

# 间歇光照对肉鸡肺动脉高压综合征发病率及肺血管重构的影响

李锦春, 潘家强, 谭 勋, 孙卫东, 王金勇, 黄国庆, 王小龙

(南京农业大学动物医学院, 南京 210095)

**摘要:** 【目的】观察在低温环境下间歇光照对肉鸡肺动脉高压综合征 PHS 的防治效果及其对肉鸡肺血管重构的影响; 【方法】320 羽肉鸡随机分为 4 组: 常温对照组 (NC) 常规控温, 24h 连续光照; 低温对照组 (LC)、低温间歇光照 1 组和低温间歇光照 2 组采用低温诱发 PHS, 并从 9d 起分别实施 24 L : 0D 的连续光照和 21L : 3D、19L : 5D 的间歇光照 (IL) 制度, 30d 后都为连续光照。记录 PHS 发病数、体重和耗料量, 并分别于 14、23、30、37 和 44 d 从各组随机抽取 10 羽肉鸡采血和扑杀, 测定肺动脉的管壁面积与管总面积之比 (WA/TA)、平均中膜厚度 (mMTPA) 等指标; 【结果】环境低温使 PHS 发病率升高, 反映血管重构指标的 WA/TA 和 mMTPA 值也显著升高, 而间歇光照能够有效地降低寒冷诱发的 PHS 发病率和上述各项值。限制光照期间 IL 组肉鸡体重低于 LC 组, 但最终体重和料重比与 LC 组间差异不显著; 【结论】在肉鸡生长早期实施间歇光照制度能够有效降低低温诱发的 PHS 发病率, 抑制肺小动脉重构可能是其重要机理之一。

**关键词:** 肉鸡; 间歇光照; 肺动脉高压综合征; 血管重构

## Effects of Intermittent Lighting Schedules on Incidence of Pulmonary Hypertension Syndrome and Pulmonary Vascular Remodeling in Broilers

LI Jin-chun, PAN Jia-qiang, TAN Xun, SUN Wei-dong, WANG Jin-yong, HUANG Guo-qing, WANG Xiao-long

(College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

**Abstract:** 【Objective】 The purpose of the present study was to examine the efficacy of imposing intermittent lighting schedules on reduction of the incidence of ascites (or Pulmonary Hypertension Syndrome, PHS) induced by cool ambient temperature and to investigate its effect on the pulmonary vascular remodeling of broiler chickens. 【Method】 A total of three hundred and twenty broilers were randomly allocated to four groups. In one group, the continuous lighting schedule (CL) of 24 h light (L): 0 h dark (D) was maintained, ambient temperature kept normal (normal control group, NC) while in other three groups, the chickens were subjected to cool ambient temperature to induce PHS. The continuous lighting schedule of 24L:0 D (Low temperature control group, LC) and the intermittent lighting (IL) schedule of 21L:3 D (group L1) and 19 L:5D (group L2) were imposed, respectively, from 9 to 30 days of age (From day 30 onwards all groups were kept in continuous lighting). PHS incidence, body weights and feed intake were measured weekly for each group. Heart, Lung and blood samples were taken from 10 randomly selected birds per group at 14, 23, 30, 37 and 44 days of age, for the determination of the ratio of vessel wall area to total area (WA/TA), mean medial thickness in pulmonary arterioles (mMTPA), etc. 【Result】 The results indicated that the cool ambient temperature could increase morbidity of PHS in broilers, the values of WA/TA and mMTPA also were increased significantly, whereas the intermittent lighting (IL) schedule could successfully decrease the morbidity of PHS induced by cool ambient temperature and the values of WA/TA and mMTPA, which served as describing pulmonary vessel remodeling ( $P < 0.05$ ). Birds in IL groups were lighter than that in LC group during light restriction period, but both the final body weights and total feed conversion ratio were not significantly affected by the

lighting program in all birds subjected to low temperature. 【Conclusion】 It is concluded that introduction of intermittent lighting schedule during the early growing period is of benefit to reduce PHS morbidity induced by cool ambient temperature in fast-growing broilers, and attenuated pulmonary vascular remodeling may be involved in the underlying mechanisms.

**Key words:** Broiler; Intermittent lighting; Pulmonary hypertension syndrome; Vascular remodeling

## 0 引言

【本研究的重要意义】现代肉鸡生产为了提高肉鸡生长速度及饲料转化率,追求更高的经济效益,一般均采用 24 h 连续光照饲养,但随之而来的是肉鸡肺动脉高压综合征(ascites in broilers or pulmonary hypertension syndrome, PHS)、腿病、猝死综合征发病率的大大增加和脂肪过度沉积以及肌肉品质下降,而且耗电量多,出栏率低。【前人研究进展】很多学者提出间歇光照制度,并用试验证明了间歇光照能有效提高肉鸡上市体重和饲料利用率,而且降低腿病和猝死发生率。尽管有报道指出,间歇光照还可以降低腹水综合征发病率<sup>[1,2]</sup>,但其机制却尚未被阐明。已有研究表明,肉鸡 PHS 自然病例及高钠、寒冷、寒冷加 T<sub>3</sub> 等诱发的 PHS 患鸡肺小动脉发生了以血管壁肥厚为特征的重构<sup>[3-5]</sup>。在人类肺动脉血管重构既是肺动脉高压的重要病理变化,又是其维持和发展的结构基础,阻止和逆转肺血管重构已被认为是肺动脉高压防治方法中的重要环节<sup>[6]</sup>。人类医学关于应用药物治疗逆转肺血管重构的研究较多<sup>[7,8]</sup>,而间歇光照防治肉鸡 PHS 的机理是否与阻止肺动脉重构有关至今尚未见有关报道。目前,国内外众多学者研究表明效果显著的间歇光照制度是开灯 1 h : 关灯 3 h (1L : 3D)<sup>[1,2]</sup>,但对以开放式鸡舍为主流的国内肉鸡饲养现状而言,难以执行和推广。【本研究切入点】寻求一种简单易行而又能够有效防治 PHS 的光照制度并阐明其机理。【拟解决的关键问题】本试验旨在探索既能有效降低腹水发病率又不影响肉鸡上市体重的简单光照程序,并从肺血管重构方面研究间歇光照降低腹水发病率的可能机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物及分组

320 羽 1 日龄艾维因商品代肉鸡,按常规方法育雏。于 9d 将肉鸡随机分为 4 个组,每组 80 羽:两个重复:常温对照组(normal temperature control group, NC)按常规控温,24 h 连续光照;低温对照组(low temperature control group, LC)、低温间歇光照 1 组

(L1)和低温间歇光照 2 组(L2)采用环境低温诱发 PHS,并分别实施不同的光照措施,具体为:LC 组试验全程采用 24 h 连续光照,L1、L2 组从 9 d 至 30 d 分别实行 21 h light (L): 3 h dark (D)、19L : 5D 的间歇光照制度,30 d 后恢复为 24 h 连续光照。自 14 d 起 3 个组实施降温以诱发 PHS,舍温从 14 d 的 28℃ 开始以每天 1~2℃ 的幅度下降,至 21 d 降到 12℃ 并维持至 44 d 试验结束。从 9 d 起记录 PHS 发病数、体重和耗料量。分别于 14、23、30、37、44 d 从各组随机抽取 10 羽肉鸡进行采血和扑杀,测定下列各项指标。

### 1.2 测定指标

1.2.1 发病率 记录每周各组肉鸡的 PHS 发病数,计算出总的 PHS 发病率。以眼观出现腹水并且右心全心比值超过 0.299,作为判断 PHS 阳性的标准。

1.2.2 心脏指数(RV/TV) 按 Julian 等<sup>[9]</sup>的方法分别称量右心室和全心室的重量,并计算出右心室与全心室重量比(RV/TV)(单位为 g·g<sup>-1</sup>)。

1.2.3 血液红细胞压积(PCV) 翼下静脉采血 2 毫升,肝素抗凝,用温氏法测定。

1.2.4 体重和料重比 定期称量体重和记录饲料消耗量,计算各组肉鸡的平均体重和料重比。

1.2.5 肺动脉管壁面积与管总面积之比(WA/TA)、血管平均中膜厚度(mMTPA) 将鸡颈椎脱位处死,完整剥离肺脏,从右肺下 1/3 处连续水平横切,每片组织厚度 0.5 cm,然后再分割成几个大小均一(1 cm × 1 cm)的组织块,于 10%中性福尔马林液中固定,常规石蜡包埋,连续切片,取相邻的两张,一张做 HE 染色,一张做 Weigert 弹力纤维染色并用 Van-Gieson 液套染。参照文献<sup>[4]</sup>的方法用 Image-Pro Plus 4.0 图象分析软件测定各组肉鸡血管外径 20~50 μm、50~80 μm、80~200 μm 肺小动脉的 WA/TA 及 mMTPA 值。每张切片随机挑取 3 种外径肺小动脉各 10 条进行测定,以其平均值作为该片的代表值。

### 1.3 数据处理

应用 SPSS 软件进行数据统计,各组数据均用平均数±标准差表示,LC 组与 NC 组间进行 T 检验,LC、L1 和 L2 三组间采用单因素方差分析并采用 Duncan 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 间歇光照对肉鸡 PHS 发病率和心脏指数 (RV/TV) 的影响

2.1.1 PHS 发病率 由表 1 可见, NC 组肉鸡 PHS

发病率为 5%, 而 LC 组肉鸡 PHS 发病率为 12.5%, 且发生的时间较 NC 组提前 1 周, 表明用低温诱发 PHS 模型成功。L1 组、L2 组的 PHS 发病率分别为 1.25% 和 0, 均低于 LC 组, 表明间歇光照能够有效预防低温诱发的 PHS。

表 1 各组肉鸡 PHS 发病率

Table 1 The morbidity of PHS in different groups

处理 Treatment	组别 Groups	样本 Numbers	发病数 Number of cases of PHS					发病总数 Total cases	发病率(%) PHS morbidity
			7~14 d	14~23 d	23~30 d	30~37 d	37~44 d		
温度间 Different temperature	NC	80	0	0	1	1	2	4	5
	LC	80	0	1	2	3	4	10	12.5
光照间 Different lighting schedule	LC	80	0	1	2	3	4	10	12.5
	L1	80	0	0	0	0	1	1	1.25
	L2	80	0	0	0	0	0	0	0

2.1.2 心脏指数 (RV/TV) 由表 2 可见, LC 组 RV/TV 值在 30d 前 (含 30 d) 与 NC 组相比无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 在 37 和 44 d 时则显著高于 NC 组 ( $P$

$< 0.05$ )。两个间歇光照组的 RV/TV 值在 23、37、44 d 显著低于 LC 组 ( $P < 0.05$ ), 而在 14d 和 30d 时则与之差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 2 各组肉鸡 RV/TV 值的比较

Table 2 Comparison of ratio of RV/TV in different groups ( $g \cdot g^{-1}$ )

处理 Treatment	组别 Groups	日龄 Day of age				
		14 d	23 d	30 d	37 d	44 d
温度间 Different temperature	NC	0.171 ± 0.02a	0.190 ± 0.02a	0.171 ± 0.02a	0.207 ± 0.06b	0.243 ± 0.08b
	LC	0.178 ± 0.02a	0.195 ± 0.02a	0.194 ± 0.02a	0.244 ± 0.03ba	0.274 ± 0.03a
光照间 Different lighting schedule	LC	0.178 ± 0.02a	0.195 ± 0.02a	0.194 ± 0.02a	0.244 ± 0.03ba	0.274 ± 0.03a
	L1	0.165 ± 0.03a	0.174 ± 0.04b	0.186 ± 0.02a	0.204 ± 0.03b	0.218 ± 0.02b
	L2	0.186 ± 0.03a	0.173 ± 0.02b	0.169 ± 0.01a	0.196 ± 0.02b	0.208 ± 0.05b

同列数据中具有不同大、小写字母分别表示数据间差异极显著 ( $P < 0.01$ ) 或差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同

Data with the different superscripts a,b,c or A, B, C within a column are different for  $P < 0.05$  or significantly different for  $P < 0.01$ . The same as below

### 2.2 间歇光照对血液红细胞压积 (PCV) 的影响

从表 3 可见, 23 d 时 LC 组的 PCV 值虽高于 NC 组, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 在 30~44 d 时则较 NC 组显著升高 ( $P < 0.05$ )。两个间歇光照组的 PCV

值在 23 d 与 LC 组间无显著性差异, 在 30~44 d 时均显著低于 LC 组 ( $P < 0.05$ )。L1 和 L2 之间相比无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表 3 各组肉鸡 PCV 值的比较

Table 3 Comparison of values of PCV in different groups

处理 Treatment	组别 Groups	日龄 Day of age			
		23 d	30 d	37 d	44 d
温度间 Different temperature	NC	31.20 ± 2.30a	34.3 ± 2.17b	31.5 ± 4.44b	34.96 ± 2.81b
	LC	33.80 ± 4.85a	38.8 ± 1.31a	36.63 ± 3.63a	38.0 ± 3.30a
光照间 Different lighting schedule	LC	33.80 ± 4.85a	38.8 ± 1.31a	36.63 ± 3.63a	38.0 ± 3.30a
	L1	29.20 ± 3.70a	34.62 ± 1.70b	32.63 ± 3.03b	33.70 ± 4.89b
	L2	29.25 ± 1.89a	34.12 ± 2.62b	29.75 ± 4.66b	32.86 ± 1.03b

### 2.3 间歇光照对肉鸡体重和饲料利用效率的影响

由表 4 可见, LC 组体重在 30 d 和 44 d 时显著低于 NC 组 ( $P < 0.05$ ), 其它日龄则无显著差异。从 9 d 起实施间歇光照制度, 至 14d 时两个间歇光照组肉鸡的体重即已低于 LC 组, 但无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); 20 d 时两个间歇光照组肉鸡体重显著低于 LC 组

( $P < 0.05$ ); 30 d 控光结束时, L1 组与 LC 组差异不显著, L2 组仍显著低于 LC 组 ( $P < 0.05$ ); 37 d 和 44 d 低温各组间体重无显著性差异。LC 组料重比 (Feed/gain) 显著高于 NC 组 ( $P < 0.05$ ); 两个间歇光照组料重比均低于 LC 组, 对饲料的利用效率虽有所提高但无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

表 4 各组肉鸡体重和料重比的比较

Table 4 Comparison of values of body weight and Feed/gain in different groups

处理 Treatment	组别 Groups	体重 Body weight (kg)						料重比 Feed/gain
		7 d	14 d	20 d	30 d	37 d	44 d	
温度间 Different temperature	NC	0.191±0.02 a	0.431±0.02 a	0.731±0.03 a	1.291±0.18 a	1.686±0.17a	2.298±0.16a	1.820±0.12b
	LC	0.190±0.03 a	0.423±0.0 a	0.727±0.02 a	1.128±0.09 b	1.588±0.33a	2.102±0.26b	2.126±0.09a
光照间 Different lighting schedule	LC	0.190±0.03 a	0.423±0.0 a	0.727±0.02 a	1.128±0.09 a	1.588±0.33a	2.102±0.26a	2.126±0.09a
	L1	0.190±0.02 a	0.378±0.05 a	0.644±0.05b	1.117±0.11a	1.487±0.22a	2.028±0.3a	1.896±0.10a
	L2	0.191±0.05a	0.362±0.04 a	0.636±0.07b	1.028±0.09b	1.504±0.11a	1.936±0.20a	1.986±0.11a

### 2.4 间歇光照对肺血管管壁面积与血管总面积比

(WA/TA) 以及平均中膜厚度 (mMTPA) 的影响

#### 2.4.1 20~50 μm 肺小动脉 WA/TA 和 mMTPA 值

从表 5 可见, 14~37 d 时 NC 和 LC 组间、LC 和 L1、L2 组间 WA/TA 值无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。44 d 时 LC 组的 WA/TA 值显著高于 NC 组 ( $P < 0.05$ ), L1、

L2 组的 WA/TA 值显著低于 LC 组 ( $P < 0.05$ )。14~37 d NC 和 LC 组间、LC 与 L1、L2 组间 mMTPA 值无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。44 d 时 LC 组的 mMTPA 值显著高于 NC 组 ( $P < 0.05$ )。L1、L2 组的 mMTPA 值显著低于 LC 组 ( $P < 0.05$ )。

表 5 20~50 μm 肺小动脉 WA/TA 和 mMTPA 值

Table 5 WA/TA and mMTPA of pulmonary arterioles with outer diameter from 20 to 50 μm

项目 Items	处理 Treatment	组别 Groups	日龄 Day of age				
			14 d	23 d	30 d	37 d	44 d
WA/TA	温度间 Different temperature	NC	0.67±0.06a	0.69±0.08a	0.69±0.06a	0.71±0.10a	0.66±0.10 b
		LC	0.66±0.09a	0.70±0.11a	0.68±0.11a	0.72±0.16a	0.77±0.07a
	光照间 Different lighting schedule	LC	0.66±0.09a	0.70±0.11a	0.68±0.11a	0.72±0.16a	0.77±0.07a
		L1	0.70±0.11a	0.68±0.09a	0.67±0.08a	0.71±0.15a	0.67±0.11b
		L2	0.66±0.14a	0.69±0.11a	0.66±0.11a	0.68±0.09a	0.61±0.13b
mMTPA	温度间 Different temperature	NC	0.44±0.09a	0.46±0.10a	0.45±0.07a	0.48±0.10a	0.48±0.09b
		LC	0.43±0.10a	0.48±0.11a	0.45±0.11a	0.50±0.15a	0.56±0.07a
	光照间 Different lighting schedule	LC	0.43±0.10a	0.48±0.11a	0.45±0.11a	0.50±0.15a	0.56±0.07a
		L1	0.46±0.12a	0.45±0.09a	0.43±0.08a	0.49±0.16a	0.41±0.09b
		L2	0.43±0.14a	0.46±0.11a	0.43±0.11a	0.45±0.08a	0.36±0.07b

#### 2.4.2 50~80 μm 肺小动脉 WA/TA 和 mMTPA 值

由表 6 得知, 14 d 和 30 d 时 LC 组与 NC 组间 WA/TA 无显著性差异; 23、37、44 d 时 LC 组的 WA/TA 显著高于 NC 组 ( $P < 0.05$ )。14 d 时 LC 组的 WA/TA 值与两个间歇光照组相比无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 23~37 d 时 LC 组的 WA/TA 高于两个间歇光照组, 其中 L2 组与之差异显著 ( $P < 0.05$ ); 44 d 时 LC 组的 WA/TA 值显著高于两个间歇光照组 ( $P < 0.05$ )。14 d 和 30 d 时

LC 组与 NC 组间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); 23、37、44 d 时 LC 组的 mMTPA 值显著高于 NC 组 ( $P < 0.05$ )。14 d 时 LC 组的 mMTPA 值与两个间歇光照组无显著差异; 23 和 30 d 时 LC 组的 mMTPA 值高于两个间歇光照组, 其中 L2 组与之差异显著 ( $P < 0.05$ )。37 d 和 44 d 时 LC 组的 mMTPA 值显著高于 L1 和 L2 组 ( $P < 0.05$ )。

表 6 50~80 μm 肺小动脉 WA/TA 和 mMTPA 值

Table 6 WA/TA and mMTPA of pulmonary arterioles with outer diameter from 50 to 80 μm

项目 Items	处理 Treatment	组别 Groups	日龄 Day of age				
			14 d	23 d	30 d	37 d	44 d
WA/TA	温度间	NC	0.550±0.06a	0.54±0.09b	0.63±0.09 a	0.61±0.07b	0.57±0.09b
	Different temperature	LC	0.579±0.08a	0.65±0.10a	0.64±0.09 a	0.71±0.13a	0.72±0.07a
	光照间	LC	0.579±0.08a	0.65±0.10a	0.64±0.09 a	0.71±0.13a	0.72±0.07a
	Different lighting schedule	L1	0.541±0.12a	0.59±0.07ab	0.64±0.08a	0.63±0.12ab	0.60±0.18b
		L2	0.502±0.07a	0.52±0.13b	0.49±0.05 b	0.58±0.09 b	0.55±0.08b
mMTPA	温度间	NC	0.342±0.07a	0.33±0.08b	0.40±0.07 a	0.37±0.06b	0.38±0.07b
	Different temperature	LC	0.361±0.06a	0.43±0.09a	0.41±0.07a	0.48±0.08a	0.46±0.07a
	光照间	LC	0.361±0.06a	0.43±0.09a	0.41±0.07a	0.48±0.08a	0.46±0.07a
	Different lighting schedule	L1	0.330±0.08a	0.37±0.04ab	0.40±0.06a	0.41±0.07b	0.39±0.0b
		L2	0.30±0.06a	0.32±0.09b	0.28±0.03b	0.37±0.08 b	0.32±0.04b

2.4.3 80~200 μm 肺小动脉 WA/TA 和 mMTPA 值由表 7 可见, 14 和 23 d 时 LC 组和 NC 组间 WA/TA 值差异不显著 ( $P > 0.05$ )。30~44 d 时 LC 组的 WA/TA 值显著高于 NC 组 ( $P < 0.05$ )。14 和 23 d 时 LC 组和两个间歇光照组间的 WA/TA 值差异不显著; 30 d 时 LC 组的值高于两个间歇光照组, 但仅 L2 组与之差异显著 ( $P < 0.05$ ); 37 d 时 LC 组的值高于两个间歇光照组但无显著差异; 44 d 时 LC 组的值高于两个间歇光照组, 仅 L2 组与之差异显著 ( $P < 0.05$ )。14 和 23

d LC 组和 NC 组间 mMTPA 值差异不显著。从 30 d 至 44 d 时 LC 组的 mMTPA 值显著高于 NC 组 ( $P < 0.05$ )。14 和 23 d LC 组和两个间歇光照组间的 mMTPA 值差异不显著, 30 d 时 LC 组的值高于两个间歇光照组, 但仅 L2 组与之差异显著 ( $P < 0.05$ ); 37 d 时 LC 组的值高于两个间歇光照组但无显著差异; 44 d 时 LC 组的值高于两个间歇光照组, 仅 L2 组与之差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 7 80~200 μm 肺小动脉 WA/TA 和 mMTPA 值

Table 7 WA/TA and mMTPA of pulmonary arterioles with outer diameter from 80 to 200 μm

项目 Items	处理 Treatment	组别 Groups	日龄 Day of age				
			14 d	23 d	30 d	37 d	44 d
WA/TA	温度间	NC	0.432±0.10a	0.50±0.08a	0.450±0.11b	0.431±0.05b	0.565±0.13b
	Different temperature	LC	0.434±0.14a	0.478±0.07a	0.685±0.05a	0.568±0.07a	0.657±0.09a
	光照间	LC	0.434±0.14a	0.478±0.07a	0.685±0.05a	0.568±0.07a	0.657±0.09a
	Different lighting schedule	L1	0.435±0.06a	0.553±0.06a	0.629±0.06ab	0.591±0.16a	0.573±0.13ab
		L2	0.466±0.14a	0.575±0.11a	0.438±0.12b	0.508±0.06a	0.399±0.06b
mMTPA	温度间	NC	0.241±0.08a	0.280±0.05a	0.253±0.07b	0.237±0.11 b	0.333±0.09 b
	Different temperature	LC	0.238±0.09a	0.257±0.06a	0.445±0.05a	0.342±0.06 a	0.425±0.06a
	光照间	LC	0.238±0.09a	0.257±0.06a	0.445±0.05a	0.342±0.06 a	0.425±0.06a
	Different lighting schedule	L1	0.244±0.04a	0.333±0.05a	0.392±0.06ab	0.346±0.06a	0.36±0.05ab
		L2	0.246±0.08a	0.355±0.07a	0.296±0.08b	0.307±0.07a	0.219±0.01b

### 3 讨论

#### 3.1 间歇光照对肉鸡 PHS 发病率的影响

试验结果表明, LC 组 RV/TV 和 PHS 发病率较 NC 组升高, 提示环境低温成功诱导出了 PHS 模型, 与已有的研究结果相一致<sup>[9,10]</sup>。低温诱发 PHS 的可能机制为: 低温使肉鸡的新陈代谢速度加快和机体耗氧量增加, 而肉鸡解剖生理特点使其心肺功能供氧能力

几乎达到极限, 需氧增加和供氧不足的矛盾导致机体缺氧, 动脉血氧分压降低从而导致 (1) 肺动脉血管收缩及血管重构<sup>[11]</sup>, 肺动脉壁增厚使得肺血管管腔变窄和血管顺应性降低, 血液流经肺脏时阻力增大。(2) 血液氧分压降低促使红细胞生成增多, 血细胞比容增大<sup>[9,10]</sup>, 粘稠的血液流过肺血管的阻力增加。肺血管的阻力增加同时由于机体代谢加快使得心输出量增加, 流经肺血管的血流量增多, 作用于血管壁的机械

压力增大,这两方面的因素引起肺动脉高压、右心肥大,进而发生 PHS。本试验中 LC 组肉鸡肺小动脉血管发生了重构并且和 PCV 值增大呈正相关。

本试验中,与 LC 组相比,间歇光照降低了肉鸡 PHS 发病率。其可能的机制为:间歇光照减少了肉鸡采食量和活动行为,新陈代谢速度降低<sup>[1,2]</sup>和生长速度减慢,对氧的需求量减少,机体缺氧状况得到一定程度的缓解,红细胞增生亦受到一定程度的抑制,使 PCV 值降低,血液粘稠度降低,同时心输出量相对减少,这使得肺动脉压降低,右心负担减轻,防止右心肥大,同时减轻或阻止肺动脉的收缩和重构,由此降低 PHS 的发病率。Hassanzadeh M<sup>[1]</sup>等人的试验结果佐证了这个观点,他们采用 1L:3D 的间歇光照制度和渐增光制度,降低了肉鸡 PCV 值、血浆中的 T<sub>3</sub> 浓度和 PHS 的发病率。T<sub>3</sub> 浓度的降低反映了代谢率的降低。本试验中,间歇光照组 RV/TV、PCV 等数值显著低于 LC 组,显然与 Hassanzadeh M 等人的研究结果一致。

### 3.2 间歇光照对肉鸡肺血管形态学的影响

试验结果发现,LC 组肉鸡外径 50~80 μm、80~200 μm 和 20~50 μm 的肺小动脉分别从 23.30 和 44d 起发生明显的肺动脉血管壁肥厚为特征的血管重构,即肺小动脉血管平均中膜厚度 mMTPA 和管壁与管腔的比值 WA/TA 显著升高。据此推测肉鸡以血管中膜厚度和血管壁/腔比增高为特征的重构首先发生于大约 50~80 μm 直径范围内的小动脉。这与 Enkvetchakul B<sup>[12]</sup>等人的试验结果相近,他们采用通风不良诱发 PHS,PHS 患鸡直径 50~100 μm 的肺动脉在 3 和 7 周龄时发生显著肥厚,而直径在 100~200 μm 的肺动脉在 7 周龄时才发生显著肥厚。

37 d 时 LC 组直径 50~80 μm 肺动脉的中膜厚度比显著高于 L1 组,而面积比却与之无显著性差异,这种中膜面积比与管壁厚度比的不同步性,即 LC 组中膜厚度比显著大于 L1 组,而面积比却与之无显著性差异,可能是严格意义上的重构,即血管总体积不变,但组成成分重新排布导致血管内径缩小,血管壁增厚,在人类医学有这样的现象<sup>[6]</sup>,肉鸡却未见报道,这方面的工作尚有待于进一步探讨。间歇光照降低了 mMTPA 和 WA/TA 值, RV/TV 值和 PHS 发病率也降低,这表明间歇光照在一定程度上抑制了肺血管重构的形成,这也可能是间歇光照降低 PHS 发病率的部分机制。

间歇光照抑制肺血管重构的机制尚不清楚,降低肉鸡的早期生长速度和代谢率可能是其机制之一。低

温使机体代谢率升高,心输出量增加,对血管壁产生了较大的机械压力,而血液机械压力增加可促使肺动脉平滑肌细胞增殖<sup>[13]</sup>,发生以血管壁肥厚为特征的重构,体现为 mMTPA 和 WA/TA 值的增大。间歇光照降低肉鸡的早期生长速度和代谢率使机体缺氧状况得到缓解,心输出量随之减少,作用于肺血管壁的机械压力降低,肺动脉平滑肌增殖程度减轻,肺小动脉重构受到抑制。

间歇光照抑制肺小血管重构的另一机制可能与减少体内氧自由基的产生有关。快速生长和低温刺激使肉鸡缺氧加剧,体内氧自由基增多,会造成组织氧化损伤,促进血管收缩、重构,在 PHS 的发生、发展过程中起着重要作用<sup>[14]</sup>。据研究报道<sup>[15,16]</sup>间歇光照可导致肉鸡褪黑激素水平升高,褪黑激素能增强机体的免疫功能,并且是一种强抗氧化剂<sup>[17]</sup>,它与维生素 E 的功能相似,可破坏体内产生的过量自由基。本试验中间歇光照可能通过影响褪黑激素的分泌而减少体内过多氧自由基的产生,从而减轻了肺小血管重构。

本试验虽然发现间歇光照一定程度上抑制了低温诱导的肺小动脉血管重构,但间歇光照与血管重构之间关系的更深层次的机理尚待进一步研究。

### 3.3 间歇光照对肉鸡体重和饲料利用效率的影响

虽然早期控光使肉鸡的生长速度显著减慢,但其最终体重和料重比均未受明显影响,这个结果与已有的报道一致<sup>[1]</sup>。由此可见间歇光照比 24 h 连续光照更经济,既不影响肉鸡上市体重又能有效降低肉鸡 PHS 的发病率,具有实际应用价值。

## 4 结论

减慢肉鸡早期生长速度,使机体缺氧状况得到缓解,继而使血液粘稠度降低,同时还减轻了对肺动脉过氧化损伤,从而使肺小血管重构过程放缓,这可能是早期间歇光照降低 PHS 发病率的部分机制之一。

## References

- [1] M Hassanzadeh, M H Bozorgmerifard, A R Akbari, J Buyse, E Decuyper. Effect of intermittent lighting schedules during the natural scotoperiod on T(3)-induced ascites in broiler chickens. *Avian Pathology*, 2000, 29: 433-440.
- [2] Buyse N, Buyse J, Hassanzadeh-Ladmakhi M, Decuyper E. Intermittent lighting reduces the incidence of ascites in broilers: An interaction with protein content of feed on performance and the endocrine system. *Poultry Science*, 1998, 77(1):54-61.

- [3] 李锦春, 王小龙, 孙卫东, 向瑞平. 肉鸡肺动脉高压综合征自然病例肺细小动脉病理改变的图象分析. *中国兽医学报*, 1999, 19: 479-482.
- Li J C, Wang X L, Sun W D, Xiang R P. Study on histopathological alterations of pulmonary arterioles of broilers with pulmonary hypertension by using the microscopic image analysis program. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 1999, 19: 479-482. (in Chinese)
- [4] 李锦春, 王小龙, 孙卫东, 张克春. 高钠所致肺动脉高压肉鸡肺细小动脉病理改变的图象分析. *畜牧兽医学报*, 2000, 31: 441-447.
- Li J C, Wang X L, Sun W D, Zhang K C. Study on histopathological alterations of pulmonary arterioles of broilers with Na<sup>+</sup> induced pulmonary hypertension by using the microscopic image analysis program. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2000, 31: 441-447. (in Chinese)
- [5] Xiang R P, Sun W D, Wang J Y, Wang X L. Effect of vitamin C on pulmonary hypertension and muscularisation of pulmonary arterioles in broilers. *British Poultry Science*, 2002, 43: 705-712.
- [6] 李悦梅. 高血压血管重构的研究进展. *中国动脉硬化杂志*, 2003, 11 (2): 171-174.
- Li Y M. Remodeling of arterioles in hypertension. *Chinese Journal of Arterioscler*, 2003, 11(2): 171-174. (in Chinese)
- [7] 翟丽华. 高血压血管重塑及药物干预后的逆向重塑. *高血压杂志*, 2001, 9 (1): 76-78.
- Zhai L H. Vascular remodeling in hypertension and vascular regression associated with antihypertension therapy. *Chinese Journal of Hypertension*, 2001, 9 (1): 76-78.
- [8] 许柳青. P38MAPK 与血管重构. *高血压杂志*, 2005, 13 (5): 262-265.
- Xu L Q. Vascular Remodeling associated with P38MAPK. *Chinese Journal of Hypertension*, 2005, 13(5): 262-265.
- [9] Richard J J, Mcmillan I, Quinton M. The effect of cold and dietary energy on right ventricular hypertrophy, right ventricular failure and ascites in meat-type chickens. *Avian Pathology*, 1989, 18:675-684.
- [10] Shlosberg A, Zadikov I, Bendheim U, Handji V, Berman E. The effect of poor ventilation, low temperatures, type of feed and sex of birds on the development of ascites in broilers. *Physiopathological factors. Avian Pathology*, 1992, 21: 369-382.
- [11] Richard J J. Ascites in poultry. *Avian pathology*, 1993, 22: 419-454.
- [12] Enkvetchakul B, Beasley J, Bottje W. Pulmonary arteriole hypertrophy in broilers with pulmonary hypertension syndrome (ascites). *Poultry Science*, 1995, 74:1677-1682.
- [13] Wilson E, Mai Q, Sudhir K, Weiss R H, Ives H E. Mechanical strain induces growth of vascular smooth muscle cells via autocrine action of PDGF. *Journal Cell Biology*, 1993,123: 741-747.
- [14] Bottje W G, Wideman R F. Potential role of free radical in the pathogenesis of pulmonary hypertension syndrome. *Poultry and Avian Biology Review*, 1995, 6: 211-231.
- [15] 钱建中, 曹斌. 人工光照方式对鸡免疫系统的影响. *禽业科技*, 1997, 13 (5): 19.
- Qian J Z, Cao B. The effect of the program of artificial lighting on immune system. *Poultry Science and Technology*, 1997, 13 (5) : 19 (in Chinese) .
- [16] Klinger C A, Gehad A E, Hulet R M, Roush W B, Lillehoj H S, Mashaly M M. Effects of photoperiod and melatonin on lymphocyte activities in male broiler chickens. *Poultry Science*, 2000, 79(1): 18-25.
- [17] 刘志民. 松果腺激素及其受体研究现状及展望. *解放军医学杂志*, 2003, 28: 212-213.
- Liu Z M. Current status and prospect of studied on melatonin and its receptor. *Medicine Journal of China PLA*, 2003, 28: 212-213. (in Chinese)