

# 七种圈养鹤的部分血液生化指标分析

刘赫<sup>①</sup> 段鹤君<sup>②\*</sup> 杨明海<sup>①</sup> 罗毅<sup>①</sup>

① 北京动物园, 圈养野生动物技术北京市重点实验室 北京 100044; ② 北京市疾病预防控制中心  
食物中毒诊断溯源北京市重点实验室 北京 100013

**摘要:** 为探索圈养鹤类的血液生化指标差异, 本研究对白鹤(*Grus leucogeranus*)、丹顶鹤(*G. japonensis*)、黑冠鹤(*Balearica pavonina*)、黑颈鹤(*G. nigricollis*)、灰冠鹤(*B. regulorum*)、蓝鹤(*Anthropoides paradiseus*)和白枕鹤(*G. vipio*)的10项血液生化指标(总胆固醇、甘油三酯、总蛋白、白蛋白、球蛋白等)进行统计分析, 并与国际物种信息系统(ISIS)提供的数据进行比较。结果表明, 1) 不同鹤类之间总胆固醇差异显著, 而甘油三酯和血糖没有显著性差异, 除了黑颈鹤和灰冠鹤的总胆固醇以及蓝鹤的血糖外, 其余鹤类的常值均高于ISIS的平均值。2) 不同鹤类之间的总蛋白、球蛋白和白蛋白的浓度差异显著, 但总蛋白、球蛋白和白蛋白均在ISIS的正常范围内。3) 不同鹤类间肌酐和尿酸不具有显著性差异, 其中尿酸低于ISIS平均值, 但仅尿素氮差异显著。不同鹤类之间血液生化指标存在差异, 与圈养鹤的营养水平和环境有关。因此血液生化指标对于圈养鹤类营养状态和健康情况的判断具有重要参考价值, 对圈养动物饲养管理具有重要的指导作用。

**关键词:** 圈养鹤; 血液样本; 生化指标; 种间比较

**中图分类号:** Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2017) 04-598-09

## Comparison of Serum Biochemical Indices in Seven Captive Cranes Species (Gruiformes)

LIU He<sup>①</sup> DUAN He-Jun<sup>②\*</sup> YANG Ming-Hai<sup>①</sup> LUO Yi<sup>①</sup>

① *Beijing Key Laboratory of Captive Wildlife Technology, Beijing Zoo, Beijing 100044;* ② *Beijing Municipal Key Laboratory of Food Poisoning Diagnosis Traceability Technology, Beijing Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100013, China*

**Abstract:** For exploring the differences of serum biochemical indices for seven captive cranes species (Gruiformes), including Siberian Crane (*Grus leucogeranus*), Red-crowned Crane (*G. japonensis*), Black-crowned Crane (*Balearica pavonina*), Black-necked Crane (*G. nigricollis*), Grey-crowned Crane (*B. regulorum*), Blue Crane (*Anthropoides paradiseus*) and White-naped Crane (*G. vipio*), ten biochemical indicators including total cholesterol, triglyceride and serum glucose were measured in this study (Table 1). Then, these measured values were compared with the average values provided by International Species Information System (ISIS) (Table 2). All data were determined for assumption of normality by Shapiro-Wilk

**基金项目** 北京市公园管理中心科研项目 (No. ZX20170), 北京首发项目 (No. 2011-1013-01);

\* 通讯作者, E-mail: dhj@vip.163.com;

**第一作者介绍** 刘赫, 女, 博士; 研究方向: 动物学; E-mail: liuherstar@yahoo.com。

收稿日期: 2017-01-03, 修回日期: 2017-03-14 DOI: 10.13859/j.cjz.201704007

test and homogeneity of variance by Welch's test. One sample *T*-test was used to compare with the average value of ISIS. LSD or Tamhane's test was performed in different crane species, depending on the variances. The results indicated that, 1) there was significant difference on total cholesterol, however, no significant difference on triglyceride and serum glucose among these seven crane species. Except for total cholesterol of Black-crowned Crane, total cholesterol of Grey-crowned Crane and serum glucose of Blue Crane, other indicators are higher than the average value of ISIS (Table 2). 2) There are significant differences in the concentration of total serum protein, albumin and globulins among these seven cranes species, with all these biochemical indicators in the range of ISIS (Table 3). 3) There are no significant differences in the level of serum creatinine and uric acid, with the concentration of uric acid lower than the average value of ISIS, however, there is significant difference of the urea nitrogen among these seven crane species (Table 4). The significant differences of serum biochemical indicators among crane species were mainly caused by feed and environmental factors. So the biochemical indicators of cranes provide an important reference for nutritional situation and healthy judgment, also a guiding role to breeding management for the captive animals.

**Key words:** Captive cranes; Serum samples; Biochemical indices; Comparison among species

鹤共有 15 种, 分布在全球五大洲, 其中 11 种是 IUCN 公布的受威胁物种 (埃利斯等 2003)。中国是鹤类种类最多的国家, 共有 9 种鹤分布。其中, 白鹤 (*Grus leucogeranus*) 被定义为极危等级, 白头鹤 (*G. monacha*)、白枕鹤 (*G. vipio*)、丹顶鹤 (*G. japonensis*)、黑颈鹤 (*G. nigricollis*)、赤颈鹤 (*G. antigone*) 是濒危等级 (Harris et al. 2013)。中国也是养殖鹤类最早的国家, 有研究表明在中国圈养鹤类的数量已经超过 1 000 只, 是动物园中重要的观赏鸟类 (苏化龙等 2000, 周大庆等 2015)。鹤类属于杂食性动物, 主要以植物的嫩芽及茎叶以及昆虫、螺类、鱼虾和蟹类等为食 (何晓瑞等 2000, 李晓民等 2005, 邹红菲等 2012, Li et al. 2014)。在圈养条件下, 由于饲料的营养供应丰富, 运动消耗减少, 鹤类的健康状况需要评估。

血液生化常值直接反映内环境状况, 是评估圈养鸟类健康状况的重要指标。同时, 血液样本的生化分析结果也是圈养动物疾病诊断的依据 (吴孔菊等 2007, 姚艳等 2015)。对雉鸡类血液生化数据分析较多, 例如黄腹角雉 (*Tragopan caboti*)、蓝马鸡 (*Crossoptilon auritum*)、藏马鸡 (*C. harmani*)、褐马鸡 (*C. mantchuricum*)、红腹锦鸡 (*Chrysolophus pictus*)、石鸡 (*Alectoris chukar*) 和环颈雉 (*Phasianus*

*colchicus*) 的血液生理生化指标均有测定 (唐朝忠等 1997, 王勇 2001, 李立等 2003, 陈玉琴等 2007), 发现不同种雉鸡的血液生理生化指标存在差异, 提示营养状况和个体差异是影响因素。鹤类的相关研究较少, Hawkey 等 (1983) 比较了 13 种鹤的血液细胞指标, Laura 等 (2015) 对白头鹤的血液生理生化指标进行了测定, 国内只有对丹顶鹤生理生化指标的研究 (曾祥伟等 2012), 其他鹤的生理生化指标还知之甚少。本研究对圈养七种鹤包括白鹤、丹顶鹤、黑冠鹤 (*Balearica pavonina*)、黑颈鹤、灰冠鹤 (*B. regulorum*)、蓝鹤 (*Anthropoide paradisea*) 和白枕鹤的血脂、血糖、血液蛋白及肾功能指标等生化指标进行测定, 计算圈养鹤类的血液生化常值, 并比较种间差异, 为鹤类的生态保护、人工饲养、营养代谢及疾病防治等研究提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 动物

北京动物园圈养白鹤 5 只、丹顶鹤 8 只、黑冠鹤 3 只、黑颈鹤 6 只、灰冠鹤 6 只、蓝鹤 5 只、白枕鹤 5 只。每日饲喂白鱼 (*Chanodichthys erythropterus*)、窝头、肉末等 (表 1)。

表 1 七种鹤类日粮组成及营养成分

Table 1 Compositions of formulated diets and nutrition for the seven crane species

	窝头 Steamed corn bread (g)	白鱼 Fish (g)	肉末 Beef (g)	玉米 Corn (g)	鸡蛋 Egg (g)	菜 Vegetable (g)	粗蛋白 Crude protein (%)	粗脂肪 Crude fat (%)	总膳食纤维 Total dietary fiber (%)
白鹤 Siberian Crane	200	200	100	100	50	30	31.35	10.44	2.89
丹顶鹤 Red-crowned Crane	400	650	150	150	75	30	35.06	10.12	2.86
黑冠鹤 Black-crowned Crane	250	50	100	150	50	50	25.23	8.96	3.19
黑颈鹤 Black-necked Crane	200	200	120	100	50	30	31.82	10.95	2.83
灰冠鹤 Grey-crowned Crane	300	50	100	100	50	60	26.78	8.88	3.81
蓝鹤 Blue Crane	200	50	100	210	50	30	23.40	8.97	1.68
白枕鹤 White-naped Crane	200	250	100	200	50	30	28.38	9.56	2.27

## 1.2 方法

2012 年的春季和秋季分别采集血液样本，右侧颈部静脉取血。检测样品为添加抗凝剂的原血血清，检测方法所需最小样本体积为 0.6 ml，故采集原血约 2.0 ml。样本冷链运输送至北京爱普益医学检验中心检测，其中总胆固醇、甘油三酯是氧化酶法、血糖是 GOD-PAP 法、总蛋白采用双缩尿法、白蛋白采用溴甲酚绿法、球蛋白和白蛋白与球蛋白的比值（白球比）通过总蛋白和白蛋白计算而来、尿酸采取尿酸酶法、肌酐采取酶法、尿素氮采取尿酶紫外速率法。

## 1.3 统计方法

实验数据用 SPSS 16.0 软件处理分析，结果以平均值  $\pm$  标准差表示。首先采用 Shapiro-Wilk 检验数据的正态性；如不符合正态分布，通过转换使数据符合正态分布假设。比较不同鹤类血液各生化指标与国际物种信息系统 (International Species Information System, ISIS) 相应指标均值用单一样本  $t$  检验 (One-sample  $T$ -test)。采用 Homogeneity of variance

检验方差齐性，倘若方差不具齐性，用 Welch's test 检验。方差齐性的指标采用 LSD 比较不同种鹤之间的差异；方差不具齐性的，采用 Tamhane's T2 比较不同种鹤之间的差异， $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 血液脂类和血糖指标

七种鹤的总胆固醇均值都在国际物种信息系统提供的范围内，其中白鹤、丹顶鹤、黑颈鹤、蓝鹤和白枕鹤的总胆固醇含量均低于国际物种信息系统所提供的平均值，只有黑颈鹤在统计上显著低于 ISIS 平均值 ( $t = -12.230$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0.05$ , 表 2)；黑冠鹤和灰冠鹤的均值高于 ISIS 的平均值，但只有黑冠鹤显著高于 ISIS 平均值 ( $t = 6.983$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0.05$ , 表 2)。鹤类之间总胆固醇差异显著 ( $F = 3.416$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.05$ )，但七种鹤的多重比较差异不显著 ( $P > 0.05$ )。七种鹤的甘油三酯均高于 ISIS 平均值 (表 2)，其中白枕鹤、黑冠鹤、灰冠鹤与 ISIS 比较差异显著 (白枕鹤  $t = 2.819$ ,  $df =$

表 2 七种鹤血脂和血糖的常值比较  
Table 2 The differences of serum lipid and serum glucose among the seven cranes species

样本量 Sample size	总胆固醇 Total cholesterol (mmol/L)				甘油三酯 Triglyceride (mmol/L)				葡萄糖 Serum glucose (mmol/L)			
	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean
白鹤 Siberian Crane	4.83 ± 1.69	2.38 ~ 7.41	4.97 ± 1.19	3.20 ± 2.26	0.57 ~ 6.27	2.80 ± 1.54	13.74 ± 0.73	10.21 ~ 18.09	13.43 ± 1.78			
丹顶鹤 Red-crowned Crane	3.67 ± 0.58	1.97 ~ 8.96	3.94 ± 1.24	2.89 ± 1.86	0.53 ~ 5.88	2.31 ± 1.21	15.55 ± 6.07	8.88 ~ 18.93	12.99 ± 1.83			
黑冠鹤 Black-crowned Crane	4.02 ± 0.25*	0.00 ~ 5.30	3.03 ± 0.96	2.33 ± 0.38*	0.43 ~ 1.95	1.04 ± 0.40	13.45 ± 0.39	7.00 ~ 22.17	13.10 ± 2.28			
黑颈鹤 Black-necked Crane	3.22 ± 0.25*	3.19 ~ 7.15	4.46 ± 1.04	2.06 ± 1.25	0.00 ~ 3.03	—	12.95 ± 1.17	10.38 ~ 15.76	11.93 ± 1.50			
灰冠鹤 Grey-crowned Crane	3.64 ± 0.44*	1.63 ~ 5.74	3.34 ± 0.80	2.70 ± 1.32*	0.60 ~ 3.96	1.22 ± 0.56	12.95 ± 1.47	0.00 ~ 19.89	12.94 ± 2.50			
蓝鹤 Blue Crane	2.80 ± 1.61	1.63 ~ 5.70	3.16 ± 0.80	2.09 ± 1.24	0.75 ~ 2.31	1.56 ± 0.95	9.53 ± 5.24	7.83 ~ 17.76	11.82 ± 1.83			
白枕鹤 White-naped Crane	3.49 ± 0.50	1.92 ~ 5.50	3.68 ± 0.80	1.68 ± 0.34*	0.57 ~ 6.27	1.25 ± 0.53	13.31 ± 1.11	9.27 ~ 19.09	13.21 ± 1.94			

\* 表示显著性差异，其显著高于或低于 ISIS 平均值。\* are significantly higher or lower than the ISIS average values.

4,  $P < 0.05$ ; 黑冠鹤  $t = -5.973$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0.05$ ; 灰冠鹤  $t = 2.729$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.05$ , 表 2), 但七种鹤的甘油三酯没有种间的显著性差异 ( $F = 0.707$ ,  $df = 6$ ,  $P > 0.05$ )。除了蓝鹤外, 白鹤, 丹顶鹤、黑颈鹤、黑冠鹤、灰冠鹤和白枕鹤的血糖值均略高于 ISIS 范围, 同样, 七种鹤的血糖均值也高于 ISIS 平均值, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ , 表 2), 且七种鹤的血糖浓度没有种间的显著性差异 ( $F = 1.501$ ,  $df = 6$ ,  $P > 0.05$ )。

## 2.2 血液蛋白指标

七种鹤的总蛋白、球蛋白和白蛋白均在 ISIS 的正常范围内 (表 3), 白鹤、丹顶鹤、黑颈鹤和灰冠鹤测得的总蛋白高于 ISIS 平均值, 而黑冠鹤、蓝鹤和白枕鹤的总蛋白测得值低于 ISIS 平均值, 但差异均不显著 ( $P > 0.05$ , 表 3)。七种鹤的白蛋白均低于 ISIS 平均值 (表 3), 但只有白鹤 ( $t = -4.916$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ )、白枕鹤 ( $t = -11.907$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ ) 和黑颈鹤 ( $t = -8.471$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.05$ ) 与 ISIS 平均值差异显著 (表 3); 黑冠鹤的球蛋白低于 ISIS 平均值, 其余鹤的球蛋白均高于 ISIS 平均值, 但只有白鹤与 ISIS 平均值差异显著 ( $t = 3.471$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ , 表 3)。七种鹤之间总蛋白、球蛋白和白蛋白的浓度种间具有显著性差异 (总蛋白  $F = 2.924$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.05$ ; 球蛋白  $F = 4.585$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.05$ ; 白蛋白  $F = 2.483$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.05$ )。其中, 白鹤的总蛋白浓度显著高于黑冠鹤、黑颈鹤、灰冠鹤和蓝鹤 ( $P < 0.05$ )。白枕鹤的白蛋白显著高于丹顶鹤、黑冠鹤、黑颈鹤、灰冠鹤和蓝鹤 ( $P < 0.05$ )。蓝鹤、白枕鹤和黑冠鹤的白球比较高, 丹顶鹤和灰冠鹤的白球比较低, 白鹤、黑颈鹤的白球比居中, 但白球比差异均不显著 ( $F = 2.304$ ,  $df = 6$ ,  $P > 0.05$ )。

## 2.3 血液肾功能指标

七种鹤的肌酐均低于 ISIS 的平均值, 其中白鹤、白枕鹤、丹顶鹤、黑冠鹤、灰冠鹤和蓝鹤差异显著 (白鹤  $t = -5.541$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ ; 白枕鹤  $t = -9.865$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ ; 丹顶鹤  $t = -6.662$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.05$ ; 黑冠鹤  $t = -10.826$ ,

$df = 2$ ,  $P < 0.05$ ; 灰冠鹤  $t = -8.344$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.05$ ; 蓝鹤  $t = -6.119$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ , 表 4), 白枕鹤的测定值低于参考范围, 且七种鹤的肌酐均未发现种间显著性差异 ( $F = 1.1133$ ,  $df = 6$ ,  $P > 0.05$ , 表 4)。尿酸均在参考范围内, 丹顶鹤、黑颈鹤和灰冠鹤的测定值高于 ISIS 平均值, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ , 表 4), 且七种鹤的尿酸均未发现种间显著性差异 ( $F = 0.811$ ,  $df = 6$ ,  $P > 0.05$ )。白鹤、黑颈鹤、黑冠鹤、灰冠鹤、蓝鹤和白枕鹤的尿素氮均低于 ISIS 平均值, 其中白鹤和灰冠鹤差异显著 (白鹤  $t = -3.599$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ ; 灰冠鹤  $t = -3.489$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.05$ , 表 4) 只有丹顶鹤的尿素氮高于 ISIS 平均值, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ , 表 4)。但尿素氮在不同鹤类具有种间差异 ( $F = 2.779$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.05$ ), 丹顶鹤的尿素氮显著性高于其他六种鹤 ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

国际鹤类基金会提供成鹤在繁殖期所需蛋白质为 20.5%, 维持期所需蛋白为 19.4%, 日粮主要以植物性饲料为主, 动物性饲料为 10% (Swengel et al. 2000)。本研究中圈养鹤的饲料组成中蛋白质的含量均高于此标准。七种鹤的饲料中, 黑颈鹤的粗脂肪含量最高, 白鹤的次之, 血液生化测定结果白鹤的总胆固醇含量最高, 而黑颈鹤却显著低于 ISIS 平均值。

扎龙是丹顶鹤的繁殖栖息地, 盐城是丹顶鹤的越冬栖息地。与这两个地点所测丹顶鹤的总胆固醇值 (李拥军等 2000, 曾祥伟等 2012) 比较发现, 本研究圈养丹顶鹤总胆固醇含量低于这两个地方所测值和 ISIS 平均值 (ISIS 2002)。圈养黑冠鹤的总胆固醇显著高于 ISIS 均值, 黑颈鹤的总胆固醇显著低于 ISIS 平均值; 黑冠鹤、灰冠鹤和白枕鹤的甘油三酯显著高于 ISIS 平均值。七种鹤的总胆固醇存在种间差异, 而甘油三酯和血糖则没有种间差异。然而, 北京动物园丹顶鹤的甘油三酯值却高于扎龙散养和圈养丹顶鹤 (曾祥伟等 2012) 以及 ISIS 平均

表 3 七种鹤血液蛋白的常值比较  
Table 3 The differences of serum protein among the seven cranes species

样本量 Sample size	总蛋白 Total serum protein (g/L)			白蛋白 Albumin (g/L)			球蛋白 Globulin (g/L)			白球比 Albumin-globulin ratio
	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	
白鹤 Siberian Crane	41.82 ± 4.78	30 ~ 50	36 ± 4	15.28 ± 0.78*	12 ~ 26	17 ± 4	26.54 ± 4.21*	10 ~ 27	20 ± 4	0.60 ± 0.10
丹顶鹤 Red-crowned Crane	38.24 ± 6.03	29 ~ 55	38 ± 6	13.98 ± 1.67	9 ~ 26	15 ± 4	24.26 ± 4.48	12 ~ 39	21 ± 5	0.58 ± 0.05
黑冠鹤 Black-crowned Crane	32.90 ± 1.78	21 ~ 52	35 ± 5	13.23 ± 0.80	7 ~ 25	15 ± 3	19.67 ± 1.07	8 ~ 50	21 ± 5	0.67 ± 0.06
黑颈鹤 Black-necked Crane	32.22 ± 3.14	26 ~ 35	31 ± 3	12.38 ± 1.05*	14 ~ 16	16 ± 1	19.83 ± 2.46	19	19	0.62 ± 0.08
灰冠鹤 Grey-crowned Crane	35.05 ± 4.82	20 ~ 51	33 ± 5	12.87 ± 1.18	8 ~ 26	14 ± 3	22.18 ± 3.86	6 ~ 30	19 ± 4	0.58 ± 0.08
蓝鹤 Blue Crane	34.76 ± 4.62	20 ~ 60	37 ± 6	13.68 ± 1.62	6 ~ 26	15 ± 4	21.08 ± 3.04	10 ~ 38	21 ± 6	0.68 ± 0.04
白枕鹤 White-naped Crane	38.72 ± 3.36	29 ~ 62	41 ± 6	15.42 ± 0.67*	12 ~ 29	19 ± 3	23.30 ± 2.84	11 ~ 34	22 ± 4	0.68 ± 0.08

\* 表示显著性差异, 其显著高于或低于 ISIS 平均值。\* are significantly higher or lower than the ISIS average values.

表 4 七种鹤血液肾功能的常值比较  
Table 4 The differences of renal functions indicators among the seven cranes species

样本量 Sample size	肌酐 Serum creatinine (μmol/L)			尿酸 Uric acid (μmol/L)			尿素氮 Urea nitrogen (mmol/L)			
	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	测定值 Measured value	ISIS 范围 Range	ISIS 平均值 Mean	
白鹤 Siberian Crane	5	11.00 ± 6.46*	18 ~ 35	27 ± 9	432.68 ± 269.51	77 ~ 1 232	506 ± 232	0.70 ± 0.23*	0.71 ~ 1.07	1.07 ± 0.00
丹顶鹤 Red-crowned Crane	8	15.01 ± 8.49*	9 ~ 115	35 ± 18	667.94 ± 436.90	77 ~ 904	363 ± 161	1.12 ± 0.51	0 ~ 1.79	1.07 ± 0.36
黑冠鹤 Black-crowned Crane	3	15.83 ± 1.71*	8.84 ~ 61.88	26.52 ± 8.84	391.93 ± 183.83	119 ~ 1356	487.74 ± 214.13	0.70 ± 0.19	0 ~ 2.14	0.71 ± 0.36
黑颈鹤 Black-necked Crane	6	12.43 ± 7.95	8.84 ~ 53.04	—	518.05 ± 313.30	167 ~ 869	482 ± 173	0.59 ± 0.28	0.71	0.71 ± 0.00
灰冠鹤 Grey-crowned Crane	6	14.08 ± 3.65*	9 ~ 62	26.52 ± 8.84	485.10 ± 195.85	59 ~ 987	398.52 ± 184.39	0.52 ± 0.14*	0.36 ~ 3.56	0.71 ± 0.36
蓝鹤 Blue Crane	5	9.60 ± 6.36*	0 ~ 62	27 ± 9	375.24 ± 296.38	131 ~ 1261	482 ± 214	0.50 ± 0.34	0.36 ~ 1.43	0.71 ± 0.36
白枕鹤 White-naped Crane	5	7.30 ± 4.47*	18 ~ 35	27 ± 18	347.48 ± 252.81	143 ~ 1053	428 ± 161	0.62 ± 0.36	0.36	0.71 ± 0.36

\* 表示显著性差异, 其显著高于或低于 ISIS 平均值。\* are significantly higher or lower than the ISIS average values.

值 (ISIS 2002)。本研究中五种鹤的总胆固醇低于 ISIS 提供的鹤类总胆固醇的平均值,七种鹤的甘油三酯和六种鹤的血糖均高于 ISIS 平均值。总体上,圈养鹤类的血脂和血糖均高于野外鹤类,可能是由于圈养鹤类的饲料供应充足,飞行被限制,运动能量消耗减少而致。

白鹤、黑颈鹤、白枕鹤的白蛋白显著高于 ISIS 均值,而白鹤的球蛋白显著低于 ISIS 均值。七种鹤的总蛋白、白蛋白、球蛋白种间差异显著,而白球比不存在种间差异。血液蛋白指标反映出鸟类的营养状况,在营养不良的情况下,总蛋白和白蛋白含量降低,则需在饲料中补充蛋白质 (陈玉琴等 2007)。血清总蛋白含量越高,组织蛋白质合成能力越强,越有利于提高动物代谢水平和免疫能力 (魏玉强等 2015)。本研究中饲料蛋白质含量均高于鹤类基金会给出的参考范围 (Swengel et al. 2000),虽然有四种鹤的总蛋白高于 ISIS 平均值,但三种鹤的总蛋白和七种鹤的白蛋白均低于 ISIS 平均值,而六种鹤的球蛋白均高于 ISIS 平均值。同样,扎龙散养的丹顶鹤虽然白蛋白和总蛋白含量均比圈养的低,但球蛋白要高于本研究所测数据 (曾祥伟等 2012)。这表明野外鹤类在食物资源不丰富的条件下,容易出现总蛋白和白蛋白含量低,而球蛋白含量高的情况。

血清尿素氮浓度直接反映动物体内蛋白质分解代谢水平,是反映机体营养状况的指标 (万家余等 2003)。研究表明,白鹤、丹顶鹤、黑冠鹤、灰冠鹤、蓝鹤和白枕鹤的肌酐显著低于 ISIS 平均值,白鹤和灰冠鹤的尿素氮显著低于 ISIS 平均值。七种鹤的肌酐和尿酸不存在种间差异,而尿素氮种间差异显著。在取食蛋白质丰富的动物蛋白的时候,血液中尿素氮的水平升高 (Bell et al. 1965, Peinado et al. 1992)。金光耀 (2006) 研究发现扎龙保护区丹顶鹤血液尿素氮的含量越冬期比迁徙期高,迁徙期比繁殖期高。曾祥伟等 (2012) 发现散养丹顶鹤的尿素氮高于圈养丹顶鹤,而本研究中丹顶鹤的尿素氮均高于上述文献所测值。丹顶鹤的饲

料中粗蛋白最高达到 35.06%,以动物蛋白为主,所以其血液尿素氮也是显著高于其他几种鹤。尿素氮可以较准确地反映动物体内蛋白质代谢和氨基酸之间的平衡状况,氨基酸平衡良好时,血清尿素氮浓度下降 (Scott et al. 1982)。相反,氨基酸不平衡的时候导致不被利用的氨基酸脱氨降解,生成尿酸,使血液中尿酸含量升高,蛋白质分解速率大于合成速率,血清尿素氮水平高 (瞿明仁等 2005)。

综上,血液生化指标是动物生理功能正常与否的直接反映,通过测定圈养鹤类的生化指标,可以评估不同鹤类血液指标的差异,同时参考 ISIS 相关数据,对于营养状态和健康情况进行判断具有重要的参考价值,对于圈养动物饲养管理具有重要的指导作用。本研究通过对总蛋白、白蛋白、球蛋白、尿酸、尿素氮、肌酐、总胆固醇、甘油三酯等血液生化指标分析发现,不同种鹤之间存在差异,该差异与生活环境以及营养状况有关。同时,建立了圈养不同类鹤的血液生化指标体系,通过与 ISIS 提供的参考范围比较,为圈养鹤种群的饲养繁殖提供借鉴和参考依据。

## 参 考 文 献

- Bell D J, Sturkie P D. 1965. Chemical constituents of blood // Paul D. Avian Physiology. Sturkie Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press, 921-931.
- Harris J, Mirande C. 2013. A global overview of cranes: status, threats and conservation priorities. *Chinese Birds*, 4(3): 189-209.
- Hawkey C, Samour J H, Ashton D G, et al. 1983. Normal and clinical haematology of captive cranes (Gruiformes). *Avian Pathology*, 12(1): 73-84.
- ISIS. 2002. Reference Ranges for Physiological Values in Captive Wildlife. MN, USA: Apple Valley, Minnesota Zoological Garden.
- Laura R, Copper A P, Priscilla J, et al. 2015. Haematology and biochemistry in captive white-naped craned (*Grus vipio*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 46(4): 747-754.
- Li D, Ding Y, Yuan Y, et al. 2014. Female tidal mudflat crabs represent a critical food resource for migratory Red-crowned Cranes in the

- Yellow River Delta, China. Bird Conservation International, 24(4): 416–428.
- Peinado V I, Polo F J, Viscor G, et al. 1992. Haematology and blood chemistry values for several flamingo species. *Avian Pathology*, 21(1): 55–64.
- Scott M L, Esheim M C N, Yong R J. 1982. Nutrition of the Chicken. 3rd. New York: Ithaca Press.
- Swengel R S, Carpenter J W. 2000. General husbandry//Ellis D H, Gee G F, Mirande C M. *Cranes: Their Biology, Husbandry and Conservation* American Association of Zoos and Aquariums. Canada: Hancock House Publishers Ltd.
- 埃利斯 D H, 基 G F, 米兰达 C M: 张金国译. 2003. 鹤类生物学及饲养管理与保护. 北京: 中国林业出版社, 1–16.
- 陈玉琴, 俞诗源. 2007. 红腹锦鸡、石鸡和雉鸡的部分血液生理生化指标. *动物学报*, 53(4): 674–681.
- 何晓瑞, 吴金亮. 2000. 滇东北黑颈鹤越冬食性的研究. *云南大学学报: 自然科学版*, 22(4): 460–464.
- 金光耀. 2006. 扎龙自然保护区丹顶鹤血液生化指标的建立及比较研究. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文.
- 瞿明仁, 卢德勋. 2005. 不同蛋氨酸水平对泰和乌骨鸡血清尿素氮含量的影响研究. *中国畜牧杂志*, 41(4): 43–45.
- 李立, 朱开明, 段文武, 等. 2003. 黄腹角雉血液生理生化指标的测定. *动物学杂志*, 38(6): 94–96.
- 李晓民, 孙志勇, 伊国良, 等. 2005. 我国内蒙古发现白鹤夏季群体. *动物学杂志*, 4(1): 98–100.
- 李拥军, 赵万里, 丁家桐, 等. 2000. 丹顶鹤生理常数及血液生化指标的测定. *黑龙江畜牧兽医*, (2): 32–33.
- 苏化龙, 林英华, 李迪强, 等. 2000. 中国鹤类现状及其保护对策. *生物多样性*, 8(2): 180–191.
- 唐朝忠, 温伟业, 杨爱玲, 等. 1997. 褐马鸡血液生理生化指标及雏鸟矿物元素含量测定. *动物学报*, 43(1): 49–54.
- 万家余, 高宏伟, 王玉平, 等. 2003. 5 种中草药对肉仔鸡血液生化指标的影响. *畜牧与兽医*, 35(11): 11–14.
- 王勇. 2001. 蓝马鸡和藏马鸡血液生理生化指标测定. *畜牧与兽医*, 33(2): 31–32.
- 魏玉强, 徐奇友, 位莹莹, 等. 2015. 不同蛋白源饲料中添加  $\alpha$ -酮戊二酸对松浦镜鲤肌肉成分、血清氨基酸和生化指标的影响. *东北农业大学学报*, 46(1): 94–100.
- 吴孔菊, 邓家波, 刘选珍, 等. 2007. 圈养毛冠鹿血液生理生化指标测定. *四川动物*, 26(4): 931–935.
- 姚艳, 姜卫星, 唐松元, 等. 2015. 笼养白颈长尾雉血液生理生化指标的测定. *经济动物学报*, 19(1): 44–46.
- 曾祥伟, 徐先云. 2012. 扎龙保护区散养、圈养丹顶鹤血液生化指标的测定与比较. *东北林业大学学报*, 40(1): 79–81.
- 周大庆, 王智, 高军, 等. 2015. 中国动物园圈养丹顶鹤的数量和分布格局. *生态与农村环境学报*, 10(6): 796–801.
- 邹红菲, 冯晓东, 吴庆明, 等. 2012. 扎龙保护区白枕鹤求偶期食性与采食偏好. *东北林业大学学报*, 40(9): 69–76.