

江丹莉, 劳永聪, 吴纯华, 等. 外源性褪黑素和脂多糖对育成期山麻鸭生长及免疫功能的影响[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(5): 47-52.

外源性褪黑素和脂多糖对育成期山麻鸭生长及免疫功能的影响

江丹莉^{1,2}, 劳永聪^{1,2}, 吴纯华², 王金辉², 包海缘², 林泽桐²,
张贝贝², 林丹敏², 劳嘉伟², 黄运茂^{1,2}

(1 广东省水禽健康养殖重点实验室, 广东 广州 510225; 2 仲恺农业工程学院 动物科技学院, 广东 广州 510225)

摘要:【目的】研究外源性褪黑素 (MLT) 和脂多糖 (LPS) 对鸭生长性能及免疫功能的影响。【方法】随机选用 80 只 28 日龄健康山麻鸭, 平均分成 4 组, 包括对照组、MLT 组、MLT+LPS 组和 LPS 组。试验过程中测定山麻鸭体质量和采食量, 并于试验最后一天 (第 50 天) 进行采样和采血测定生化、生长相关激素等指标。【结果】与对照组相比, LPS 降低了山麻鸭生长性能, MLT 提高了山麻鸭生长性能, 但差异不显著 ($P>0.05$); LPS 使血清中胰岛素样生长因子、甲状腺素水平下降 ($P>0.05$), MLT 显著提高了血清生长激素、胰岛素样生长因子和甲状腺素水平 ($P<0.05$); LPS 使胸腺指数下降、脾脏指数上升 ($P<0.01$)。观察组织切片发现, LPS 使胸腺、肝脏和脾脏出现一定程度的损伤, 而 MLT 组无明显损伤; LPS 显著提高了血清谷草转氨酶活性 ($P<0.05$), MLT 显著降低了谷草转氨酶活性 ($P<0.05$), 提高了血清白蛋白含量 ($P>0.05$)。【结论】LPS 降低山麻鸭生长性能和免疫功能, MLT 对 LPS 刺激引起的生长缓慢和免疫功能下降等机体损伤起到缓解作用。

关键词: 鸭; 褪黑素; 脂多糖; 生长性能; 免疫功能

中图分类号: S814.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2018)05-0047-06

Effects of exogenous melatonin and lipopolysaccharide on the growth and immune function of Shanma ducks

JIANG Danli^{1,2}, LAO Yongcong^{1,2}, WU Chunhua², WANG Jinhui², BAO Haiyuan², LIN Zetong²,
ZHANG Beibei², LIN Danmin², LAO Jiawei², HUANG Yunmao^{1,2}

(1 Guangdong Province Key Laboratory of Waterfowl Healthy Breeding, Guangzhou 510225, China; 2 College of Animal Science & Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: 【Objective】To investigate the effects of exogenous melatonin (MLT) and lipopolysaccharide (LPS) on the growth performance and immune function of ducks. 【Method】Eighty 28-day-old healthy Shanma ducks were randomly chosen and divided into four groups including control, MLT, MLT+LPS and LPS groups. The weight and food intake were measured throughout the experimental duration, and on the last day (the 50th day), organism and blood samples were collected to measure biochemical indexes and the levels of growth hormones. 【Result】Compared with control, LPS impaired growth performance of ducks while MLT had the opposite effect, but the difference was not significant ($P>0.05$). The levels of insulin-like growth factor and thyroxine in serum declined in LPS group ($P>0.05$), while the levels of serum growth hormone, insulin-like growth factor and thyroxine increased significantly in MLT group ($P<0.05$). LPS decreased the thymus index and raised the

收稿日期: 2018-01-25 网络首发时间: 2018-07-09 17:49:46

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20180707.1635.020.html>

作者简介: 江丹莉 (1985—), 女, 硕士, E-mail: danli0222@163.com; 通信作者: 黄运茂 (1976—), 男, 教授, 博士, E-mail: huangyumao@163.com

基金项目: 广东省科技计划 (2016A020210129); 广州市科技计划 (201604020061); 广东省现代农业产业技术体系 (2016LM1113); 国家级大学生创新创业计划项目 (201611347012)

spleen index significantly ($P<0.01$). By observing tissue sections, a certain degree of damage was found in thymus, liver and spleen of LPS group, while MLT group had no obvious damage. LPS elevated AST content in serum significantly. MLT significantly lowered AST content ($P<0.05$) but elevated albumin content in serum ($P>0.05$). 【Conclusion】 LPS impairs the growth performance and immune function of ducks, and MLT relieves the harmful effects such as slow growth and immunity decline caused by LPS.

Key words: duck; melatonin; lipopolysaccharide; growth performance; immune function

南方地区的水禽养殖方式多采用结合水面的平养方式, 水质的好坏直接影响到水禽的健康和生产性能, 包括肉禽的存活率、生长速度、饲料转化率和种禽的损耗、产蛋性能、受精率、孵化率、健雏率等。研究表明, 水中有害细菌的大量增殖及其释放的内毒素对水禽养殖有不利影响^[1]。内毒素俗称脂多糖 (Lipopolysaccharide, LPS), 是革兰阴性细菌在死亡后释放的一种细胞壁成分, LPS 可以诱导机体产生大量炎症因子, 严重时会导致机体损伤, 使水禽易发生疾病, 严重降低种水禽的繁殖性能与雏禽的生长速度和免疫机能^[2-3]。在生产实践中, 预防有害细菌及其内毒素危害的措施主要是使用抗生素, 但近 2 年在饲料中添加褪黑素 (Melatonin, MLT) 也有不错效果。MLT 是一种由松果体分泌的具有多种功能的神经内分泌激素, 不但具有调节昼夜节律的功能, 还具有很强的抗氧化活性和抗炎作用, 使机体免受损伤^[4]。目前关于 MLT 对 LPS 所引起的机体损伤的保护机制仍不清楚。本研究给予育成期山麻鸭外源性 MLT 和 LPS, 研究 MLT 对 LPS 损伤山麻鸭生长性能和免疫功能的保护作用, 为进一步研究 MLT 和 LPS 对禽类机体的影响机制提供参考。

1 材料与方法

1.1 试剂材料

大肠埃希菌 LPS(血清型 O55:B5), 购于西格玛奥德里奇贸易有限公司; MLT 购于美仑生物技术有

限公司; PVP-K30 购于鼎国生物科技有限公司。谷丙转氨酶、谷草转氨酶、碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶、甘油三酯、总胆固醇、总蛋白、白蛋白指标检测试剂盒均购自南京建成生物科技有限公司; 生长激素、甲状腺素、胰岛素样生长因子 (Insulin-like growth factor-1, IGF-1) 水平的 ELISA 检测试剂盒均购自上海博谷生物科技有限公司。

1.2 动物试验

随机挑选 80 只健康的 28 日龄山麻鸭, 平均分为 4 组。试验为期 49 d, 从试验第 1 天开始, MLT 组、LPS 组和 MLT+LPS 组每隔 7 d 通过肌肉注射分别给予 1 mL 含 0.3 g·L⁻¹PVP 的生理盐水溶解的 1 mg MLT、1 mg LPS 和 1 mg LPS+1 mg MLT, 对照组给予等量含 0.3 g·L⁻¹PVP 的生理盐水。鸭的饲养按照仲恺农业工程院校内试验动物养殖场安全养殖技术规范饲养及饲喂标准化基础日粮 (表 1), 日粮中不添加抗生素。试验期记录每天的采料量, 从第 1 天开始每隔 7 d 测定鸭体质量 ($n=20$)。在第 50 天采集血样, 室温下静置 2 h 后 3 000 r·min⁻¹ 离心 5 min, 取血清存于 -20 ℃ 冰箱留待测定血液生化指标和激素水平; 取胸腺、脾脏、肝脏进行检查和称质量, 计算免疫器官指数 (器官质量/体质量×100%), 并取组织样留待作组织切片检查。

1.3 数据分析

试验数据用 SPSS 19.0 进行统计分析, 组间差异显著性采用 LSD 多重比较法进行检验, 图表中数

表 1 日粮组成及营养水平¹⁾
Table 1 Diet composition and nutrient level

日粮原料及质量分数/%												
玉米	次粉	米糠	豆粕	棉籽粕	菜籽粕	磷酸氢钙	石粉	食盐	植物油	赖氨酸	蛋氨酸	预混料 ¹⁾
39.80	22.00	12.00	13.45	3.00	5.00	1.60	1.02	0.39	0.50	0.10	0.12	1.00
营养组成及质量分数/%												
代谢能/ (MJ·kg ⁻¹)		粗蛋白质		钙		有效磷		蛋氨酸		赖氨酸		食盐
12		16.40		0.90		0.40		0.99		0.76		0.38

1)每千克预混料中含有维生素A 12 000 IU, 维生素B₁ 1 mg, 维生素B₂ 8 mg, 维生素B₆ 2 mg, 维生素B₁₂ 0.1 mg, 维生素D₃ 2 500 IU, 维生素E 20 IU, 维生素K₃ 2 mg, 生物素 1 mg, 烟酸 50 mg, 泛酸 15 mg, 叶酸 1 mg, 锌 80 mg, 锰 80 mg, 铜 50 mg, 铁 100 mg, 碘 0.1 mg, 硒 0.5 mg

据用“平均值±标准误”表示。酶活力单位 (U) 表示 37 ℃ 条件下, 每分钟内催化 1 μmol 底物转化为产物所需的酶量。

2 结果与分析

2.1 MLT 和 LPS 对生长性能的影响

整个试验期, 对照组、MLT 组、MLT+LPS 组和 LPS 组的日增质量分别为 12.55、13.59、11.94 和 10.92 g, 其中以 MLT 组最高, LPS 组最低, 但组间差异不显著 ($P>0.05$)(图 1)。对照组、MLT 组、MLT+LPS 组和 LPS 组的料重比分别为 6.48、6.43、6.76 和 7.60, 其中 MLT 组饲料回报率最高, LPS 组最差, 但各组间差异未达显著水平(图 1)。结果表明, MLT 能一定程度上改善育成期山麻鸭的生长性能和饲料回报率, LPS 则会降低山麻鸭生长性能和饲料回报率。

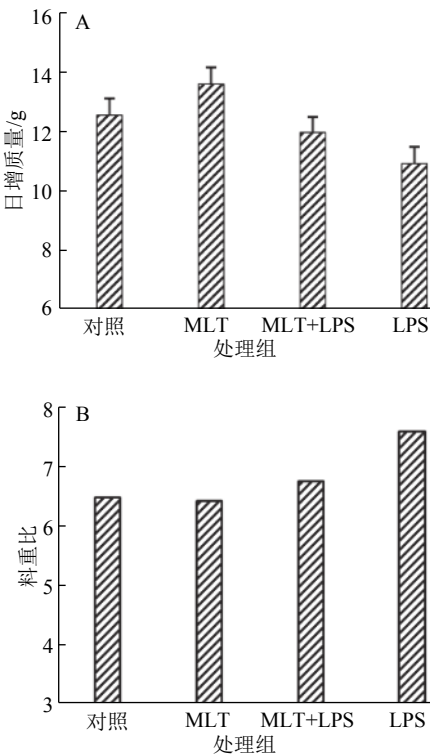


图 1 MLT 和 LPS 对生长性能的影响
Fig. 1 Effect of MLT and LPS on growth performance

2.2 MLT 和 LPS 对生长相关激素水平的影响

试验第 50 天测定血液中生长相关激素, 如表 2 所示, MLT 组、MLT+LPS 组和 LPS 组的生长激素水平显著高于对照组 ($P<0.05$)。MLT 组血清中的 IGF-1 和甲状腺素水平极显著高于其他 3 组 ($P<0.01$)。MLT+LPS 和 LPS 组的 IGF-1 水平、甲状腺素水平与对照组比较均有所下降, 但差异不显

表 2 MLT 和 LPS 对生长相关激素水平的影响¹⁾

Table 2 Effects of MLT and LPS on levels of growth related hormones			
$\rho/(\text{ng}\cdot\text{mL}^{-1})$			
处理组	生长激素	IGF-1	甲状腺素
对照	0.23±0.03aA	4.37±0.37aA	307.52±37.75aA
MLT	0.36±0.04bA	6.61±0.29bB	395.91±16.77bB
MLT+LPS	0.35±0.06bA	4.13±0.22aA	271.96±10.89aA
LPS	0.39±0.02bA	3.82±0.37aA	254.62±15.45aA

1)同列数据后凡具有一个相同大、小写字母者, 分别表示在 0.01、0.05 的水平差异不显著(LSD法)

著, 且 MLT+LPS 组高于 LPS 组, 证明 MLT 在一定程度上降低 LPS 的刺激作用, 但差异未达显著水平(表 2)。结果表明, MLT 有助于生长激素、IGF-1、甲状腺素的提高, LPS 使其下降, 且 MLT 有助于缓解 LPS 对血液生长激素的下降作用。

2.3 MLT 和 LPS 对免疫功能的影响

2.3.1 MLT 和 LPS 对免疫器官指数的影响 如表 3 所示, MLT 组、MLT+LPS 组和 LPS 组的胸腺指数均极显著低于对照组, MLT+LPS 组和 LPS 组的脾脏指数极显著高于对照组, 但 MLT 组的脾脏指数与对照组相比没有明显变化, 各组间肝脏指数均无显著性差异。结果表明, 试验期间 LPS 降低鸭胸腺指数, 使脾脏指数上升, 对肝脏指数影响不明显; MLT 降低胸腺指数, 但对脾脏指数和肝脏指数均影响不大。

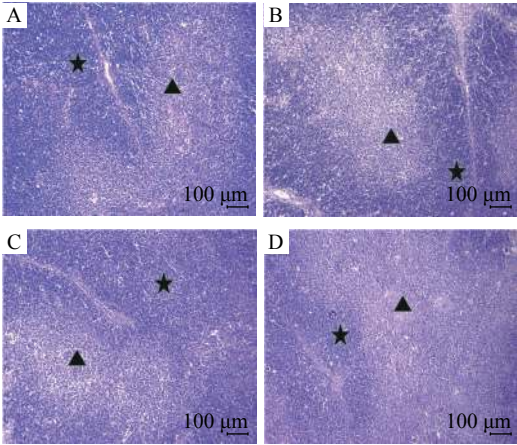
表 3 MLT 和 LPS 对免疫器官指数的影响¹⁾

Table 3 Effects of MLT and LPS on immune organ indexes			
处理组	胸腺指数	脾脏指数	肝脏指数
对照	0.582±0.058bB	0.083±0.006aA	2.664±0.098a
MLT	0.380±0.020aA	0.075±0.009aA	2.376±0.053a
MLT+LPS	0.368±0.045aA	0.111±0.010bB	2.525±0.107a
LPS	0.399±0.049aA	0.109±0.010bB	2.514±0.082a

1)同列数据后凡具有一个相同大、小写字母者, 分别表示在 0.01、0.05 的水平差异不显著(LSD法)

2.3.2 MLT 和 LPS 对免疫器官组织结构的影响

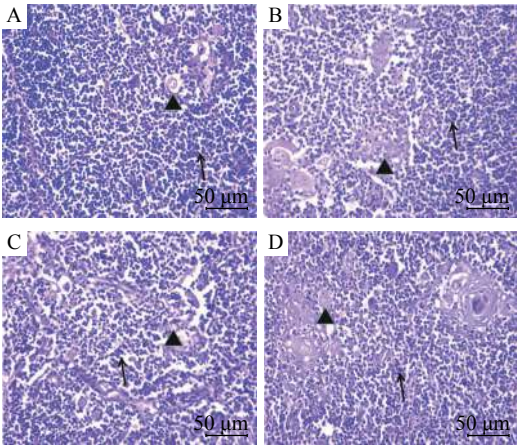
对照组与 MLT 组均可见明显胸腺小体、被膜、小梁、髓质、皮质, 未见明显异常, 细胞数量正常、排列紧密、染色清楚(图 2A、2C)。LPS 组与 MLT+LPS 组的可见明显胸腺小体、被膜、小梁、髓质、皮质, 但较对照组与 MLT 组髓质部细胞面积略有增大, 皮质面积减小(图 2B、2D); 髓质上皮细胞体积变大, 胞质疏松, 胸腺细胞数量明显减少, 实质部位空泡化程度升高(图 3)。对照组与 MLT 组的肝组织结



A: 对照组, B: LPS 组, C: MLT 组, D: MLT+LPS 组; ★: 皮质, ▲: 髓质

图 2 髓质和皮质面积变化

Fig. 2 Changes in medulla and cortical areas



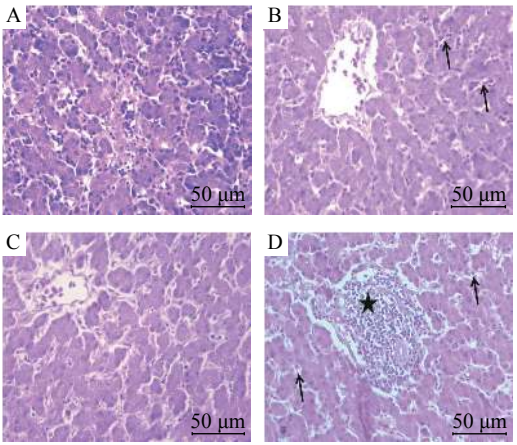
A: 对照组, B: LPS 组, C: MLT 组, D: MLT+LPS 组; ↑: 髓质上皮细胞, ▲: 胸腺细胞

图 3 髓质上皮细胞和胸腺细胞变化

Fig. 3 Changes in medullary epithelial cells and thymus cells

构正常, LPS 组与 MLT+LPS 组可见肝窦轻度扩张充血, MLT+LPS 组肝门静脉内可见明显淋巴细胞浸润, LPS 组出现肝细胞变性、坏死、脂肪变性(图 4)。镜下可见对照组和 MLT 组脾脏组织的白髓和红髓界限清晰, 结构、分布及数量正常, 脾索和脾窦结构正常。LPS 组与 MLT+LPS 组可见红髓、白髓结构, 细胞分布基本正常, 但可见脾小结体积变大, 淋巴细胞数量增多(图 5)。

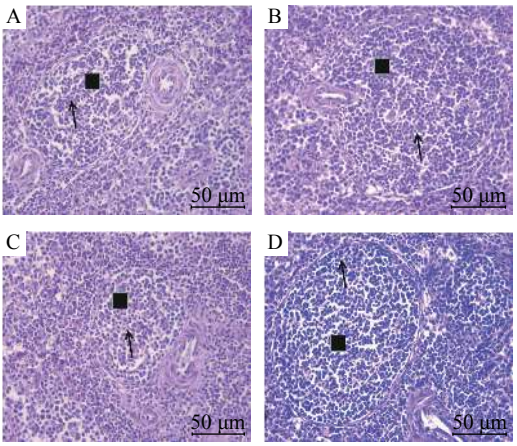
2.3.3 MLT 和 LPS 对血清蛋白水平的影响 MLT 组血清白蛋白水平显著高于 MLT+LPS 组, 且高于 LPS 组和对照组但差异不显著; MLT 组血清总蛋白和球蛋白水平相对于其他 3 组均有所上升, 但差异不显著(表 4)。结果表明, MLT 一定程度上提高血清总蛋白、白蛋白和球蛋白水平, LPS 则在一定程度上降低血清总蛋白和球蛋白水平。



A: 对照组, B: LPS 组, C: MLT 组, D: MLT+LPS 组; ↑: 肝窦, ★: 淋巴细胞

图 4 肝窦和肝门静脉内变化

Fig. 4 Changes in hepatic sinus and hepatic portal vein



A: 对照组, B: LPS 组, C: MLT 组, D: MLT+LPS 组; ■: 脾小结, ↑: 淋巴细胞

图 5 脾小结和淋巴细胞数量变化

Fig. 5 Changes in the numbers of spleen and lymphocytes

表 4 MLT 和 LPS 对血清蛋白水平的影响¹⁾

Table 4 Effects of MLT and LPS on the contents of serum proteins

处理组	总蛋白	白蛋白	球蛋白
对照	36.55±1.53a	8.79±0.27abA	27.87±1.69a
MLT	40.14±2.83a	9.31±0.38bA	30.83±2.73a
MLT+LPS	38.59±2.11a	8.42±0.20aA	30.17±2.13a
LPS	36.39±2.23a	9.28±0.25bA	27.06±2.37a

1) 同列数据后凡具有一个相同大、小写字母者, 分别表示在 0.01、0.05 的水平差异不显著(LSD法)

2.4 MLT 和 LPS 对血清生化指标的影响

如表 5 所示, MLT 组谷丙转氨酶和乳酸脱氢酶活性以及甘油三酯和总胆固醇浓度均为最低, LPS 组最高, MLT+LPS 组介于 2 组之间, 但组间差异均不显著。MLT 组和 MLT+LPS 组谷草转氨酶活性

表 5 MLT 和 LPS 对血清生化指标的影响¹⁾
Table 5 Effects of MLT and LPS on serum biochemical indexes

处理组	酶活性/(U·L ⁻¹)				c/(mmol·L ⁻¹)	
	谷丙转氨酶	谷草转氨酶	乳酸脱氢酶	碱性磷酸酶	甘油三酯	总胆固醇
对照	8.48±2.63a	8.36±3.04bA	332.42±20.17a	31.39±2.66a	0.28±0.04a	4.44±0.53a
MLT	8.41±4.30a	6.42±0.72aA	300.34±25.82a	37.96±5.81a	0.29±0.04a	4.05±0.52a
MLT+LPS	10.11±2.41a	6.24±1.13aA	303.10±22.50a	36.34±5.11a	0.36±0.04a	4.34±0.58a
LPS	10.31±1.90a	14.95±1.70cB	364.44±23.55a	34.44±3.04a	0.38±0.03a	4.72±0.50a

1) 同列数据后凡具有一个相同大、小写字母者, 分虽表示在0.01、0.05的水平差异不显著(LSD法)

接近, 且显著低于对照组, 同时极显著低于 LPS 组。碱性磷酸酶活性则表现为 MLT 组最高, 对照组最低, 但是各组间差异不显著。结果表明, MLT 能一定程度上缓解 LPS 对血清生化指标的影响。

3 讨论与结论

在本研究中, 注射 LPS 能一定程度上降低山麻鸭生长性能和饲料回报率, MLT 则一定程度上提高山麻鸭的生长性能和饲料回报率。研究表明, LPS 增加机体炎性细胞因子的分泌, 使营养物质在机体内重新分配, 将一部分养分从机体生长转向于维持高度激活的免疫系统功能, 从而降低了生长性能^[5]; 而 MLT 通过参与神经-内分泌-免疫网调控, 显著提高巨噬细胞的吞噬率和抗体数量, 进而增强免疫机能促进生长^[6]。有研究发现, 给予孕鼠高剂量的 MLT 能促进子代发育和生长激素分泌^[7], MLT 还可以在刺激生长激素释放的同时促进 IGF-1 的分泌^[8]。GH-IGF 生长轴是实现营养调控的关键, 能促进蛋白质的合成, 从而促进生长性能。本研究中, 注射 LPS 也能促进生长激素的释放, 但 IGF-1 的分泌量却没有达到高水平。这可能是当机体受到内毒素危害时, 垂体虽分泌高水平的生长激素, 但主要用于炎症反应的消耗, 导致 IGF-1 分泌减少, 从而减缓了生长速度^[9-10]。在临床上, 也有许多使用生长激素治疗炎症反应及内毒素血症的案例^[11]。另外, 本研究发现当机体受到 LPS 危害时, 甲状腺素水平下降, 提示下丘脑-垂体-甲状腺活动受到抑制; 当给予外源性 MLT 时, 甲状腺素有所上升。这可能与 MLT 对下丘脑-垂体-甲状腺轴功能有协同作用相关, 这在一些研究中得到证实^[12]。

LPS 刺激使鸭胸腺指数显著低于对照组, 脾脏指数显著高于对照组, 剖检时发现其脾脏肿大, 但肝脏与胸腺均无明显眼观病变。组织学结构结果表明, LPS 的刺激会使胸腺、肝脏、脾脏出现一定程度的损伤, 肝脏出现明显淋巴细胞浸润, 而 MLT 处理

无明显变化。这表明注射 LPS 对免疫器官有所损伤, 同时也表明了外源性的 MLT 对机体保护有限, 这与以往的报道有所不同^[13-15]。可能是 MLT 在体内代谢速度快, 因此注射 MLT 后, 其作用很快消失, 即使试验过程中已经添加了 PVP 作为缓释剂, 也很难延长其作用。血清蛋白含量是衡量动物机体健康、营养及代谢情况的重要指标^[16]。在本试验中, LPS 处理使鸭血清总蛋白和球蛋白含量下降, 给予外源性 MLT 则可以缓解 LPS 的不良影响, 升高鸭血清总蛋白和球蛋白含量。

在血液生化指标上, 谷丙转氨酶和谷草转氨酶是广泛存在于动物线粒体中的重要氨基酸转氨酶, 在机体代谢中起重要作用, 其活性变化反映了肝细胞损伤程度, 乳酸脱氢酶则是肝功能的重要评价指标^[17]。在本研究中, 连续注射 LPS 会使鸭血液中谷丙转氨酶一定程度升高, 谷草转氨酶极显著升高, 而给予外源性 MLT 能有效降低 LPS 带来的这种不良影响, 同时使血液中乳酸脱氢酶水平降低。研究表明, LPS 能一定程度损伤肝功能, MLT 则能一定程度上缓解 LPS 的损伤作用, 这与国内外的相关研究结果一致^[18-19]。在另外 3 个血液生化指标上, 碱性磷酸酶活性、甘油三酯和总胆固醇浓度在各组间无显著差异, 但对照组和 MLT 组的碱性磷酸酶活性高于 LPS 组。碱性磷酸酶作为动物糖代谢及脂肪代谢的重要因子, 当成骨细胞增殖亢进时其活性会显著上升^[20]。本试验中, 给予外源性 MLT 一定程度升高了碱性磷酸酶活性, 这表明 MLT 对机体生长具有促进作用, 而 LPS 则起相反作用。

本研究结果表明, LPS 降低育成期山麻鸭生长性能, 在一定程度上影响山麻鸭周增质量和饲料回报率, 降低鸭生长相关激素水平, 而给予 MLT 能提高山麻鸭生长性能和生长相关激素水平; LPS 降低山麻鸭免疫功能, 损伤鸭免疫器官、影响血液生化指标, 而 MLT 明显改善因 LPS 刺激引起的血清生化指标下降, 对 LPS 所致的鸭肝脏脂质沉积等损伤

具有保护作用,从而提高山麻鸭免疫功能。因此,MLT对LPS引起的禽类生长缓慢、免疫功能下降等机体损伤起到保护作用。

参考文献:

- [1] 黄运茂,张瑜,施振旦,等.鹅场洗浴池水质对种鹅生产性能的影响[J].中国家禽,2010,32(22): 62-64.
- [2] 江丹莉,刘丽,陈芳,等.细菌内毒素对肉鹅生长性能及免疫机能的影响研究[J].中国家禽,2011,33(7): 10-15.
- [3] 施振旦,刘丽,孙爱东,等.“禽-鱼”高密度养殖对水禽生产性能危害的研究[J].中国家禽,2011,33(13): 1-3.
- [4] 李有亮,刘向东,马爱君,等.褪黑素对内毒素血症大鼠TNF- α 表达的影响[J].河北医药,2012,34(6): 810-812.
- [5] COOK M E, MILLER C C, PARK Y, et al. Immune modulation by altered nutrient metabolism: Nutritional control of immune-induced growth depression[J]. J Poult Sci, 1993, 72(7): 1301-1305.
- [6] 卢玉发,廖清华.褪黑素对肉鸡生长性能及免疫功能的影响[J].饲料工业,2008,29(13): 37-39.
- [7] 王良岸,李春花,李扬志,等.褪黑素对SD大鼠雌性子代生长及性发育的影响[J].中山大学学报(医学科学版),2015,36(4): 551-555.
- [8] 李涛.褪黑素对大鼠椎体生长板软骨细胞影响的相关研究[D].广州:南方医科大学,2011.
- [9] KASUYA E, KUSHIBIKI S, SUTOH M, et al. Effect of melatonin injected into the third ventricle on growth hormone secretion in Holstein steers[J]. J Vet Med Sci, 2006, 68(10): 1075-1080.
- [10] KANG P, ZHANG L, HOU Y, et al. Effects of L-proline on the growth performance and blood parameters in weaned lipopolysaccharide (LPS)-challenged pigs[J]. Asian-Australas J Anim Sci, 2014, 27(8): 1150-1156.
- [11] 刘金钢,王宋军,田野,等.生长激素对实验性梗阻性黄疸大鼠内毒素血症的防治[J].中华普通外科杂志,2001,16(8): 493-494.
- [12] 程秀丽,刘泉,刘燕,等.褪黑素缓解由慢性社会应激所引发的大鼠下丘脑自由基和血清甲状腺素的变化[J].基础医学与临床,2013,33(10): 1028-1032.
- [13] 崔雁冰,陈绍红,刘铀,等.褪黑素抑制LPS诱导的脂肪细胞炎症反应及机制[J].天然产物研究与开发,2017,29(2): 294-298.
- [14] 张智,谷玮玮,马蕴蕾,等.褪黑素通过抑制P-选择素表达减轻内毒素致大鼠急性肺损伤[J].河北大学学报(自然科学版),2016,36(1): 78-83.
- [15] 宋洁琼,吴威,陈嵩,等.褪黑素对脂多糖诱导的脓毒症大鼠肺损伤的保护作用[J].中国临床医学,2016,23(5): 550-553.
- [16] 李敏莹,马静云,李少帅,等.复合植物精油对肉鸭生长性能与血清生化指标的影响[J].中国饲料,2015,15(12): 19-22.
- [17] 蔡旭滨,陈凌锋,檀新珠,等.太子参茎叶多糖对断奶仔猪生长性能和血清抗氧化指标、免疫指标及生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(12): 3867-3874.
- [18] 温子瑜,郑萍,张克英,等.黄曲霉毒素污染的玉米及吸附剂对樱桃谷肉鸭生产性能、血清生化指标及器官指数的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(3): 49-55.
- [19] 陈继发,罗玲,曲湘勇,等.霉菌毒素吸附剂对产蛋鸡生产性能、蛋黄中微量元素含量、血清抗氧化和生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(10): 3183-3191.
- [20] 王淑梅,王安.饲料中锰水平对育成期蛋鸭血液生化指标和血清MnSOD活性的影响[J].饲料工业,2006,27(14): 38-41.

【责任编辑 庄 延】