

高钙高蛋白日粮对青年蛋鸡体液酸碱度和电解质的影响^{*}

郭小权^{1, 2}, 黄克和¹, 骆建兵¹, 陈 甫¹

(1 南京农业大学 动物医学院 畜禽营养代谢病研究室, 江苏 南京 210095;

2 江西农业大学 动物科技学院, 江西 南昌 330045)

[摘 要] 将100羽35日龄伊沙蛋鸡随机均分为高钙高蛋白组(饲喂含钙36.8 g/kg、蛋白242.5 g/kg的日粮)和对照组(饲喂含钙8.5 g/kg、蛋白175.3 g/kg的日粮)。在饲喂高钙高蛋白日粮32 d时,对2组鸡作动脉血气分析与血清电解质测定,并利用结肠道口术收集尿液,测定鸡尿液中电解质的变化,以探讨高钙高蛋白日粮对青年蛋鸡体液酸碱度和电解质变化的影响。结果表明,高钙高蛋白日粮能致鸡发生高尿酸血症,同时引起鸡腹泻,使鸡尿量增加,尿液pH较对照显著升高。与对照组相比,高钙高蛋白组鸡血液pH、碳酸氢根及剩余碱显著升高,动脉血氧分压、二氧化碳分压和血氧饱和度显著降低;血清无机磷和钾显著降低,血清尿酸、钙显著升高,镁、钠和氯离子稍有变化,但在统计学上差异不显著;尿液中尿酸、钙、氯的相对含量和24 h总量显著升高,镁相对含量和24 h总量显著下降。说明高钙高蛋白日粮在引起青年蛋鸡高尿酸血症的同时,能致鸡代谢性碱中毒和电解质代谢紊乱。

[关键词] 青年蛋鸡; 高钙高蛋白; 高尿酸血症; 代谢性碱中毒; 电解质; 酸碱度

[中图分类号] S831.5; S831.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)10-0080-05

家禽痛风是由于尿酸产生过多或排泄障碍而导致血液中蓄积过量尿酸,引起尿酸盐沉积在关节囊、关节软骨、关节周围、胸腹腔和各种脏器表面及其他间质组织中而引发的一种疾病,是家禽中的常见多发病,遍布于世界各地,其发病率和死亡率都较高。引起禽痛风的病因很复杂,目前报道的有20多种,常见的有日粮中钙和蛋白含量过高、感染肾型传染性支气管炎病毒、禽流感病毒、隐孢子虫等^[1~4]。目前,国内的禽痛风病例报道很多,特别是饲料来源不稳定,钙或蛋白含量过高而引发的鸡痛风,给养殖业造成了很大损失。

唐建霞等^[5]报道,高钙高蛋白日粮能成功诱发鸡痛风,并对其尿液的变化进行了研究。国内外也有学者对高钙高蛋白日粮诱发鸡痛风进行了研究,但主要集中在肾脏损伤方面^[6,7]。总的来说,对高钙高蛋白日粮诱发鸡痛风的机理尚不清楚。动物体液电解质浓度和酸碱度的相对稳定,是维持机体正常生命活动的重要因素之一。这种稳定一旦被破坏,则可引起电解质和酸碱平衡紊乱,各器官系统机能发生

障碍,甚至导致严重后果。国内外对高钙高蛋白日粮诱发鸡痛风时,鸡体液酸碱度和电解质的变化研究至今未见报道。为此,本试验试图通过给青年蛋鸡饲喂高钙高蛋白日粮,观察其临床表现,并应用血气分析仪及临床病理学方法,研究高钙高蛋白日粮对鸡血液酸碱平衡及血液和尿液电解质变化的影响,以期阐明高钙高蛋白日粮引起鸡痛风的机制,并为其防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与分组

20日龄伊沙蛋鸡120羽,购自南京某农场。按蛋鸡常规免疫程序进行免疫。饲养至35 d时,选择100羽健康、体重相近的鸡随机均分为试验组(饲喂含钙36.8 g/kg、蛋白242.5 g/kg的高钙高蛋白日粮)和对照组(饲喂含钙8.5 g/kg、蛋白175.3 g/kg的日粮)。除钙和粗蛋白外,饲料中其余营养成分均相同且符合NRC标准。试验鸡笼养,自由采食、饮水。饲料组成和营养水平(计算值)见表1。

^{*} [收稿日期] 2005-03-08

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(30070575)

[作者简介] 郭小权(1976-),男,江西南昌人,在读博士,主要从事畜禽营养代谢病和中毒病研究。E-mail: xqguo20720@yahoo.com.cn

[通讯作者] 黄克和(1958-),男,江苏涟水人,教授,博士生导师,主要从事畜禽营养代谢病及营养与免疫研究。E-mail: khhuang@njau.edu.cn

表 1 试验组与对照组的日粮组成和营养水平

Table 1 Diet composition of control and treated groups

成分 Composition	日粮组成/(g · kg ⁻¹) Diet ingredients		营养水平 Nutrition level	对照组 Control	试验组 Treated
	对照组 Control	试验组 Treated			
玉米 Corn	630 0	460 0	代谢能/(J · kg ⁻¹) ME	12 03	11 24
豆粕 Soybean meal	220 0	430 0	钙/(g · kg ⁻¹) Calcium	8 5	36 8
麸皮 Wheat bran	120 0	0	有效磷/(g · kg ⁻¹) Available phosphorus	4 4	4 8
骨粉 Bone meal	20 0	20 0	粗蛋白/(g · kg ⁻¹) Crude protein	175 3	242 5
石粉 Limestone	0	80 0			
预混料 Premix	10 0	10 0			

注: 预混料为每千克饲料提供: V_A 10 000 IU, V_D 2 000 IU, V_{B1} 0.5 mg, V_{B2} 0.0 mg, V_E 10 mg, 氯化胆碱 400 mg, V_{B12} 0.01 mg, 泛酸 8 mg, 烟酸 30 mg, V_{K3} 2 mg, V_{B6} 2 mg, 铜 60 mg, 铁 40 mg, 锰 70 mg, 锌 50 mg, 硒 0.10 mg。
Note: Premix provided per kilogram of diet: vitamin A 10 000 IU, vitamin D 2 000 IU, vitamin B₁ 0.5 mg, vitamin B₂ 0.0 mg, vitamin E 10 mg, choline chloride 400 mg, vitamin B₁₂ 0.01 mg, pantothenic acid 8 mg, niacin 30 mg, vitamin K₃ 2 mg, vitamin B₆ 2 mg, copper 60 mg, iron 40 mg, manganese 70 mg, zinc 50 mg, Selenium 0.10 mg

1.2 临床观察

试验开始后每天观察鸡的精神状态、食欲和粪便情况。

1.3 血样采集与制备

饲喂高钙高蛋白日粮的第 32 天(67 日龄), 各组均随机取 12 只鸡, 用专用血气分析采血注射器从主动脉采集动脉血 1.5 mL, 立即进行血气分析。另外, 各组均随机取 20 只鸡, 从心脏采血, 不抗凝, 置于 37℃ 培养箱中, 1 h 后 1 000 r/min 离心 10 min, 分离血清并置于 -20℃ 冰箱中保存, 用于测定电解质。

1.4 血气分析与血清电解质测定

血液 pH、动脉血氧分压(P_{O₂})、血氧饱和度(S_{O₂})、二氧化碳分压(P_{CO₂})、碳酸氢根(HCO₃⁻)和剩余碱(BE)用 I-Stat 公司的 SN-245085 血气分析仪测定。血清尿酸采用磷钨酸比色法测定; 血清中钙、无机磷、钠、钾、镁以及氯的测定, 分别采用甲基百里香酚蓝比色法、孔雀绿直接显色法、焦性锑酸钾比浊法、四苯硼钠比浊法、甲基百里香酚蓝比色法和硫氰酸汞分光光度法进行测定(所用检测试剂盒为南京建成生物有限公司产品, 按其说明书进行操作)。

1.5 尿液的采集、处理与分析

在正式试验的第 30 天, 参照郭小权等^[8]的方法,

从各组中随机选取 10 只鸡进行结肠造口术。待鸡恢复正常饮水和采食后(手术后的第 2 天, 即饲喂高钙高蛋白日粮的第 32 天), 收集 24 h 的尿液(分时间段收集: 白天每隔 3 h 收集 1 次, 晚上过夜收集)。记录尿量, 并立即用 pH 计测定尿液的 pH。尿液中的尿酸、钙、钠、钾、无机磷、镁以及氯的测定方法与血清中各成分的测定方法相同。

1.6 数据处理

各组数据均按统计学要求, 用 SPSS 软件进行统计分析, 所有数据以“平均值 ± SE”表示, 用方差分析进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 临床观察

在整个试验过程中, 对照组鸡未出现任何异常情况。高钙高蛋白组鸡在饲喂高钙高蛋白日粮的第 16 天, 开始出现水样腹泻现象, 病鸡脱水并逐渐消瘦, 但并未见死亡。

2.2 高钙高蛋白日粮对鸡血气指标的影响

由表 2 可知, 与对照组相比, 高钙高蛋白组鸡血液 pH、HCO₃⁻ 和 BE 极显著升高(P < 0.01), P_{O₂} 和 P_{CO₂} 分压极显著降低(P < 0.01), S_{O₂} 显著下降(P < 0.05)。

表 2 高钙高蛋白日粮对青年蛋鸡血气指标的影响(n = 12)

Table 2 Effect of high calcium and high protein diets on blood gas values for growers (n = 12)

分组 Groups	pH	P _{O₂} /kPa	P _{CO₂} /kPa	S _{O₂} /%	HCO ₃ ⁻ / (mmol · L ⁻¹)	BE / (mmol · L ⁻¹)
对照组 CK	7.422 ± 0.001	6.733 ± 0.090	5.209 ± 0.099	86.583 ± 0.645	25.300 ± 0.499	2.250 ± 0.428
试验组 Treated	7.508 ± 0.001**	5.870 ± 0.071**	4.780 ± 0.032**	83.500 ± 0.485*	28.558 ± 0.275**	4.591 ± 0.259**

注: * 表示与对照组相比差异显著(P < 0.05); ** 表示与对照组相比差异极显著(P < 0.01)。下表同。
Note: Compared with the control, * P < 0.05, ** P < 0.01. The same as follows

2 3 高钙高蛋白日粮对鸡血液生化指标的影响

由表3可知,与对照组相比,高钙高蛋白组血清无机P和K⁺显著和极显著降低(分别为 $P < 0.05$, P

< 0.01),血清尿酸和Ca²⁺极显著和显著升高(分别为 $P < 0.01$, $P < 0.05$),血清Na⁺、Mg²⁺、Cl⁻的变化不明显。

表3 高钙高蛋白日粮对青年蛋鸡血清生化指标的影响($n = 20$)

Table 3 Effect of high calcium and high protein diets on plasma values for growers($n = 20$) mmol/L				
分组 Groups	尿酸 Uric acid	Ca ²⁺	无机P Inorganic P	Na ⁺
对照组 CK	0.423 ± 0.018	2.079 ± 0.092	2.088 ± 0.149	109.960 ± 7.785
试验组 Treated	0.869 ± 0.046 ^{**}	2.478 ± 0.150 [*]	1.679 ± 0.117 [*]	100.609 ± 5.558
分组 Groups	K ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	
对照组 CK	4.555 ± 0.154	0.930 ± 0.219	10.605 ± 0.062	
试验组 Treated	3.967 ± 0.119 ^{**}	0.965 ± 0.204	10.675 ± 0.683	

2 4 高钙高蛋白日粮对鸡尿量和尿液pH值的影响

高钙高蛋白组鸡的尿量为(40.40 ± 3.90) mL,较对照组(36.37 ± 5.38) mL升高,但在统计学上差异不显著($P > 0.05$)。高钙高蛋白组鸡尿液pH值为(7.38 ± 0.07),较对照组(6.61 ± 0.05)显著升高($P < 0.05$)。

2 5 高钙高蛋白日粮对鸡尿液中有关生化指标的影响

2 5 1 对各生化指标浓度的影响 由表4可知,与对照组相比,高钙高蛋白组鸡尿液中尿酸($P < 0.01$)、Ca²⁺($P < 0.05$)、Cl⁻($P < 0.01$)浓度显著升高,Mg²⁺浓度显著下降($P < 0.05$),无机P、Na⁺、K⁺浓度变化不显著。

表4 高钙高蛋白日粮对青年蛋鸡尿液中各成分相对浓度的影响($n = 10$)

Table 4 Effect of high calcium and high protein diets on the relative contents of urinary values for growers ($n = 10$) mmol/L				
分组 Groups	尿酸 Uric acid	Ca ²⁺	无机P Inorganic P	Na ⁺
对照组 CK	0.615 ± 0.097	1.681 ± 0.157	84.278 ± 16.786	18.729 ± 2.260
试验组 Treated	1.241 ± 0.093 ^{**}	4.231 ± 0.778 [*]	54.678 ± 15.825	14.472 ± 2.065
分组 Groups	K ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	
对照组 CK	11.216 ± 1.645	3.735 ± 0.010	2.610 ± 0.261	
试验组 Treated	8.717 ± 1.943	3.085 ± 0.227 [*]	10.950 ± 3.671 ^{**}	

2 5 2 对各生化指标总量的影响 根据24 h各试验鸡尿液中各成分浓度及尿量,计算出24 h尿液中各成分的总量(表5)。由表5可知,与对照组相比,

高钙高蛋白组鸡尿液中尿酸、Ca²⁺、Cl⁻总量极显著升高($P < 0.01$),Mg²⁺总量显著下降($P < 0.05$),无机P、Na⁺、K⁺总量变化不显著。

表5 高钙高蛋白日粮对青年蛋鸡24 h尿液中各成分总量的影响($n = 10$)

Table 5 Total quantity of 24 h urinary excretion for growers raised on the different diets ($n = 10$) mmol				
分组 Groups	尿酸 Uric acid	Ca ²⁺	无机P Inorganic P	Na ⁺
对照组 CK	0.224 ± 0.004	0.061 ± 0.007	3.065 ± 0.771	0.681 ± 0.105
试验组 Treated	0.500 ± 0.004 ^{**}	0.171 ± 0.032 ^{**}	2.209 ± 0.661	0.584 ± 0.081
分组 Groups	K ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	
对照组 CK	0.407 ± 0.077	0.136 ± 0.001	0.094 ± 0.012	
试验组 Treated	0.352 ± 0.079	0.125 ± 0.081 [*]	0.442 ± 0.125 ^{**}	

3 讨 论

本试验通过给青年蛋鸡饲喂高钙高蛋白日粮,观察了其临床表现,并利用结肠造口手术,获取了未

经粪便污染的尿液样品,应用临床病理学方法,系统地研究了高钙高蛋白日粮对青年蛋鸡血液酸碱度平衡及血液和尿液电解质变化的影响。结果表明,高钙高蛋白日粮成功地复制出了高尿酸血症,并能引起

鸡腹泻,同时导致血液和尿液的电解质发生变化,特别是血液pH, HCO_3^- 以及剩余碱显著升高,说明饲喂高钙高蛋白日粮导致青年蛋鸡发生高尿酸血症时,使鸡机体发生了代谢性碱中毒。分析其原因,可能主要是由于鸡体内蛋白的最终代谢产物是尿酸,高蛋白日粮中的蛋白质引起机体产生了大量的尿酸,进而引起血液中的尿酸升高;而高钙高蛋白中的钙源是以碳酸钙为主要成分的石粉,碳酸钙进入胃肠道消耗了大量的胃酸(主要是盐酸),发生反应生成可溶性的氯化钙、二氧化碳和水,导致机体消耗了大量的 H^+ ,同时钙离子被肠道所吸引,进而进入血液发生高钙血症和碱中毒。据报道^[9,10],肾脏对高钙血症相当敏感,高钙血症发生48 h后就可见肾脏超微结构改变;急性高血钙可致肾损伤,并加强肾小管对碳酸氢钠的重吸收,进一步加重了代谢性碱中毒,同时肾损害引起尿酸排泄障碍导致高尿酸血症。

唐建霞等^[5,11]报道,高钙高蛋白日粮致鸡“腹泻”可能是由于肾浓缩机制受损,引起尿量增加(发生腹泻5 d后测定)引起的,而不是真正意义上的腹泻。本试验中,高钙高蛋白日粮也引起鸡腹泻,但在饲喂高钙高蛋白日粮32 d后鸡尿量(发生腹泻16 d后测定)增高并不明显,这可能是由于长期腹泻导致机体脱水而造成的。作者认为,鸡腹泻初期尿量增加是鸡表现腹泻的原因之一,同时,日粮中大量的石粉致使钙质突然增加,刺激肠道蠕动加快,使大量的钙、碳酸根等无机离子蓄积肠内,导致肠内渗透压升高也是引起腹泻的原因之一。但试验后期表现腹泻,认为主要是由于鸡发生代谢性碱中毒后,机体代偿

性地发生腹泻以使碱排出引起的。

代谢性碱中毒时^[12,13],肾脏同时会发生代偿调节,血浆中 NaHCO_3 浓度升高,肾小球滤液中碳酸氢根离子含量增多。同时,血浆pH升高,肾小管上皮细胞的碳酸酐酶和谷氨酰胺酶活性均降低,肾小管上皮细胞分泌 H^+ 和 NH_4^+ 量减少,导致碳酸氢根重吸收入血的量减少,随尿排出的量增多,从而导致尿液pH升高。同时,碱中毒时肾小管细胞分泌 H^+ 减少(保酸),致 H^+-Na^+ 交换减少而 K^+-Na^+ 交换增加,结果导致排钾增多,并且为维持电中性规律,氯排出也增加;加之组织细胞发生代偿调节,细胞外液 H^+ 代偿降低,引起细胞内的 H^+ 与细胞外的 K^+ 进行跨膜交换,结果导致低血钾症发生,后者反过来又可加重碱中毒,形成恶性循环。

肾是排钾的主要器官,摄入钾的90%~95%经肾脏排泄。在人类,正常摄钾量的10%~15%由粪便排泄,当肾脏排钾功能受损时,肠道排钾增加^[14]。本试验中,高钙高蛋白组尿液中钾排出低于对照组,推测可能主要是由于碱中毒致低血钾以及肾功能受损后致肠道排钾增加的缘故。

本试验证实,用碳酸钙为钙源的高钙高蛋白日粮会致青年蛋鸡发生高尿酸血症,并导致青年蛋鸡代谢性碱中毒,从而影响鸡的健康,给养禽业造成一定的损失。因此作者认为,在生产中补钙时,要严格按照营养标准,同时注意各种营养成分的平衡以及饲料的酸碱平衡,以免影响动物的健康,引发各种代谢性疾病。

[参考文献]

- [1] Sillerr W G. Renal pathology of the fowl: A review [J]. *Avian Pathology*, 1981, 10: 188- 261.
- [2] 阳成波,唐建霞,黄克和. 某鸡场群发性痛风的病因学和临床病理学研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2003, 34(3): 309- 312.
- [3] Slomens R D, Locke L N, Sheerar M G, et al. Kidney lesions associated with mortality in chickens inoculated with waterfowl influenza viruses[J]. *Avian Disease*, 1990, 34(1): 120- 128.
- [4] Trampel D W, Pepper T M, Blagburn B L. Urinary tract cryptosporidiosis in commercial laying hens[J]. *Avian Disease*, 2000, 44(2): 479- 484.
- [5] 唐建霞,黄克和,郭小权. 高钙与高蛋白日粮诱发鸡痛风[J]. *中国兽医学报*, 2005, 25(2): 203- 204.
- [6] 黎晓敏,邓茂先,李前勇,等. 鸡实验性尿酸盐沉积的肾脏病理学研究[J]. *中国兽医学报*, 1998, 18(4): 387- 389.
- [7] Brown T P. Urinary system [A]. Riddell C. *Avian histopathology* [C]. Second Edition. Lawrence: Allen Press Inc American Association of Avian Pathologists, 1996. 167- 181.
- [8] 郭小权,唐建霞,黄克和,等. 鸡尿液收集方法及其理化指标和尿沉渣的研究[J]. *畜牧与兽医*, 2004, 36(1): 6- 7.
- [9] 唐建霞,黄克和,郭小权. 细胞外高钙致鸡肾小管上皮原代培养细胞损伤的试验研究[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(6): 917- 922.
- [10] 汪正辉. 临床水、电解质及酸碱平衡[M]. 重庆:重庆出版社,1992. 64- 65.
- [11] 唐建霞,黄克和,郭小权. 高钙日粮致鸡尿液及尿沉渣变化的研究[J]. *南京农业大学学报*, 2004, 27(1): 89- 92.
- [12] Schier R M. Renal and electrolyte disorders[M]. 2nd Edition. Boston: Little, Brown and Company, 1980.

- [13] Barry Kirschbaum. Effect of high bicarbonate hemodialysis on ionized calcium and risk of metastatic calcification[J]. Clinica Chimica Acta, 2004, 343: 231- 236
- [14] Innemee G, De Meijer PHEM, Meinders A E. Sixty-eight-year-old patient with hypokalemia[J]. The Netherlands Journal of Medicine, 2001, 58: 155- 162

Effect of dietary high calcium and high protein on acid-base and electrolyte in growers

GUO Xiao-quan^{1,2}, HUANG Ke-he¹, LUO Jian-bing¹, CHEN Fu¹

(1 Institute of Nutritional and Metabolic disorders in Animals and Fowls, Nanjing Agriculture University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

2 College of Animal Science and Technology, Jiangxi Agriculture University, Nanchang, Jiangxi 330045, China)

Abstract: One hundred healthy 35-day growers were randomly divided into two groups. The growers in different groups were fed with normal calcium and crude protein diet (control 0.85% calcium and 17.53% crude protein) and high calcium and high protein diet (HCHP 3.68% calcium and 24.25% crude protein) respectively. According to experimental design, the blood gas and electrolyte of serum and urine were studied. The results showed HCHP diets could cause hyperuricaemia and diarrhea. Growers raised on HCHP diet had insignificantly higher volume of urine than the control. Growers raised on HCHP diet had significantly higher urine pH than the control. The growers raised on HCHP diet had significantly higher blood pH, HCO_3^- , BE than the control. PO_2 , PCO_2 , SO_2 decreased in blood in the HCHP group as compared with the control group. Phosphorus and potassium decreased in the serum in the HCHP group, meanwhile, uric acid and calcium increased in the HCHP as compared with the control group. The relative contents and 24 h urinary excretion of uric acid, calcium, chlorine for HCHP growers were significantly higher when compared with the control growers. The relative contents and 24 h urinary excretion of magnesium for HCHP growers were significantly lower than those of the control growers. In conclusion, HCHP diets could cause hyperuricaemia, metabolic alkalosis and disorder of acid-base and electrolyte in growers.

Key words: growers; high calcium and high protein; hyperuricaemia; metabolic alkalosis; electrolyte; acid-base degree