

论著

抗菌肽对热应激肉鸡血液学及血氧自由基的影响

包汇慧^{1,2},高贤彪²,余锐萍²,贾旭东¹,陈建²,肖鹏²,常玲玲²,汪会玲¹,支媛¹,耿雪¹,夏抗抗³

(1. 国家食品安全风险评估中心 卫生部食品安全风险评估重点实验室,北京 100021;

2. 中国农业大学动物医学院,北京 100193; 3. 北京市丰台区动物卫生监督所,北京 100071)

摘要:目的 了解猪小肠抗菌肽在热应激条件下对肉鸡血液学及血氧自由基的影响。方法 选用30只两周龄健康华都AA+肉鸡,称重后随机分为3组:常温对照组、单纯热应激组和抗菌肽+热应激组,每组10只,热应激10天。结果 抗菌肽+热应激组与单纯热应激组比较全血黏度、血浆黏度、红细胞压积明显降低($P < 0.01$);抗菌肽+热应激组血清中总蛋白(TP)、球蛋白(GLO)、葡萄糖(GLU)及谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)与单纯热应激组比较均升高;总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、尿素(UREA)、低密度脂蛋白(LDL)、高密度脂蛋白(HDL)与单纯热应激组比较明显降低;抗菌肽+热应激组SOD、GSH-Px活性与单纯热应激组比较明显升高($P < 0.01$);MDA含量与单纯热应激组比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。结论 热应激条件下口服抗菌肽可以调节肉鸡血液成份及流变状态、增强体液免疫、平衡氧自由基、降低氧化应激反应,使机体有效抵抗热应激。

关键词:抗菌肽;热应激;肉鸡;血液流变学;血生化;血氧自由基;组织病理;毒理实验

中图分类号:O629.7;TQ464.7 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2013)06-0489-06

Effects of antibacterial peptides on hematology indexes and oxygen free radicals of broilers under heat stress condition

BAO Hui-hui, GAO Xian-biao, SHE Rui-ping, JIA Xu-dong, CHEN Jian, XIAO Peng,
CHANG Ling-ling, WANG Hui-ling, ZHI Yuan, GENG Xue, XIA Kang-kang

(Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment of Ministry of Health, China National
Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective To explore the effect of porcine intestinal antimicrobial peptides (AMP) on hematology indexes and oxygen free radicals of broiler chicken under heat stress condition. **Methods** 30 10-day-old Arbor Acre broiler chickens were randomly allocated to three groups with 10 birds per group. The groups were control group (normal room temperature), heat stress group (simulate summer high temperature), and AMP treated group (2 mg per bird) under heat stress condition. The chickens were treated with high temperature for 10 days, 8 hours per day. Serum was collected after ten days. **Results** The results showed that whole blood viscosity, plasma viscosity, and packed cell volume of AMP treated group under heat stress condition had significant difference compared to heat stress group ($P < 0.01$); TP, GLO, GLU, ALT, AST and ALP of AMP treated group were significantly higher than those of heat stress group; TC, TG, UREA, LDL and HDL of AMP treated group were significantly lower than those of heat stress group. Comparison between AMP treated group and heat stress group revealed significantly increase of SOD and GSH-Px ($P < 0.01$), and decrease of MDA ($P < 0.01$). **Conclusion** In conclusion, AMP could modulate blood components and flowing deformation, improve humoral immunity, balance oxygen free radicals to resist heat stress. Therefore, AMP has the potential as immunomodulator in broiler production.

Key words: antibacterial peptides; heat stress; broiler chicken; hemorheology; serum biochemistry; oxygen free radicals; histopathology; toxicological experimentants

近年来,随着全球气温普遍升高以及集约化养

殖业的迅速发展,热应激在畜牧生产中越来越常见,影响逐渐扩大。高温环境下,热应激可出现一系列行为、生理变化,体温随着热应激时间的延长而逐渐升高^[1]。机体各项生理功能及血液指标会发生改变以抵抗高温,出现热应激反应,表现张口呼吸、呼吸频率加快、有喘息声,蹲伏,翅膀悬挂于身体两侧,羽毛松散,呈现昏睡状态,采食次数减

收稿日期:2013-09-09

基金项目:国家自然科学基金项目(30471301)

作者简介:包汇慧 女 助理研究员 研究方向为动物病理学、毒性病理学 E-mail:bhhdamao@126.com

通讯作者:余锐萍 女 教授 研究方向为动物病理学
E-mail:sheruiping@126.com

少、采食量降低,大量饮水,粪便稀薄等变化^[2]。机体通过动员自身防御机能克服高温造成的损伤作用,保持机体相对稳定的生理状态。但长时间的高温使机体遭受热负荷,血液流变学、血生化指标及血氧自由基受到极大的影响,导致机体生理功能紊乱^[3]。肉鸡基础代谢旺盛,被覆羽毛且无汗腺,对高温调节能力差,集约化养殖更加重了夏季高温环境对肉鸡生产带来的负面效应。如何减少热应激对肉鸡生产的不利影响,以保持肉鸡生理功能正常,从而保障肉鸡生长性能、鸡肉品质成为研究热点。本试验主要通过观察口服抗菌肽后对热应激肉鸡血液学及氧化应激指标的变化,研究抗菌肽的作用效果及作用途径。

抗菌肽是由基因编码、酶及核糖体合成,有12~100个氨基酸残基^[4],广泛存在于生物体中的小分子多肽,具有广谱抗菌、抗病毒、可提高免疫活性、理化性质稳定的特点,微生物不易对其产生抗药性,是生物体自身防御系统重要的组成部分。目前已从多种生物体内分离到了抗菌肽,包括细菌素、真菌抗生素肽、植物硫素、防御素、天蚕素,两栖类马盖宁、temporins、cathelidins等,在哺乳动物小肠内主要表达防御素类、cathelidins类抗菌肽^[5]。天然提取的抗菌肽不含稀有氨基酸和外源化学成分,在动物消化道中具有良好稳定性,同时具有免疫原性小、水溶性好,能耐受胃肠道中蛋白酶及肽酶的降解,并且具有良好的热稳定性,特别是在酸性条件下,加热甚至是高温高压处理对其抗菌活性都没有影响^[6]。本实验室前期对提取的小肠抗菌肽理化性质研究表明,在加热10~15 min后抗菌活性没有变化。在日粮、饮水中添加抗菌肽,可促进动物生长发育^[7];抗菌肽作为抗生素替代品,具有调节免疫功能的作用,还可作为免疫佐剂进行开发^[8]。在本实验室前期研究中发现,热应激条件下口服抗菌肽可提高动物生产性能,增加机体免疫力^[9]。在此工作基础上,本试验对热应激条件下口服抗菌肽对肉鸡的血液学及血氧自由基的作用进行观察研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 主要仪器与试剂

751可见分光光度计、BH2生物显微镜、Motic3.0照相处理软件和病理图像分析系统(Motic公司)、LBY-N6型血液黏度计(北京普利生科贸集团公司)、KH-120II红细胞压积仪(日本KUBOTA公司)、全自动血生化分析仪(日本东芝),所有血液流变学及血生化测定由北京市西苑中医院血液检

验科协助完成。

SOD、MDA、GSH-Px检测试剂盒均购自南京建成生物工程所,甲醛固定液,酒精,二甲苯。

1.1.2 实验动物

实验动物为两周龄健康AA+肉鸡,实验动物按常规方法适应性饲养2 d,于16日龄开始进行试验。在肉鸡16日龄时称重后随机分为3组,每组10只,分为2个重复笼饲养。实验动物常规日常管理,饲喂华都肉鸡一号料,自由采食与饮水。试验周期为10 d。试验组分别为常温对照组、单纯热应激组、抗菌肽+热应激组。抗菌肽+热应激组从热应激第1天开始灌服用灭菌生理盐水稀释至浓度为1 mg/ml的抗菌肽,灌服剂量为2 ml/只,其余2组灌服等量的灭菌生理盐水。

1.1.3 抗菌肽的制备

试验用抗菌肽为本实验室从猪小肠黏膜提取纯化^[7],纯化产物经冷冻干燥制成粉剂,分装后-20℃保存。在试验前将保存的冻干粉剂用生理盐水倍比稀释后按照YAN等^[10]的方法进行抗菌活性检测,采用Bradford法对有抗菌活性的冻干粉稀释液进行浓度检测,将具有抗菌活性并确定浓度的冻干粉用于本试验。

1.2 方法

1.2.1 试验方案

单纯热应激组、抗菌肽+热应激组采用人工控温模拟夏季高温,从23℃度逐渐升温,最高温度升至35℃维持2 h后降至常温,按此规律昼夜循环10 d。常温对照组保持室温,温度维持在23℃左右。舍内保持良好的通风换气。记录每日采食饮水量,每日称重,并做临床观察。

在热应激第10天结束后2 h,翅静脉采血进行血液流变学分析,分离血清样品低温保存。全血黏度采用锥-板法测量全血在1、5、10、35和120 s⁻¹切变率下的黏度;血浆黏度采用比值法测定;红细胞压积采用微量离心法测定。剖杀所有组肉鸡,采取组织固定后制作石蜡切片,HE染色后进行组织形态学观察。

1.2.2 检测项目与数据分析

检测项目:血液流变学、血清生化指标、氧自由基检测。

采用SPSS 12.0对结果进行分析,采用单因素方差分析。

2 结果

2.1 抗菌肽对热应激条件下肉鸡血液流变学指标的影响

由表1可知,热应激10 d后,抗菌肽+热应激组全

血黏度值在不同剪切力下均低于单纯热应激组。单纯热应激组全血黏度在高、中、低不同剪切力下与常温对照组比较均升高,差异有统计学意义($P < 0.01$)。抗菌

肽 + 热应激组全血黏度与常温对照组比较差异无统计学意义,抗菌肽 + 热应激组全血黏度与单纯热应激组比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。

表 1 抗菌肽对热应激肉鸡全血黏度(WBV)的影响($\bar{x} \pm s, n = 10$)

Table 1 Effect of AMP on whole blood viscosity of broiler chicken under heat stress condition

组别	肉鸡全血黏度(mPa·s)				
	120 s ⁻¹	35 s ⁻¹	10 s ⁻¹	5 s ⁻¹	1 s ⁻¹
常温对照组	2.15 ± 0.39	2.38 ± 0.45	3.52 ± 0.63	5.05 ± 0.78	6.27 ± 0.91
单纯热应激组	2.92 ± 0.27**	3.53 ± 0.34**	5.02 ± 0.57**	6.16 ± 0.67**	8.08 ± 0.77**
抗菌肽 + 热应激组	2.18 ± 0.12 [#]	2.29 ± 0.08 [#]	2.98 ± 0.31 [#]	3.86 ± 0.60 [#]	4.65 ± 0.70 [#]

注: *表示与常温对照组比较, $P < 0.05$; **表示与常温对照组比较, $P < 0.01$; [#]表示与单纯热应激组比较, $P < 0.05$; [#]表示与单纯热应激组比较, $P < 0.01$

由表 2 可知,热应激 10 d 后,抗菌肽 + 热应激组血浆黏度与红细胞压积平均值低于单纯热应激组。单纯热应激组血浆黏度升高,与常温对照组比较差异有统计学意义($P < 0.01$);抗菌肽 + 热应激组血浆黏度与常温对照组比较差异无统计学意义;抗菌肽 + 热应激组血浆黏度与单纯热应激组比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。单纯热应激组红细胞压积值升高,与常温对照组比较差异有统计学意义($P < 0.01$);抗菌肽 + 热应激组红细胞压积与常温对照组比较差异无统计学意义;抗菌肽 + 热应激组红细胞压积与单纯热应激组比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。

表 2 抗菌肽对热应激肉鸡血浆黏度(PV)和红细胞压积(PCV)的影响($\bar{x} \pm s, n = 10, mPa \cdot s$)

Table 2 Effect of AMP on plasma viscosity and packed cell volume of broiler chicken under heat stress condition

组别	血浆黏度	红细胞压积
常温对照组	1.54 ± 0.01	35.8 ± 1.00
单纯热应激组	1.62 ± 0.02**	38.8 ± 1.25**
抗菌肽 + 热应激组	1.53 ± 0.01 [#]	34.6 ± 0.85 [#]

注: *表示与常温对照组比较, $P < 0.05$; **表示与常温对照组比较, $P < 0.01$; [#]表示与单纯热应激组比较, $P < 0.05$; [#]表示与单纯热应激组比较, $P < 0.01$

抗菌肽 + 热应激组 UREA、TC、TG、HDL 含量与常温对照组比较差异无统计学意义,与单纯热应激组比较差异有统计学意义($P < 0.05$);抗菌肽 + 热应激组血清 LDL 含量比常温对照组略高,但低于单纯热应激组,比较差异无统计学意义。抗菌肽 + 热应激组 GLO 与单纯热应激组比较差异有统计学意义,GLU、AST 与单纯热应激组比较差异有统计学意义($P < 0.01$),TP、ALT、ALP 含量高于单纯热应激组,但比较差异无统计学意义。

2.2 抗菌肽对热应激条件下肉鸡血清生化指标的影响

由表 3 可知,热应激 10 d 后,单纯热应激组 UREA、TC、TG、HDL、LDL 含量与常温对照组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),GLU、AST 含量与常温对照组比较差异有统计学意义($P < 0.01$);ALT、ALP 含量与常温对照组比较差异无统计学意义。

表 3 添加抗菌肽对热应激肉鸡血清生化指标的影响($\bar{x} \pm s, n = 10$)

Table 3 Effect of AMP on serum biochemistry indicators of broiler chicken under heat stress condition

组别	血清总蛋白(TP) /(g/L)	血清白蛋白(ALB) /(g/L)	血清球蛋白(GLO) /(g/L)	葡萄糖(GLU) /(mmol/L)	尿素(UREA) /(mmol/L)	总胆固醇(TC) /(mmol/L)
常温对照组	29.5 ± 2.71	14.6 ± 1.47	14.9 ± 1.47	13.0 ± 0.58	0.3 ± 0.05	4.2 ± 1.11
单纯热应激组	28.9 ± 5.25	21.0 ± 7.24	14.6 ± 0.76	4.6 ± 0.61**	1.7 ± 0.76*	20.4 ± 7.03*
抗菌肽 + 热应激组	33.2 ± 1.57	16.3 ± 1.86	16.9 ± 1.01 [#]	10.3 ± 0.88 [#]	0.3 ± 0.14 [#]	3.7 ± 1.18 [#]

组别	甘油三酯(TG) /(mmol/L)	低密度脂蛋白(LDL) /(mmol/L)	高密度脂蛋白(HDL) /(mmol/L)	谷丙转氨酶(ALT) /(U/L)	谷草转氨酶(AST) /(U/L)	碱性磷酸酶(ALP) /(U/L)
常温对照组	0.5 ± 0.10	0.8 ± 0.39	3.2 ± 0.83	0.4 ± 0.53	215.0 ± 11.27	151.5 ± 34.47
单纯热应激组	6.8 ± 1.53*	1.5 ± 0.11*	4.7 ± 0.36*	0.4 ± 0.44	115.6 ± 14.52**	109.3 ± 50.15
抗菌肽 + 热应激组	0.3 ± 0.21 [#]	1.0 ± 0.39	3.2 ± 0.62 [#]	0.7 ± 0.48	224.5 ± 17.68 [#]	175.3 ± 21.42

注: *表示与常温对照组比较, $P < 0.05$; **表示与常温对照组比较, $P < 0.01$; [#]表示与单纯热应激组比较, $P < 0.05$; [#]表示与单纯热应激组比较, $P < 0.01$

2.3 抗菌肽对热应激条件下肉鸡氧自由基指标的影响

由表 4 可知,热应激 10 d 后,单纯热应激组 SOD 活性降低($P < 0.05$);抗菌肽 + 热应激组 SOD 活性与常温对照组比较略有上升,但比较差异无统计学意义($P > 0.05$),与单纯热应激组比较活性升

高,比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。单纯热应激组 GSH-Px 活性与常温对照组比较降低,比较差异有统计学意义($P < 0.01$);抗菌肽 + 热应激组 GSH-Px 活性与常温对照组比较略有上升,但差异无统计学意义($P > 0.05$),与单纯热应激组比较活性

升高,比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。单纯热应激组 MDA 含量高于常温对照组,差异有统计学意义($P < 0.01$);抗菌肽 + 热应激组 MDA 含量与常温对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),与单纯热应激组比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。

表4 血清中 SOD、GSH-Px 的活力及 MDA 的含量
($\bar{x} \pm s, n = 10$)

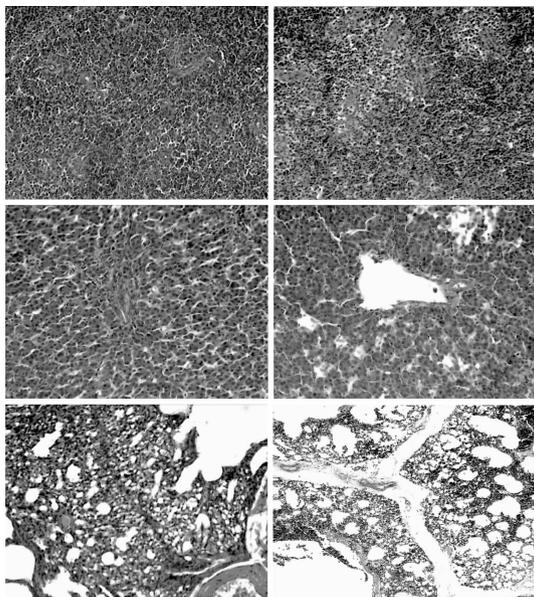
Table 4 Activity of SOD/GSH-Px and concentration of MDA in serum of broiler chicken

组别	SOD/(U/L)	GSH-Px/(g/L)	MDA/(mmol/L)
常温对照组	78.12 ± 3.58	1 044.45 ± 28.12	3.75 ± 0.77
单纯热应激组	70.28 ± 4.08*	751.66 ± 49.68**	7.97 ± 0.31**
抗菌肽 + 热应激组	82.48 ± 8.17#	1 066.97 ± 41.96#	3.87 ± 0.73##

注: *表示与常温对照组比较, $P < 0.05$; **表示与常温对照组比较, $P < 0.01$;
#表示与单纯热应激组比较, $P < 0.05$; ##表示与单纯热应激组比较, $P < 0.01$

2.4 抗菌肽对热应激条件下肉鸡器官组织形态学的影响

在热应激 10 d 后,病理观察发现单纯热应激组肉鸡的各组织器官均有不同程度的病理性损伤,充血、出血及炎性反应是主要特征,部分组织伴有水肿及坏死的发生,抗菌肽 + 热应激组组织损伤程度降低,仅见轻度充血及水肿。单纯热应激组脾脏呈现充血、淤血、水肿、淋巴细胞坏死,抗菌肽 + 热应激组则无明显病变;单纯热应激组肝脏细胞发生变性溶解,可见点状或灶状坏死,抗菌肽 + 热应激组则无明显病变;单纯热应激组肺间质水肿增宽,抗菌肽 + 热应激组则无明显病变,见图 1。



注: 左: 抗菌肽+热应激组 右: 单纯热应激组 上: 脾脏
中: 肝脏 下: 肺脏

图1 热应激条件下肉鸡组织形态学比较
(HE 染色 40 ×)

Figure 1 Comparison of morphology of broiler chicken under heat stress condition(HE Staining 40 ×)

3 讨论

3.1 抗菌肽对热应激条件下肉鸡血液流变学指标的影响

血液黏度为表征血液流动阻力的主要参数,血液黏度的最大特点是随着切变率的变化而变化^[11]。从病理生理学角度来看,全血黏度升高表明血液流动阻力增大,容易发生组织缺氧、代谢失调、机体功能障碍而导致疾病的发生^[12-13]。研究表明,温度、饥饿、缺氧、运动等应激反应均能引起血液流变学的变化,全血黏度及血浆黏度的异常变化与家禽的多种疾病关系密切,如腹水症、肺动脉高压等^[14]。

本试验中单纯热应激组肉鸡在热应激开始后全血黏度、血浆黏度、红细胞压积上升,经过一个代偿性高峰期,但随着温度的升高、热应激时间的延长,全血黏度、血浆黏度、红细胞压积不断上升,机体应激代偿能力降低,红细胞聚集性增强,变形能力下降,低、中、高切变率下全血黏度均增高。热应激导致血液黏度升高的原因可能有以下几个方面:随着高温刺激时间的延长,机体应激代偿能力减退,红细胞的聚集性增强,导致红细胞压积升高,引起红细胞聚集性升高所致的流动性降低,因而血液黏度升高^[15]。同时在热应激反应中,动物通过神经-内分泌途径调节所有的组织和器官对抗高温的刺激,交感神经兴奋,儿茶酚胺产生过多,诱导血小板聚集,使血液的凝固性升高,进而导致血液黏度升高。同时高温引起外周血管扩张,流经皮肤、肌肉的血流量大大增加。加上呼吸、排泄导致机体水盐丢失,引起血液浓缩,红细胞聚集增多,黏稠性增加,进而导致血液黏度升高^[16]。

抗菌肽 + 热应激组肉鸡在 10 d 热应激后血液流变学指标与常温对照组比较变化不明显,表明口服抗菌肽可以调节热应激对肉鸡血液流变学的影响,使血液流动性保持在正常生理状态。其作用途径可能为通过抗菌肽对神经肽-血管活性肠肽(VIP)、P 物质(SP)表达上调,增加血管的收缩能力,提高外周血循环;同时 VIP、SP 可调节中枢神经系统功能,影响体温调节中枢对抗热应激;抗菌肽可直接改善肉鸡肠道黏膜结构,增加营养物质的吸收,提高机体应激代偿能力。此外,在前期的研究中还发现抗菌肽可以调节机体的免疫,通过增强机体的免疫力,间接提高机体对抗热应激的能力^[4]。同时在试验中观察到抗菌肽 + 热应激组肉鸡饮水量高于单纯热应激组,从一定程度上缓解了高温条件下导致的机体脱水、代谢性中毒症状,降低了机体热蓄积,对抵抗热应激起到了一定的作用。抗菌肽调节热应激肉鸡血液流变学的机理还需进一步研究。

3.2 抗菌肽对热应激条件下肉鸡血清生化指标的影响

本研究发现在热应激前期,机体可以调动组织器官对抗热应激,抗菌肽组肉鸡血清总蛋白、白蛋白、球蛋白数量比常温对照组略有升高。在持续热应激 10 d 后,单纯热应激组血清总蛋白及球蛋白含量下降,与其他肉鸡热应激研究结果一致^[17]。短期急剧高温(36 ℃)鸡血清总蛋白水平下降,白蛋白水平变化不大;持续高温(30 ℃以上)鸡血清总蛋白、白蛋白下降^[18]。组织病理学观察发现持续热应激对肉鸡肝、脾、肺组织造成了不同程度的损伤,肝脏蛋白合成及代谢功能降低。本研究中抗菌肽 + 热应激组在热应激 10 d 后血清总蛋白、球蛋白水平却略有升高。从病理学角度分析:口服抗菌肽组肉鸡、脾脏、肝脏、肺脏组织结构完整,无明显病变,保证了正常的生理功能,可以有效的抵制热应激反应。

热应激 10 d 后单纯热应激组尿素、总胆固醇、甘油三酯含量提高,血液黏度升高,血流速度降低,造成机体组织器官供血不足而导致热应激反应加重,组织器官的损伤进一步加剧了代谢产物堆积,并且随热应激时间延长这些代谢产物在体内蓄积增加,而肝功酶含量的下降表明机体无法调动肝组织充分有效代谢分解产物。在口服抗菌肽组肉鸡血清中 GLU、UREA、TC、TG 水平降低,肝功酶水平升高,表明给予抗菌肽可促进热应激肉鸡体内脂类代谢,及时清除代谢产物。抗菌肽的这种调节作用主要途径可能是通过对中枢免疫的调节,提高细胞、体液免疫反应,对抗热应激对组织器官的损伤,从而使其保持正常的生理功能,合成蛋白、及时分解代谢产物,降低代谢产物对机体的损害。

3.3 抗菌肽对热应激条件下肉鸡氧自由基指标的影响

肉鸡对热应激非常敏感,应激过程中产生的氧自由基及其代谢产物使脂质过氧化、破坏细胞,细胞膜功能损害,蛋白质、DNA、RNA 损伤导致炎症反应、细胞凋亡等病理过程发生^[19]。在热应激状态下,血清中的 SOD、GSH-Px 酶活性降低,清除氧自由基能力下降,MDA 大量堆积,可能导致细胞的损伤,从而影响机体的正常生理功能,出现热应激性症状^[20]。在本试验观察中发现:在热应激状态下,肉鸡体温升高,全血黏度、血浆黏度升高,血液流变状态改变,导致机体供血、供氧不足,同时血液生化成分的改变,进一步加剧了血循环的恶化。口服抗菌肽可以明显提高应激状态下肉鸡血清中 SOD、GSH-Px 活性,有利于氧自由基的清除。血液流变学结果也表明口服抗菌肽可以明显的改善肉鸡血液循环,在热应激状态下全血黏度、血浆黏度可以保持正常状态,直接改善了热应激状态下细胞的供血供氧,有利

于 SOD、GSH-Px 保持酶活性,及时清除多余的氧自由基,保持氧自由基在机体内的平衡稳定,保护了细胞膜的结构和功能。抗菌肽是通过直接作用提高酶活性、清除氧自由基,或通过其它的间接途径影响酶活性、清除氧自由基的机制仍需进一步研究。

本研究结果表明,热应激条件下口服抗菌肽可维持血液流动状态及组成正常,降低热应激对组织器官的损伤,减小氧化应激反应,及时清除体内分解代谢产物,平衡体内离子浓度,从而使机体更有效的抵抗热应激,维持正常的生理状态。

参考文献

- [1] Siddegowda Y K, Leo M D, Kumar D, et al. Influence of heat stress on the reactivity of isolated chicken carotid artery to vasoactive agents[J]. *Exp Physiol*, 2007, 92(6):1077-1086.
- [2] 姜爱庆,余锐萍,胡艳欣,等.热应激条件下中药清凉散冲剂对蛋鸡 3 个血液学指标的影响[J]. *中国兽医杂志*, 2008, 44(3):88-90.
- [3] Borge S A, Fischer Da Silva A V, Majorka A, et al. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram)[J]. *Poult Sci*, 2004, 83(9):1551-1558.
- [4] Splith K, Neundorff I. Antimicrobial peptides with cell-penetrating peptide properties and vice versa[J]. *Eur Biophys J*, 2011, 40(4):387-397.
- [5] Boman H G. Our endogenous peptide antibiotics keep us healthy[J]. *Lakartidningen*, 2002, 99(35):3424-3428.
- [6] 陈香, 谯仕彦, 李波, 等. 添加天蚕素抗菌肽对断奶仔猪生长性能的影响[J]. *中国饲料*, 2011, 12(1)25-30.
- [7] BAO H H, SHE R P, LIU T L, et al. Effects of pig antibacterial peptides on growth performance and intestine mucosal immune of broiler chickens[J]. *Poult Sci*, 2009, 88(2):291-297.
- [8] YANG R Y, JIANG Y B, SHE R P, et al. Effects of chicken intestinal antimicrobial peptides on humoral immunity of chickens and antibody titres after vaccination with infectious bursal disease virus vaccine in chicken[J]. *Arch Anim Nutr*, 2006, 60(5):427-435.
- [9] 包汇慧,高贤彪,余锐萍,等.抗菌肽对热应激肉鸡生长性能及免疫器官的影响[J]. *中国兽医科学*, 2013, 6:623-628.
- [10] YAN L, Adams M E. Lycotoxins, antimicrobial peptides from venom of the wolf spider *Lycosa carolinensis*[J]. *J Biol Chem*, 1998, 273(4):2059-2066.
- [11] Fedde M R, Wideman Jr R F. Blood viscosity in broilers: influence on pulmonary hypertension syndrome[J]. *Poult Sci*, 1996, 75(10):1261-1267.
- [12] 海涵,杨鹰.日粮添加镁、硒、铬对热应激肉仔鸡血清生化和血液流变学的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2010, 7:32-36.
- [13] 陈莉,曾祥元,朱国标,等.热应激对血液流变学指标影响的实验研究[J]. *中国微循环*, 2001, 5(3):211-212.
- [14] Sahin K, Kucuk O. A simple way to reduce heat stress in laying hens as judged by egg laying, body weight gain and biochemical parameters[J]. *Acta Vet Hung*, 2001, 49(4):421-430.
- [15] Keatinge W R, Colshaw S R, Easton J C, et al. Increased platelet and red cell counts, blood viscosity, and plasma cholesterol levels during