

# 肉种鸡产蛋中期饲粮不同能量水平对胚胎期蛋黄及血清脂类代谢相关指标的影响

牛树鹏 徐良梅\* 张慧 路磊 吕荣创 田博  
(东北农业大学动物科学技术学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:** 本试验旨在研究爱拔益加(AA)肉种鸡产蛋中期饲粮不同能量水平对胚胎期蛋黄及血清脂类代谢相关指标的影响。试验采用单因子试验设计,选取20周龄体重相近AA肉种母鸡300羽,随机分为3组,每组5个重复,每个重复20羽。当产蛋率达到5%时开始正式试验,对照组饲喂玉米-豆粕型基础饲粮,试验组饲喂饲粮能量水平分别为对照组的120%、80%的试验饲粮,各组均限饲且饲喂量相同。于产蛋中期(37~39周龄)进行人工授精并按肉种鸡分组收集种蛋(每组150枚)进行孵化,分别于12、13、15、17、19、21胚龄采集蛋黄、血清样品。试验结果表明:1)高能组蛋黄中,12、13、17、19胚龄的粗脂肪含量均显著高于对照组( $P < 0.05$ )。与对照组相比,12、17、21胚龄高能组及13、17胚龄低能组的蛋黄胆固醇含量均显著升高( $P < 0.05$ )。2)高能组胚胎血清中,17、19胚龄的低密度脂蛋白含量,17胚龄的三碘甲腺原氨酸含量,13、19胚龄的甲状腺素含量,15、17胚龄的生长激素含量分别显著低于对照组( $P < 0.05$ ),而15、21胚龄的胆固醇含量,12、19胚龄的葡萄糖含量,21胚龄的低密度脂蛋白含量,13、17、19胚龄的胰岛素样生长因子-I含量均显著高于对照组( $P < 0.05$ )。3)低能组胚胎血清中,12、13、15、19胚龄的葡萄糖含量,17胚龄的低密度脂蛋白含量,12、17、19、21胚龄的生长激素含量显著低于对照组( $P < 0.05$ ),而除13胚龄外各胚龄的胆固醇含量,15、17胚龄的三碘甲腺原氨酸含量,15胚龄的甲状腺素含量均显著高于对照组( $P < 0.05$ )。4)各胚龄血清瘦素含量及12、13、17胚龄的胰岛素含量整体随肉种鸡饲粮能量水平的降低而降低,除15、21胚龄外的各胚龄血清甘油三酯含量整体随肉种鸡饲粮能量水平的降低而呈现出先降后升的变化过程。综上所述,肉种鸡采食不同能量水平饲粮将会对12胚龄后的胚蛋蛋黄、胚胎血脂代谢产生母体效应,并显著提高了蛋黄粗脂肪、胆固醇含量及血清胆固醇、甘油三酯含量。

**关键词:** 能量水平;肉种鸡;蛋黄;胚胎;血清;脂类代谢

中图分类号: S816.4

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)01-0050-09

众所周知,肉鸡在生长发育以及生产过程中都离不开能量。种鸡在营养和环境调控下通过血液、卵泡、卵黄等传递途径决定着种蛋的营养组成,进而对后代生理功能产生影响<sup>[1]</sup>。肉种鸡能量摄入对其胚胎生长发育的影响现已引起学者们的关注。鸡胚在封闭的蛋壳中生长发育所需能量

的90%来自其卵黄中的脂类,肉种鸡采食不同能量水平的饲粮会对其在育成期的某些血液指标<sup>[2]</sup>及产蛋期种蛋养分<sup>[3]</sup>产生不同程度的影响。Ricklefs<sup>[4]</sup>指出,当维持或生长发育所需营养得不到满足时,胚胎的生长速度就会受到影响。张圆圆等<sup>[5]</sup>报道,肉种鸡在产蛋期采食量限饲直接影响

收稿日期: 2012-07-31

基金项目: 东北农业大学博士启动基金(2009RC28);第45批中国博士后科学基金(20090451117)

作者简介: 牛树鹏(1986—),男,吉林吉林人,硕士研究生,从事动物营养调控的研究。E-mail: kalen5241@126.com

\* 通讯作者: 徐良梅,教授,硕士生导师, E-mail: xuliangmei@sohu.com

胚胎期血液生化指标和激素水平。García-Peláez 等<sup>[6]</sup>报道,母体采食量限饲可以调控胚胎的生长发育,从而影响后代脂肪的沉积和脂肪细胞的形态。胡景威等<sup>[7]</sup>研究表明,母鸡采食量限饲可通过改变子代肝脏脂肪酸合成酶(FAS)活性和基因的 mRNA 表达水平来影响子代的脂肪沉积。目前关于母体能量效应对胚胎期脂肪代谢相关血液生化指标及激素水平的研究还鲜有报道。本试验通过对肉种鸡饲粮进行不同能量处理,研究其是否会对胚胎期蛋黄及血清脂类代谢相关指标的影响,为进一步研究母体营养效应提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与试验设计

试验选用 20 周龄体重相近的爱拔益加(AA)肉种鸡 300 羽,随机分为 3 组,每组 5 个重复,每个重复 20 羽,当产蛋率达到 5% 时开始正式试验。对照组饲粮按照我国鸡饲养标准 NY/T 33—2004<sup>[8]</sup> 配制,试验组饲粮能量水平分别为对照组的 120% 和 80%,并且各组每日投料量及饲粮中粗蛋白质、氨基酸等营养成分均相同,饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 饲粮组成及营养水平(风干基础)

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

%

项目 Items	高能组 High energy group	对照组 Control group	低能组 Low energy group
原料 Ingredients			
玉米 Corn	62.95	62.04	48.00
豆粕 Soybean meal		26.10	29.20
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	20.50		
豆油 Soybean oil	6.00	2.00	
食盐 NaCl	0.17	0.17	0.17
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.83	1.50	1.60
石粉 Limestone	7.67	7.70	7.60
赖氨酸 Lys	0.45		
蛋氨酸 Met		0.06	0.08
预混料 Premix	0.33	0.33	0.33
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	0.10
稻壳 Rice hull			12.92
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels			
代谢能 ME/(MJ/kg)	14.04	11.70	9.36
粗蛋白质 CP	17.00	17.01	17.00
有效磷 AP	0.46	0.45	0.45
钙 Ca	3.30	3.30	3.30
赖氨酸 Lys	0.80	0.82	0.80
蛋氨酸 Met	0.34	0.34	0.34

预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 12 000 IU, VD 2 400 IU, VE 30 IU, VK<sub>3</sub> 1.5 mg, VB<sub>12</sub> 0.012 mg, VB<sub>1</sub> 2.0 mg, 生物素 biotin 0.20 mg, 叶酸 folic acid 1.2 mg, 烟酸 nicotinic acid 35 mg, 泛酸 pantothenic acid 12 mg, 吡哆醇 pyridoxine 4.5 mg, 核黄素 riboflavin 9 mg, Cu 8 mg, I 1.0 mg, Fe 80 mg, Mn 100 mg, Se 0.30 mg, Zn 80 mg。

### 1.2 饲养管理

#### 1.2.1 肉种鸡饲养管理

肉种鸡采用 48 cm × 34 cm × 39 cm 3 层金属笼饲养,每笼 2 只,每天 08:00 定量投料,自由饮水。光照采用自然光照和人工给光相结合的方

式。在产蛋初期,光照时间逐渐以每周 0.5 h 的速度增加,直至每天 16 h。舍内温度控制在 20 ℃ 左右,定期进行防疫消毒。于 37 ~ 39 周龄进行人工授精并收集种蛋(每组 150 枚)用于孵化。

### 1.2.2 子代胚胎管理

将收集的种蛋钝端朝上分组分盘放入 FT-ZF10 孵化机进行变温孵化,并于入孵第 6 天照蛋。孵化机内温度为:1~6 胚龄 38.4 °C,7~12 胚龄 38.1 °C,13~18 胚龄 37.2 °C,19~21 胚龄 36.9 °C。适当加水保持湿度,范围控制在 60%~75%。

### 1.3 样本采集与检测

#### 1.3.1 蛋黄及血清样品采集

取 12、13、15、17、19 胚龄的胚蛋(每日每组 20 枚),钝端打开,暴露尿囊膜表面血管,用 7 号针管采血,剖开卵黄囊膜,用移液枪吸取蛋黄。取 21 胚龄的鸡胚(每组 20 只),剖开胸腔,进行心脏采血,剖开腹腔吸取蛋黄。将蛋黄制成 1% 匀浆待测,并将血液于 3 500 r/min 下离心 10 min,取上清液,-20 °C 保存待测。

#### 1.3.2 检测指标与方法

蛋黄粗脂肪含量采用索氏抽提法进行测定。蛋黄胆固醇(cholesterol, CHO)含量采用北京北化康泰临床试剂有限公司提供的试剂盒进行测定。

在 FULLY 全自动生化分析仪(意大利)上分别测定血清中 CHO、葡萄糖(glucose, GLU)、低密度脂蛋白(low density lipoproteins, LDL)、高密度脂蛋白(high density lipoproteins, HDL)及甘油三酯(triglyceride, TG)含量,试剂盒均购自中生北控公司。

在 Tecan Genios Pro 多功能酶标仪(瑞士)上分别测定血清中三碘甲腺原氨酸(triiodothyronine,  $T_3$ )、甲状腺素(thyroxine,  $T_4$ )、胰岛素样生长因子-I(insulin like growth factor I, IGF-I)、生长激素(growth hormone, GH)、胰岛素(insulin, INS)及瘦素(leptin, LEP)含量,测定所需 ELISA 试剂盒均购自美国 RB 公司。

### 1.4 数据处理

将本试验所涉及各胚龄胚蛋蛋黄指标及胚胎血清生化和内分泌指标的测定结果以组为单位,用 SAS 9.1 软件的 one-way ANOVA 程序进行方差分析,并利用 Duncan 氏法对各时间点上的 3 组数据进行多重比较,结果以平均值 $\pm$ 标准差表示,显著水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期蛋黄粗脂肪、CHO 含量的影响

由表 2 可知,12、13、19 胚龄高能组蛋黄粗脂肪含量均显著高于其他 2 组( $P < 0.05$ ),17 胚龄高能组蛋黄粗脂肪含量显著高于对照组( $P < 0.05$ ),其他胚龄有升高的趋势( $P > 0.05$ )。12、17、21 胚龄高能组及 13、17 胚龄低能组蛋黄 CHO 含量均显著高于对照组( $P < 0.05$ )。

表 2 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期蛋黄粗脂肪、胆固醇含量的影响

Table 2 Effects of different dietary energy levels on contents of crude fat and cholesterol of yolk in embryonic period

项目 Items	组别 Groups	胚龄 Embryonic age/d					
		12	13	15	17	19	21
粗脂肪 Crude fat/%	高能组 High energy group	57.68 $\pm 2.29^a$	57.00 $\pm 2.28^a$	53.01 $\pm 1.75$	43.05 $\pm 3.10^a$	33.61 $\pm 3.15^a$	19.95 $\pm 3.24$
	对照组 Control group	54.21 $\pm 2.52^b$	52.12 $\pm 2.17^b$	51.87 $\pm 2.55$	40.93 $\pm 2.21^b$	23.60 $\pm 2.75^b$	18.44 $\pm 3.27$
	低能组 Low energy group	54.39 $\pm 2.39^b$	53.75 $\pm 2.23^b$	51.27 $\pm 2.80$	41.99 $\pm 2.64^{ab}$	24.48 $\pm 3.22^b$	19.03 $\pm 3.28$
	高能组 High energy group	19.98 $\pm 2.65^a$	14.12 $\pm 2.47^{ab}$	11.92 $\pm 1.15$	8.20 $\pm 0.87^a$	6.29 $\pm 0.87$	5.23 $\pm 0.35^a$
胆固醇 Cholesterol/(mg/g)	对照组 Control group	17.00 $\pm 3.18^b$	12.01 $\pm 2.31^b$	11.47 $\pm 1.53$	7.08 $\pm 1.22^b$	6.33 $\pm 1.45$	4.79 $\pm 0.49^b$
	低能组 Low energy group	19.26 $\pm 2.87^{ab}$	15.00 $\pm 2.60^a$	11.90 $\pm 1.24$	8.09 $\pm 1.31^a$	7.32 $\pm 1.61$	5.10 $\pm 0.52^{ab}$
	高能组 High energy group	19.98 $\pm 2.65^a$	14.12 $\pm 2.47^{ab}$	11.92 $\pm 1.15$	8.20 $\pm 0.87^a$	6.29 $\pm 0.87$	5.23 $\pm 0.35^a$

同一指标、同列数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),相同或无字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same column, values of the same index with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

## 2.2 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期脂类代谢相关血清生化指标的影响

由表 3 可知,除 13 胚龄外,各胚龄低能组及 15、21 胚龄高能组 CHO 含量均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),而各胚龄高能组与低能组 CHO 含量均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。12、13、15、19 胚龄低能组 GLU 含量显著低于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),12、19 胚龄高能组 GLU 含量显著高于对照组 ( $P <$

0.05)。12、13、19 胚龄高能组 TG 含量显著高于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),12、13 胚龄低能组及 12、13、17 和 19 胚龄高能组 TG 含量显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。各组 HDL 含量无显著差异 ( $P > 0.05$ )。17 胚龄对照组及 21 胚龄高能组 LDL 含量显著高于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),19 胚龄高能组 LDL 含量显著低于其他 2 组 ( $P < 0.05$ )。

表 3 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期脂类代谢相关血清生化指标的影响  
Table 3 Effects of different dietary energy levels on serum biochemical indices related in lipid metabolism in embryonic period

项目 Items	组别 Groups	胚龄 Embryonic age/d						mmol/L
		12	13	15	17	19	21	
胆固醇 CHO	高能组 High energy group	5.65 ±0.30 <sup>ab</sup>	6.29 ±0.33	9.38 ±0.30 <sup>a</sup>	10.33 ±0.41 <sup>ab</sup>	11.58 ±0.50 <sup>ab</sup>	13.58 ±0.51 <sup>a</sup>	
	对照组 Control group	5.33 ±0.25 <sup>b</sup>	6.47 ±0.43	8.65 ±0.31 <sup>b</sup>	10.02 ±0.28 <sup>b</sup>	8.73 ±0.49 <sup>b</sup>	11.80 ±0.48 <sup>b</sup>	
	低能组 Low energy group	5.77 ±0.18 <sup>a</sup>	6.69 ±0.41	9.66 ±0.24 <sup>a</sup>	11.07 ±0.51 <sup>a</sup>	11.72 ±0.52 <sup>a</sup>	13.93 ±0.51 <sup>a</sup>	
葡萄糖 GLU	高能组 High energy group	7.82 ±0.36 <sup>a</sup>	18.55 ±1.05 <sup>a</sup>	13.89 ±0.92 <sup>a</sup>	10.35 ±0.67	14.40 ±0.78 <sup>a</sup>	13.81 ±0.66	
	对照组 Control group	6.97 ±0.32 <sup>b</sup>	17.68 ±1.12 <sup>a</sup>	13.94 ±0.94 <sup>a</sup>	10.92 ±0.72	12.97 ±0.56 <sup>b</sup>	13.74 ±0.58	
	低能组 Low energy group	6.31 ±0.21 <sup>c</sup>	14.13 ±0.87 <sup>b</sup>	12.50 ±0.36 <sup>b</sup>	10.10 ±0.33	11.76 ±0.68 <sup>c</sup>	13.47 ±0.52	
甘油三酯 TG	高能组 High energy group	6.04 ±0.41 <sup>a</sup>	4.90 ±0.39 <sup>a</sup>	4.09 ±0.27	3.04 ±0.23 <sup>a</sup>	3.45 ±0.21 <sup>a</sup>	1.54 ±0.13	
	对照组 Control group	4.63 ±0.29 <sup>c</sup>	3.41 ±0.24 <sup>c</sup>	3.98 ±0.25	2.61 ±0.18 <sup>b</sup>	2.50 ±0.13 <sup>b</sup>	1.49 ±0.15	
	低能组 Low energy group	5.24 ±0.29 <sup>b</sup>	4.12 ±0.31 <sup>b</sup>	4.18 ±0.19	2.76 ±0.16 <sup>ab</sup>	2.59 ±0.18 <sup>b</sup>	1.53 ±0.20	
高密度脂蛋白 HDL	高能组 High energy group	0.11 ±0.02	0.22 ±0.05	0.24 ±0.02	0.23 ±0.02	0.62 ±0.05	0.84 ±0.06	
	对照组 Control group	0.11 ±0.01	0.22 ±0.04	0.25 ±0.01	0.26 ±0.03	0.68 ±0.04	0.83 ±0.03	
	低能组 Low energy group	0.12 ±0.01	0.20 ±0.03	0.24 ±0.02	0.25 ±0.06	0.62 ±0.03	0.81 ±0.06	
低密度脂蛋白 LDL	高能组 High energy group	2.74 ±0.06	4.05 ±0.15	5.14 ±0.10	3.13 ±0.11 <sup>b</sup>	2.65 ±0.04 <sup>b</sup>	4.41 ±0.24 <sup>a</sup>	
	对照组 Control group	2.75 ±0.07	4.11 ±0.14	5.07 ±0.14	4.75 ±0.08 <sup>a</sup>	3.78 ±0.62 <sup>a</sup>	3.91 ±0.31 <sup>b</sup>	
	低能组 Low energy group	2.79 ±0.02	4.22 ±0.17	5.10 ±0.41	3.24 ±0.10 <sup>b</sup>	3.63 ±0.05 <sup>a</sup>	3.86 ±0.26 <sup>b</sup>	

### 2.3 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期脂类代谢相关血清激素水平的影响

由表 4 可知,15、17 胚龄低能组  $T_3$  含量显著高于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),17 胚龄高能组  $T_3$  含量显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。13、19 胚龄高能组  $T_4$  含量显著低于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),15 胚龄低能组  $T_4$  含量显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),17 胚龄低能组  $T_4$  含量显著高于高能组 ( $P < 0.05$ )。各胚龄高能组 LEP 含量均显著高于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),13、21 胚龄低能组 LEP 含量显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。12 胚龄高能组 INS 含量显著高于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),13 胚龄低能组 INS 含量显著低于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),17 胚龄高能组 INS 含量显著高于低能组 ( $P < 0.05$ )。13、19 胚龄高能组及 15 胚龄对照组 IGF- I 含量显著高于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),15 胚龄低能组、17 胚龄对照组、21 胚龄高能组 IGF- I 含量显著低于其他 2 组 ( $P < 0.05$ )。12、19、21 胚龄低能组 GH 含量均显著低于其他 2 组 ( $P < 0.05$ ),15 胚龄高能组及 17 胚龄高能组、低能组 GH 含量显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ),12 胚龄高能组 GH 含量显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期蛋黄粗脂肪、CHO 含量的影响

蛋黄是鸡胚发育重要的营养物质来源,其中的脂质包括 71% TG,22% 卵磷脂和 6% 游离 CHO。胚胎通过卵黄囊膜吸收卵黄中的脂质,经血液运送至机体内<sup>[5]</sup>。蛋黄脂肪含量与胚胎脂肪含量呈负相关<sup>[9]</sup>。在孵化的第 15~21 天,胚胎脂肪含量发生很大变化,蛋黄中所有脂质将被动员并吸收到组织中<sup>[10]</sup>。因此,蛋黄脂类的沉积量与胚胎发育密切相关,而种鸡饲料组成会对蛋黄脂类沉积量产生影响,田博等<sup>[3]</sup>给 AA 肉种鸡饲喂不同能量水平的饲料,发现高能组种鸡在 35、40 周龄所产种蛋蛋黄粗脂肪含量均显著高于对照组和低能组。这与本试验孵化期胚蛋蛋黄粗脂肪含量有着相似结果,说明在孵化的中后期,母体营养对胚蛋的影响仍在继续。胚胎期 CHO 供给同样来自蛋黄,在孵化 7 胚龄后,蛋黄内 CHO 含量显著下降,尤其是 6~9 胚龄和 15~21 胚龄,2 阶段 CHO 的利用量占整个孵化期的 97.04%<sup>[9]</sup>。田博

等<sup>[3]</sup>研究表明,肉种鸡采食高能或低能饲料均能提高 35 周龄所产种蛋蛋黄 CHO 含量。与本试验孵化期对照组蛋黄 CHO 含量显著低于高能组、低能组的结果相似。上述结果说明饲料不同能量水平通过改变种鸡营养状态来改变胚胎期蛋黄中脂类物质的沉积量,因此推测,蛋黄接下来可能通过改变胚胎血液组成将这种母体效应传递下去。

### 3.2 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期脂类代谢相关血清生化指标的影响

CHO 是胚胎体内重要的脂类物质,也是胚胎合成细胞膜所必需的成分。血清 CHO 含量可反映出体内 CHO 合成情况<sup>[11]</sup>。Zambrano 等<sup>[12]</sup>报道,对妊娠期大鼠进行蛋白质限饲可提高子代血清 CHO 含量。李锋<sup>[13]</sup>、张圆圆等<sup>[5]</sup>研究发现,产蛋期采食量限饲显著提高低脂系 15 胚龄胚胎和 28 日龄子代血清 CHO 含量。本试验中各胚龄对照组血清 CHO 含量显著低于其他 2 组,这与前人研究结果相似。说明饲料能量水平与胚胎期血清 CHO 含量之间可能存在母体效应,其过程可能是饲料处理通过改变母体营养状态,提高了蛋黄中 CHO 沉积量<sup>[3]</sup>,进而增加了卵黄囊膜对蛋黄中 CHO 的吸收量和胚胎血液中 CHO 含量。

机体脂肪沉积的速度会受到血液 TG 含量的影响<sup>[14]</sup>,胚胎血液中 TG 含量同样会影响体脂和肝脏内脂肪含量。Zambrano 等<sup>[12]</sup>报道,对妊娠期大鼠进行蛋白质限饲能提高子代血清 TG 含量。李锋<sup>[13]</sup>研究发现,采食量限饲能提高子代 28、56 日龄血清 TG 含量。本试验中,12、13 胚龄低能组 TG 含量显著高于对照组,这与前人研究结果相似。Jang 等<sup>[15]</sup>报道,降低饲料能量可提高肉鸡血清 TG 含量。可见,营养限制对母代和子代血清 TG 含量均有提高作用,揭示低能饲料可能通过提高种鸡血清 TG 含量来提高胚胎血清 TG 含量。Ashino 等<sup>[16]</sup>研究发现,给小鼠饲喂高脂肪饲料能降低雌性后代血清 TG 含量。这与本试验高能组结果不一致,原因可能与营养素种类、浓度梯度设置及试验动物品种的差异有关。

GLU 是胚胎脂类合成重要的前体物质,脂类代谢旺盛会导致糖异生作用加强。为进一步了解胚胎期糖类与脂类代谢状况,本试验对胚胎血清 GLU 含量进行了检测。Zambrano 等<sup>[12]</sup>认为对妊娠期和哺乳期大鼠进行蛋白质限饲会影响子代糖类代谢。本研究中,饲料不同能量水平可能导致

种蛋中某些营养素出现了过剩或缺乏的现象。这种情况下,胚胎可通过调节自身激素水平使血液 GLU 含量满足组织正常生长需要。这可能是本研究结果中 GLU 含量随肉种鸡饲料能量水平的下降而降低的原因之一。HDL 和 LDL 是蛋黄 CHO

透过卵黄囊释放到胚胎血液过程中重要的载体物质,二者的含量能反映出胚体 CHO 沉积情况。本试验胚胎血清 LDL 含量变化存在一定波动性,其产生原因还需进一步探明。

表 4 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期脂类代谢相关血清激素水平的影响

Table 4 Effects of different dietary energy levels on serum hormone levels related in lipid metabolism in embryonic period

项目 Items	组别 Groups	胚龄 Embryonic age/d					
		12	13	15	17	19	21
三碘甲腺原氨酸 T <sub>3</sub> /(μg/L)	高能组 High energy group	1.99 ±0.12	1.88 ±0.07	1.70 ±0.14 <sup>b</sup>	1.77 ±0.09 <sup>c</sup>	1.99 ±0.11	1.98 ±0.08
	对照组 Control group	2.00 ±0.13	1.90 ±0.07	1.74 ±0.12 <sup>b</sup>	1.96 ±0.04 <sup>b</sup>	2.00 ±0.13	1.95 ±0.09
	低能组 Low energy group	2.03 ±0.10	1.89 ±0.02	1.97 ±0.13 <sup>a</sup>	2.14 ±0.10 <sup>a</sup>	2.03 ±0.11	2.02 ±0.06
甲状腺素 T <sub>4</sub> /(μg/L)	高能组 High energy group	69.08 ±1.04	63.40 ±2.51 <sup>b</sup>	63.40 ±2.10 <sup>ab</sup>	72.76 ±1.45 <sup>b</sup>	62.13 ±1.63 <sup>b</sup>	65.72 ±2.04
	对照组 Control group	67.62 ±2.93	68.66 ±3.02 <sup>a</sup>	58.35 ±4.45 <sup>b</sup>	73.85 ±1.50 <sup>ab</sup>	71.32 ±1.50 <sup>a</sup>	62.78 ±2.64
	低能组 Low energy group	68.78 ±3.79	71.26 ±3.65 <sup>a</sup>	67.97 ±3.27 <sup>a</sup>	75.30 ±1.19 <sup>a</sup>	71.49 ±1.46 <sup>a</sup>	65.95 ±1.69
瘦素 LEP/(μg/L)	高能组 High energy group	5.61 ±0.15 <sup>a</sup>	5.80 ±0.09 <sup>a</sup>	4.68 ±0.16 <sup>a</sup>	5.20 ±0.08 <sup>a</sup>	5.52 ±0.12 <sup>a</sup>	5.55 ±0.06 <sup>a</sup>
	对照组 Control group	4.54 ±0.14 <sup>b</sup>	3.97 ±0.17 <sup>b</sup>	4.13 ±0.12 <sup>b</sup>	4.82 ±0.16 <sup>b</sup>	5.11 ±0.06 <sup>b</sup>	5.34 ±0.15 <sup>b</sup>
	低能组 Low energy group	4.51 ±0.15 <sup>b</sup>	3.85 ±0.08 <sup>c</sup>	4.15 ±0.15 <sup>b</sup>	4.70 ±0.37 <sup>b</sup>	5.14 ±0.14 <sup>b</sup>	4.35 ±0.14 <sup>c</sup>
胰岛素 INS/(mIU/L)	高能组 High energy group	14.05 ±0.71 <sup>a</sup>	16.77 ±0.93 <sup>a</sup>	19.06 ±0.98	22.32 ±1.71 <sup>a</sup>	17.65 ±1.03	17.08 ±1.07
	对照组 Control group	8.55 ±0.54 <sup>b</sup>	15.78 ±0.29 <sup>a</sup>	19.07 ±1.19	20.76 ±0.89 <sup>ab</sup>	17.67 ±1.04	17.04 ±0.81
	低能组 Low energy group	7.56 ±1.40 <sup>b</sup>	14.20 ±1.21 <sup>b</sup>	19.74 ±1.16	20.09 ±0.99 <sup>b</sup>	18.32 ±0.41	17.64 ±0.55
胰岛素样生长因子-I IGF-I/(μg/L)	高能组 High energy group	153.51 ±10.21	203.16 ±3.49 <sup>a</sup>	157.49 ±11.72 <sup>b</sup>	223.80 ±6.11 <sup>a</sup>	347.74 ±16.35 <sup>a</sup>	196.83 ±7.83 <sup>b</sup>
	对照组 Control group	159.20 ±10.23	165.77 ±8.32 <sup>b</sup>	221.26 ±10.12 <sup>a</sup>	178.92 ±18.06 <sup>b</sup>	233.94 ±9.18 <sup>b</sup>	225.83 ±3.86 <sup>a</sup>
	低能组 Low energy group	156.87 ±9.80	169.74 ±13.91 <sup>b</sup>	138.08 ±11.89 <sup>c</sup>	225.40 ±10.23 <sup>a</sup>	245.92 ±7.36 <sup>b</sup>	231.41 ±7.85 <sup>a</sup>
生长激素 GH/(μg/L)	高能组 High energy group	2.83 ±0.18 <sup>a</sup>	3.65 ±0.08	3.56 ±0.14 <sup>b</sup>	3.27 ±0.11 <sup>b</sup>	4.14 ±0.12 <sup>a</sup>	4.31 ±0.11 <sup>a</sup>
	对照组 Control group	2.17 ±0.17 <sup>b</sup>	3.62 ±0.14	3.96 ±0.16 <sup>a</sup>	4.41 ±0.14 <sup>a</sup>	3.89 ±0.09 <sup>a</sup>	4.36 ±0.11 <sup>a</sup>
	低能组 Low energy group	1.85 ±0.13 <sup>c</sup>	3.60 ±0.07	3.95 ±0.10 <sup>a</sup>	3.14 ±0.14 <sup>b</sup>	3.50 ±0.38 <sup>b</sup>	3.47 ±0.15 <sup>b</sup>

### 3.3 肉种鸡饲料不同能量水平对胚胎期脂类代谢相关血清激素水平的影响

禽类卵黄中存在着多种母源性激素,它们会随着卵黄的吸收而进入胚胎体内。营养限制可以通过改变母代血浆激素水平来影响母源性激素在种蛋中的沉积,进而对胚胎血液激素水平产生影响<sup>[5]</sup>。甲状腺激素( $T_3$ 、 $T_4$ )不仅能促进肝脏 CHO 的合成,还能促进胚胎前脂肪细胞的分化。Wilson 等<sup>[17]</sup>研究发现,向母鹌鹑饲料中添加  $T_4$  能提高母鹌鹑血浆和卵黄中  $T_3$ 、 $T_4$  含量。陈磊<sup>[18]</sup>研究狼山母鸡发现,高蛋白质饲料能提高卵黄和子代血清中  $T_4$  含量,而低蛋白质饲料能提高子代血清  $T_3$  含量。本试验能量水平的降低可能使肉种鸡  $T_3$ 、 $T_4$  分泌量发生改变,影响到母源性激素在种蛋中的沉积,从而改变胚胎垂体、下丘脑等的内分泌状态,使血液中甲状腺素释放激素和促甲状腺激素含量发生变化,导致胚胎  $T_4$  含量随能量降低而升高。

INS 可加速 GLU 的转运,调节脂类合成酶的表达,并能促进胚胎前脂肪细胞的分化。LEP 可通过增加酯酶合成、减少脂肪酸合成酶和细胞色素 C 氧化酶的产生,抑制脂肪合成。Gupta 等<sup>[19]</sup>报道,高脂饲料能显著提高子代大鼠 LEP、INS 受体基因表达量及血清 LEP、INS 含量。李锋<sup>[13]</sup>研究发现,产蛋期采食量限饲显著降低了子代 56 日龄血清 LEP 含量。Ashino 等<sup>[16]</sup>发现,给小鼠饲喂高脂饲料能显著提高成年雄性后代体脂沉积量和血清 INS 含量。本试验中各胚龄 LEP 含量及 13、17 胚龄 INS 含量整体随肉种鸡饲料能量水平的降低而降低,这与前人报道相类似。原因可能是不同能量水平的饲料使胚胎发育在基因水平上受到影响,导致胚胎在代谢强度上产生先天性的差异,最终导致各组血清 LEP、INS 分泌量的不同。

GH 可抑制脂肪组织生长并参与机体内分泌的调节。对妊娠期母体进行 GH 处理可以促进胚胎生长并改变胚胎组织 GH-IGF- I 限制性蛋白的表达<sup>[20]</sup>。本试验中 12、17、19、21 胚龄低能组 GH 含量显著低于对照组,可能与低能组种蛋中养分不足导致胚胎因营养受限而表现出 GH 分泌量不足有关。IGF- I 作用于脂肪细胞能促进脂肪分解和糖元合成,降低血液中 TG、LDL 含量,还能介导 GH、INS 完成诱导前脂肪细胞分化作用。本试验胚胎期血清 IGF- I 含量变化无明显规律,具体原

因还有待进一步探明。

## 4 结 论

① 肉种鸡采食不同能量水平的饲料将会对 12 胚龄以后的胚蛋蛋黄和胚胎的血脂代谢产生母体效应。

② 高能组显著提高了胚胎期蛋黄粗脂肪、CHO 及血清 GLU、LEP、INS 含量,显著降低了血清  $T_3$ 、 $T_4$  含量。

③ 低能组显著提高了胚胎期蛋黄 CHO 及血清  $T_3$ 、 $T_4$  含量,显著降低了血清 GLU、LEP、INS、GH 含量。

### 参考文献:

- [1] KENNY M, KEMP C. Breeder nutrition and chick quality [J]. *International Hatchery Practice*, 2005, 19 (4): 7-11.
- [2] 鞠科,肖从兴. 日粮不同能量水平对广西三黄鸡肉种鸡育成期的生产性能和血液生化指标影响 [J]. *畜牧与饲料科学*, 2009, 30(10): 25-27.
- [3] 田博,黄芳芳,徐良梅,等. 饲料不同能量水平对产蛋初期肉种鸡产蛋性能、蛋品质和蛋组分的影响 [J]. *动物营养学报*, 2012, 24(2): 327-333.
- [4] RICKLEFS R E. Comparative analysis of avian embryonic growth [J]. *The Journal of Experimental Zoology Supplement*, 1987(1): 309-323.
- [5] 张圆圆,单安山,李峰,等. 母鸡限饲对子代胚胎期脂类代谢相关血液指标的影响 [J]. *中国农业科学*, 2011, 44(19): 4088-4095.
- [6] GARCIA-PELAEZ B, VILA R, REMESAR X. Treatment of pregnant rats with oleoyl-estrone slows down pup fat deposition after weaning [J]. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2008. doi: 10. 1186/1477-7827-6-23.
- [7] 胡景威,单安山,李峰,等. 母鸡限饲对子代脂肪沉积、相关酶活性及其基因表达的影响 [J]. *中国农业科学*, 2010, 43(15): 3230-3236.
- [8] 中华人民共和国农业部. NY/T 33—2004 肉鸡饲养标准 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [9] 张圆圆,李峰,王连生,等. 孵化期间鸡胚及蛋内营养物质变化规律 [J]. *东北农业大学学报*, 2010, 41(3): 141-144.
- [10] NOBLE R C. Lipid metabolism in the chick embryo [J]. *Proceedings of the Nutrition Society*, 1986, 45(1): 17-25.
- [11] RANHOTRA G S, GELROTH J A. Effects of high-

- chromium bakers' yeast on glucose tolerance and blood lipids in rats [J]. *Cereal Chemistry*, 1986, 63 (5):411-413.
- [12] ZAMBRANO E, BAUTISTA C J, DEAS M, et al. A low maternal protein diet during pregnancy and lactation has sex- and window of exposure-specific effects on offspring growth and food intake, glucose metabolism and serum leptin in the rat [J]. *The Journal of Physiology*, 2006, 571 (1):221-230.
- [13] 李锋. 肉种母鸡产蛋期限饲对子代肌纤维发育的影响及其机理研究[D]. 博士学位论文. 哈尔滨:东北农业大学, 2010.
- [14] 尹靖东, 齐广海, 霍启光. 家禽脂类代谢调控机理的研究进展[J]. *动物营养学报*, 2000, 12 (2):1-7.
- [15] JANG Y H, YEO Y S. Effect of nutrition density and zeolite level in diet on body weight gain, nutrient utilization and serum characteristics of broilers [J]. *Korean Journal of Animal Science*, 1983, 25 (6):591-600.
- [16] ASHINO N G, SAITO K N, SOUZA F D, et al. Maternal high-fat feeding through pregnancy and lactation predisposes mouse offspring to molecular insulin resistance and fatty liver [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2012, 23 (4):341-348.
- [17] WILSON C M, MCNABB F M A. Maternal thyroid hormones in Japanese quail eggs and their influence on embryonic development [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 1997, 107 (2):153-165.
- [18] 陈磊. 狼山母鸡饲喂不同蛋白水平的日粮对子代早期生长及肌肉发育相关基因表达的影响[D]. 硕士学位论文. 南京:南京农业大学, 2007.
- [19] GUPTA A, SRINIVASAN M, THAMADILOK S, et al. Hypothalamic alterations in fetuses of high fat diet-fed obese female rats [J]. *Journal of Endocrinology*, 2009, 200:293-300.
- [20] 程宝晶, 徐良梅, 陈志辉, 等. 母体营养及猪生长激素处理对猪胎儿及仔猪出生后的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2008, 44 (5):46-49.



## Effects of Maternal Dietary Energy Level on Lipid Metabolism Related Indexes in Embryonic Yolk and Serum during the Middle Laying Period in Broiler Breeders

NIU Shupeng XU Liangmei\* ZHANG Hui LU Lei LV Rongchuang TIAN Bo  
(College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** The objective of this study was to investigate the effects of maternal dietary energy level on indexes related in lipid metabolism of yolk and embryo serum during the middle laying period in broiler breeders. A single factorial design was adopted, and 300 AA broiler breeders (20 weeks of age) with similar body weight were randomly allocated into 3 groups with 5 replicates per group and 20 birds per replicate. The experiment was conducted when laying rate reached 5%. The birds in the control group were fed a corn-soybean meal based diet, and the others in trial groups were fed the diets with 120% and 80% energy levels of the basal diet, respectively. During the experiment period, feed intake in each group was restricted and set the same. After artificial insemination ranged from 37 to 39 weeks of age, 150 hatching eggs in each group were collected and hatched in accord with the group of the breeders during middle laying period. Yolk and serum samples were allocated at embryonic days 12, 13, 15, 17, 19 and 21. The results showed as follows: 1) in high energy group, the yolk crude fat content at embryonic days 12, 13, 17 and 19 was significantly higher than that in control group ( $P < 0.05$ ). The cholesterol content in high energy group at embryonic days 12, 17 and 21 and low energy group at embryonic days 13 and 17 was significantly improved compared with the control group ( $P < 0.05$ ). 2) The contents of low density lipoprotein at embryonic days 17 and 19, triiodothyronine at embryonic day 17, thyroxine at embryonic days 13 and 19 and growth hormone at embryonic days 15 and 17 of embryonic serum in high energy group were significantly lower than those in control group ( $P < 0.05$ ). However, The contents of cholesterol at embryonic days 15 and 21, glucose at embryonic days 12 and 19, low density lipoprotein at embryonic day 21, insulin like growth factor- I at embryonic days 13, 17 and 19 in high energy group were significantly higher than those in control group ( $P < 0.05$ ). 3) The contents of glucose at embryonic days 12, 13, 15 and 19, low density lipoprotein at embryonic day 17, growth hormone at embryonic days 12, 17, 19 and 21 of embryonic serum in low energy group were significantly lower than those in control group ( $P < 0.05$ ), whereas the contents of cholesterol at examined embryonic days except for embryonic day 13, triiodothyronine at embryonic days 15 and 17 and thyroxine at embryonic day 15 were significantly higher than those in control group ( $P < 0.05$ ). 4) The contents of leptin throughout embryonic days and insulin at embryonic days 12, 13 and 17 were decreased with the decline of energy level in diets. The contents of triglyceride in serum throughout incubation except for embryonic days 15 and 21 were firstly reduced and then improved with the decline of energy level. The results display that maternal effect results from different maternal dietary energy levels would be observed in yolk and serum lipid metabolism with the improvements of the contents of crude fat, cholesterol in yolk and cholesterol, and triglyceride in serum during the middle laying period. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(1):50-58]

**Key words:** energy level; broiler breeders; yolk; embryo; serum; lipid metabolism