

# 精氨酸对早期断奶仔猪肠道生长、组织形态及 IL-2 基因表达水平的影响

谭碧娥<sup>1,2</sup>, 李新国<sup>1,3</sup>, 孔祥峰<sup>1</sup>, 姚康<sup>1,2</sup>, 印遇龙<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院亚热带农业生态研究所动物生态营养与健康养殖联合实验室/农业生态工程重点实验室, 长沙 410125, <sup>2</sup>中国科学院研究生院, 北京 100039; <sup>3</sup>湖南省畜牧兽医研究所, 长沙 410131)

**摘要:**【目的】研究精氨酸对超早期断奶仔猪肠道发育和肠道免疫的影响。【方法】试验选用 70 头 7 日龄断奶的二元杂交仔猪, 随机分成 5 个处理, 每个处理 14 头, 分别饲喂添加 0.0%、0.2%、0.4%、0.6% 和 0.8% 精氨酸的日粮。试验开始后第 7 天和第 14 天, 每个处理分别选取 6 头猪屠宰取样, 检测胃肠指数、小肠组织形态以及小肠 IL-2 基因表达水平。【结果】试验第 7 天, 添加精氨酸一定程度上促进了胃和小肠以及小肠绒毛的生长 ( $P > 0.05$ ), 显著提高了空肠和回肠 IL-2 基因表达水平 ( $P < 0.05$ ); 试验第 14 天, 添加 0.6% 和 0.8% 精氨酸显著提高仔猪小肠重量和长度 ( $P < 0.05$ ), 空肠和回肠绒毛高度以及绒毛高度与隐窝深度比值也均有提高的趋势 ( $P > 0.05$ )。【结论】精氨酸能促进超早期断奶仔猪的肠道发育, 阻止肠绒毛萎缩, 提高肠道 IL-2 基因表达水平, 增强肠道免疫功能。

**关键词:** 精氨酸; 超早期断奶仔猪; 肠道发育; 组织形态; IL-2 基因表达

## Effect of Arginine on Development, Mucosal Morphology and IL-2 Gene Expression Levels of Digestive Tract in Early-Weaned Piglets

TAN Bi-e<sup>1,2</sup>, LI Xing-guo<sup>1,3</sup>, KONG Xiang-feng<sup>1</sup>, YAO Kang<sup>1,2</sup>, YIN Yu-long<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Laboratory of Animal Nutrition and Human Health and Key Laboratory of Agro-ecology, Institute of Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125; <sup>2</sup>The Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039; <sup>3</sup>Hunan Institute of Animal Husbandry and Veterinary, Changsha 410131)

**Abstract:** 【Objective】 The study was conducted to evaluate the effects of arginine (Arg) on digestive tract development and intestinal immunity in piglets. 【Method】 A total of 70 piglets weaned at 7-day-old of age were assigned randomly into 5 treatment groups (14 pigs/group), and they were fed with diets supplemented with 0.0% (control), 0.2%, 0.4%, 0.6% and 0.8% L-arginine, respectively. On days 7 and 14 after initiation of the experiment, 6 piglets from each group were randomly sampled and slaughtered for determining index of stomachs and small intestines, morphology of intestinal mucosa, as well as intestinal IL-2 gene expression levels. 【Result】 The results showed that dietary supplementation with arginine improved ( $P > 0.05$ ) the development of stomach, small intestine and villus, and remarkably increased ( $P < 0.05$ ) the intestinal IL-2 gene expression levels on day 7. On day 14, the weight and length of small intestine were higher ( $P < 0.05$ ), and the villous height/crypt depth in jejunum and ileum had the tendency to be higher ( $P > 0.05$ ) in piglets supplemented with 0.6%, 0.8% arginine than those in control group. Collectively, these findings indicate that arginine supplementation may improve the development of digestive tract, prevent intestinal villous atrophy, increase the levels of intestinal IL-2 gene expression and enhance the immune status in early-weaned piglets.

**Key words:** Arginine; Early-weaned piglet; Digestive tract development; Mucosal morphology; IL-2 gene expression

## 0 引言

【研究意义】断奶导致的仔猪食欲差、消化功能

紊乱、腹泻、生长缓慢等一直是困扰养猪业的一道难题, 而断奶应激对肠道屏障的损伤是实施早期断奶的最大技术障碍。肠道既是动物消化食物、吸收营养的

收稿日期: 2007-07-26; 接受日期: 2007-12-18

基金项目: 国家“973”项目(2004CB117502), 国家自然科学基金(30771558, 0700581), 湖南省重大科技专项(2007FJ1003)

作者简介: 谭碧娥(1979-), 女, 湖南宁乡人, 博士研究生, 研究方向为单胃动物营养。E-mail: bietan0412@hotmail.com。通讯作者印遇龙(1956-), 男, 湖南桃源人, 研究员, 研究方向为单胃动物营养。E-mail: yinyulong@isa.ac.cn

主要场所,也是体内最大的免疫器官。增强仔猪肠道免疫功能、降低或阻断病原和日粮抗原对肠道的危害是提高机体抗病力、促进仔猪健康发育的重要手段。

【前人研究进展】国内外研究者进行了大量的研究,通过添加酶制剂、酸化剂、中草药、寡糖和谷氨酰胺等营养调控手段来改善仔猪肠道环境,增强机体免疫功能<sup>[1-4]</sup>。目前,营养免疫调节剂作为肠道免疫增强剂受到越来越多的关注,主要有谷氨酰胺、精氨酸、 $\omega$ -3脂肪酸和核苷酸等,可改变创伤、感染后机体代谢反应,改善免疫功能和氮平衡,促进创口愈合,降低感染发生率,增强肠道屏障功能<sup>[5,6]</sup>。精氨酸是哺乳仔猪的一种必需氨基酸<sup>[7]</sup>,精氨酸及其代谢产物 NO、鸟氨酸、肌氨酸等在免疫防御及免疫调节、维持和保护肠道粘膜等方面发挥着重要的作用<sup>[8]</sup>。动物试验证实,精氨酸强化的肠内营养可增加肠粘膜厚度及小肠绒毛数量,降低肠粘膜的通透性,减少肠道细菌易位的机会<sup>[9]</sup>。临床研究发现,术前给予精氨酸强化的肠内营养,可明显减少严重营养不良患者术后脓毒血症等并发症的发生率和死亡率<sup>[10]</sup>。【本研究切入点】目前有关精氨酸对断奶仔猪肠道营养及免疫作用的报道不多。本试验从早期断奶仔猪肠道生长发育、绒毛变化情况及相关基因表达来研究精氨酸对肠道免疫的调控作用。【拟解决的关键问题】通过在日粮中添加不同

浓度精氨酸,探讨其对超早期断奶仔猪肠道发育的影响,为研究超早期断奶仔猪肠道免疫调控提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验原料

L-精氨酸(批号 0000014094,  $\geq 99.8\%$ )为日本 AJINOMOTO 公司产品,其它原料均购自长沙原料市场。

### 1.2 试验动物、饲养管理及分组

试验选用 70 头 7 日龄断奶的长大杂交仔猪,随机分成 5 个处理,每个处理 14 头试猪。参考 NRC(1998)仔猪营养需要量,配制基础日粮(表 1),各处理组日粮中分别添加 0.0%(对照)、0.2%、0.4%、0.6%和 0.8%的精氨酸,且分别添加适量的丙氨酸等氨处理<sup>[11]</sup>,各处理日粮精氨酸含量分别为 0.71%、0.91%、1.11%、1.31%和 1.51%。所有试猪于相同的栏舍条件下单栏饲养,舍内温度保持在 30℃左右;分别于每天 7:00、11:00、15:00 和 19:00 用温水将日粮调制成为液态(水:料=4:1)投料,保持饲料的新鲜,猪只自由饮水。观察并记录试猪每天的健康状况,包括腹泻状况、精神状况和死亡情况。饲养试验全期共 14 d。

表 1 试验基础日粮及营养成分

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diet

原料组成 Ingredients	(%)	营养水平 Nutrition levels <sup>3)</sup>
乳清浓缩蛋白 Whey protein concentrate	60.00	消化能 DE (MJ·kg <sup>-1</sup> ) 14.4
乳脂粉 Cream powder	26.00	粗蛋白 Crude protein (%) 26.01
$\alpha$ -酪蛋白 $\alpha$ -Casein	6.20	钙 Calcium (%) 0.90
乳糖 Lactose	3.60	总磷 Total phosphorus (%) 0.7
葡萄糖 Glucose	1.65	赖氨酸 Lysine (%) 1.58
乳酸钙 Calcium lactate	1.00	蛋氨酸 Methionine (%) 0.53
水溶性多维 Vitamin premix <sup>1)</sup>	0.10	精氨酸 Arginine (%) 0.71
磷酸二氢钙 CaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.00	
有机矿物质 Trace mineral premix <sup>2)</sup>	0.20	
赖氨酸 Lysine	0.10	
蛋氨酸 Methionine	0.10	
泰乐菌素 Tylosin	0.05	

<sup>1)</sup> 每千克基础日粮含:维生素 A, 2,200 IU; 维生素 D<sub>3</sub>, 220 IU; 维生素 E, 16 IU; 维生素 K, 0.5 mg; 维生素 B<sub>12</sub>, 0.02 mg; 核黄素, 4 mg; 烟酸, 20 mg; 泛酸, 12 mg; 氯化胆碱, 0.6 mg; 叶酸, 0.3 mg; 硫胺, 1.5 mg; 维生素 B<sub>6</sub>, 2 mg; 生物素, 0.08 mg。<sup>2)</sup> 每千克日粮含: 锌, 100 mg; 锰, 5 mg; 铁, 100 mg; 铜, 10 mg; 碘, 0.2 mg; 硒, 0.3 mg。<sup>3)</sup> 营养水平除消化能外其它指标均为测定值

<sup>1)</sup> Supplied per kilogram of basal diet: vitamin A, 2,200 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 220 IU; vitamin E, 16 IU; vitamin K, 0.5 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.02 mg; riboflavin, 4 mg; niacin, 20 mg; pantothenic acid, 12 mg; choline chloride, 0.6 mg; folic acid, 0.3 mg; thiamin, 1.5 mg; pyridoxine, 2 mg; biotin, 0.08 mg. <sup>2)</sup> Supplied per kilogram of basal diet: Zn ([C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>2</sub>S]<sub>2</sub>Zn), 100 mg; Mn ([C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sub>2</sub>Mn), 5 mg; Fe ([C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>N]<sub>2</sub>Fe), 100 mg; Cu ([C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>]<sub>2</sub>Cu), 10 mg; I (KI), 0.2 mg; Se (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>), 0.3 mg. <sup>3)</sup> Chemically determined values except for DE

### 1.3 样品采集

分别于试验开始后的第7天和第14天从各处理随机选取6头试猪, 空腹称取体重, 用戊巴比妥钠完全麻醉后, 切开腹腔, 迅速取出胃和小肠, 排尽全部食糜, 分别截取空肠中段和回肠中段约10 cm, 用冰冷的生理盐水冲洗干净, 剪取2 cm放入10%甲醛中固定, 用于组织形态学观察; 剩余部分分成4份, 用锡箔纸包裹, 迅速浸入液氮中, 再转入-70℃冰箱用于总RNA提取。

### 1.4 胃肠生长情况

分别称量胃和小肠重量, 测量小肠总长度。胃和小肠器官指数计算公式: 器官指数 ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) = 器官重 (g) / 体重 (kg)。

### 1.5 空肠和回肠组织形态学观察

肠道固定样品经脱水、包埋、切片、染色等处理后, 在10×10倍光镜 (Motic BA200) 下观测其形态结构的变化, 并利用 Motic Images Advanced 3.2 软件测量绒毛高度和隐窝深度, 每个样本观察两个非连续切片, 每张切片选取3个视野, 每个视野测定10个绒毛长度和隐窝深度, 其平均值作为1个测定数据。

### 1.6 肠道 IL-2 基因表达水平测定

肠道样品总RNA的提取按 Trizol 试剂盒 (Invitrogen) 操作说明进行, 提取的总RNA经紫外分光光度计测得  $A_{260}/A_{280}$  值在1.8~2.0, 并且经1%琼脂糖凝胶电泳检测RNA的质量。取1.0~5.0  $\mu\text{g}$  总RNA, 按 AMV First Strand cDNA Synthesis Kit (Fermentas) 操作说明逆转录合成cDNA, 并以此为模板采用实时荧光定量PCR方法测定IL-2 mRNA表

达水平。PCR反应体系为25  $\mu\text{l}$ , 其中包括5  $\mu\text{l}$  cDNA模板, 上、下游引物各0.5  $\mu\text{l}$ , IL-2的上、下游引物序列分别为 AAGATGCAGCTCTTGTGTTG 和 GTCAGTGTGAGTAGATG CT, 内参  $\beta$ -actin 的上、下游引物序列分别为 GGATGCAGAAGGAGATC ACG 和 ATCTGCTGGAAGGTGGACAG。引物均由上海生物工程技术有限公司合成。PCR的反应条件为: 预热95℃, 10 s; 然后95℃, 10 s; 54.7℃, 30 s; 72℃, 15 s, 45个循环。

### 1.7 数据计算和分析

所有试验数据均用 SPSS13.0 软件进行方差分析 (ANOVA), 差异显著者再进行 Duncan 氏多重比较, 以  $P<0.05$  作为差异显著性判断标准, 结果用平均数±标准误表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 健康状况及胃肠指数

试验期所有试猪生长状况良好, 腹泻主要发生在试验前7 d, 试验第7天至第14天, 添加精氨酸组试猪腹泻情况基本控制。添加精氨酸后第7天, 不同浓度精氨酸组胃和小肠器官指数以及小肠长度均有升高的趋势 ( $P>0.05$ ); 第14天, 不同浓度精氨酸可促进小肠重量和长度 ( $P<0.05$ ) 以及胃的生长发育 ( $P>0.05$ ), 其中0.2%、0.4%、0.6%和0.8%精氨酸组与0.0%精氨酸组相比, 小肠长度分别增加了5.77%、5.85%、8.04%和16.21%, 小肠重量/体重值分别增加了11.45%、5.44%、15.56%和25.64% (表2)。

### 2.2 空肠和回肠组织形态学

表2 精氨酸对早期断奶仔猪胃肠指数的影响 (n=6)

Table 2 Effects of dietary arginine supplementation on the organ index in early-weaned piglets

指标 Index	0.0%精氨酸组 0.0% Arg	0.2%精氨酸组 0.2% Arg	0.4%精氨酸组 0.4% Arg	0.6%精氨酸组 0.6% Arg	0.8%精氨酸组 0.8% Arg
小肠长度 Intestinal length (cm)					
第7天 Day 7	530.00±40.00	550.00±27.16	549.00±48.40	566.25±33.75	603.75±39.44
第14天 Day 14	612.20±14.14b	647.50±39.66ab	648.00±42.47ab	661.43±20.40ab	711.43±14.55a
胃重/体重 Stomach weight/body weight ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )					
第7天 Day 7	6.52±0.66	7.33±0.74	8.04±0.72	7.09±0.21	7.21±0.63
第14天 Day 14	6.33±0.38	7.33±0.38	6.38±0.16	7.14±0.36	6.72±0.25
小肠重/体重 Intestinal weight/body weight ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )					
第7天 Day 7	47.94±7.00	55.22±8.48	46.27±5.93	54.01±7.48	53.81±6.94
第14天 Day 14	48.90±1.31b	54.50±7.61ab	51.56±3.08a	56.51±3.06ab	61.44±1.84a

同行数据小写字母不同者表示差异显著 ( $P<0.05$ )。下同

Mean values sharing different letters within the same raw mean difference significantly ( $P<0.05$ ). The same as below

试验第 7 天和第 14 天,精氨酸组早期断奶仔猪空肠和回肠绒毛高度以及绒毛高度/隐窝深度值均有升高的趋势,隐窝深度有降低的趋势( $P>0.05$ ) (表 3)。镜下观察可见,0.0%精氨酸组仔猪空肠和回肠绒毛分布紊乱、不整齐,长短不均,隐窝深而明显;而添加精氨酸组仔猪空肠和回肠绒毛相对较长,较整齐完整,

隐窝很浅(图 1)。

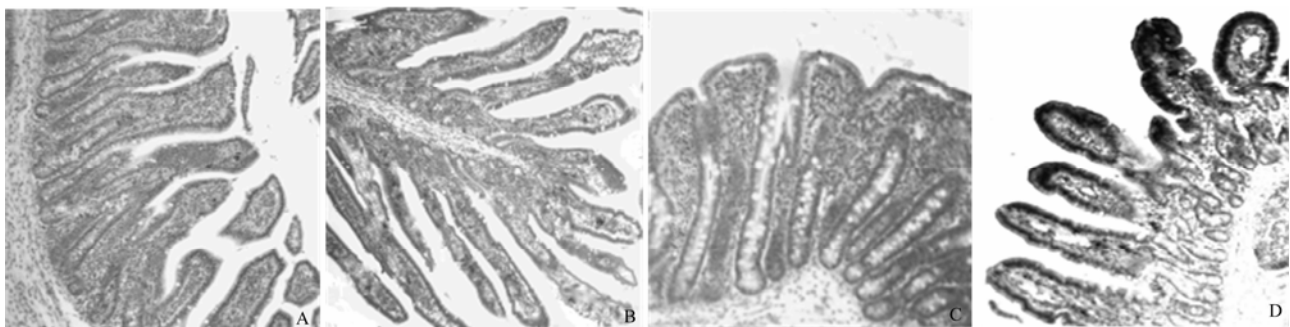
### 2.3 小肠 IL-2 基因表达水平

添加精氨酸显著提高了试验第 7 天仔猪空肠和回肠 IL-2 基因表达水平( $P<0.05$ ),而对试验第 14 天仔猪肠道 IL-2 基因表达水平没有影响( $P>0.05$ ,图 2)。

表 3 精氨酸对早期断奶仔猪空肠和回肠绒毛高度和隐窝深度的影响 (n=6)

Table 3 Effects of dietary arginine supplementation on the villous height and crypt depth of the jejunum and ileum in early-weaned piglets

指标 Index	0.0%精氨酸组 0.0% Arg	0.2%精氨酸组 0.2% Arg	0.4%精氨酸组 0.4% Arg	0.6%精氨酸组 0.6% Arg	0.8%精氨酸组 0.8% Arg
空肠绒毛高度 Villous height of jejunum ( $\mu\text{m}$ )					
第 7 天 Day 7	260.63 $\pm$ 18.76	286.32 $\pm$ 24.64	270.34 $\pm$ 13.05	272.17 $\pm$ 6.67	265.32 $\pm$ 12.74
第 14 天 Day 14	286.28 $\pm$ 25.46	293.47 $\pm$ 30.89	330.95 $\pm$ 36.52	333.66 $\pm$ 36.52	344.72 $\pm$ 19.56
空肠隐窝深度 Crypt depth of jejunum ( $\mu\text{m}$ )					
第 7 天 Day 7	105.28 $\pm$ 4.11	104.95 $\pm$ 2.92	104.10 $\pm$ 3.24	95.10 $\pm$ 3.61	98.72 $\pm$ 2.35
第 14 天 Day 14	105.51 $\pm$ 13.00	103.21 $\pm$ 8.66	110.96 $\pm$ 14.70	97.95 $\pm$ 6.38	90.64 $\pm$ 6.19
空肠绒毛高度/隐窝深度 Villous height/ Crypt depth of jejunum ( $\mu\text{m}/\mu\text{m}$ )					
第 7 天 Day 7	2.51 $\pm$ 0.27	2.73 $\pm$ 0.26	2.61 $\pm$ 0.17	2.87 $\pm$ 0.08	2.70 $\pm$ 0.15
第 14 天 Day 14	2.87 $\pm$ 0.42	2.98 $\pm$ 0.47	3.11 $\pm$ 0.32	3.52 $\pm$ 0.38	3.88 $\pm$ 0.37
回肠绒毛高度 Villous height of ileum ( $\mu\text{m}$ )					
第 7 天 Day 7	254.96 $\pm$ 14.18	272.79 $\pm$ 15.17	255.61 $\pm$ 26.49	256.70 $\pm$ 5.24	257.54 $\pm$ 18.58
第 14 天 Day 14	272.35 $\pm$ 22.85	275.76 $\pm$ 23.22	281.24 $\pm$ 21.12	295.39 $\pm$ 27.01	299.59 $\pm$ 808
回肠隐窝深度 Crypt depth of ileum ( $\mu\text{m}$ )					
第 7 天 Day 7	117.47 $\pm$ 4.85	116.13 $\pm$ 3.20	107.57 $\pm$ 7.03	109.84 $\pm$ 7.95	110.32 $\pm$ 8.77
第 14 天 Day 14	102.59 $\pm$ 3.75	95.93 $\pm$ 3.13	101.26 $\pm$ 9.06	97.97 $\pm$ 6.39	95.47 $\pm$ 6.27
回肠绒毛高度/隐窝深度 Villous height/ Crypt depth of ileum ( $\mu\text{m}/\mu\text{m}$ )					
第 7 天 Day 7	2.35 $\pm$ 0.12	2.36 $\pm$ 0.14	2.37 $\pm$ 0.17	2.39 $\pm$ 0.20	2.41 $\pm$ 0.29
第 14 天 Day 14	2.66 $\pm$ 0.21	2.87 $\pm$ 0.20	2.83 $\pm$ 0.24	2.67 $\pm$ 0.42	3.20 $\pm$ 0.23



A: 0.0%精氨酸组空肠; B: 0.6%精氨酸组空肠; C: 0.0%精氨酸组回肠; D: 0.6%精氨酸组回肠  
A: Jejunum of 0.0% Arg; B: Jejunum of treatment 0.6% Arg; C: Ileum of 0.0% Arg; D: Ileum of treatment 0.6% Arg

图 1 早期断奶仔猪空肠和回肠绒毛 (H.E, 10 $\times$ 10)

Fig. 1 Jejunal and ileac villus of early-weaned piglets (H.E, 10 $\times$ 10)

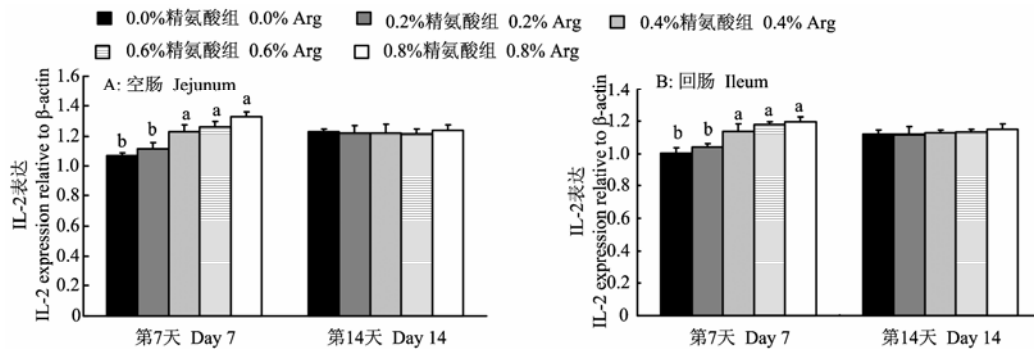


图 2 精氨酸对早期断奶仔猪空肠 (A) 和回肠 (B) IL-2 基因表达水平的影响

Fig. 2 Effects of dietary arginine supplementation on IL-2 gene expression levels in the jejunum (A) and ileum (B) of early-weaned piglets

### 3 讨论

小肠是营养物质消化吸收的重要部位, 胃肠道的生长发育状态反映了胃肠道消化吸收功能。本试验结果表明, 添加精氨酸 14 d 后, 小肠重量和长度均有显著提高。在笔者以前的研究中发现添加精氨酸能显著促进早期断奶仔猪的生长<sup>[11]</sup>, 这可能与其对肠道发育影响有关。精氨酸促进肠道快速生长发育, 从而增强肠道对营养物质的消化吸收, 提高仔猪的生长性能。猪的小肠在断奶时发生形态学和组织学的变化, 断奶应激可造成仔猪肠绒毛萎缩变短, 隐窝加深, 影响微绒毛上消化酶的分泌与活性<sup>[12]</sup>。绒毛萎缩, 意味着成熟细胞减少, 吸收功能下降; 隐窝深度反映了细胞的生成率, 隐窝变浅, 表明细胞成熟率上升, 分泌功能增强。绒毛高度与隐窝深度的比值综合反映了小肠的功能状态, 比值下降, 表明粘膜受损, 消化吸收功能下降, 常伴有腹泻发生; 反之, 肠粘膜消化吸收功能增强。从本试验结果可见, 精氨酸对早期断奶仔猪空肠和回肠绒毛高度以及绒毛高度/隐窝深度值均有提高的趋势; 同时镜下可观察到, 添加精氨酸组仔猪空肠和回肠绒毛相对对照组长, 较整齐完整, 隐窝浅。表明精氨酸有阻止断奶应激导致的肠绒毛萎缩、改善断奶仔猪小肠粘膜形态结构的趋势, 其作用与谷氨酰胺相似<sup>[4, 13]</sup>。精氨酸组胃肠生长发育在添加后第 7 天未见显著差异, 可能是断奶应激抵消了精氨酸的保护作用。在临床上精氨酸常用于全胃肠外营养 (TPN) 并发症的预防和康复。TPN 常引起肠粘膜或绒毛萎缩, 导致形态结构发生改变, 肠壁的通透性增高, 增加了潜在肠道致病菌易位的机会<sup>[14]</sup>。精氨酸强化的肠内营

养可以改善 TPN 的肠粘膜损伤状态及功能, 防止绒毛萎缩, 增加肠粘膜的总厚度及小肠绒毛细胞计数, 降低肠粘膜的通透性<sup>[15]</sup>。

肠道不但具有吸收营养物质的功能, 还具有免疫、内分泌和屏障等重要功能。精氨酸及其代谢产物是有效改善肠粘膜免疫屏障的保护剂<sup>[6,8-10]</sup>。精氨酸对肠道的营养免疫作用与精氨酸的多种营养生理特性有关。精氨酸在体内能合成 NO, 增强巨噬细胞的细胞内杀伤作用<sup>[16,17]</sup>; 精氨酸能促进多胺、胍氨酸、鸟氨酸、 $\alpha$ -酮戊二酸等肠粘膜滋养因子合成, 恢复肠粘膜结构完整性<sup>[18]</sup>; 可促进下丘脑释放生长激素, 而生长激素对肠粘膜有营养作用, 能够减少肠粘膜萎缩, 加速受损肠粘膜的修复, 维持肠粘膜的结构和功能, 增强机体局部和全身免疫力<sup>[19,20]</sup>; 精氨酸还能促进细胞毒性 T 淋巴细胞活化, 促进自然杀伤细胞活化和 IL-2 受体表达<sup>[21]</sup>。IL-2 是体内重要的广谱增强因子, 能增强自然杀伤细胞的活性, 诱导 T 淋巴细胞产生干扰素, B 淋巴细胞也可受 IL-2 作用, 发生增殖反应。本试验结果表明, 添加精氨酸后第 7 天, 仔猪肠道 IL-2 的基因表达水平提高, 提示精氨酸对断奶应激状态下仔猪肠道免疫具有促进作用, 而添加精氨酸后第 14 天, 仔猪断奶应激减缓, 免疫系统趋于正常状态, 因此各处理之间肠道 IL-2 基因表达水平差异不显著。

### 4 结论

在超早期断奶仔猪日粮中添加 0.6% 或 0.8% 的精氨酸能促进其胃肠道生长, 有利于阻止断奶应激导致的肠绒毛萎缩, 提高肠道 IL-2 基因表达水平, 提示精氨酸能改善断奶仔猪小肠粘膜的形态结构和免疫屏障作用。

## References

- [1] 冷向军, 王康宁, 杨 凤, 端木道, 周安国. 酸化剂对早期断奶仔猪胃酸分泌、消化酶活性和肠道微生物的影响. *动物营养学报*, 2002, 10(4): 44-48.
- Leng X J, Wang K N, Yang F, Duan M D, Zhou A G. Effect of acidifiers on gastric acid secretion, digestive enzyme activities, and intestinal microflora of early weaned piglets. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2002, 10(4): 44-48. (in Chinese)
- [2] Kong X F, Wu G Y, Liao Y P, Hou Z P, Liu H J, Yin F G, Li T J, Huang R L, Zhang Y M, Deng D, Xie M Y, Kang P, Yang C B, Yin Y L, Fan M Z. Dietary supplementation with Chinese herbal ultra-fine powder enhances cellular and humoral immunity in early-weaned piglets. *Livestock Science*, 2007, 108: 94-98.
- [3] Yin Y L, Tang Z R, Sun Z H, Liu Z Q, Li T J, Huang R L, Gao B, Chen L X, Wu G Y, Kim S W. Effect of galacto-mannan-oligosaccharides or chitosan supplementation on cytoimmunity and humoral immunity response in early-weaned piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 2008, 21: 723-731.
- [4] Wu G, Meier S A, Knabe D A. Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. *The Journal of Nutrition*, 1996, 126: 2578-2584.
- [5] Grimm H, Kraus A. Immunonutrition-supplementary amino acids and fatty acids ameliorate immune deficiency in critically ill patients. *Langenbeck's Archives of Surgery*, 2001, 386: 369-376.
- [6] Hurt R, Matheson P, Mays M, Garrison R. Immune-enhancing diet and cytokine expression during chronic sepsis: An immune-enhancing diet containing L-arginine, fish oil, and RNA fragments promotes intestinal cytokine expression during chronic sepsis in rats. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 2006, 10(1): 46-53.
- [7] Wu G, Knabe D A, Kim S W. Arginine: Nutrition in neonatal pigs. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134: 2783S-2790S.
- [8] Gurbuz A T, Kunzelman J, Ratzler E E. Supplemental dietary arginine accelerates intestinal mucosal regeneration and enhances bacterial clearance following radiation enteritis in rats. *Journal of Surgical Research*, 1998, 74(2): 149-154.
- [9] Adjei A A, Yamauchi K, Nakasone Y, Konishi M, Yamamoto S. Arginine supplemented diets inhibit endotoxin-induced bacterial translocation in mice. *Nutrition*, 1995, 11: 371-374.
- [10] Tsuei B J, Kearney P A, Bernard A C, Barksdale A R, Rockich A K, Meier C F. Supplemental enteral arginine is metabolized to ornithine in injured patients. *Journal of Surgical Research*, 2005, 123: 17-24.
- [11] Yao K, Yin Y L, Chu W Y, Liu Z Q, Deng D, Li T J, Huang R L, Zhang J S, Tan B E, Wang W C, Wu G Y. Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs. *The Journal of Nutrition*, 2008, 138: 867-872.
- [12] Kong X F, Wu G Y, Liao Y P, Hou Z P, Liu H J, Yin F G, Li T J, Huang R L, Zhang Y M, Deng D, Kang P, Wang R X, Tang Z Y, Yang C B, Deng Z Y, Xiong H, Chu W Y, Yuan Z, Xie M Y, Yin Y L. Effects of Chinese herbal ultra-fine powder as a dietary additive on growth performance, serum metabolites and intestinal health in early-weaned piglets. *Livestock Science*, 2007, 108: 272-275.
- [13] 刘 涛, 彭 健, 周诗其, 程学慧, 陈 钢. 外源性谷氨酰胺和谷氨酸对早期断奶仔猪肠粘膜形态、结构和小肠吸收功能及骨骼肌中 DNA、RNA 浓度的影响. *中国兽医学报*, 2003, 23(1): 62-65.
- Liu T, Peng J, Zhou S Q, Cheng X H, Chen G. Effect of glutamine and glutamate on small intestinal structure, active absorption and DNA, RNA concentrations in muscle tissue of early weaned piglets. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2003, 23(1): 62-65. (in Chinese)
- [14] Bengmark S, Jeppsson B. Gastrointestinal surface protection and mucosa reconditioning. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 1995, 19: 410-415.
- [15] Buchman A L, Moukarzel A A, Bhuta S, Belle M, Ament M E, Eckhart C D, Hollander D, Gornbein J, Kopple J D, Vijayaraghavan S R. Parenteral nutrition is associated with intestinal morphologic and functional changes in humans. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 1995, 19: 453-460.
- [16] Li P, Yin Y L, Li D F, Kim S W, Wu G Y. 2007. Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 2007, 98: 237-252.
- [17] Adawi D, Kasravi F B, Molin G, Jeppsson B. Effect of *Lactobacillus* supplementation with and without arginine on liver damage and bacterial translocation in an acute liver injury model in the rat. *Hepatology*, 1997, 25: 642-647.
- [18] 宋维亮, 王俊义. 精氨酸增强 TPN 与常规 TPN 对大鼠肠道细菌易位影响的比较研究. *普外临床*, 1997, 12(2): 116-118.
- Song W L, Wang J Y. Effect of arginine enriched TPN and standard TPN on the bacterial translocation. *Bases and Clinics in General Surgery*, 1997, 12(2): 116-118. (in Chinese)
- [19] Bethesda. Use of human recombinant growth hormone and human recombinant insulin-like growth factor-I in patients with human immunodeficiency virus infection. *Hormone Research*, 1996, 46: 215-221.
- [20] Murphy W J, Rui H, Longo D L. Effects of growth hormone and prolactin immune development and function. *Life Science*, 1995, 57 (1): 1-13.
- [21] Yeh C L, Yeh S L, Lin M T, Chen W J. Effects of arginine-enriched total parenteral nutrition on inflammatory-related mediator and T-cell population in septic rats. *Nutrition*, 2002, 18: 631-635.

(责任编辑 高 雨, 林鉴非)