

# 鱼油对仔猪生产性能、炎性介质和下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴激素的影响

洪 宇 刘玉兰\* 吴志锋 朱惠玲 侯永清 丁斌鹰

(武汉工业学院动物营养与饲料科学湖北省重点实验室, 武汉 430023)

**摘 要:** 本试验研究了鱼油对断奶仔猪生产性能、炎性介质和下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴激素的影响。选用 32 头( $28 \pm 3$ ) 日龄、体重( $8.91 \pm 0.74$ ) kg 的杜洛克 × 长白 × 大白仔猪, 随机分为 4 组, 每组 4 个重复, 每个重复 2 头猪, 1 公 1 母。采用双因子设计, 主因子包括: 1) 饲料处理(5% 鱼油或 5% 玉米油); 2) 免疫应激[注射脂多糖(LPS)或生理盐水]。试验期 19 d。在试验第 19 天, 每个饲料组中 1/2 的猪注射 150  $\mu\text{g/kg BW}$  的 LPS, 另 1/2 注射生理盐水作为对照。分别在注射前(0 h)、注射后 2 和 4 h, 采血测定血浆肿瘤坏死因子- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )、前列腺素  $\text{E}_2$  (PGE $_2$ )、皮质醇、促肾上腺皮质激素 (ACTH) 和促肾上腺皮质激素释放激素 (CRH) 含量。结果表明: 1) 鱼油对仔猪生产性能无显著影响 ( $P > 0.05$ )。2) 在注射后 2 h, LPS 刺激显著提高了 TNF- $\alpha$ 、PGE $_2$ 、ACTH 和皮质醇的含量 ( $P < 0.01$ )。鱼油对 TNF- $\alpha$ 、PGE $_2$  和皮质醇含量的影响与 LPS 刺激存在显著的互作关系 ( $P < 0.05$ ), 即鱼油缓解了 LPS 刺激导致的 TNF- $\alpha$ 、PGE $_2$  和皮质醇含量的上升 ( $P < 0.05$ ), 而对注射生理盐水的猪则不存在这种效应。鱼油显著降低了 ACTH 的含量 ( $P < 0.01$ )。在 4 h, LPS 刺激显著提高了 TNF- $\alpha$ 、PGE $_2$  和皮质醇的含量 ( $P < 0.05$ )。鱼油对 TNF- $\alpha$  含量的影响与 LPS 刺激存在显著的互作关系 ( $P < 0.05$ ), 即鱼油降低了 LPS 刺激的猪血浆中 TNF- $\alpha$  的含量 ( $P < 0.05$ ), 而对注射生理盐水的猪则不存在这种效应。鱼油降低了 PGE $_2$  ( $P < 0.01$ ) 和 ACTH ( $P < 0.05$ ) 含量, 而对皮质醇的含量无显著影响 ( $P > 0.05$ )。在注射后 2 和 4 h, LPS 刺激与鱼油对 CRH 均无显著影响 ( $P > 0.05$ )。结果提示, 鱼油缓解了免疫应激引起的仔猪下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴激素的改变, 其机制可能与其降低了炎性细胞因子的含量有关。

**关键词:** 鱼油; 仔猪; 免疫应激; 炎性介质; 激素

**中图分类号:** S828; S852.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)06-0937-06

在畜牧生产中, 畜禽免疫系统常受到细菌、病毒和内毒素等环境抗原的刺激而处于激活状态。免疫系统激活常引起畜禽行为、代谢和神经内分泌的改变, 最终抑制畜禽生长, 这种现象称为“免疫应激”。免疫应激虽然能够激活免疫系统以抵抗外来病原对机体的损伤, 但过度激活会消耗大量营养物质, 导致动物生长受阻, 对畜牧业造成一

定的损失<sup>[1]</sup>。研究表明, 动物免疫应激引起的生长抑制是由肿瘤坏死因子- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )、白细胞介素-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ )、白细胞介素-6 (IL-6) 等炎性细胞因子的过量释放引起的<sup>[2]</sup>。因此, 采取一定营养措施调节炎性细胞因子的产生对缓解免疫应激有重要作用。鱼油富含 n-3 多不饱和脂肪酸 (PUFA), 已用作免疫调节剂<sup>[3-4]</sup>。研究表明, 在人类

收稿日期: 2011-01-11

基金项目: 2009 年国家自然科学基金面上项目 (30972109); 湖北省自然科学基金重点项目 (2010CDA050); 湖北省自然科学基金面上项目 (2009CDB006)

作者简介: 洪 宇 (1985—), 男, 湖北武汉人, 硕士, 研究方向为猪的营养与免疫。E-mail: hyhyhy@msn.com

\* 通讯作者: 刘玉兰, 副教授, 硕士生导师, E-mail: yulanflower@126.com

临床试验和动物疾病模型中,n-3 PUFA 能够起到降低炎症反应<sup>[5]</sup>,改善免疫功能的作用<sup>[6-7]</sup>,其药理学机理与其缓解了炎性介质的过量产生密切相关<sup>[8]</sup>。因此,鱼油可能对缓解猪免疫应激有一定作用。本研究用大肠杆菌脂多糖(LPS)刺激仔猪建立免疫应激模型<sup>[9]</sup>,研究鱼油对断奶仔猪生产性能、炎性介质和下丘脑-垂体-肾上腺轴的影响,旨在为缓解仔猪免疫应激提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物和饲料

选用(28±3)日龄的杜洛克×长白×大白仔猪32头,平均体重(8.91±0.74) kg,按体重相近原则随机分为4组,每组4个重复,每个重复2头猪,1公1母。试验期为19 d。参照NRC(1998)5~10 kg生长猪营养需要量配制。基础饲料组成及营养水平见表1。

1.2 试验设计及样品采集

采用双因子设计,主因子为饲料处理和免疫应激处理。饲料处理:对照饲料(添加5%玉米油,玉米油购自山东西王食品有限公司。产品名称:玉米胚芽油,压榨一级;产品标准号:GB19111)或鱼油饲料(添加5%鱼油,鱼油由福建高龙公司馈赠。产品名称:精制特级鱼油;产品标准号:SC3504);免疫应激处理:注射LPS或生理盐水。在试验第19天,每个饲料组1/2的猪注射150 µg/kg BW的LPS,另1/2注射等量的生理盐水作对照。LPS为大肠杆菌血清型为O55:B5(Sigma)。分别在注射前(0 h)和注射后2和4 h,用肝素抗凝真空管从所有猪前腔静脉采血10 mL,3 500 r/min离心10 min分离血浆,-80℃冻存待测。

1.3 检测指标

1.3.1 生产性能指标

于试验开始、第10天和第19天,仔猪个体称重,并记录采食量。生产性能指标以平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)来表示。

1.3.2 炎性介质及激素指标

TNF-α采用ELISA试剂盒(R&D System,美国)测定;前列腺素E<sub>2</sub>(PGE<sub>2</sub>)、促肾上腺皮质激素释放激素(CRH)和促肾上腺皮质激素(ACTH)采用<sup>125</sup>I RIA试剂盒(北京华英生物技术研究)所)测定;皮质醇采用<sup>125</sup>I RIA试剂盒(北京北方生物技

术研究所)测定。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet ( air-dry basis)		%
项目 Items	含量 Content	
原料 Ingredients		
玉米 Corn	56.00	
豆粕 Soybean meal	22.00	
麸皮 Wheat bran	3.00	
鱼粉 Fish meal	5.50	
玉米油或鱼油 Corn oil or fish oil	5.00	
大豆浓缩蛋白 Soy protein concentrate	2.50	
代乳粉 Milk-replacer powder	3.00	
石粉 Limestone	0.70	
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.00	
食盐 NaCl	0.20	
赖氨酸 Lys	0.27	
酸化剂 Acidifier	0.20	
抗氧化剂 Antioxidant	0.05	
防腐剂 Preservative	0.05	
甜味剂 Sweetener	0.03	
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.50	
合计 Total	100.00	
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>		
消化能 DE/( MJ/kg)	14.0	
粗蛋白质 CP	20.2	
钙 Ca	0.90	
总磷 TP	0.70	
赖氨酸 Lys	1.35	
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.72	

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 Premix provided following per kilogram of diet: VA 12 000 IU, VD<sub>3</sub> 2 500 IU, VE 30 IU, VK<sub>3</sub> 3 mg, VB<sub>12</sub> 18 µg,核黄素 riboflavin 4 mg,烟酸 nicotinic acid 40 mg,泛酸 pantothenic acid 15 mg,氯化胆碱 choline chloride 400 mg,叶酸 folic acid 700 µg, VB<sub>1</sub> 1.5 mg,VB<sub>6</sub> 3 mg,生物素 biotin 100 µg,Zn 80 mg,Mn 20 mg,Fe 83 mg,Cu 25 mg,I 0.48 mg,Se 0.36 mg。

<sup>2)</sup> 消化能、蛋氨酸 + 胱氨酸、赖氨酸为计算值,其余为实测值。DE, Met + Cys and Lys were caculated values, while the others were measured values.

1.4 饲养管理

饲养试验在动物营养与饲料科学湖北省重点实验室进行。舍温保持在20~22℃。猪栏面积

1. 20 m×1. 10 m。粉料饲喂,乳头式饮水器,自由采食和饮水。

1.5 统计分析

数据用 SPSS 16. 0 进行双因子方差分析。模型主效应包括饲料、免疫应激及二者的互作。以  $P<0. 05$  为显著性标准,以  $P<0. 10$  为具有显著性趋势。

2 结果与分析

2.1 鱼油对仔猪生产性能的影响

由表 2 可见,在整个试验过程中,与玉米油组相比,鱼油对仔猪生产性能没有显著影响 ( $P>0. 05$ )。

表 2 鱼油对仔猪生产性能的影响  
Table 2 Effects of fish oil on production performance of piglets

项目 Items	5% 玉米油 5% corn oil	5% 鱼油 5% fish oil	SEM	P 值 P-value
初始体重 Initial body weight/kg	11. 51	11. 63	0. 70	0. 871
第 10 天体重 Day 10 body weight/kg	16. 66	16. 18	0. 96	0. 623
第 19 天体重 Day 19 body weight/kg	22. 72	21. 96	1. 17	0. 532
0~10 d				
平均日增重 ADG/g	515	455	36	0. 122
平均日采食量 ADFI/g	847	789	43	0. 200
料重比 F/G	1. 66	1. 76	0. 08	0. 241
11~19 d				
平均日增重 ADG/g	673	643	38	0. 443
平均日采食量 ADFI/g	1 169	1 125	50	0. 395
料重比 F/G	1. 75	1. 75	0. 07	0. 986
0~19 d				
平均日增重 ADG/g	590	544	31	0. 166
平均日采食量 ADFI/g	1 000	949	43	0. 248
料重比 F/G	1. 70	1. 75	0. 05	0. 394

2.2 鱼油和 LPS 刺激对仔猪炎性介质、下丘脑-垂体-肾上腺轴激素的影响

从表 3 可见,在 LPS (或生理盐水) 注射前 (0 h),各组之间无显著差异 ( $P>0. 05$ )。在注射后 2 h,LPS 刺激显著提高了 TNF- $\alpha$  ( $P<0. 001$ )、PGE<sub>2</sub> ( $P<0. 001$ )、ACTH ( $P<0. 01$ ) 和皮质醇 ( $P<0. 001$ ) 的含量。鱼油对 TNF- $\alpha$  ( $P<0. 05$ )、PGE<sub>2</sub> ( $P<0. 001$ ) 和皮质醇 ( $P=0. 001$ ) 含量的影响与 LPS 刺激存在显著的互作关系,即鱼油缓解了 LPS 刺激导致的 TNF- $\alpha$  ( $P<0. 05$ )、PGE<sub>2</sub> ( $P<0. 01$ ) 和皮质醇 ( $P<0. 001$ ) 含量的上升,而对注射生理盐水的猪则不存在这种效应。鱼油显著降低了 ACTH 的含量 ( $P<0. 001$ )。在注射后 4 h,LPS 刺激显著提高了 TNF- $\alpha$  ( $P<0. 001$ )、PGE<sub>2</sub> ( $P<0. 05$ ) 和皮质醇 ( $P<0. 001$ ) 的含量。鱼油对 TNF- $\alpha$  ( $P<0. 05$ ) 含量的影响与 LPS 刺激存在显著的互作关系,即鱼油降低了 LPS 刺激的猪血浆中 TNF- $\alpha$  的含量 ( $P<0. 05$ ),而对注射生理盐水

的猪则不存在这种效应。鱼油降低了 PGE<sub>2</sub> ( $P<0. 01$ ) 和 ACTH ( $P<0. 05$ ) 含量,而对皮质醇的含量无影响。在 2 和 4 h,LPS 刺激与鱼油对 CRH 均无显著影响 ( $P>0. 05$ )。

3 讨论

免疫应激问题是畜牧生产中制约畜禽生长的重要因素之一。LPS 是革兰氏阴性菌膜结构物质,能诱导动物产生急性细菌感染症状,如厌食、嗜睡、发热等症状<sup>[4]</sup>。LPS 注射进入体内,可使动物出现急性免疫应激反应<sup>[9]</sup>,因此,LPS 模型是动物营养免疫学中常用的免疫应激模型<sup>[9-10]</sup>。本研究通过仔猪腹膜注射 LPS,探讨鱼油对免疫应激仔猪生产性能、炎性介质和下丘脑-垂体-肾上腺轴激素的影响。

在本试验中,鱼油对仔猪生产性能无显著影响,这与前人的研究结果一致<sup>[11-13]</sup>。然而,我们前期的研究表明,添加了 7% 的鱼油饲料缓解了

14~21 日龄 LPS 刺激导致的仔猪生产性能(平均日增重和平均日采食量)的降低<sup>[4]</sup>。在本试验中,生产性能的测定是在 LPS 刺激之前,而在前期研究中,生产性能的测定是在 LPS 刺激之后,因此,

鱼油可能仅对病理状态下的猪(如免疫应激)的生产性能具有改善作用,而对正常生理状态下的猪则无显著影响。

表 3 鱼油对脂多糖刺激仔猪血浆炎性介质和下丘脑-垂体-肾上腺轴激素的影响

Table 3 Effects of fish oil on inflammatory parameters and hypothalamic-pituitary-adrenal axis in piglets under LPS challenge

项目 Items	生理盐水 Physiological saline		脂多糖 LPS		SEM	P 值 P-value		
	玉米油 Corn oil	鱼油 Fish oil	玉米油 Corn oil	鱼油 Fish oil		饲料 Diet	脂多糖 LPS	交互关系 Interaction
0 h								
肿瘤坏死因子 - $\alpha$ TNF- $\alpha$ /( ng/mL)	2. 563	2. 560	2. 500	2. 465	0. 196	0. 894	0. 580	0. 908
前列腺素 E <sub>2</sub> PGE <sub>2</sub> /( pg/mL)	995	1 172	1 114	1 174	175	0. 355	0. 634	0. 641
促肾上腺皮质激素释放激素 CRH/( ng/mL)	4. 48	5. 14	4. 97	5. 94	1. 08	0. 309	0. 416	0. 846
促肾上腺皮质激素 ACTH/( pg/mL)	18. 79	19. 37	15. 95	16. 33	3. 28	0. 840	0. 229	0. 966
皮质醇 Cortisol/( ng/mL)	31. 38	59. 76	44. 85	38. 95	16. 23	0. 347	0. 755	0. 161
2 h								
肿瘤坏死因子 - $\alpha$ TNF- $\alpha$ /( ng/mL)	2. 683	2. 453	8. 894	6. 969	0. 560	0. 011	<0.001	0. 041
前列腺素 E <sub>2</sub> PGE <sub>2</sub> /( pg/mL)	900	1 050	1 579	1 027	893	0. 004	<0.001	<0.001
促肾上腺皮质激素释放激素 CRH/( ng/mL)	5. 31	6. 78	6. 27	6. 19	0. 77	0. 212	0. 736	0. 169
促肾上腺皮质激素 ACTH/( pg/mL)	28. 99	16. 51	38. 13	24. 63	3. 64	<0.001	0. 002	0. 845
皮质醇 Cortisol/( ng/mL)	83. 82	48. 96	341. 68	150. 55	26. 49	<0.001	<0.001	0. 001
4 h								
肿瘤坏死因子 - $\alpha$ TNF- $\alpha$ /( ng/mL)	2. 491	2. 326	7. 104	4. 980	0. 606	0. 013	<0.001	0. 030
前列腺素 E <sub>2</sub> PGE <sub>2</sub> /( pg/mL)	1 193	1 010	1 422	1 149	110	0. 007	0. 025	0. 565
促肾上腺皮质激素释放激素 CRH/( ng/mL)	5. 15	6. 12	5. 78	6. 43	1. 08	0. 298	0. 543	0. 839
促肾上腺皮质激素 ACTH/( pg/mL)	24. 56	19. 35	21. 57	17. 82	3. 55	0. 035	0. 272	0. 720
皮质醇 Cortisol/( ng/mL)	62. 58	59. 37	264. 63	287. 64	28. 06	0. 622	<0.001	0. 514

动物在发生免疫应激反应时,应激原会刺激单核/巨噬细胞系统产生并分泌 TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$  和

IL-6 等炎性细胞因子<sup>[2]</sup>。PGE<sub>2</sub> 是花生四烯酸的代谢产物,花生四烯酸通过环氧化酶和脂氧化酶

途径代谢产生许多生物活性物质,其中  $\text{PGE}_2$  是调节免疫反应的重要代谢产物,也是一种重要的炎性介质<sup>[4]</sup>。在本试验中,LPS 刺激导致炎性介质  $\text{TNF-}\alpha$  和  $\text{PGE}_2$  急剧上升,说明仔猪的免疫系统被迅速激活。而鱼油抑制了 LPS 刺激仔猪血浆中  $\text{TNF-}\alpha$  (2 和 4 h)、 $\text{PGE}_2$  (2 h) 水平的上升,说明鱼油缓解了 LPS 导致的仔猪免疫应激反应。这与我们前期试验结论相似,与玉米油组相比,添加 7% 的鱼油饲料显著缓解了 LPS 刺激仔猪血浆  $\text{PGE}_2$  含量的上升<sup>[4]</sup>。

炎性细胞因子可以直接作用于中枢神经系统,引起神经内分泌发生改变,抑制生长激素和类胰岛素生长因子 - I 等促进动物生长激素的分泌,提高 CRH、ACTH、皮质醇等下丘脑-垂体-肾上腺轴激素的分泌,从而促进机体的分解代谢,最终影响动物的生长性能<sup>[2]</sup>。在本试验中,LPS 在提高血浆  $\text{TNF-}\alpha$  的同时,也提高了血浆皮质醇和 ACTH 的含量,而鱼油在缓解 LPS 刺激导致的血浆  $\text{TNF-}\alpha$  含量上升的同时,也缓解了皮质醇和 ACTH 含量的升高。与 Liu 等<sup>[14]</sup> 研究报道类同,7% 的鱼油饲料显著缓解了 LPS 刺激导致的断奶仔猪血浆皮质醇的含量的上升。因此,鱼油对皮质醇和 ACTH 含量的影响可能与其对炎性细胞因子释放的影响密切相关。

## 4 结 论

鱼油缓解了免疫应激仔猪炎性介质和下丘脑-垂体-肾上腺轴激素的分泌,其机制可能与其降低了炎性细胞因子的含量有关。

## 参考文献:

- [1] GABLER N K, SPURLOCK M E. Integrating the immune system with the regulation of growth and efficiency[J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86: E64 - E74.
- [2] JOHNSON R W. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: an integrated view[J]. *Journal of Animal Science*, 1997, 75:1244 - 1255.
- [3] 王新颖. 多不饱和脂肪酸影响炎症和免疫功能的基

- 础研究[J]. *肠外与肠内营养*, 2007, 14(1):54 - 58.
- [4] 刘玉兰. 鱼油对断奶仔猪抗免疫应激机理研究[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2003: 27 - 44.
- [5] BELLUZZI A, BOSCHI S, BRIGNOLA C, et al. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory bowel disease[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, 71:S339 - S342.
- [6] FRITSCH K L, HUANG S C, MISFELDT M. Fish oil and immune function [J]. *Nutrition Review*, 1993, 51(1):24.
- [7] CALDER P C, GRIMBLE R F. Polyunsaturated fatty acids, inflammation and immunity [J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2002, 56 (Suppl. 3): S14 - S19.
- [8] CALDER P C, FIELD C J. Fatty acids, inflammation and immunity[M]//CALDER P C, FIELD C J, GILL H S. *Nutrition and immune function*. [S. l.]: CAB International, 2002:57 - 92.
- [9] JOHNSON R W, VON BORELL E. Lipopolysaccharide-induced sickness behavior in pigs is inhibited by pretreatment with indomethacin [J]. *Journal of Animal Science*, 1994, 72:309 - 314.
- [10] WEBEL D M, FINCK B N, BAKER D H, et al. Time course of increased plasma cytokines, cortisol, and urea nitrogen in pigs following intraperitoneal injection of lipopolysaccharide [J]. *Journal of Animal Science*, 1997, 75:1514 - 1520.
- [11] 冷董碧. 不同来源油脂对断奶仔猪生产性能的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007:16 - 21.
- [12] 朱荣生, 郑加兰, 梁海平. 乳化脂肪粉对断奶仔猪生产性能的影响[J]. *江西畜牧兽医杂志*, 2009, 6: 12 - 13.
- [13] 张华伟, 何凤琴, 马金芝, 等. 乳化油对断奶仔猪生长性能的影响[J]. *饲料研究*, 2007(4):73 - 74.
- [14] LIU Y L, LI D F, GONG L M, et al. Effects of fish oil supplementation on the performance and the immunological, adrenal, and somatotrophic responses of weaned pigs after an *Escherichia coli* lipopolysaccharide challenge[J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 81:2758 - 2765.

## Effects of Fish Oil Supplementation on Production Performance, Inflammatory Parameters and Hypothalamus-Pituitary-Adrenal Axis in Piglets

HONG Yu LIU Yulan\* WU Zhifeng ZHU Huiling HOU Yongqing DING Bingying

(Hubei Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the effects of fish oil supplementation on production performance, inflammatory parameters and hypothalamus-pituitary-adrenal axis in piglets. Thirty-two crossbred (Duroc × Large White × Landrace) piglets with  $(8.91 \pm 0.74)$  kg BW weaned at  $(28 \pm 3)$  d of age were randomly allocated into 4 group with 4 replicates per group and 2 pigs (male:female was 1:1) in each replicate in a two-factorial design. The main factors consisted of diet (5% fish oil or 5% corn oil) and immunological challenge [lipopolysaccharide (LPS) or physiological saline]. The experiment lasted for 19 days. On day 19, pigs were injected intraperitoneally with either 150  $\mu\text{g/kg}$  BW of LPS or an equivalent amount of sterile saline. Blood samples were collected at pre-injection (0 h), or 2, 4 h post-injection for analysis of tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), prostaglandin  $\text{E}_2$  ( $\text{PGE}_2$ ), cortisol, adrenocorticotrophic hormone (ACTH) and corticotrophin releasing hormone (CRH). The results showed that fish oil had no effects on production performance of piglets compared to corn oil ( $P > 0.05$ ). At 2 h post-injection, LPS challenge significantly increased contents of TNF- $\alpha$ ,  $\text{PGE}_2$ , ACTH and cortisol ( $P < 0.01$ ), LPS challenge × diet interactions were observed for TNF- $\alpha$ ,  $\text{PGE}_2$ , cortisol such as these measurements responded to the LPS challenge to a lesser extent in pigs receiving the fish oil diet than in pigs fed the corn oil diet ( $P < 0.05$ ). Pigs fed fish oil had lower ACTH level compared with those fed corn oil ( $P < 0.01$ ). At 4 h post-injection, LPS challenge significantly increased contents of TNF- $\alpha$ ,  $\text{PGE}_2$ , and cortisol ( $P < 0.05$ ). Among LPS-treated pigs, pigs fed fish oil had lower TNF- $\alpha$  than those fed corn oil ( $P < 0.05$ ). Pigs fed fish oil had lower  $\text{PGE}_2$  ( $P < 0.01$ ) and ACTH levels ( $P < 0.05$ ) compared with those fed corn oil, but fish oil had no effects on cortisol content ( $P > 0.05$ ). Both LPS and fish oil had no effect on CRH. These results suggest that fish oil alters hypothalamus-pituitary-adrenal axis, which may be due to the inhibition of pro-inflammatory cytokine during an immunological challenge. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(6):937-942]

**Key words:** fish oil; piglet; immunological stress; pro-inflammatory parameters; hormone

\* Corresponding author, associate professor, E-mail: yulanflower@126.com