

张晶鑫, 杨平, 葛宇峰, 等. 苏禽6号蛋鸡早期血脂代谢规律研究 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (2): 15-21.

ZHANG J X, YANG P, GE Y F, et al. Serum lipid metabolism of Suqin No. 6 layer at early stage of life [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (2): 15-21.

## 苏禽6号蛋鸡早期血脂代谢规律研究

张晶鑫<sup>1</sup>, 杨平<sup>2</sup>, 葛宇峰<sup>1</sup>, 王星果<sup>1</sup>, 窦套存<sup>1</sup>, 郭军<sup>1</sup>, 胡玉萍<sup>1</sup>,  
王强<sup>1</sup>, 王克华<sup>1</sup>, 曲亮<sup>1\*</sup>

(1. 江苏省家禽科学研究所/江苏省家禽遗传育种重点实验室, 江苏 扬州 225125;

2. 中国畜牧业协会, 北京 100044)

**摘要:** 旨在研究苏禽6号蛋鸡早期血脂代谢情况, 为该配套系的早期饲养管理和营养调控提供理论依据。以苏禽6号蛋鸡10周龄商品代鸡为试验组, 海兰褐蛋鸡为对照组, 饲养至18周龄, 每周采血测量血清中脂质代谢相关生化指标并进行差异分析和相关性分析。结果显示: 随着周龄增加, 苏禽6号蛋鸡腹脂率前期不变, 后期升高; 肝脏指数前期降低, 后期不变; 血清游离脂肪酸(FFA)含量整体降低, 总胆固醇(TC)和低密度脂蛋白(LDL)含量波动变化, 卵黄蛋白原(VTG)含量先降低后基本保持不变。与海兰褐蛋鸡相比, 苏禽6号蛋鸡腹脂率、血清甘油三酯(TG)含量整体较高, TC含量时高时低, 高密度脂蛋白(HDL)含量则较低, 而VTG含量前期基本一致, 后期则明显较低。前期与后期比较分析结果显示, 脂代谢指标中仅FFA含量在苏禽6号蛋鸡和海兰褐蛋鸡中均差异显著( $P<0.05$ ), 腹脂率和肝脏指数仅在苏禽6号蛋鸡中差异显著( $P<0.05$ )。苏禽6号蛋鸡血清TG含量与极低密度脂蛋白 $\gamma$ (VLDL $\gamma$ )、腹脂率极显著正相关( $P<0.01$ ), 与FFA显著负相关( $P<0.05$ ); TC、HDL和LDL三者之间均极显著正相关( $P<0.01$ )。综合分析表明, 苏禽6号蛋鸡早期血脂代谢稳定并且比高产蛋鸡慢。

**关键词:** 苏禽6号蛋鸡; 早期; 血清; 脂代谢指标

中图分类号: S831 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)02-0015-07

## Serum lipid metabolism of Suqin No. 6 layer at early stage of life

ZHANG Jingxin<sup>1</sup>, YANG Ping<sup>2</sup>, GE Yufeng<sup>1</sup>, WANG Xingguo<sup>1</sup>, DOU Taocun<sup>1</sup>, GUO Jun<sup>1</sup>, HU Yuping<sup>1</sup>,  
WANG Qiang<sup>1</sup>, WANG Kehua<sup>1</sup>, QU Liang<sup>1\*</sup>

(1. Jiangsu Institute of Poultry Science/Jiangsu Key Lab of Poultry Genetics and Breeding, Yangzhou 225125, China;

2. China Animal Agriculture Association, Beijing 100044, China)

**Abstract:** In this study, the serum lipid metabolism of Suqin No. 6 layers at early stage of life was determined so as to provide a theoretical basis for the early feeding and management and nutrient regulation of this crossbreeding system. The Suqin No. 6 layers of 10-week-old were raised to 18 weeks of age. The Hy-line brown layers were used as control. Blood samples were collected from the layers and their serum lipid metabolic indices were measured every week. And the variance and correlation of the data were analyzed. The results showed that, from 10 to 18 weeks of age, the percentage of abdominal fat yield in the layers remained unchanged and then increased; that their liver index decreased first and then remained unchanged, their serum free fatty acid (FFA) level generally decreased, their total cholesterol (TC) and low-density lipoprotein (LDL) levels fluctuated, and their vitellogenin (VTG) level decreased and then remained generally unchanged. Compared with those of Hy-line brown layers, the percentage of abdominal fat yield and the serum TG level of the Suqin No. 6 layers were higher in general, their TC level fluctuated, their HDL level was lower, and their VTG level was the same at the early stage and then significantly lower. The comparative analysis of the early stage and late stage development of the layers showed that, in the lipid metabolic indices, only FFA had significant differences in both the Suqin No. 6 layers and the Hy-line brown layers ( $P<0.05$ ). The percentage of abdominal fat yield and liver index had significant differences only in the Suqin No. 6 layers ( $P<0.05$ ). The serum TG level of the Suqin No. 6 layers was significantly positively correlated with the VLDL $\gamma$  level and percentage of abdominal fat yield ( $P<0.01$ ), and significantly negatively correlated with the

收稿日期: 2023-04-28; 修回日期: 2023-11-06

基金项目: 江苏省种业振兴揭榜挂帅项目 (JBGS [2021] 104); 江苏省重点研发计划 (现代农业) 专项 (BE2021380); 现代农业产业技术体系建设专项资金项目 (CARS-40-K01); 扬州市科技计划项目 (YZ2021030)

第一作者: 张晶鑫, 男, 硕士, 副研究员

\*通信作者: 曲亮, 研究员, 研究方向为蛋鸡育种, E-mail: 676542516@qq.com。

FFA level ( $P < 0.05$ ). There were significantly positive correlations among TC, HDL and LDL levels ( $P < 0.01$ ). The present results indicated that the serum lipids of Suqin No. 6 layers metabolized well at early stage of life, and that their metabolism was slower than that of high yielding layers.

**Keywords:** Suqin No. 6 layer; early stage; serum; lipid metabolism indices

我国鸡蛋消费偏好粉壳蛋,其市场份额正逐年上升。粉壳蛋主要由我国地方特色蛋鸡生产,其蛋重较小、蛋形较长、蛋黄比率大,淘汰母鸡体重适中,符合城乡居民传统消费习惯<sup>[1-2]</sup>,但是地方特色蛋鸡产蛋性能偏低,限制了产业发展速度<sup>[3-4]</sup>。蛋鸡饲料以粮食为主要原料,在饲料原料价格不断上涨的情况下,蛋鸡饲养成本逐年增加,节约饲料、提高生产效率显得尤为重要。目前市场上的节粮型蛋鸡品种,高产与优质不兼容<sup>[5-7]</sup>,因此需培育产蛋数多、蛋品质优、耗料少的高产节粮地方特色蛋鸡新品种。江苏省家禽科学研究所借助蛋鸡育种平台,经过多年培育,育成高产节粮蛋鸡配套系苏禽6号蛋鸡(含有dw矮小基因<sup>[8]</sup>),其性能优秀,市场前景十分广阔。

脂质代谢在一定程度上反映鸡摄入的营养水平和健康状况,同时还与其生长发育和繁殖相关。鸡日粮中能量水平升高则增加腹脂,而蛋白质水平升高则减少腹脂;血浆中极低密度脂蛋白(VLDL)含量随着日粮能量水平升高而降低,而总脂和胆固醇含量则随着日粮能量、蛋白质水平的升高而降低<sup>[9]</sup>。对肉种鸡限饲能提高鸡胚血清中甘油三酯(TG)和总胆固醇(TC)含量,降低低密度脂蛋白(LDL)含量<sup>[10]</sup>。鸡长期的脂肪代谢障碍会引发脂肪肝<sup>[11]</sup>,患有脂肪肝综合征的鸡与正常鸡相比,体重明显增大,腹脂率升高,血清TG、TC和LDL含量升高,而高密度脂蛋白(HDL)含量降低<sup>[12]</sup>。通过饲料中添加

稀土壳聚糖,四川山地乌骨鸡早期腹脂率、肝脂率以及血清TG、TC和VLDL含量都明显降低,而日增重则明显提高<sup>[13]</sup>。清远麻鸡早期腹脂重与体重、屠体重和胫长显著正相关<sup>[14]</sup>。肉鸡的脂肪沉积与体重呈显著正相关,适当的脂肪沉积有利于肉鸡开产和产蛋,但脂肪沉积过度则降低产蛋数和蛋重<sup>[15]</sup>。因此对鸡的脂质代谢特别是早期脂质代谢进行研究对生产具有指导意义。苏禽6号蛋鸡培育过程中并未对脂质代谢进行检测分析,而血液中TC、LDL等脂代谢指标含量高能反应出脂质代谢状况<sup>[16]</sup>,因此有必要进行相关研究。本研究采集苏禽6号蛋鸡早期血清,对脂质、脂蛋白、卵黄前体蛋白等脂代谢指标进行检测和分析,为维持该配套系的早期生长发育和机体健康提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以苏禽6号蛋鸡为试验组,江苏省家禽科学研究所选育的海兰褐蛋鸡为对照组。采用密闭鸡舍两段式笼养,饲养条件相同,标准饲料进行饲喂。饲料采用江苏盐城源耀饲料有限公司生产的806、816、828料,饲料营养水平见表1。自由饮水、采食,常规光照、免疫。试验鸡为10~18周龄,每周各品种随机选取健康母鸡12只,空腹12h后采血用于后续测定。

表1 饲料营养水平

周龄	料号	粗蛋白质/%	粗纤维/%	粗灰分/%	钙/%	总磷/%	氯化钠/%	赖氨酸/%	蛋+胱氨酸/%	水分/%
0~5	806	19.0~22.0	≤6.50	≤10.00	0.50~1.50	≥0.30	0.20~0.90	≥1.10	≥0.80	≤13.5
6~8	816	17.0~20.0	≤6.50	≤12.00	0.80~1.50	≥0.30	0.20~0.90	≥0.90	≥0.60	≤13.5
9~18	828	15.0~17.0	≤6.00	≤9.00	0.80~1.20	0.45~1.00	0.30~0.80	≥0.66	≥0.55	≤13.5

### 1.2 测定项目及方法

#### 1.2.1 血清脂代谢指标测定

采血5mL,静置20min后3000r/min离心5min,吸取上清液,使用Angle Gene生产的试剂盒进行各脂代谢指标测定。TG、TC测定:2.5μL血清加入250μL工作液,混匀,37℃孵育10min,使用酶标仪测定波长510nm的OD值。设置空白(蒸馏水)和校准品,含量=(血清OD值-空白OD值)/(校准OD值-空白OD值)×校准品浓度。游离脂肪

酸(FFA)测定:4μL血清加入200μL试剂1,混匀,37℃孵育5min,使用酶标仪测定波长546nm的OD值(OD1),再加入50μL试剂2,混匀,37℃孵育5min,测定波长546nm的OD值(OD2),计算 $\Delta OD = OD2 - OD1$ 。FFA、HDL和LDL测定:2.5μL血清加入180μL R1,混匀,37℃孵育5min,使用酶标仪测定波长546nm的OD值(OD1),再加入60μL R2,混匀,37℃孵育5min,测定波长546nm的OD值(OD2),计算 $\Delta OD = OD2 - OD1$ 。设

置空白(蒸馏水)和校准品,含量=(血清 $\Delta OD$ -空白 $\Delta OD$ )/(校准 $\Delta OD$ -空白 $\Delta OD$ ) $\times$ 校准品浓度。极低密度脂蛋白 $\gamma$ (VLDL $\gamma$ )、卵黄蛋白原(VTG)测定:10  $\mu$ L血清加入40  $\mu$ L稀释液中,然后加入50  $\mu$ L酶标试剂,37  $^{\circ}$ C孵育30 min,弃去并甩干液体,加入洗涤液后静置30 s,弃去并甩干,重复5次,先后加入显色液A和B各50  $\mu$ L,震荡混匀,37  $^{\circ}$ C避光显色10 min,加50  $\mu$ L终止液终止反应,使用酶标仪测定波长450 nm的OD值。设置空白(蒸馏水)和标准品,绘制标准曲线后算出各血清样品VLDL $\gamma$ 、VTG含量。

### 1.2.2 生产性能测定

根据NY/T 823—2020《家禽生产性能名词术语和度量计算方法》对相关指标进行测定和记录<sup>[17]</sup>,包括屠宰前体重,屠宰后腹脂重、肝重和全净膛重,并计算腹脂率、肝脏指数。腹脂率=腹脂重 $\div$ (全净膛重+腹脂重) $\times$ 1 000‰。肝脏指数=肝脏重 $\div$ 体重 $\times$ 1 000‰。

### 1.3 数据统计与分析

使用SPSS 26软件中的独立样本 $t$ 检验和单因素方差分析,并进行相关性分析。数据用“平均值 $\pm$ 标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 血清脂质指标

不同周龄TG、TC、FFA含量和腹脂率、肝脏指数趋势见表2、表3。随着周龄增加,苏禽6号蛋鸡血清FFA含量整体降低,12周龄开始显著降低( $P<0.05$ );TC含量在一定范围内波动变化,其中11、12、14、15、17周龄显著降低( $P<0.05$ ),13、16

周龄又显著升高( $P<0.05$ );腹脂率前期基本保持不变,17周龄后显著升高( $P<0.05$ );肝脏指数在12周龄显著降低( $P<0.05$ ),之后基本保持不变。

由表2可见,苏禽6号蛋鸡血清TG含量在10、12、13、16周龄极显著( $P<0.01$ )而15周龄显著( $P<0.05$ )高于海兰褐蛋鸡,其他周龄差异不显著( $P>0.05$ );TC含量与海兰褐蛋鸡波动类似且无明显规律;FFA含量与海兰褐蛋鸡变化基本一致。

10周龄与18周龄比较,仅FFA在苏禽6号蛋鸡和海兰褐蛋鸡中均差异显著,且均是18周龄比10周龄显著降低( $P<0.05$ )。

由表3可见,苏禽6号蛋鸡腹脂率极显著高于海兰褐蛋鸡( $P<0.01$ );肝脏指数除10、13周龄极显著高于海兰褐蛋鸡( $P<0.01$ ),其余周龄与海兰褐蛋鸡基本一致。

表3中10周龄与18周龄腹脂率、肝脏指数比较结果显示,仅在苏禽6号蛋鸡中存在显著差异,其中腹脂率18周龄显著升高( $P<0.05$ ),肝脏指数18周龄显著降低( $P<0.05$ )。

### 2.2 血清脂蛋白指标

不同周龄HDL和LDL含量趋势见表4。随着周龄增加,苏禽6号蛋鸡血清LDL含量波动变化,其中11、14、15和17周龄显著降低( $P<0.05$ )。

苏禽6号蛋鸡HDL含量在10、15周龄显著( $P<0.05$ )而11、14和17周龄极显著( $P<0.01$ )低于海兰褐蛋鸡其他周龄差异不显著( $P>0.05$ )。LDL含量除13周龄极显著高于海兰褐蛋鸡( $P<0.01$ ),其余周龄与海兰褐蛋鸡基本一致。

10周龄与18周龄HDL、LDL含量比较结果显示,2个品种鸡的2个指标均无显著差异。

表2 苏禽6号蛋鸡和海兰褐蛋鸡血清脂质指标比较

mmol/L

周龄	苏禽6号蛋鸡			海兰褐蛋鸡		
	TG	TC	FFA	TG	TC	FFA
10	1.08 $\pm$ 0.50	3.39 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	1.49 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.40 $\pm$ 0.05 <sup>**</sup>	3.15 $\pm$ 0.26	1.57 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>
11	1.28 $\pm$ 1.44	2.53 $\pm$ 0.60 <sup>c</sup>	1.45 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.44 $\pm$ 0.05	3.19 $\pm$ 0.30 <sup>*</sup>	1.47 $\pm$ 0.09
12	0.76 $\pm$ 0.14	2.58 $\pm$ 0.17 <sup>bc</sup>	1.35 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.38 $\pm$ 0.09 <sup>**</sup>	2.65 $\pm$ 0.30	1.41 $\pm$ 0.06
13	0.90 $\pm$ 0.50	3.30 $\pm$ 0.59 <sup>a</sup>	1.30 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.33 $\pm$ 0.05 <sup>**</sup>	2.69 $\pm$ 0.33 <sup>*</sup>	1.34 $\pm$ 0.11
14	0.66 $\pm$ 0.38	2.46 $\pm$ 0.23 <sup>c</sup>	1.20 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup>	0.39 $\pm$ 0.04	3.05 $\pm$ 0.34 <sup>**</sup>	1.28 $\pm$ 0.11
15	1.64 $\pm$ 1.56	2.67 $\pm$ 0.54 <sup>bc</sup>	1.19 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>	0.43 $\pm$ 0.09 <sup>*</sup>	3.14 $\pm$ 0.41	1.20 $\pm$ 0.08
16	1.85 $\pm$ 0.27	3.27 $\pm$ 0.73 <sup>a</sup>	1.12 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>	0.44 $\pm$ 0.13 <sup>**</sup>	3.07 $\pm$ 0.49	1.17 $\pm$ 0.07
17	2.06 $\pm$ 3.14	2.62 $\pm$ 0.29 <sup>bc</sup>	0.97 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup>	0.45 $\pm$ 0.09	3.51 $\pm$ 0.25 <sup>**</sup>	1.00 $\pm$ 0.06
18	2.35 $\pm$ 2.21	3.12 $\pm$ 0.45 <sup>ab</sup>	0.95 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>	1.51 $\pm$ 1.22	3.08 $\pm$ 0.48	1.00 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>

注:苏禽6号蛋鸡同列数据肩标字母不同表示差异显著( $P<0.05$ );海兰褐蛋鸡10周龄与18周龄同一指标进行比较,肩标字母不同表示差异显著( $P<0.05$ );海兰褐蛋鸡每周同一指标与苏禽6号蛋鸡比较,\*表示差异显著( $P<0.05$ ),\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )。下同。

表 3 苏禽 6 号蛋鸡和海兰褐蛋鸡腹脂率和肝脏指数比较

%

周龄	苏禽 6 号蛋鸡		海兰褐蛋鸡	
	腹脂率	肝脏指数	腹脂率	肝脏指数
10	27.62±17.40 <sup>bc</sup>	22.18±0.99 <sup>ab</sup>	2.64±1.30 <sup>**</sup>	19.14±0.67 <sup>**</sup>
11	28.92±12.59 <sup>bc</sup>	22.86±2.77 <sup>a</sup>	7.63±5.39 <sup>**</sup>	20.87±1.73
12	30.00±12.19 <sup>bc</sup>	19.85±3.29 <sup>bc</sup>	2.71±2.91 <sup>**</sup>	23.59±3.88
13	21.99±11.71 <sup>c</sup>	18.08±1.14 <sup>c</sup>	3.18±4.07 <sup>**</sup>	20.22±1.47 <sup>**</sup>
14	31.83±13.78 <sup>bc</sup>	18.99±2.17 <sup>c</sup>	10.74±4.99 <sup>**</sup>	19.90±1.57
15	34.51±13.23 <sup>bc</sup>	17.75±2.39 <sup>c</sup>	17.23±8.95 <sup>**</sup>	18.14±1.10
16	40.50±19.71 <sup>b</sup>	18.93±3.40 <sup>c</sup>	16.06±9.84 <sup>**</sup>	19.72±1.77
17	55.50±10.16 <sup>a</sup>	18.58±1.22 <sup>c</sup>	23.42±13.84 <sup>**</sup>	17.32±1.89
18	66.32±14.52 <sup>a</sup>	19.00±4.04 <sup>c</sup>	27.32±18.19 <sup>**</sup>	19.38±2.52

表 4 苏禽 6 号蛋鸡和海兰褐蛋鸡血清脂蛋白指标比较

mmol/L

周龄	苏禽 6 号蛋鸡		海兰褐蛋鸡	
	HDL	LDL	HDL	LDL
10	1.69±0.24 <sup>ab</sup>	0.97±0.39 <sup>a</sup>	1.93±0.11 <sup>*</sup>	0.72±0.21
11	1.36±0.41 <sup>b</sup>	0.57±0.32 <sup>bcd</sup>	2.00±0.23 <sup>**</sup>	0.63±0.06
12	1.49±0.10 <sup>ab</sup>	0.66±0.08 <sup>abcd</sup>	1.54±0.12	0.56±0.16
13	1.69±0.54 <sup>ab</sup>	0.88±0.21 <sup>ab</sup>	1.68±0.23	0.58±0.15 <sup>**</sup>
14	1.47±0.20 <sup>ab</sup>	0.47±0.19 <sup>d</sup>	1.95±0.26 <sup>**</sup>	0.61±0.15
15	1.45±0.40 <sup>ab</sup>	0.63±0.17 <sup>bcd</sup>	1.93±0.21 <sup>*</sup>	0.63±0.16
16	1.80±0.45 <sup>a</sup>	0.83±0.41 <sup>abc</sup>	1.88±0.33	0.51±0.15
17	1.47±0.35 <sup>ab</sup>	0.52±0.26 <sup>cd</sup>	2.13±0.13 <sup>**</sup>	0.71±0.13
18	1.69±0.44 <sup>ab</sup>	0.78±0.32 <sup>abcd</sup>	1.68±0.53	0.74±0.30

2.3 血清卵黄前体蛋白指标

不同周龄 VLDL<sub>y</sub> 和 VTG 含量趋势见表 5。随着周龄增加，苏禽 6 号蛋鸡 VTG 含量 11 周龄开始显著降低 ( $P<0.05$ )，之后基本保持不变。

苏禽 6 号蛋鸡 VLDL<sub>y</sub> 含量整体与海兰褐蛋鸡一

致，VTG 含量前期与海兰褐蛋鸡基本一致，15 周龄后显著低于海兰褐蛋鸡 ( $P<0.05$ )。

10 周龄与 18 周龄 VLDL<sub>y</sub>、VTG 含量比较结果显示，2 个品种鸡的 2 个指标均无显著差异。

表 5 苏禽 6 号蛋鸡和海兰褐蛋鸡血清卵黄前体蛋白指标比较

ng/mL

周龄	苏禽 6 号蛋鸡		海兰褐蛋鸡	
	VLDL <sub>y</sub>	VTG	VLDL <sub>y</sub>	VTG
10	301.00±49.34 <sup>ab</sup>	81.95±6.39 <sup>a</sup>	308.42±45.69	78.69±6.85
11	334.96±50.43 <sup>ab</sup>	69.35±5.97 <sup>b</sup>	320.57±76.97	78.84±9.87 <sup>*</sup>
12	297.80±23.22 <sup>b</sup>	67.80±14.37 <sup>b</sup>	322.23±24.35	59.62±7.53
13	310.67±34.25 <sup>ab</sup>	67.62±8.04 <sup>b</sup>	326.50±21.22	71.51±10.67
14	311.86±30.54 <sup>ab</sup>	65.84±13.36 <sup>b</sup>	307.16±42.62	69.12±14.66
15	335.66±53.90 <sup>ab</sup>	69.02±8.61 <sup>ab</sup>	347.92±27.93	76.39±3.67 <sup>*</sup>
16	344.15±35.80 <sup>a</sup>	57.73±22.07 <sup>b</sup>	349.24±35.50	80.23±6.90 <sup>*</sup>
17	345.16±25.89 <sup>a</sup>	66.59±9.81 <sup>b</sup>	357.91±20.32	80.85±11.01 <sup>**</sup>
18	344.45±29.27 <sup>a</sup>	69.49±10.15 <sup>ab</sup>	346.58±48.64	75.65±14.07 <sup>*</sup>

## 2.4 相关性分析

血清各脂质代谢指标与腹脂率、肝脏指数间的相关性分析见表6。TG与VLDLy和腹脂率呈极显著正相关 ( $P<0.01$ )。FFA则相反,它与VLDLy ( $P<0.05$ )和腹脂率 ( $P<0.01$ )呈显著或极显著负相

关,同时与TG也显著负相关 ( $P<0.05$ ),但和肝脏指数显著正相关 ( $P<0.05$ )。TC、HDL和LDL三者之间均呈极显著正相关 ( $P<0.01$ )。VLDLy与腹脂率呈显著正相关 ( $P<0.05$ )。

表6 苏禽6号蛋鸡血清脂代谢指标与腹脂率、肝脏指数相关性分析

项目	TG	TC	FFA	HDL	LDL	VLDLy	VTG	腹脂率	肝脏指数
TG	1	0.193	-0.749*	0.240	0.041	0.886**	-0.219	0.857**	-0.256
TC		1	0.047	0.924**	0.956**	-0.058	0.209	0.105	-0.014
FFA			1	-0.179	0.261	-0.703*	0.521	-0.892**	0.703*
HDL				1	0.837**	0.010	-0.077	0.238	-0.206
LDL					1	-0.244	0.348	-0.069	0.120
VLDLy						1	-0.480	0.692*	-0.261
VTG							1	-0.229	0.544
腹脂率								1	-0.399
肝脏指数									1

注:\*表示显著相关 ( $P<0.05$ ),\*\*表示极显著相关 ( $P<0.01$ )。

## 3 讨论

### 3.1 血清脂代谢指标表达规律

对苏禽6号蛋鸡早期脂质代谢进行系统研究可以对其早期饲养阶段的生长发育提供间接数据支撑,指导生产。Bobek等<sup>[18]</sup>发现热应激育成鸡饲喂反式三碘甲腺原氨酸(rT3)可以增加FFA含量。热应激会减缓机体的基础代谢,而rT3能进一步减缓代谢并加速脂质裂解,这样就增加了FFA含量,说明FFA受到甲状腺激素调控。而在本研究中,随着早期苏禽6号蛋鸡生长,血清中FFA含量降低,与Bobek等<sup>[18]</sup>的研究结果相反,提示其也受甲状腺激素调控,且是反向调控。另外,早期苏禽6号蛋鸡血清FFA含量显著低于海兰褐蛋鸡,说明节粮矮小蛋鸡脂质裂解能力可能比高产褐壳蛋鸡弱<sup>[18]</sup>。农大3号矮小蛋鸡TG和TC含量与高产蛋鸡无显著差异<sup>[19]</sup>。而本研究中,苏禽6号蛋鸡血清中TG含量显著高于海兰褐蛋鸡,而HDL含量则较低,提示不同品种矮小蛋鸡血脂差异较大。因为高TG会增加脂质沉积,高HDL会促进肝外组织胆固醇向肝内流动,降低动脉粥样硬化风险<sup>[20-21]</sup>,因此苏禽6号蛋鸡早期脂质降解能力可能低于高产蛋鸡。VLDLy和VTG是形成卵黄的重要前体蛋白,两者均富含脂质,鸡卵黄中的大部分脂质均由VLDLy和VTG中获得,血清中VLDLy和VTG水平与蛋鸡繁殖性能密切相关<sup>[22-23]</sup>。苏禽6号蛋鸡血清VTG含量前期与海兰褐蛋鸡基本相当,后期却明显较低,提示苏禽6号蛋鸡繁殖性能低于高产蛋鸡。

苏禽6号蛋鸡早期腹脂率高于海兰褐蛋鸡,说明苏禽6号蛋鸡早期腹脂沉积比海兰褐蛋鸡多。

### 3.2 育成前后期脂代谢指标比较

本研究的各血清脂代谢指标中只有FFA在苏禽6号蛋鸡和海兰褐蛋鸡中均存在显著差异,提示FFA的明显减少对2个鸡种的发育均较重要。腹脂率和肝脏指数均只在苏禽6号蛋鸡中有显著差异,而在海兰褐蛋鸡中无显著差异,提示地方蛋鸡腹脂和肝脏发育后期受脂质代谢影响较大,而高产蛋鸡则受影响较小,分析这可能和高产蛋鸡的长期选择有关。

### 3.3 苏禽6号蛋鸡脂代谢指标相关性分析

相关性分析可以为育种中特定性状的选育提供一个较为合适的选择指标。苏禽6号蛋鸡早期血清TG含量与FFA显著负相关,与TC、HDL无相关性,而TC与HDL显著正相关。东乡绿壳蛋鸡血清TG含量与TC极显著正相关,与HDL显著负相关<sup>[24]</sup>。如皋黄鸡血清TC含量与TG、HDL都是极显著正相关<sup>[25]</sup>。综上,说明不同品种鸡血脂各指标间相关性有所差异。苏禽6号蛋鸡早期血清TC含量还与LDL显著正相关,与肉鸭早期血清中TC含量与LDL的相关性一致<sup>[26]</sup>,但是苏禽6号蛋鸡TC含量与FFA无相关性,而肉鸭TC含量与FFA显著正相关<sup>[26]</sup>,说明不同禽类早期血脂代谢指标存在差异。另外,本研究中苏禽6号蛋鸡早期血清TG含量与FFA显著负相关,且这2个指标与VLDLy和腹脂率等指标的相关性正好相反,说明苏禽6号蛋鸡可以根据血清TG或是FFA含量判断对方的含量,并估计其他脂质相关

指标的大致情况,提示血清 TG 或 FFA 可作为选择脂质代谢性状的潜在指标。分析血脂代谢指标与其他性状指标的相关性也能为脂代谢性状或其他性状的选育提供理论指导,如成年萧山鸡血浆 TC 含量与屠体重、半净膛重、全净膛重均呈显著正相关,提示可通过血浆 TC 含量的选择进而选择萧山鸡产肉性能<sup>[27]</sup>。限饲的肉鸡脂肪组织中 *c-myc* 原癌基因表达量与血清 TG 含量呈显著负相关,提示可通过 *c-myc* 基因表达量的选择进而选择脂质代谢性能<sup>[28]</sup>。因此,对苏禽 6 号蛋鸡早期血清脂质代谢指标与其他性状指标的相关性分析有望为各性状的选择提供新思路,值得进一步研究。

### 3.4 血清脂代谢研究展望

患有脂肪肝出血综合征的鸡血清中 TG、TC 和 LDL 含量显著高于正常鸡,而 HDL 含量则显著低于正常鸡,说明 TG、TC 和 LDL 含量的升高和 HDL 含量的降低会导致鸡肝脏脂肪病变,并造成脂质代谢紊乱,降低生产性能<sup>[12]</sup>。因此,对鸡脂质代谢进行调控可以改善或提高生产性能。肉鸡饲喂益生菌胶囊可以显著降低血清 TG、TC 和 LDL 含量<sup>[29]</sup>。在罗曼蛋鸡性成熟时期,血清 TG、TC、VLDL<sub>y</sub> 和 VTG 均有显著提高,通过上调肝脏-血液-卵巢信号轴上各相关基因的表达,卵黄的形成和卵泡的发育均得到促进<sup>[30]</sup>。在蛋鸡体内使用 RNAi 对 2 个重要的脂质代谢相关基因 ACACA 和 SREBP1 进行敲低,可以显著降低血清 TG、TC、HDL 和 LDL 含量,并降低鸡蛋中 TC 和 LDL 含量,影响蛋品质<sup>[31]</sup>。蛋鸡日粮中添加白藜芦醇可以降低血清 TG、TC、LDL 和 VLDL 含量以及卵黄 TC 含量,提高饲料转化率、鸡蛋蛋白高度和哈氏单位<sup>[32]</sup>。饲养方式也能调控鸡脂质代谢,例如与笼养相比,散养可以降低血清 TC 含量,提高鸡肉品质<sup>[33]</sup>。苏禽 6 号蛋鸡早期血清脂代谢指标反映了其育成期的脂质代谢水平,间接反映其营养和健康情况,为苏禽 6 号蛋鸡进行早期脂质代谢调控奠定了基础。

## 4 小结

苏禽 6 号蛋鸡从 10 周龄到 18 周龄发育过程中,腹脂率显著升高,FFA、VTG 和肝脏指数显著降低。与海兰褐蛋鸡相比,苏禽 6 号蛋鸡腹脂率、血清 TG 含量较高,HDL 含量较低,而 VTG 含量前期相当,后期则明显较低。苏禽 6 号蛋鸡血清 TG 含量与 VLDL<sub>y</sub>、腹脂率显著正相关,与 FFA 显著负相关;TC、HDL 和 LDL 三者之间均显著正相关。总体上苏禽 6 号蛋鸡早期血脂代谢稳定。

## 参考文献:

- [1] 肖聪,李淑霞,邹乐勤,等.广西 6 个地方鸡品种蛋重、蛋形指数和孵化成绩分析 [J]. 畜牧与兽医, 2021, 53 (8): 13-17.
- [2] 张学余,苏一军,李国辉,等. 11 个鸡品种产蛋性能与产区生态的聚类分析 [J]. 家畜生态学报, 2012, 33 (2): 50-54.
- [3] 李健,赵桂苹,郑麦青,等.北京油鸡与白菜航蛋鸡产蛋规律差异研究 [J]. 中国家禽, 2008, 30 (11): 9-10.
- [4] 杨宁,孙从佼.蛋鸡种业的昨天、今天和明天 [J]. 中国畜牧业, 2021, 30 (16): 22-24.
- [5] 宁中华,吴常信,杨宁,等.节粮小型蛋鸡:农大 3 号的培育 [J]. 农业生物技术学报, 2013, 21 (6): 753-758.
- [6] 袁明波,李朝国.湖北省特色蛋鸡产业发展的思考 [J]. 湖北畜牧兽医, 2017, 38 (6): 36-39.
- [7] 月琴.粤禽 5 号蛋鸡配套系 [J]. 农村百事通, 2016, 35 (19): 33.
- [8] 张华杰,张芳毓,赵中利,等.鸡性连锁矮小基因的研究进展及应用现状 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017, 60 (7): 104-106.
- [9] 陈金文,杨山,莫棣华,等.日粮能量和蛋白水平对肉鸡腹脂和血脂的影响 [J]. 动物营养学报, 1998, 10 (1): 20-28.
- [10] 徐良梅,牛树鹏,张慧,等.肉种鸡能量限饲对胚胎期血清脂类代谢相关指标影响 [J]. 东北农业大学学报, 2013, 44 (6): 32-37.
- [11] 李永峰,邵丹,童海兵.蛋鸡脂肪肝综合征的研究进展 [J]. 中国家禽, 2022, 44 (4): 101-107.
- [12] 姜锦鹏,顾有方,吕锦芳,等.鸡脂肪肝出血综合征发生过程中脂质代谢与血清甲状腺激素水平变化 [J]. 中国兽医学报, 2013, 33 (11): 1733-1737.
- [13] 张义.稀土壳聚糖对四川山地乌骨鸡脂类代谢及促生长作用的影响 [D]. 雅安:四川农业大学, 2008.
- [14] 谢莉,张兴,罗超维,等.不同日龄清远麻鸡生长性状对腹脂沉积水平的回归分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59 (4): 130-133.
- [15] 龚道清,李辉.肉鸡腹脂沉积与重要经济性状关系的研究进展 [J]. 当代畜牧, 2000, 18 (3): 28-30.
- [16] 王宗伟,牟晓玲,杨国伟,等.日粮营养水平对东北肉鹅生长性能及血液生化指标的影响 (1~28 日龄) [J]. 核农学报, 2009, 23 (5): 891-897.
- [17] 中华人民共和国农业农村部.家禽生产性能名词术语和度量计算方法: NY/T 823—2020 [S]. 北京:中国农业出版社, 2020.
- [18] BOBEK S, SECHMAN A, WIECZOREK E, et al. Responses of heat stressed chickens to exogenous reverse triiodothyronine (rT3) [J]. Zentralbl Veterinarmed A, 1996, 43 (9): 521-530.
- [19] 曾丹,乔红光,宁中华.矮小型褐壳蛋鸡与普通蛋鸡血液生理生化指标比较分析 [J]. 中国家禽, 2010, 32 (6): 12-14.
- [20] 胡闽闽,秦虹.芝麻木脂素调节脂代谢作用机制的研究进展 [J]. 卫生研究, 2021, 50 (5): 859-863.
- [21] 张海岳,关经纬,王族,等.高密度脂蛋白对缺血性脑卒中急性期患者外周血中免疫细胞分布的影响 [J]. 实用临床医药杂志, 2021, 25 (17): 37-42.
- [22] 张利敏,武晓红,姚军虎.产蛋鸡血浆卵黄前体物及其受体研究进展 [J]. 中国家禽, 2009, 31 (20): 40-44.
- [23] 王晓利.荧光蛋白标记的 t-PA EGF 缺失基因在鸡体内定位表

- 达及靶向转运 [D]. 洛阳: 河南科技大学, 2011.
- [24] 徐彩丽, 冯培勇. 东乡绿壳蛋鸡和东乡褐壳蛋鸡血清指标、蛋黄总胆固醇含量、蛋黄比例的比较 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015, 58 (19): 137-139.
- [25] 王克华, 窦套存, 曲亮, 等. 20 周龄如皋黄鸡公鸡体尺、屠宰、体脂、血脂的相关性研究 [C]. 第五届中国蛋鸡行业发展大会, 青岛, 2011.
- [26] BAI H, GUO Q, YANG B, et al. Effects of residual feed intake divergence on growth performance, carcass traits, meat quality, and blood biochemical parameters in small-sized meat ducks [J]. *Poult Sci*, 2022, 101 (9): 101990.
- [27] 徐琪, 张学余, 谢恺舟, 等. 萧山鸡血浆胆固醇含量及其与屠宰性能相关性分析 [J]. 四川畜牧兽医, 2003, 31 (4): 18-19.
- [28] KIM J W, FLETCHER D L, CAMPION D R, et al. Effect of dietary manipulation on *c-myc* RNA expression in adipose tissue, muscle and liver of broiler chickens [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 1991, 180 (1): 1-7.
- [29] YAZHINI P, VISHA P, SELVARAJ P, et al. Dietary encapsulated probiotic effect on broiler serum biochemical parameters [J]. *Vet World*, 2018, 11 (9): 1344-1348.
- [30] CUI Z, AMEVOR F K, FENG Q, et al. Sexual maturity promotes yolk precursor synthesis and follicle development in hens via liver-blood-ovary signal axis [J]. *Animals (Basel)*, 2020, 10 (12): 2348.
- [31] PRASAD A R, BHATTACHARYA T K, CHATTERJEE R N, et al. Silencing acetyl-CoA carboxylase A and sterol regulatory element-binding protein 1 genes through RNAi reduce serum and egg cholesterol in chicken [J]. *Sci Rep*, 2022, 12 (1): 1191.
- [32] FENG Z H, GONG J G, ZHAO G X, et al. Effects of dietary supplementation of resveratrol on performance, egg quality, yolk cholesterol and antioxidant enzyme activity of laying hens [J]. *Br Poult Sci*, 2017, 58 (5): 544-549.
- [33] 林丽珍, 罗雯, 艾佐佐, 等. 生化指标值与宁都黄鸡饲养方式的相关性研究 [J]. 江西科学, 2021, 39 (2): 243-246.

