

填饲应激对北京鸭生产性能、腿部肌肉品质、血清激素和血气指标的影响

杨紫嫣¹, 张亚茹¹, 王忠², 袁建敏², 张璐爽¹, 夏兆飞^{1*}

(1. 中国农业大学动物医学院, 北京 100193; 2. 中国农业大学动物科技学院, 北京 100193)

摘要: 为了探究填饲应激对北京鸭生产性能、腿部肌肉品质、血清激素和血气指标的影响, 本试验选择 160 只 39 日龄、平均体重为 (2.573 ± 0.096) kg 的北京鸭, 分为 2 组, 每组 80 只, 分别为基础日粮填饲组和基础日粮对照组。试验 6 d 后, 各处理组随机选取 8 只肉鸭分别称取体重, 计算平均日增重, 并进行腿部肌肉品质(pH、滴水损失率)、血清激素(ACTH、CORT、T₃、T₄)和血气检测。结果表明, 填饲组肉鸭填饲后体重和平均日增重均显著高于对照组 ($P < 0.05$); 血清 CORT、AnGap、Hct 和 Hb 含量极显著高于对照组 ($P < 0.01$); 而填饲组 45 min 和 24 h 时的胫骨前肌 pH 极显著低于对照组 ($P < 0.01$)。结果显示, 填饲能显著提高肉鸭的增重效率; 但同时会显著降低肉鸭腿部肌肉的肉品质; 填饲会使肉鸭血清中 CORT 的含量显著升高, 使其出现应激征象; 填饲还会在一定程度上影响肉鸭的血液循环系统。

关键词: 填饲; 北京鸭; 应激; 生产性能; 肌肉品质

中图分类号: S834⁺.81; S815.5

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2016)07-1517-06

Effect of Force-feeding Stress on Growth Performance, Meat Characteristics of Leg, Serum Hormone and Blood Gas Parameters of Peking Ducks

YANG Zi-yan¹, ZHANG Ya-ru¹, WANG Zhong², YUAN Jian-min², ZHANG Lu-shuang¹, XIA Zhao-fei^{1*}

(1. College of Veterinary Medicine, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: The objective of this study was to evaluate effects of force-feeding stress on growth performance, meat characteristics of legs, serum hormone and blood gas parameters of Peking ducks. A total of 160 thirty-nine-day-old Peking ducks with average body weight (2.573 ± 0.096) kg were randomly divided into 2 groups (force-feeding group and control group) with 80 ducks per treatment. After 6 days, 8 ducks from each treatment were selected randomly to be weighted for calculating average body weight and average daily gain, and meat characteristics of leg (pH and drip loss rate), serum hormone (ACTH, CORT, T₃ and T₄) and blood gas parameters were tested. The results showed that the average body weight and average daily gain in force-feeding group was significantly higher than those in control group ($P < 0.05$). And the CORT, AnGap, Hct and Hb in force-feeding group was significantly higher than that in control group ($P < 0.01$). The pH at 45 min and 24 h of tibialis anterior in force-feeding group were significantly lower than those in control group ($P < 0.01$). It was concluded that force-feeding could enhance gaining weight significantly. However, force-feeding could affect the meat characteristics of leg significantly and induce physiological stress of Peking ducks by increasing serum CORT. At last, force-feeding could also

收稿日期: 2015-04-21

基金项目: 2015 年现代农业产业技术体系北京市创新团队 (CARS-PSTP)

作者简介: 杨紫嫣 (1990-), 女, 天津人, 硕士生, 主要从事家禽疾病研究, E-mail: Daphneyzy@foxmail.com

* 通信作者: 夏兆飞, 教授, 博士生导师, E-mail: drxia@126.com

influence the blood circulation system of Peking ducks.

Key words: force-feeding; Peking ducks; stress; growth performance; meat characteristics

中国是世界第一的养鸭大国,养鸭业的发展在养殖业中占有比较重要的位置。生产实践中,填饲的目的主要是为“北京烤鸭”提供原材料,其机理是在短期内、超量饲喂以碳水化合物为主的能量物质时,碳水化合物会通过磷酸戊糖和糖酵解等途径转化为甘油三酯,最终动物会将多余的甘油三酯以脂肪的形式贮存起来^[1-2],这样的方式会使肉鸭快速沉积皮下脂肪,从而保证烤制后的风味。

但是当进行人工填鸭时,驱赶、抓鸭、插管等一系列操作会给肉鸭造成较大程度的应激^[3],多项关于家禽应激的研究都发现,应激会导致家禽抵抗力下降、易遭受感染,继而出现腹泻、生长不良、死亡等症状^[4-5],这将给企业带来较大经济损失。本试验通过对填饲与不填饲肉鸭的生产性能、腿部肌肉品质、血清激素和血气等一系列指标的对比,来进一步探索填饲应激对肉鸭机体产生的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设计与饲养管理

试验选择健康的、体重相近的(2.573 ± 0.096) kg 39 日龄北京鸭,共 160 只(公母各半),随机分成两个处理组:第一组为填饲组,每天填饲时间分别为 03:00、09:00、15:00 和 21:00,每天每只肉鸭平均填饲 276.37 g 基础日粮;第二组为对照组,肉鸭自由采食基础日粮。填饲时舍内平均温度为 28~33 °C,相对湿度为 58%~65%。

1.2 试验基础日粮

配方及营养成分见表 1。

1.3 样品采集与指标测定

1.3.1 北京鸭生产性能 肉鸭填饲 6 d 后,每个处理组随机选取 8 只肉鸭并分别称取体重,计算平均末重和平均日增重(Average daily gain, ADG)。

1.3.2 北京鸭腿部肌肉品质 将肉鸭右腿腓肠肌剪下约 10 g 肉块悬吊于纸杯中,肉块不能接触任何物体,纸杯外再套一层自封袋,密封后置于 4 °C 冰箱中等待检测。最后分别于屠宰后 45 min 和 24 h 用吸水纸吸去肉块表面水分,并用电子称称取肉块的准确重量,分别记为 W1(g)和 W2(g),则滴水损失率 = (W1 - W2) / (W1) × 100%。

表 1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air dry basis)

项目 Item	含量 Content	%
玉米 Corn(水分 14%以内)	25.00	
豆粕 Soybean meal	10.00	
菜粕 Rapeseed meal	3.00	
花生仁饼 Peanut meal	5.00	
玉米酒精糟 DDGS	8.00	
米糠 Rice bran	20.00	
次粉 Wheat midding	10.00	
饼干粉 Bisquick	14.70	
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.62	
石粉 Limestone meal	1.60	
盐 NaCl	0.20	
元明粉 NaSO ₄ · 10H ₂ O	0.40	
70%赖氨酸 70%Lys	0.46	
苏氨酸 Thr	0.02	
1%中鸭预混料 1%Premix ¹⁾	1.00	
共计 Total	100.00	
营养水平 Nutrient Level ²⁾	含量 Content	
代谢能(MJ · kg ⁻¹)ME ³⁾	2.95	
粗蛋白 CP	17.98	
钙 Ca	0.84	
非植酸磷 NP	0.26	
赖氨酸 Lys	1.07	
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.52	

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供:Cu(CuSO₄ · 5H₂O)10 mg, Fe(FeSO₄ · 7H₂O)50 mg, Zn(ZnO)60 mg, Mn(MnSO₄ · H₂O)80 mg, Se(NaSeO₃)0.25 g, I(KI)0.2 mg, Cr(Cr₂O₃)0.15 mg, 氯化胆碱 1 000 mg, VA 1 000 IU, VD₃ 3 000 IU, VE 20 IU, VK₃ 2 mg, 硫胺素 2 mg, 核黄素 8 mg, VB₆ 4 mg, VB₁₂ 0.06 mg, 烟酸 50 mg, 叶酸 1 mg, 生物素 0.2 mg, 植酸酶 0.50 mg, 5%甘露醇 60 mg, D-泛酸 50 mg。²⁾ 营养水平为计算值。³⁾ 根据肉鸭饲料原料表观代谢能进行计算

¹⁾ Premix provided the following per kg of diet: Cu(CuSO₄ · 5H₂O)10 mg, Fe(FeSO₄ · 7H₂O)50 mg, Zn(ZnO)60 mg, Mn(MnSO₄ · H₂O)80 mg, Se(NaSeO₃)0.25 g, I(KI)0.2 mg, Cr(Cr₂O₃)0.15 mg, Choline chloride 1 000 mg, VA 1 000 IU, VD₃ 3 000 IU, VE 20 IU, VK₃ 2 mg, Thiamin 2 mg, Riboflavin 8 mg, VB₆ 4 mg, VB₁₂ 0.06 mg, Nicotinic 50 mg, Folic acid 1 mg, Biotin 0.2 mg, Phytase 0.50 mg, 5% Mannitol 60 mg, D-pantothenic 50 mg。²⁾ Nutritional levels were calculated values.³⁾ The value was calculated according to the AME of feed ingredients of meat duck

将右腿胫骨前肌完整剪下,于自封袋中保存,密封后放置于 4 ℃ 冰箱中等待检测。最后分别于屠宰后 45 min 和 24 h 测定 pH,并记录。

1.3.3 北京鸭血清激素指标 血清样品送至北京华英生物技术研究所,检测血清中促肾上腺皮质激素 (ACTH, $\text{pg} \cdot \text{mL}^{-1}$)、皮质酮 (CORT, $\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$)、三碘甲状腺素 (T3, $\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$) 和四碘甲状腺素 (T4, $\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$) 的含量。

1.3.4 北京鸭血气和血液离子浓度指标 使用雅培 i-stat300 便携式血气分析仪,检测新鲜全血中 Na^+ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)、 K^+ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)、 Cl^- ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)、 HCO_3^- ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 含量和 CO_2 总量 (TCO_2 , $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$),阴离子间隙 (AnGap, $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$),血液 pH,红细胞比容 (Hct, %),血红蛋白含量

(Hb, $\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$),血液中 CO_2 分压 (PCO_2 , kPa) 和碱剩余 (BE_{ecf}, $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)。

1.4 数据分析

用格鲁布斯检查法剔除异常值。用 SPSS 20.0 软件对所有数据进行独立样本 *t*-检验。统计结果用“平均值±标准差”表示。

2 结果

2.1 填饲应激对北京鸭生产性能的影响

由表 2 可知,两组肉鸭初始体重均为 (2.573 ± 0.096),填饲 6 d 后,填饲组平均体重及平均日增重均显著高于对照组 ($P=0.021$; $P=0.021$),填饲组平均末重比对照组提高了 8.5%。

表 2 填饲应激对北京鸭生产性能的影响

Table 2 The effect of force-feeding stress on growth performance of Peking ducks

项目 Item	填饲组 Force-feeding group	对照组 Control group	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
初始重/kg Initial BW	2.573 ± 0.096	2.573 ± 0.096	—
末重/kg Final BW	3.011 ± 0.147*	2.775 ± 0.210	0.021
平均日增重/($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) ADG	71.071 ± 24.421*	33.667 ± 35.040	0.021

*. 差异显著 ($P < 0.05$); *. 差异极显著 ($P < 0.01$); 同行无肩标表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下同

*. Means significant difference between treatments ($P < 0.05$); *. Means extremely significant difference ($P < 0.01$); No symbol in the same row means not significant difference between treatments ($P > 0.05$). The same as below

2.2 填饲应激对北京鸭腿部肌肉品质的影响

由表 3 可知,屠宰后 45 min 和 24 h 时,填饲组胫骨前肌的 pH 均极显著低于对照组 ($P=0.001$; $P=0.001$),说明填饲会显著降低肉鸭腿部肌肉 pH,45 min 和 24 h 时分别降低了 10.26% 和

12.31%; 而填饲组腿部肌肉的滴水损失高于对照组 ($P=0.082$),但并未达到显著水平,这只能说明填饲会在一定程度上加快肉鸭腿部肌肉失水速度,使其增加 60% 左右。

表 3 填饲应激对北京鸭腿部肌肉品质的影响

Table 3 The effect of force-feeding stress on meat characteristics of leg of Peking ducks

项目 Item	填饲组 Force-feeding group	对照组 Control group	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	
pH	45 min	5.342 ± 0.245**	5.890 ± 0.246	0.001
	24 h	4.703 ± 0.205**	5.282 ± 0.348	0.001
腿肌滴水损失率/% Drip loss rate of leg	3.225 ± 0.827	2.017 ± 0.715	0.082	

2.3 填饲应激对北京鸭血清激素的影响

由表 4 可知,填饲会显著影响肉鸭血清 CORT 值,使填饲组血清 CORT 值极显著高于对照组 ($P <$

0.001),但是填饲并不会显著影响肉鸭血清 ACTH、T3 及 T4 的含量。

表 4 填饲应激对北京鸭血清激素的影响

Table 4 The effect of force-feeding stress on serum hormone of Peking ducks

项目 Item	填饲组 Force-feeding group	对照组 Control group	P 值 P value
ACTH/(pg · mL ⁻¹)	13.577 ± 7.355	12.829 ± 6.856	0.836
CORT/(ng · mL ⁻¹)	58.063 ± 14.413* *	31.918 ± 4.897	<0.001
T3/(ng · mL ⁻¹)	0.780 ± 0.267	0.892 ± 0.140	0.311
T4/(ng · mL ⁻¹)	11.382 ± 3.906	11.731 ± 4.885	0.876

2.4 填饲应激对北京鸭血气和血液离子浓度的影响

由表 5 可知,填饲会显著影响血气和血液离子检测中的 AnGap、Hct 和 Hb 数值,填饲组的该 3 项

指标均极显著高于对照组 ($P=0.007$; $P=0.008$; $P=0.009$),但是填饲并不会显著影响血液中 Na⁺、K⁺、Cl⁻、TCO₂、pH、PCO₂、HCO₃⁻ 和 BEecf 的数值。

表 5 填饲应激对北京鸭血气和血液离子浓度的影响

Table 5 The effect of force-feeding stress on blood gas parameters and ions concentration of Peking ducks

项目 Item	填饲组 Force-feeding group	对照组 Control group	P 值 P value
Na ⁺ /(mmol · L ⁻¹)	142.375 ± 2.825	141.250 ± 1.982	0.372
K ⁺ /(mmol · L ⁻¹)	4.438 ± 0.490	4.588 ± 0.485	0.548
Cl ⁻ /(mmol · L ⁻¹)	107.000 ± 2.449	108.375 ± 2.722	0.306
TCO ₂ /(mmol · L ⁻¹)	18.625 ± 2.387	19.000 ± 2.330	0.755
AnGap/(mmol · L ⁻¹)	22.375 ± 2.264* *	19.250 ± 1.669	0.007
Hct/(%PCV)	31.250 ± 3.536* *	26.750 ± 2.053	0.008
Hb/(g · dL ⁻¹)	10.600 ± 1.188* *	9.113 ± 0.712	0.009
pH	7.337 ± 0.079	7.369 ± 0.043	0.333
PCO ₂ /kPa	4.436 ± 1.074	4.204 ± 0.565	0.598
HCO ₃ ⁻ /(mmol · L ⁻¹)	17.500 ± 2.223	18.162 ± 2.246	0.563
BEecf/(mmol · L ⁻¹)	-8.125 ± 2.100	-7.375 ± 2.560	0.532

3 讨论

3.1 填饲应激对北京鸭生产性能的影响

在肉鸭生产中,填饲的主要目的是快速沉积脂肪以及生产鸭肥肝,关于填饲对动物生产性能的研究已经有许多比较深入报道,其他研究表明,对肉鸭或鹅进行填饲后,其生产性能会有很大提高^[2,6-7]。本试验结果(表 2)同样直观地证明了填饲能显著提高肉鸭的增重效率,与前人得出的试验结论相一致。

3.2 填饲应激对北京鸭腿部肌肉品质的影响

肉类质检中通常用 pH、系水力等指标来评价

肌肉的品质。肌肉 pH 的变化与肌细胞的糖酵解反应有关,其不仅是肌肉酸度的直观表现,还对肉的嫩度、滴水损失等有直接影响^[8]。当组织对氧气利用不良,或由于循环障碍造成组织供氧不足时,会加强糖酵解反应,使乳酸产生增多。M. P. Mollica 等的研究表明,填饲后肉鸭肝体积将会增大,当从食物中摄入的能量过多时,肝的耗氧量会显著上升达 32%^[9]。这会使腿部肌肉血管内氧气含量相对下降,供氧量不足,加强了肌肉细胞糖酵解反应,产生更多乳酸导致腿部肌肉 pH 下降,这就是填饲组腿部肌肉 pH 显著低于对照组的原因。

pH 是影响肌肉系水力的重要因素, 肌肉 pH 的下降会导致其系水力降低^[8], 从而导致填饲组腿肌滴水损失率高于对照组, 但不显著。

3.3 填饲应激对北京鸭血清激素的影响

当肉鸭处于应激状态时, 将激活下丘脑—垂体—肾上腺皮质系统, 使 ACTH 分泌增加, 进而促进 CORT 的分泌, 血清中高含量 CORT 在应激初期中具有重要的作用: 升高血糖, 促进糖异生, 并对儿茶酚胺、胰高血糖素等的脂肪动员起容许作用, 还具有稳定溶酶体膜, 减少溶酶体酶对细胞损伤的作用。本试验发现, 填饲组肉鸭的 CORT 值显著高于对照组, 表明填饲可导致肉鸭出现生理应激现象。在 V. M. Darras 等的研究中发现, 血液中高 CORT 含量会使 T4 水平显著下降、T3 水平轻微下降^[10]。通过表 4 可知, 短期填饲不仅显著提高了血清中 CORT 的含量, 还使血清中 T3、T4 的含量轻微下降, 这与 V. M. Darras 等的研究结果基本一致。G. A. Cremaschi 和 A. J. Klecha 等的研究表明, 正常的甲状腺激素水平对于抗体和细胞介导免疫反应的发育、维持、功能都是必不可少的^[4,11], 因此本试验表明短期填饲可能会对肉鸭的代谢及免疫反应产生一定影响。

3.4 填饲应激对北京鸭血气和血液离子浓度的影响

AnGap 的数值等于血液中 Na^+ 减去 Cl^- 和 HCO_3^- 的差, AnGap 数值升高通常说明机体出现了代谢性酸中毒的症状, 这与前文提到的填饲肉鸭体内呈缺氧状态的叙述相一致。缺氧等因素引起物质代谢紊乱, 体内糖、蛋白质、脂肪分解代谢增强并产生大量氧化不全的酸性中间代谢产物, 如乳酸、丙酮酸、酮体、氨基酸等积聚, 导致机体出现代谢性酸中毒^[12]。

造成填饲组 Hct 和 Hb 显著高于对照组的原因有很多: 首先, 在本试验中填饲组 Hct 升高, 通常表示原发或继发性红细胞增多症^[13]。慢性低氧血症时, 由于血液中氧分压持续降低, 刺激肾分泌的促红细胞生成素(EPO)增多, 导致继发性红细胞增多; 其次, 红细胞生成和红细胞数量还受肾上腺皮质、甲状腺、卵巢、睾丸和垂体前叶所分泌的激素影响^[14], 本试验填饲组的高 CORT 数值也是导致红细胞原发性增多的原因之一; 最后, 当红细胞凋亡时, 需要由巨噬细胞吞噬、分解, A. V. S. Gomes 等研究表明, 应激会显著降低巨噬细胞的活性^[5], 从而降低红细

胞被破坏的数量。所以, 红细胞生成增多而破坏减少导致了填饲组 Hct、Hb 显著高于对照组, 血液中红细胞增多的直接结果就是增加了血液粘度与血流阻力, 容易导致血栓的形成^[12], 这会对肉鸭血液循环系统造成潜在影响。

4 结 论

本试验发现, 填饲能显著提高肉鸭的增重效率, 但同时会显著降低肉鸭腿部肌肉的 pH, 在一定程度上影响肉品质; 填饲会使肉鸭血清中 CORT 的含量显著升高, 使其出现应激征象; 填饲还会在一定程度上影响肉鸭的血液循环系统。因此, 未来的研究将着重探究何种添加剂能在不影响增重效率的条件下提高肉鸭腿部肌肉品质并缓解填饲应激。

参考文献 (References):

- [1] 闻治国. 填饲对北京鸭脂肪沉积和营养物质表观消化率的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
WEN Z G. The effect of overfeeding on fat deposition and apparent digestibility of nutrients for White Pekin ducks[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012. (in Chinese)
- [2] 闻治国, 侯水生, 谢明, 等. 不同填饲量对北京鸭生长性能、血清生化指标和肝脏组织学的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(1): 69-77.
WEN Z G, HOU S S, XIE M, et al. Amounts of force-feeding affect growth performance, serum biochemical parameters and liver histology of Pekin ducks[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(1): 69-77. (in Chinese)
- [3] GUÉMÉNÉ D, GUY G, NOIRAUULT J, et al. Force-feeding procedure and physiological indicators of stress in male mule ducks[J]. *Br Poult Sci*, 2001, 42(5): 650-657.
- [4] CREMASCHI G A, GORELIK G, KLECHA A J, et al. Chronic stress influences the immune system through the thyroid axis[J]. *Life Sci*, 2000, 67(26): 3171-3179.
- [5] GOMES A V S, QUINTERIO-FILHO W M, RIBERIRO A, et al. Overcrowding stress decreases macrophage activity and increases Salmonella Enteritidis invasion in broiler chickens[J]. *Avian Pathol*, 2014, 43(1): 82-90.
- [6] MOUROT J, GUY G, LAGARRIGUE S, et al. Role of hepatic lipogenesis in the susceptibility to fatty liv-

- er in the goose (*Anser anser*) [J]. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 2000, 126(1):81-87.
- [7] ZANUSSO J, RÉMIGNON H, GUY G, et al. The effects of overfeeding on myofibre characteristics and metabolic traits of the breast muscle in Muscovy ducks (*Cairina moschata*) [J]. *Reprod Nutr Dev*, 2003, 43(1):105-115.
- [8] 黄 进. 大豆磷脂对 AA 肉鸡脂肪代谢及肉品质影响的研究[D]. 南京:南京农业大学, 2008.
HUANG J. Study on the effects of soy-lecithin on lipid metabolism and meat quality in AA broilers[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- [9] MOLLICA M P, LOSSA S, LIVERINI G, et al. Stimulation of oxygen consumption following addition of lipid substrates in liver and skeletal muscle from rats fed a high-fat diet [J]. *Metabolism*, 1999, 48(10): 1230-1235.
- [10] DARRAS V M, VAN DER GEYTEN S, KÜHN E R. Thyroid hormone metabolism in poultry [J]. *BASE*, 2000, 4(1):13-20.
- [11] KLECHA A J, GENARO A M, LYSIONEK A E, et al. Experimental evidence pointing to the bidirectional interaction between the immune system and the thyroid axis [J]. *Int J Immunopharmacol*, 2000, 22(7): 491-500.
- [12] 张书霞. 兽医病理生理学[M]. 第4版. 北京:中国农业出版社, 2011:157-174.
ZHANG S X. Veterinary pathophysiology [M]. 4th ed. Beijing: China Agriculture Press, 2011: 157-174. (in Chinese)
- [13] MEYER D J, HARVEY J W. Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation and Diagnosis 3rd Edition, [M]. 周济众主译. 台湾:新加坡商益思维科学有限公司, 2007:47-81.
MEYER D J, HARVEY J W. Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation and Diagnosis 3rd Edition, [M]. ZHOU G Z. Taiwan: Elsevier (Singapore) Pte Ltd, 2007:47-81. (in Chinese)
- [14] REBAR A H, MACWILLIAMS P S, FELDMAN B F, et al. A guide to hematology in dogs and cats [M]. 夏兆飞 主译. 北京:中国农业大学出版社, 2011:30-67.
REBAR A H, MACWILLIAMS P S, FELDMAN B F, et al. A guide to hematology in dogs and cats [M]. XIA Z F. Beijing: China Agriculture University Press, 2011:30-67. (in Chinese)

(编辑 郭云雁)