于外界温度。

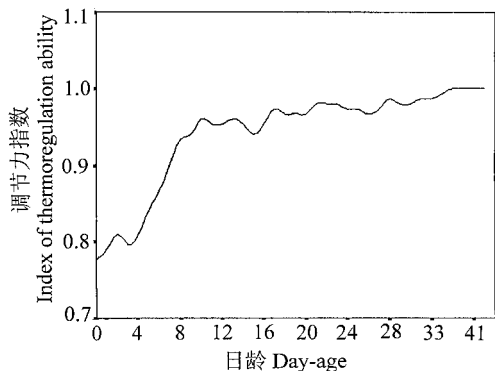


图 3 灰冠鹤体温调节力指数与日龄关系

Fig. 3 The relationship between index of thermoregulation ability and age of nestlings

幼鸟的体重或其他量度所达到的最大值,即渐近线,与成体重量或其他现行量度的平均值之比 R 的大小, R 的大小具有 3 种情况 (1) $R > 1$ (2) $R = 1$ (3) $R < 1$ ^[6]。因而将 Logistic 曲线(或其他‘S’型曲线)的渐近线理解为成年动物的最大体重是不准确的^[7]。本文采用 Logistic 曲线拟合雏鸟体重和各体征的发育情况表明,灰冠鹤生长曲线的大小 $R < 1$ (表 3),这可能与灰冠鹤的生态特征有关,灰冠鹤生活在热带地区,全年食物丰富度高,而灰冠鹤巢大多数建在地面,防御能力差,因而选择较早独立觅食,之后完成剩余生长。

另外,文中 3 种生长曲线对灰冠鹤雏鸟的生长发育都有较高的拟合度,但总体来讲无论是雏鸟体重的增长,还是雏鸟外部体征的生长都是 Logistic 曲线更为合适。这 3 种生长曲线虽然在达到拐点时的体尺是相同的,但达到拐点的时间不同,Logistic 曲线的拐点出现在生长总量的 1/2, Gompertz 曲线拐点出现在生长总量的 1/e,而 Von Bertalanffy 曲线拐点出现在生长总量的 8/27^[8]。这 3 种曲线代表了 3 种生长模

3 讨论

3.1 生长曲线特征 生长曲线的大小是指由

式,但并不能完全真实描述生长过程,只是用于比较研究的一个参照尺度^[6]。

表 3 灰冠鹤雏鸟与成体的体尺特征

Table 3 Body size of nestlings and adults of Grey-crowned Crane

	体重 Animal heat (g)	嘴峰 Culmen (cm)	跗跖 Tarsus (cm)	翼 Wing (cm)
渐近线 Asymptote	3 021.798 9	5.837 1	23.512 7	79.688 4
成体 Adult*	3 469.5	6.0	25.7	82.8
R	0.87	0.97	0.91	0.96

* 成体灰冠鹤的体尺 2002 年测定于哈尔滨动物园。

* The body size of adult Grey-crowned Cranes were measured in 2002 at Harbin Zoo.

3.2 外部体征的相对生长 灰冠鹤外部体征的生长似乎呈现出一定的顺序,遵循着重要功能优先发育的原则^[6]。如表 2 所示,嘴峰是与获得食物有关的器官,发育最早,拐点出现在 30 日龄以内;之后是支撑身体的跗跖,拐点在 32 日龄左右;最后发育的是飞翔器官——翼,因为飞翔一般发生在身体所有基本机能完善之后。

3.3 灰冠鹤雏鸟的发育阶段 根据灰冠鹤雏鸟的发育模式,可以将其分为 4 个发育阶段:(1)0~5 日龄,在这一阶段中雏鸟的体重呈下降趋势,雏鹤的嘴峰、跗跖和翼基本不生长或稍有生长;体温升高迅速但体温调节能力的增强

不明显。(2)6~30 日龄,雏鸟体重开始增长;嘴峰的生长迅速;体温逐渐上升,体温调节能力迅速增强。(3)31~80 日龄,体重迅速增长;跗跖和翼生长迅速,体温逐渐达到恒定。(4)80 日龄~离巢(即人工育雏期结束 135 d),体重及各外部体征的生长都很缓慢,体型已接近成体,不断完善身体各部的机能。

参 考 文 献

- [1] David H Ellis, George F Gee, Claire M ed. *Cranes: Their Biology, Husbandry, and Conservation*. Washington DC: Department of the Interior, National Biological Service Press, 1996, 268 ~ 269.
- [2] 田秀华,李明. 灰冠鹤在高纬度地区的饲养与繁殖. *野生动物* 2002, 23(3): 35 ~ 37.
- [3] 高东梅,耿向东. 一例灰冠鹤呼肠孤病毒诊疗过程. *畜牧兽医科技信息* 2005, 21(6): 80.
- [4] 文祯中,孙儒泳. 牛背鹭的繁殖、生长和恒温能力发育的研究. *动物学报*, 1993, 39(3): 263 ~ 270.
- [5] Ricklefs R E, Hainsworth F R. Temperature relation in nesting tactus wrens. *The Development of Homeothermy London*, 1968, 70(2): 121 ~ 127.
- [6] 郑光美主编. *鸟类学*. 北京:北京师范大学出版社, 1995, 281.
- [7] 苏建平,刘季科. 甘肃鼠兔幼子生长的初步研究. *兽类学报* 2001, 21(2): 94 ~ 100.
- [8] 杨海明,徐琪,戴国俊. 禽类三种常用生长曲线浅析. *中国农禽* 2004, 8(1): 164 ~ 166.