

维生素 A、D 对肉鸡钙、磷代谢的影响

闫素梅 冯永森 张海琴 史彬林 敖力

(内蒙古农业大学动物科学与医学学院, 呼和浩特 010018)

摘要: 本试验旨在研究维生素 A、D 对肉鸡钙、磷代谢的影响。采用 4 × 4 完全随机试验设计, 将 384 只 8 日龄健康艾维茵雄性肉鸡称重后随机分为 16 个处理组, 每个处理组设 3 个重复, 每个重复 8 只。其中, VA 设 4 个添加水平, 分别为 1 500、3 000、15 000 和 45 000 IU/kg 日粮; VD 设 4 个添加水平, 分别为 500、1 250、2 500 和 5 000 IU/kg 日粮, 共构成 16 个处理组的试验日粮。结果表明: 日粮 VA 水平对肉鸡钙、磷代谢有显著的影响, 日粮 VA 为 45 000 IU/kg 时, 肉鸡胫骨灰分含量、胫骨矿化度及血清 AKP 活性相对于 1 500、3 000 IU/kg VA 组显著下降 ($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$), 胫骨磷含量显著增加 ($P < 0.05$), 胫骨钙含量趋于增加 ($P > 0.05$); 日粮 VA 水平为 15 000 IU/kg 时, 胫骨钙含量、血清 AKP 活性有降低的趋势, 胫骨磷含量趋升高。日粮 VD 水平在 500 ~ 5 000 IU/kg 范围内, 对肉鸡的胫骨灰分含量、胫骨钙、磷含量、胫骨矿化度及血清 AKP 活性无显著影响 ($P > 0.05$), 但随着 VD 添加剂量的增加, 血清钙、磷含量呈一次线性增加, 胫骨钙含量呈二次曲线上升趋势。日粮 VA 为 15 000 IU/kg 时, 肉鸡 VA 临界过量; 日粮 VA 为 45 000 IU/kg 时, 肉鸡 VA 过量。日粮 VD 水平在 500 ~ 5 000 IU/kg 范围内, 对肉鸡的钙、磷代谢无显著影响。

关键词: 维生素 A; 维生素 D; 钙; 磷; 肉鸡

肉鸡腿病是目前难以解决的三大营养代谢病之一, 导致较高的死淘率和“弱腿”诱发的胸部囊肿, 降低了鸡肉的品质和等级。一些研究结果表明, VA 过量可引起人和大鼠的骨骼矿物质代谢紊乱, 骨密度降低, 骨质疏松, 骨骼形成受阻和骨骼畸形^[1-3]。关于 VA 过量对肉鸡骨骼钙、磷代谢的影响研究很少, Stevens 等^[4]、Aburto 等^[5] 研究指出, 日粮中过高的 VA 水平会引起肉鸡骨重和骨灰含量降低, 腿病发生率增加。目前, 在肉鸡的实际生产中, 为了提高免疫机能, 保证最佳生产性能, 日粮中通常添加大剂量的 VA, 有些饲料添加剂厂家的添加量是 NRC 推荐标准的 10 倍以上, 甚至超过一般的安全量。这些现象提示, 日粮中添加过量的 VA 可能是导致肉鸡实际生产中腿病发生的营养因素之一。然而, Veltmann 等^[6] 研究指出, 肉鸡采食高于营养需要量 30 倍的 VA (45 000 mg/kg 日粮) 对骨骼发育无明显影响。造成这些研究结果不一致的原因可能是日粮过量 VA 对动物骨骼代谢的影响还与其他因素有关。Aburto 等^[5] 研究指出, 日粮中 VA 的过量添加对肉鸡腿病发生的影响与日粮中 VD 的添加量

有关。本试验通过研究 VA、VD 与钙、磷代谢的关系, 进一步探讨过量 VA 对肉鸡骨骼代谢产生的影响及其机理, 为科学确定肉鸡日粮中 VA、VD 的添加量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及分组

试验采用 4 × 4 完全随机试验设计, 将 384 只 8 日龄健康艾维茵雄性肉鸡称重后随机分为 16 个处理组, 每个处理组设 3 个重复, 每个重复 8 只。在基础日粮中分别添加不同剂量的 VA、VD 构成试验日粮。VA 设 4 个添加水平, 分别为 1 500、3 000、15 000 和 45 000 IU/kg 日粮; VD 设 4 个添加水平, 分别为 500、1 250、2 500 和 5 000 IU/kg 日粮, 共构成 16 个处理组的试验日粮。

1.2 饲养管理与基础日粮

肉鸡采用涂塑肉鸡笼饲养, 试验期 5 周。采用红外线加热装置进行加热, 利用温控仪进行自动控温, 试验鸡自由采食, 自由饮水, 各组的试验条件保持一致。每天观察鸡群精神状态, 其余管理同肉鸡常

收稿日期: 2006-09-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30460096) 及内蒙古高等学校科学研究资助项目 (NJ02051)

作者简介: 闫素梅 (1965-), 女, 内蒙古人, 教授, 博士生导师, 主要从事动物矿物质与维生素营养的研究, E-mail: sumeiyan@yahoo.com.cn

规饲养管理。按照试验设计要求配制专用维生素预混剂,试验的基础日粮除 VA、VD 按试验设计添加外,其他营养成分均满足肉鸡营养需求,详见表 1。

表 1 基础日粮组成及营养水平(风干基础)

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

项目 Items	1~3 周 Week	4~6 周 Week
日粮组成 Ingredients		
玉米 Corn	52.71	59.01
豆粕 Soybean meal	40.00	33.80
葵花油 Sunflower oil	3.00	3.00
石粉 Limestone meal	1.10	1.80
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.90	1.25
食盐 NaCl	0.37	0.37
蛋氨酸 Methionine	0.19	0.07
赖氨酸 Lysine	0.05	0.03
微量元素预混剂 Mineral premix	0.50	0.50
维生素预混剂 Vitamin premix	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels		
代谢能 ME(MJ/kg)	12.71	12.78
粗蛋白质 CP	21.37	18.99
钙 Ca	1.08	1.03
总磷 Total P	0.62	0.55
赖氨酸 Lys	1.25	1.10
蛋氨酸 Met	0.54	0.39

预混料可为每 kg 日粮提供 The premix provides following for a kilogram of diet:铁 Fe 80 mg; 锌 Zn 80 mg; 锰 Mn 80 mg; 铜 Cu 8 mg; 碘 I 0.35 mg; 硒 Se 0.15 mg; VE 15 IU; VK 2.2 mg; VB₁ 1.5 mg; VB₂ 8.0 mg; VB₆ 2.5 mg; VB₁₂ 0.011 mg; 烟酸 Nicotinic acid 44 mg; 泛酸 Pantothenate 11 mg; 叶酸 Folic acid 0.9 mg; 生物素 Biotin 0.11 mg; 胆碱 Choline 550 mg。

1.3 试样采集及测试项目

1.3.1 血清钙、磷浓度

肉鸡生长至 42 日龄,于每个处理的每个重复组中随机抽取 2 只鸡,每个处理 6 只,翅静脉采血 10 mL 于普通采血管(非抗凝)中,在 4℃ 下 3 000 r/min 离心制备血清, - 20℃ 冷冻保存备用。血清钙测定方法为邻甲酚酞络合酮比色法,血清磷为钼蓝法,试剂盒由中生北控生物科技股份有限公司提供,用 Al-

cyan 300 全自动生化分析仪(美国产)进行测定。

1.3.2 血清碱性磷酸酶活性(AKP)

血清 AKP 测定方法为连续监测法,试剂盒由北京中生北控生物科技股份有限公司提供,用 Al-cyan 300 全自动生化分析仪(美国产)进行测定。

1.3.3 胫骨钙、磷浓度

肉鸡生长至 42 日龄,于每个处理的每个重复组中随机抽取 1 只鸡,每个处理共 3 只,翅静脉采血制备血清样后随即处杀,在冰浴上快速摘取胫骨,剔除附着组织后, - 20℃ 低温保存备用。胫骨钙采用原子吸收分光光度法测定;磷的测定采用常规分析方法。

1.3.4 胫骨灰分和矿化度

胫骨灰分的测定采用常规分析方法。矿化度用 SD-200 型骨密度仪(北京核工业研究所)检测。

1.4 试验数据处理

试验所测数据均采用 SAS 软件的 ANOVA 法进行方差分析,Duncan 氏法进行多重比较。

2 结 果

2.1 对肉鸡血清钙、磷含量及 AKP 活性的影响

由表 2 可知,1 500 IU/kgVA 组血清钙浓度最高,与 3 000、15 000、45 000 IU 相比,有明显的增加趋势。日粮在 500~5 000 IU/kg 范围内,不同 VD 处理组之间的血清钙含量差异不显著(P>0.05),但随着日粮 VD 水平的增加,血清钙含量呈明显的一次线性上升趋势(R²=0.767 7, P=0.12),回归方程为 Y=1.838 98+0.000 022 06 X,其中, X 表示日粮 VD 水平, Y 表示血清钙含量。不同 VA 处理组之间、VD 处理组之间的血清磷浓度均无明显差异(P>0.05),但随着日粮 VA 或 VD 水平的增加,血清磷含量呈显著的一次线性升高趋势(R²=0.965 6, P=0.02; R²=0.775 8, P=0.12),回归方程分别为 Y=2.323 19+0.000 001 51 X, Y=2.310 03+0.000 018 37 X。其中, X 表示日粮 VA 或 VD 水平, Y 表示血清磷含量。日粮 VA 水平对血清 AKP 活性有显著的影响(P<0.05),其中,45 000 IU/kgVA 组显著降低,15 000 IU/kgVA 组也有明显的降低趋势。日粮 VD 水平对血清 AKP 活性无显著影响(P>0.05)。VA、VD 互作效应对血清钙、磷浓度及 AKP 活性均有一定影响,但差异不显著(P>0.05)。

表 2 VA、VD 对血清钙、磷和 AKP 的影响

Table 2 Effects of VA and VD on serum Ca and P concentrations and A KP in broilers

组别	添加水平 Additive levels		血清钙 Serum Ca	血清磷 Serum P	碱性磷酸酶 A KP
Groups	VA (IU/ kg)	VD (IU/ kg)	(mmol/ L)	(mmol/ L)	(u/ dL)
1	1 500	500	1.99 ±0.18	2.42 ±0.07	230.27 ±120.6
2		1 250	2.07 ±0.26	2.26 ±0.12	204.81 ±112.50
3		2 500	1.93 ±0.19	2.27 ±0.15	277.25 ±166.89
4		5 000	2.04 ±0.32	2.40 ±0.24	219.48 ±168.44
5	3 000	500	1.71 ±0.17	2.18 ±0.17	261.57 ±173.52
6		1 250	1.68 ±0.15	2.35 ±0.14	274.60 ±182.85
7		2 500	1.85 ±0.20	2.29 ±0.12	253.60 ±177.31
8		5 000	2.08 ±0.21	2.45 ±0.11	277.83 ±192.05
9	15 000	500	1.93 ±0.26	2.33 ±0.18	138.44 ±131.01
10		1 250	1.94 ±0.29	2.44 ±0.09	156.60 ±116.42
11		2 500	1.88 ±0.42	2.39 ±0.27	249.15 ±131.24
12		5 000	1.72 ±0.11	2.27 ±0.10	214.46 ±120.61
13	45 000	500	1.69 ±0.37	2.30 ±0.18	139.02 ±65.07
14		1 250	1.89 ±0.30	2.37 ±0.18	133.04 ±91.68
15		2 500	1.86 ±0.05	2.41 ±0.28	117.38 ±22.71
16		5 000	1.92 ±0.34	2.48 ±0.24	156.17 ±98.67
主效应 Effect					
VA (IU/ kg)	1 500		2.01	2.33	232.95 ^a
	3 000		1.84	2.32	267.48 ^a
	15 000		1.87	2.35	189.66 ^{ab}
	45 000		1.84	2.39	136.40 ^b
VD (IU/ kg)	500		1.83	2.30	192.32
	1 250		1.90	2.36	192.26
	2 500		1.88	2.35	223.07
	5 000		1.95	2.40	216.98
	VA		0.09	0.57	0.04
P 值 P-Value	VD		0.55	0.33	0.85
	VA ×VD		0.27	0.23	0.99

同列肩标不同字母表示差异显著 (P < 0.05) , 含相同字母表示差异不显著 (P > 0.05) , 下表同。

In the same column, values with different letter superscripts mean significant difference (P < 0.05) , values with same letter superscripts mean no difference (P > 0.05) , the same as below.

2.2 对肉鸡胫骨钙、磷浓度的影响

由表 3 可知,不同 VA 处理组的胫骨钙浓度间差异均不显著 (P > 0.05) , 其中,45 000 IU/ kgVA 组有明显的降低趋势,15 000 IU/ kgVA 组也有降低的趋势。不同 VD 水平的胫骨钙浓度之间没有显著差异 (P > 0.05) ;但随着日粮 VD 水平的增加,胫骨钙含量呈显著的二次曲线上升趋势 (R² = 0.999 3 , P = 0.03) 。回归方程为 Y = 16.406 03 + 0.002 12 X - 3.028 53 × 10⁻⁷ X² , 其中, X 表示日

粮 VD 水平, Y 表示胫骨钙含量。VA、VD 的交互作用对肉鸡胫骨钙含量无显著影响 (P > 0.05) 。日粮 VA 水平对胫骨磷浓度有显著的影响 (P < 0.05) , 其中,45 000 IU/ kgVA 组明显升高;15 000 IU/ kgVA 组也有增加的趋势。日粮 VD 水平、VA 和 VD 互作效应对胫骨磷没有显著的影响 (P > 0.05) , 但日粮 VD 水平为 5 000 IU/ kg 时,胫骨磷含量高于其他 VD 组。

表 3 VA、VD 对胫骨钙、磷浓度的影响

Table 3 Effects of VA and VD on tibia calcium and phosphorous concentrations in broilers

组别	添加水平 Additive levels		胫骨钙 Tibia calcium	胫骨磷 Tibia phosphorous
Groups	VA (IU/ kg)	VD (IU/ kg)	(%)	(%)
1	1 500	500	18.32 ±3.21	6.12 ±0.29
2		1 250	20.36 ±7.80	5.91 ±1.44
3		2 500	23.16 ±2.62	5.68 ±0.46
4		5 000	21.94 ±2.92	6.69 ±0.32
5	3 000	500	17.81 ±2.12	5.77 ±1.18
6		1 250	17.84 ±6.78	6.07 ±0.27
7		2 500	22.80 ±1.94	6.03 ±0.21
8		5 000	19.67 ±0.86	5.87 ±0.17
9	15 000	500	17.26 ±0.78	6.43 ±0.28
10		1 250	20.20 ±0.11	6.95 ±0.88
11		2 500	16.86 ±1.67	6.42 ±0.66
12		5 000	15.63 ±1.76	6.43 ±0.68
13	45 000	500	16.55 ±1.61	6.78 ±0.11
14		1 250	16.11 ±0.29	6.41 ±0.73
15		2 500	15.04 ±1.03	6.76 ±0.12
16		5 000	20.43 ±4.40	7.13 ±1.38
主效应 Effect				
VA (IU/ kg)	1 500		20.95 ^a	6.10 ^b
	3 000		19.52 ^{ab}	5.94 ^b
	15 000		17.46 ^b	6.57 ^{ab}
	45 000		16.98 ^b	6.77 ^a
VD (IU/ kg)	500		17.41	6.27
	1 250		18.54	6.33
	2 500		19.83	6.22
	5 000		19.42	6.53
P 值 P-Value	VA		0.07	0.03
	VD		0.48	0.76
	VA ×VD		0.43	0.84

2.3 对肉鸡胫骨灰分、矿化度的影响

由表 4 可以看出,日粮 VA 水平对胫骨灰分含量有极显著的影响 (P < 0. 01)。其中,45 000 IU/ kg VA 组胫骨灰分含量最低,1 500 IU/ kg VA 组灰分含量最高。日粮 VD 水平对胫骨灰分含量无明显影响 (P = 0. 32)。VA、VD 交互作用对胫骨灰分影

响极显著 (P < 0. 01)。日粮 VA 水平对胫骨矿化度有显著影响 (P < 0. 05),其中,45 000 IU/ kg VA 组最低,显著低于其他 VA 组。日粮 VD 水平对矿化度影响并不显著 (P > 0. 05),但 5 000 IU/ kg VD 组的矿化度高于其他 3 组。VA、VD 交互作用对矿化度有一定影响 (P > 0. 05)。

表 4 VA、VD 对肉鸡胫骨灰分、矿化度的影响

Table 4 Effects of VA and VD on bone ash and BMD in broilers

组别 Groups	添加水平 Additive levels		胫骨灰分 Bone ash	胫骨矿化度 BMD
	VA (IU/ kg)	VD (IU/ kg)	(%)	(g/ cm ²)
1	1 500	500	38.60 ±0.98	0.60 ±0.02
2		1 250	40.38 ±3.41	0.59 ±0.04
3		2 500	40.29 ±0.76	0.58 ±0.07
4		5 000	42.24 ±1.56	0.63 ±0.04

组别	添加水平 Additive levels		胫骨灰分 Bone ash	胫骨矿化度 BMD
Groups	VA (IU/ kg)	VD (IU/ kg)	(%)	(g/ cm ²)
5	3 000	500	40.01 ±0.42	0.56 ±0.06
6		1 250	38.11 ±0.57	0.64 ±0.02
7		2 500	39.00 ±1.27	0.62 ±0.07
8		5 000	34.89 ±0.51	0.59 ±0.05
9	15 000	500	40.47 ±0.62	0.58 ±0.01
10		1 250	39.73 ±1.45	0.58 ±0.02
11		2 500	37.79 ±1.99	0.64 ±0.01
12		5 000	39.56 ±1.16	0.64 ±0.04
13	45 000	500	38.76 ±1.42	0.59 ±0.03
14		1 250	35.25 ±0.95	0.57 ±0.08
15		2 500	38.43 ±3.21	0.46 ±0.05
16		5 000	37.12 ±0.33	0.56 ±0.08
主效应 Effect				
VA (IU/ kg)	1 500		40.38 ^a	0.60 ^a
	3 000		38.21 ^{bc}	0.60 ^a
	15 000		39.41 ^{ab}	0.61 ^a
	45 000		37.55 ^c	0.55 ^b
VD (IU/ kg)	500		39.37	0.58
	1 250		38.34	0.59
	2 500		39.03	0.58
	5 000		38.94	0.61
	VA		0.00	0.03
P 值 P-Value	VD		0.32	0.53
	VA ×VD		0.00	0.15

3 讨 论

关于过量 VA 对动物骨骼代谢的研究报道很少。Rohde 等^[3]对小鼠的研究表明随日粮中全反式视黄酸的增加,干骨和骨灰含量降低,骨矿化度下降。Melhus 等^[2]对人、Stevens 等^[4]对鼠、Aburto 等^[5]对肉鸡的研究均得出了类似的结果。本试验结果得出,当日粮 VA 水平增加至 45 000 IU/ kg 时,肉鸡的血清 AKP 活性、胫骨灰分与矿化度显著下降,胫骨钙含量也有明显的下降趋势,胫骨磷含量显著增加,血清钙浓度也呈明显的降低趋势,血清磷浓度随 VA 水平的增加呈明显的二次曲线上上升趋势;日粮 VA 水平为 15 000 IU/ kg 时,胫骨钙含量趋于降低,磷含量趋于升高,血清 AKP 活性亦有降低的趋势。这些试验结果表明日粮 VA 水平为 45 000 IU/ kg 时,可导致肉鸡钙、磷代谢紊乱,骨质疏松,提示肉鸡 VA 过量;日粮 VA 水平为 15 000 IU/ kg 时,对肉鸡的钙、磷代谢也产生一定的负面影响,提示肉鸡 VA 临界过量。关于日粮 VA 水平对

血清 AKP 活性的影响研究报道极少。金久善等^[7]对奶牛的研究得出,大量 VA 进入机体,不仅影响钙、磷的吸收和沉积,还可加强破骨细胞的活动,致使 AKP 活性升高。本试验结果得出,15 000 和 45 000 IU/ kg VA 组的血清 AKP 活性下降,尤以 45 000 IU/ kg VA 组显著降低。Wolke 等^[8]研究认为大量 VA 引起的骨损伤主要是由于大量 VA 抑制了成骨细胞的活动所致。因此,大剂量的 VA 可导致 AKP 活性的降低。

本试验结果得出,日粮 VD 水平在 500 ~ 5 000 IU/ kg 范围内增加,对血清与胫骨的钙、磷浓度及血清 AKP 活性均无显著影响,但日粮 VD 水平增加至 5 000 IU/ kg 时,血清与胫骨的钙、磷含量略呈上升趋势,AKP 活性也趋增加。Veltmann 等^[6]、Metz 等^[9]研究指出,VA 对 VD 的颉抗作用导致过量的 VA 可能在消化物到达吸收部位前,部分损坏 VD,干扰了 VD 的正常吸收和代谢,骨钙减少。本试验结果得出,随着日粮 VA 水平的增加(1 500 ~ 45 000 IU/ kg),除胫骨磷增加外,上述其他指

标均呈不同程度的下降,尤其高剂量的 VA 更为明显,进一步证实了 VA 对 VD 存在一定拮抗作用,并且主要表现在高剂量 VA 对 VD 的拮抗作用。MacDonald 等^[10]利用牛的甲状旁腺组织进行体外试验研究指出,视黄醇的中间代谢产物视黄酸可抑制甲状旁腺素的分泌,降低了甲状旁腺素前体物的 mRNA 的浓度,影响活性 VD 的形成。VA 的活性形式 9-顺-视黄酸异构体和另一些受体结合后才有活性,如 1,25-(OH)₂D₃ 的受体^[11]。因此,当 VA、VD 的含量适宜时,受体足够与这两种维生素的活性形式相结合,而当 VA 过量时,则高剂量的 VA 与受体的结合占主导地位,VD 与受体的结合受到抑制,影响了 VD 的代谢,进而影响了钙、磷代谢。这说明添加高剂量的 VA 引起肉鸡骨骼钙、磷代谢的异常与过量与 VA 对 VD 产生的拮抗作用有关,因此似乎高剂量 VD 的添加可减缓因 VA 过量引起的骨骼代谢异常,但确切的结果还有待于进一步的研究。

4 结 论

在本试验条件下,初步得出:

日粮 VA 的添加水平对肉鸡的钙、磷代谢有明显影响,日粮 VA 添加水平为 45 000 IU/kg 时,可引起胫骨钙的沉积降低、磷的沉积增加,胫骨矿化度降低,提示 VA 过量;日粮 VA 水平为 15 000 IU/kg 时,肉鸡的钙、磷代谢也受到一定的负面影响,提示 VA 临界过量。

日粮 VD 水平在 500 ~ 5 000 IU/kg 范围内,对肉鸡的钙、磷代谢无显著影响。但随着 VD 添加剂量的增加,血清钙、磷含量呈一次线性增加,胫骨钙含量呈显著的二次曲线上上升趋势。

参考文献:

- [1] Hough S, Avioli L V, Muir H, Gelderblom D, Jenkins G, Kurasi G. Effects of hypervitaminosis A on the bone and mineral metabolism of the rat. *Endocrinology*, 1988, 122 (6) : 2933 - 2939.
- [2] Melhus H, Michaelsson K, Kindmark A, Bergstrom R, Holmberg L, Mallmin H, Wolk A, Ljunghall S. Excessive dietary intake of vitamin A is associated with reduced bone mineral density and increased risk for hip fracture. *Annals of Internal Medicine*, 1998, 129 (10) : 770 - 778.
- [3] Rohde C M, Deluca H. Bone Resorption Activity of ALL-trans Retinoic Acid Is Independent of Vitamin D in Rats. *The Journal of Nutrition*, 2003, 133 : 777 - 783.
- [4] Stevens V I, Blair R, Riddell C. Dietary level of fat, calcium, and vitamins A and D₃ as contributory factors to rickets in poult. *Poultry Science*, 1983, 62 (10) : 2073 - 2082.
- [5] Aburto A, Britton W M. Effects and interactions of dietary levels of vitamins A and E and cholecalciferol in broiler chickens. *Poultry Science*, 1998, 77 (5) : 666 - 673.
- [6] Veltmann J R Jr, Jensen L S, Rowland G N. Excess dietary vitamin A in the growing chick: effect of fat source and vitamin D. *Poultry Science*, 1986, 65 (1) : 153 - 163.
- [7] 金久善, 夏兆飞, 梁礼成, 吴国利, 范国雄. 乳牛口服过量维生素 A 对维生素 D₃ 及钙、磷代谢的影响. *畜牧兽医学报*, 1994, 25 (1) : 25 - 30.
- [8] Wolke R E, Eaton H D, Nielsen S W, Helmholtz C F. Qualitative and quantitative osteoblastic activity in chronic porcine hypervitaminosis A. *The Journal of Pathology*, 1969, 97 (4) : 677 - 686.
- [9] Metz A L, Walser M M, Olson W G. The interaction of dietary vitamin A and vitamin D related to skeletal development in the turkey poultry. *The Journal of Nutrition*, 1985, 115 (7) : 929 - 935.
- [10] MacDonald P N, Ritter C, Brown A J, Slatopolsky E. Retinoic acid suppresses parathyroid hormone (PTH) secretion and preproPTH mRNA levels in bovine parathyroid cell culture. *The Journal of Clinical Investigation*, 1994, 93 (2) : 725 - 730.
- [11] Drenzo J, Soderstrom M, Kurokawa R, Ogliastro M H, Ricote M, Ingre S, Horlein A, Rosenfeld M G, Glass C K. Peroxisome proliferator-activated receptors and retinoic acid receptors differentially control the interactions of retinoid X receptor heterodimers with ligands, coactivators, and corepressors. *Molecular and Cellular Biology*, 1997, 17 (4) : 2166 - 2176.

Effects of Vitamin A and Vitamin D on Metabolism of Calcium and Phosphorous in Broilers

YAN Su-mei FENG Yong-miao ZHANG Hai-qin SHI Bin-lin AO Li

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

Abstract: The experiment was conducted to elucidate the effects of interaction between vitamin A and vitamin D on metabolism of calcium and phosphorus in broilers. Three hundred and eighty four 8-day old AA male broilers with similar body weight were randomly allotted into 16 treatments with 3 replicates of 8 broilers each. Broilers were fed four levels of dietary vitamin A (1 500, 3 000, 15 000, and 45 000 IU/kg) and four levels of vitamin D (500, 1 000, 2 500, and 5 000 IU/kg) in a 4 × 4 factorial arrangement. The results indicated that the bone ash, bone mineral density (BMD) and Alkaline Phosphatase (AKP) activity of serum was decreased significantly fed on 45 000 IU/kg vitamin A ($P < 0.01$ or $P < 0.05$) and the bone phosphorus was increased significantly ($P < 0.05$) compared to the addition of 1 500 and 3 000 vitamin A in diets. Bone calcium had the tendency to be increased ($P > 0.05$) while dietary vitamin A levels was 45 000 IU/kg. While dietary vitamin A levels was 15 000 IU/kg, the bone calcium and serum AKP activity had the tendency to be decreased, and the bone phosphorus was increased. The results also suggested that serum calcium and phosphorus contents increased linearly along with the increment of vitamin D additive dose, and bone calcium increased quadratically while dietary vitamin D level was between 500 and 5 000 IU/kg. The addition of 15 000 IU/kg VA would be referred to as marginally excess for broilers, and the addition of 45 000 IU/kg VA would be excessive for broilers. A dosage level of 500 ~ 5 000 IU/kg vitamin D had no significant effects on the metabolisms of calcium and phosphorous in broilers. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2007, 19(3): 218-224]

Key words: Vitamin A; Vitamin D; Calcium; Phosphorous; Broilers