

# 不同月龄断奶应激对马驹血清指标和体增重的影响

肖海霞<sup>1,4</sup>, 托乎提·阿及德<sup>4</sup>, 石国庆<sup>1,2\*</sup>, 张莉<sup>3\*</sup>, 李海<sup>5</sup>

(1. 石河子大学 动物科技学院, 石河子 832000; 2. 新疆农垦科学院, 石河子 832000; 3. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193; 4. 新疆畜牧科学院畜牧研究所, 乌鲁木齐 830000; 5. 昭苏县畜牧兽医局, 昭苏 835600)

**摘要:** 旨在研究不同月龄断奶应激对马驹血清指标和体增重的影响, 以确定马驹断奶的最佳时间。选用 15 匹英纯血马驹和它们的母马, 根据马驹的月龄分成 3 组, 每组 5 匹; 采用突然断奶法将马驹与母马分离, 测定马驹断奶前、断奶当天和断奶后 10 个血清指标并称重, 应用 R 语言进行数据分析。结果表明: 断奶当天所有马驹葡萄糖 (GLU) 都显著高于断奶前后 ( $P < 0.05$ ), 断奶当天 8 月龄断奶马驹的葡萄糖 (GLU) 含量最高, 6 月龄断奶马驹最低 ( $P < 0.05$ ); 从断奶当天到断奶后的日增重值变化可知 6 月龄断奶马驹日增重值最高 ( $0.78 \pm 0.05$  kg), 8 月龄马驹日增重值最低 ( $0.13 \pm 0.52$  kg)。综上表明, 采用突然断奶法, 相比 7、8 月龄断奶, 6 月龄断奶马驹应激程度较小, 体重增加较快。

**关键词:** 断奶应激; 断奶月龄; 马驹; 血清指标; 体增重

中图分类号: S821.4<sup>+</sup>5

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2015)11-2010-10

## Effects of Weaning Stress on Blood Serum Indices and Body Growth at Different Ages Foals

XIAO Hai-xia<sup>1,4</sup>, TUOHUTI·Aji-de<sup>4</sup>, SHI Guo-qing<sup>1,2\*</sup>, ZHANG Li<sup>3\*</sup>, LI Hai<sup>5</sup>

(1. College of Animal Science & Technology Shihezi University, Shihezi 832002, China;

2. Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 83000, China;

3. Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

4. Xinjiang Academy of Animal Sciences, Urumqi 83000, China;

5. Bureau of Animal Husbandry and Veterinary of Zhaosu County, Zhaosu 835600, China)

**Abstract:** In this study, the effects of weaning stress on blood serum index and body growth at different ages foals were investigated to get the best weaned time. A total of 15 Thoroughbred mare-foal pairs were divided into 3 groups (each group,  $n=5$ ) according to the weaning age. Foals and mares were separated by using the abrupt-weaned method, the changes of 10 blood serum biochemical indices and body weight of foals were measured on pre-weaning day, weaning day and post-weaning day. The results showed as follows: The concentrations of GLU in all foals on weaning day more significantly increased than those on pre-weaning day and post-weaning day ( $P < 0.05$ ). On weaning day, the concentration of GLU for 8-month foals was the highest and that of 6-month foals was the least ( $P < 0.05$ ). The daily weight gain of 6-month foals was the highest ( $0.78 \pm 0.05$  kg) and that of 8-month foals was the least ( $0.13 \pm 0.52$  kg) from weaning day to post-weaning day. Results of the present study indicated that 6-month foals had less weaning stress and rapid weight gain compared with 7-month and 8-month foals by using the abrupt-weaned method.

收稿日期: 2015-03-05

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201003075); 农业部财政项目(农财 2009); 自治区重大专项项目(201230116-8); 自治区高新项目(201411106)

作者简介: 肖海霞(1975-), 女, 湖南人, 副研究员, 博士, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究, E-mail: xhxqzp@163.com

\* 通信作者: 石国庆, 研究员, 博士, E-mail: nkkxyxms@163.com; 张莉, 副研究员, 博士, E-mail: zhangli@263.net

**Key words:** weaning stress; weaning age; foal; blood serum index; body growth

断奶期是动物一生中最重要的时期之一,断奶应激对动物的福利有着直接的影响。仔猪提前断奶可以提高母猪生产力,也可以切断母猪疾病对仔猪的感染,但断奶日龄直接影响着仔猪断奶后的生产性能<sup>[1-2]</sup>。乳牛饲养中的犊牛也有和仔猪早期断奶类似的问题,而且犊牛断奶过早瘤胃功能得不到足够的发育,就会导致其健康严重受损甚至死亡<sup>[3]</sup>。因此减少断奶应激,可以提高饲料利用率,加快幼畜生长速度,提高幼畜抵御疾病能力和降低疫病感染风险,同时也可减少幼畜异常行为的发生,降低幼畜死亡率和促进幼畜在适宜的环境中健康生长,这对最大限度地发挥家畜的生产性能、提升畜牧生产的质量和水平,提高动物福利水平有着重要意义。马驹是马产业发展的基石。断奶是马驹从依赖母马到独立生存的重要转折时期,同时也是影响马驹生长最主要的应激源。断奶应激大不仅仅影响到马驹的生长发育,还会降低马驹的福利,从而影响马产业的发展。家畜机体的血液指标是家畜生理和健康状况的一种“指示剂”<sup>[4-5]</sup>,当机体状态发生变化时血液指标也会变化。当前,断奶对动物血液指标影响的研究主要以仔猪为主<sup>[6-8]</sup>,有关不同月龄对断奶应激马驹血清指标和体增重的研究鲜有报道。为了减少断奶应激对马驹的影响,提高马驹的断奶福利和满足马驹的特殊育种需求,本试验设计 3 种不同断奶月龄,通过对断奶前后相关血清指标和体增重的分析确定其最佳的断奶月龄,为生产实践提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间和地点

试验于 2013 年 11 月 18 日—12 月 10 日在新疆伊犁哈萨克自治州昭苏县新疆伊犁马研究繁育中心进行。

### 1.2 试验动物和分组

随机选择健康状况良好的 15 匹英纯血马驹和它们的母马,根据马驹的断奶月龄分成 3 组,每组 5 匹,其中:试验 I 组为 6 月龄马驹组,试验 II 组为 7 月龄马驹组,试验 III 组为 8 月龄马驹组。

### 1.3 断奶方法及饲养管理

1.3.1 断奶方法 断奶前马驹与母马一起单厩饲喂;断奶时采用突然断奶的方法:将母马和马驹先

驱赶到对应马圈里,然后将马驹推至圈外统一赶到 200 m<sup>2</sup> 的马驹圈内,马驹和母马完全隔离。

1.3.2 饲养管理 断奶前马驹主要以母乳为主。从断奶当天开始的一周内每匹马驹每天饲喂混合饲料 0.5 kg,每天 2 次(09:30 和 17:00);苜蓿每天饲喂 1.2 kg,每天 3 次(08:30、20:30 和 24:00);干草每天饲喂 1.2 kg,每天 2 次(12:30 和 16:00)。断奶一周后每匹马驹每天饲喂混合饲料 1 kg,每天 2 次(09:30 和 17:00);苜蓿每天饲喂 1.2 kg,每天 4 次(08:30、18:00、20:00 和 22:30);干草每天饲喂 1.2 kg,每天 4 次(10:30、12:30、16:00 和 24:00)。供给充足饮水及自由采食定量分配的饲料、苜蓿和干草。试验所用饲料参考轻型马饲养标准<sup>[9]</sup>,同时结合马场饲养经验制定。饲料组成详见表 1。

表 1 基础饲料组

Table 1 Composition of basal diet		%
饲料组成 Composition of diet	配比 Ratio	
干苜蓿草 Drying alfalfa	75.00	
大麦 Barley	16.56	
玉米 Corn	4.07	
麸皮 Wheat bran	3.00	
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.40	
食盐 NaCl	0.75	
饲料添加剂 Feed additive	0.25	
合计 Total	100.00	

### 1.4 样品采集与处理

1.4.1 采血时间 马驹血样分别于断奶前第 10 天(简称断奶前)、断奶当天和断奶后第 12 天(简称断奶后)晨饲 2 h 后采集。

1.4.2 采血和处理方法 由颈静脉采血 10 mL,倾斜放置 4 °C 冰箱,静置一夜析出血清后,以 3 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 20 min,收集血清于 -20 °C 低温冰箱保存备用,取 3~5 mL 送北京华英生物技术研究所检测。

### 1.5 血清指标测定

血清生化和激素指标测定方法(表 2)是按照北京华英生物技术研究所提供的试剂盒操作进行,均由北京华英生物技术研究所提供。

表 2 血清生化和激素指标测定方法

Table 2 The detection methods of serum indices and hormone

血清指标 Serum index	方法 Methods
总蛋白 Total protein(TP)	双缩脲法
白蛋白 Albumin protein(ALB)	溴甲酚绿法
球蛋白 Globulin protein(GLB)	总蛋白-白蛋白
尿素氮 Blood urea nitrogen(BUN)	两点动力法
葡萄糖 Glucose(GLU)	葡萄糖氧化酶法
肌酸激酶 Creatine kinase(CK)	采用连续监测法 (N-乙酰半胱氨酸法)
游离脂肪酸 Free fatty acid(FFA)	改良比色法
$\beta$ -羟丁酸 $\beta$ -hydroxybutyrate( $\beta$ -HB)	酶法
皮质醇 Cortisol(COR)	放射免疫测定
去氢表雄酮 Dehydroepiandrosterone(DHEA)	放射免疫测定

## 1.6 体重称量时间和方法

1.6.1 称量时间 马驹分别于断奶前(2013 年

11 月 18 日)、断奶当天(11 月 28 日)和断奶后(12 月 10 日)清晨空腹称量体重。

1.6.2 称量方法 使用地磅秤称量。

## 1.7 统计分析

用 Excel 软件进行数据整理,应用 R2.14.2 语言统计软件进行线性回归和方差分析,采用 Duncan 多重比较法进行比较,以  $P < 0.05$  为差异显著的判定标准,试验结果以“平均值±标准误”表示。

## 2 结果

### 2.1 不同时期所有马驹血清生化和激素指标变化

应用 R2.14.2 语言的 Duncan 多重比较法比较发现(表 3):所有马驹的葡萄糖(GLU), $\beta$ -羟丁酸( $\beta$ -HB)和游离脂肪酸(FFA)在不同时期都发生了显著的变化,其中:断奶当天 GLU 和 FFA 含量最高( $6.38 \pm 0.20$  和  $0.40 \pm 0.01 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ),并且都与断奶前后差异显著( $P < 0.05$ )。断奶后的 $\beta$ -HB 含量显著低于断奶前和断奶当天( $P < 0.05$ )。

表 3 所有马驹不同时期血清指标的变化

Table 3 The changes of serum indices of all foals on different phase

血清指标 Serum index	断奶前 Pre-weaning day	断奶当天 Weaning day	断奶后 Post-weaning day	标准误 SEM	<i>P</i>
GLU/( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$5.70 \pm 0.17^b$	$6.38 \pm 0.20^a$	$5.59 \pm 0.12^b$	0.11	0.004
TP/( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$54.82 \pm 1.12$	$56.28 \pm 0.84$	$56.72 \pm 1.16$	0.60	0.417
ALB/( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$24.42 \pm 0.46$	$24.72 \pm 0.51$	$24.70 \pm 0.48$	0.27	0.893
GLB/( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$30.39 \pm 0.76$	$31.57 \pm 0.59$	$32.02 \pm 0.86$	0.43	0.293
$\beta$ -HB/( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$0.26 \pm 0.01^a$	$0.25 \pm 0.01^a$	$0.22 \pm 0.01^b$	0.00	0.002
BUN/( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$4.52 \pm 0.90$	$4.25 \pm 0.35$	$4.01 \pm 0.17$	0.16	0.435
CK/( $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$93.70 \pm 6.12$	$85.99 \pm 5.20$	$92.94 \pm 6.26$	3.34	0.599
FFA/( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$0.32 \pm 0.02^b$	$0.40 \pm 0.01^a$	$0.29 \pm 0.01^b$	0.11	0.000
COR/( $\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$50.33 \pm 1.58$	$54.21 \pm 1.58$	$49.66 \pm 1.55$	0.94	0.104
DHEA-S/( $\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$ )	$27.27 \pm 1.14$	$33.21 \pm 6.04$	$27.42 \pm 3.90$	2.40	0.530

同行数据相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ ),不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同

In the same row, the same lowercase mean no significant difference( $P > 0.05$ ), the different lowercase mean significant difference( $P < 0.05$ ). The same as below

## 2.2 不同断奶月龄马驹的血清生化和激素指标的变化

由表 4 可知:断奶前后不同月龄马驹在 GLU、ALB、BUN 和 FFA 水平上差异显著( $P = 0.02$ 、 $0.03$ 、 $0.01$  和  $0.004$ ,  $P < 0.05$ )。断奶当天 8 月龄

断奶马驹的 GLU 和 ALB 含量最高,6 月龄最低,而 6 月龄和 8 月龄断奶马驹的 GLU 和 ALB 含量差异显著( $P < 0.05$ )。断奶前和断奶当天 6 月龄断奶马驹的 BUN 浓度显著高于 7 月龄和 8 月龄断奶马驹( $P < 0.05$ )。

表 4 不同断奶月龄马驹的血清指标结果

Table 4 The results of serum indices of different weaned-age foals

血清指标 Serum index	断奶前 Pre-weaning day				断奶当天 Weaning day				断奶后 Post-weaning day				标准误差 SEM	P 值 P				
	7 月龄 7-month		8 月龄 8-month		6 月龄 6-month		7 月龄 7-month		8 月龄 8-month		6 月龄 6-month				7 月龄 7-month		8 月龄 8-month	
	6 月龄 6-month	7 月龄 7-month	7 月龄 7-month	8 月龄 8-month	6 月龄 6-month	7 月龄 7-month	7 月龄 7-month	8 月龄 8-month	6 月龄 6-month	7 月龄 7-month	8 月龄 8-month	6 月龄 6-month			7 月龄 7-month	8 月龄 8-month		
GLU/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	5.83 ± 0.32 <sup>bc</sup>	5.85 ± 0.24 <sup>bc</sup>	5.46 ± 0.35 <sup>c</sup>	5.79 ± 0.20 <sup>bc</sup>	6.44 ± 0.22 <sup>ab</sup>	6.76 ± 0.39 <sup>a</sup>	5.33 ± 0.11 <sup>c</sup>	5.58 ± 0.19 <sup>bc</sup>	5.80 ± 0.25 <sup>bc</sup>	0.11	0.02							
TP/ (g · L <sup>-1</sup> )	51.58 ± 1.62	55.21 ± 2.48	56.85 ± 0.26	55.15 ± 1.67	56.84 ± 1.58	56.58 ± 1.44	55.53 ± 2.10	57.60 ± 2.48	56.74 ± 1.84	0.60	0.59							
ALB/ (g · L <sup>-1</sup> )	22.70 ± 0.63 <sup>c</sup>	24.38 ± 0.63 <sup>abc</sup>	25.76 ± 0.25 <sup>a</sup>	23.35 ± 0.46 <sup>bc</sup>	24.54 ± 0.73 <sup>abc</sup>	25.91 ± 0.88 <sup>a</sup>	23.34 ± 1.14 <sup>bc</sup>	24.82 ± 0.67 <sup>abc</sup>	25.60 ± 0.56 <sup>ab</sup>	0.27	0.03							
GLB/ (g · L <sup>-1</sup> )	28.88 ± 1.17	30.83 ± 1.93	31.09 ± 0.35	31.81 ± 1.43	32.29 ± 0.92	30.67 ± 0.90	32.19 ± 1.03	32.76 ± 1.87	31.14 ± 1.49	0.43	0.71							
β-HB/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	0.26 ± 0.00	0.25 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.24 ± 0.02	0.25 ± 0.01	0.25 ± 0.02	0.22 ± 0.00	0.22 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.00	0.11							
BUN/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	5.65 ± 0.54 <sup>a</sup>	4.13 ± 0.23 <sup>b</sup>	4.06 ± 0.21 <sup>b</sup>	5.50 ± 0.86 <sup>a</sup>	3.78 ± 0.39 <sup>b</sup>	3.77 ± 0.24 <sup>b</sup>	4.32 ± 0.27 <sup>b</sup>	4.03 ± 0.41 <sup>b</sup>	3.76 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.16	0.01							
CK/ (U · L <sup>-1</sup> )	91.50 ± 21.48	97.08 ± 5.09	91.97 ± 8.99	70.72 ± 11.95	89.94 ± 8.67	93.50 ± 4.37	88.41 ± 14.62	99.71 ± 13.54	89.58 ± 6.75	3.34	0.83							
FFA/ (μmol · L <sup>-1</sup> )	0.33 ± 0.06 <sup>abcd</sup>	0.31 ± 0.03 <sup>cd</sup>	0.34 ± 0.02 <sup>bcd</sup>	0.43 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.38 ± 0.02 <sup>abc</sup>	0.29 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.30 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.11	0.004							
COR/ (ng · L <sup>-1</sup> )	53.02 ± 3.49	48.30 ± 3.10	50.35 ± 1.99	52.08 ± 5.34	55.42 ± 2.06	54.58 ± 1.62	50.37 ± 4.16	48.45 ± 1.97	48.45 ± 1.96	0.95	0.60							
DHEA-S/ (ug · d L <sup>-1</sup> )	25.96 ± 1.23	26.42 ± 0.18	29.09 ± 3.08	33.97 ± 8.02	41.48 ± 15.92	24.36 ± 0.87	24.36 ± 0.64	33.24 ± 10.97	23.90 ± 1.054	2.40	0.74							

### 2.3 不同月龄马驹血清生化和激素指标变化

由表 5 可知:不同月龄马驹在 ALB 和 BUN 水平上差异显著( $P=0.000$  和  $0.001$ ,  $P<0.05$ )。其中 8 月龄断奶马驹的 ALB 含量最高,6 月龄断奶马

驹的 ALB 含量最低,3 组之间差异显著( $P<0.05$ )。6 月龄断奶马驹的 BUN 浓度显著高于 7 月龄和 8 月龄的断奶马驹( $5.15\pm 0.37$ ,  $P<0.05$ );而 7 月龄和 8 月龄的断奶马驹 BUN 含量差异不显著( $P>0.05$ )。

表 5 不同月龄马驹所有时期血清指标的变化

Table 5 The changes of serum indices of different-age foals on different phase

血清指标 Serum index	6 月龄 6-month	7 月龄 7-month	8 月龄 8-month	标准误 SEM	<i>P</i>
GLU/(mmol·L <sup>-1</sup> )	5.65±0.14	5.96±0.16	6.01±0.24	0.11	0.420
TP/(g·L <sup>-1</sup> )	54.09±1.10	56.55±1.20	56.72±0.71	0.60	0.173
ALB/(g·L <sup>-1</sup> )	23.13±0.41 <sup>c</sup>	24.58±0.36 <sup>b</sup>	25.76±0.33 <sup>a</sup>	0.27	0.000
GLB/(g·L <sup>-1</sup> )	30.96±0.89	31.96±0.89	31.33±0.43	0.43	0.553
β-HB/(mmol·L <sup>-1</sup> )	0.24±0.01	0.24±0.01	0.25±0.041	0.00	0.653
BUN/(mmol·L <sup>-1</sup> )	5.15±0.37 <sup>a</sup>	3.98±0.19 <sup>b</sup>	3.86±0.11 <sup>b</sup>	0.16	0.001
CK/(U·L <sup>-1</sup> )	83.54±8.87	95.58±5.23	91.69±3.67	3.34	0.370
FFA/(μmol·L <sup>-1</sup> )	0.35±0.03	0.33±0.02	0.34±0.01	0.11	0.819
COR/(ng·L <sup>-1</sup> )	51.83±2.23	50.72±1.62	51.76±1.33	0.94	0.871
DHEA-S/(μg·d L <sup>-1</sup> )	28.10±2.78	33.72±6.12	25.79±2.41	2.40	0.366

### 2.4 不同断奶月龄马驹在不同时期的血清生化和激素指标变化

由表 6 可知:8 月龄断奶马驹断奶当天的 GLU 含量最高( $6.76\pm 0.39$  mmol·L<sup>-1</sup>),并且与断奶前后差异显著( $P<0.05$ )。6 月龄断奶马驹断奶前和断奶当天的 BUN 含量与断奶后差异显著( $P<0.05$ )。6 月龄和 7 月龄断奶马驹断奶当天的 FFA 含量显著高于断奶前后,而 8 月龄断奶当天与断奶后差异显著( $P<0.05$ )。

### 2.5 断奶前后不同组马驹体重变化

对 3 个不同月龄组马驹断奶前后的体重变化分析发现(表 7):断奶前、断奶当天和断奶后 6 月龄马驹体重都显著低于 7 月龄和 8 月龄断奶马驹这 3 个时期的体重( $P<0.05$ ),这符合马匹的生长发育曲线<sup>[9]</sup>。从断奶前~断奶当天和从断奶当天~断奶后的日增重变化来看 3 个年龄组日增重差异不显著( $P>0.05$ );从断奶前~断奶当天的日增重值变化可以发现 6 月龄断奶马驹比 7 和 8 月龄断奶马驹日增重较低,符合马匹的生长发育曲线;但是从断奶当天~断奶后的日增重中发现 6 月龄断奶马驹日增重值最高( $0.78\pm 0.05$  kg),而 8 月龄断奶马驹日增重值最低( $0.13\pm 0.52$  kg),说明断奶对不同年龄的马

驹体增重是有影响的。

## 3 讨论

应激是机体对外界和内部各种异常刺激所产生的非特异性应答的总和<sup>[10]</sup>;断奶是影响马驹的生理、健康和营养福利的应激原。应激条件下会影响马驹的生产性能、行为及血液生理生化指标,对马驹机体造成危害,损害马驹的动物福利,降低经济效益。因此,在畜牧生产实践中应尽量减少应激特别是严重应激的影响。

血液是机体实现体液调节的途径,也是运输营养物质和代谢物的载体,机体健康状态的改变可以直接影响血液成分的变化,因此家畜的各项血液指标是家畜机体生理功能及代谢过程的内在反映,也是评价动物健康状况的重要参数<sup>[11]</sup>。常用于评价家畜应激状态的血液指标:葡萄糖<sup>[12-13]</sup>、总蛋白和球蛋白<sup>[13-14]</sup>、β-羟丁酸<sup>[13]</sup>、尿素氮<sup>[15]</sup>、肌酸激酶<sup>[7-8]</sup>、游离脂肪酸<sup>[16-17]</sup>、皮质醇<sup>[12,18]</sup>和去氢表雄酮<sup>[19]</sup>等。

### 3.1 血液葡萄糖(GLU)指标变化

血液中 GLU 浓度是动物机体内能量平衡的重要指标。血液葡萄糖(GLU)的来源主要是饲料中

表 6 不同月龄断奶马驹在不同时期的血清指标变化

Table 6 The changes of serum indices of different weaned-age foals on different phase

血清指标 Serum index	6 月龄马驹 6-month foals			7 月龄马驹 7-month foals			8 月龄马驹 8-month foals			标准误 SEM	P 值 P
	断奶前 Pre-weaning day	断奶当天 Weaning day	断奶后 Post-weaning day	断奶前 Pre-weaning day	断奶当天 Weaning day	断奶后 Post-weaning day	断奶前 Pre-weaning day	断奶当天 Weaning day	断奶后 Post-weaning day		
GLU/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	5.83 ± 0.32 <sup>bc</sup>	5.79 ± 0.20 <sup>bc</sup>	5.33 ± 0.11 <sup>c</sup>	5.85 ± 0.24 <sup>bc</sup>	6.44 ± 0.21 <sup>ab</sup>	5.58 ± 0.19 <sup>bc</sup>	5.46 ± 0.35 <sup>c</sup>	6.76 ± 0.39 <sup>a</sup>	5.80 ± 0.25 <sup>bc</sup>	0.11	0.02
TP/V (g · L <sup>-1</sup> )	51.58 ± 1.62	55.15 ± 1.67	55.53 ± 2.10	55.21 ± 2.48	56.84 ± 1.58	57.60 ± 2.48	56.85 ± 0.26	56.58 ± 1.44	56.74 ± 1.84	0.60	0.59
ALB/ (g · L <sup>-1</sup> )	22.70 ± 0.63 <sup>c</sup>	23.35 ± 0.46 <sup>bc</sup>	23.34 ± 1.14 <sup>bc</sup>	24.38 ± 0.62 <sup>ab</sup>	24.54 ± 0.73 <sup>ab</sup>	24.83 ± 0.67 <sup>ab</sup>	25.76 ± 0.25 <sup>a</sup>	25.91 ± 0.88 <sup>a</sup>	25.60 ± 0.57 <sup>ab</sup>	0.27	0.03
GLB/ (g · L <sup>-1</sup> )	28.83 ± 1.17	31.81 ± 1.43	32.19 ± 1.03	30.83 ± 1.93	32.29 ± 0.92	32.77 ± 1.87	31.09 ± 0.35	30.66 ± 0.90	31.14 ± 1.49	0.43	0.71
β-HB/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	0.26 ± 0.01	0.24 ± 0.02	0.22 ± 0.00	0.25 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.22 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.25 ± 0.02	0.23 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.00	0.11
BUN/ (mmol · L <sup>-1</sup> )	5.65 ± 0.54 <sup>a</sup>	5.50 ± 0.56 <sup>a</sup>	4.32 ± 0.27 <sup>b</sup>	4.13 ± 0.23 <sup>b</sup>	3.78 ± 0.39 <sup>b</sup>	4.03 ± 0.41 <sup>b</sup>	4.06 ± 0.21 <sup>b</sup>	3.77 ± 0.24 <sup>b</sup>	3.77 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.16	0.01
CK/ (U · L <sup>-1</sup> )	91.50 ± 21.48	70.72 ± 11.95	88.41 ± 14.62	97.09 ± 25.098	89.94 ± 8.67	99.71 ± 13.54	91.97 ± 8.99	93.50 ± 4.37	89.58 ± 6.75	3.34	0.83
FFA/ (μmol · L <sup>-1</sup> )	0.33 ± 0.06 <sup>bcd</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.07 <sup>d</sup>	0.32 ± 0.03 <sup>cd</sup>	0.40 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.34 ± 0.02 <sup>bcd</sup>	0.38 ± 0.02 <sup>bce</sup>	0.30 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.11	0.004
COR (ng · L <sup>-1</sup> )	53.03 ± 3.49	52.08 ± 5.34	50.36 ± 4.15	48.30 ± 3.10	55.42 ± 2.06	48.45 ± 1.96	50.35 ± 1.99	54.58 ± 1.63	50.34 ± 2.96	0.95	0.60
DHEA-S/ (μg · dL <sup>-1</sup> )	25.96 ± 1.23	33.97 ± 8.03	24.36 ± 0.65	26.42 ± 0.18	41.49 ± 15.92	33.24 ± 10.97	29.09 ± 3.08	24.36 ± 0.87	23.90 ± 1.05	2.40	0.74

表 7 断奶前后 3 个组马驹体重的变化

项目	6 月龄马驹	7 月龄马驹	8 月龄马驹	标准误	P 值
Items	6-month foals	7-month foals	8-month foals	SEM	P
断奶前体重 Weight on pre-weaning day	188.33±5.61 <sup>b</sup>	223.75±12.00 <sup>a</sup>	237.25±4.39 <sup>a</sup>	7.62	0.013
断奶当天体重 Weight on weaning day	199.33±5.46 <sup>b</sup>	235.00±11.96 <sup>a</sup>	249.00±4.20 <sup>a</sup>	7.67	0.011
断奶后体重 Weight on post-weaning day	208.67±4.81 <sup>b</sup>	243.50±14.32 <sup>a</sup>	250.50±3.20 <sup>a</sup>	7.40	0.04
断奶前~断奶当天日增重 Daily weight gain from pre-weaning day to weaning day	1.10±0.06	1.13±0.05	1.18±0.025	0.24	0.499
断奶当天~断奶后日增重 Daily weight gain from weaning day to post-weaning day	0.78±0.05	0.71±0.28	0.13±0.52	0.22	0.440

的糖类被消化进入血液,通过神经和激素调节维持恒定的血糖浓度,以保证肌体对葡萄糖的需要量<sup>[20]</sup>。应激改变了家畜体内和物质代谢相关的激素水平,导致家畜机体代谢功能的改变。当家畜发生应激时,通过胰高血糖素和儿茶酚胺促进糖原降解提供葡萄糖供能,因此血液 GLU 升高<sup>[21-22]</sup>。孙凤莉<sup>[23]</sup>报道饲喂代乳品组的 47 日龄断奶羔羊的 GLU 含量均略高于对照组 ( $P > 0.05$ )。H. R. Crookshank 等<sup>[24]</sup>报道犊牛葡萄糖含量在断奶后变化不显著。突然断奶的瘤牛犊牛的葡萄糖含量在断奶前后差异不显著<sup>[25-26]</sup>。N. A. Campell 等<sup>[13]</sup>认为葡萄糖浓度变化可以作为应激变化的标志物。

本试验发现断奶当天,所有马驹的 GLU 含量都显著高于断奶前后 ( $P < 0.05$ ),这与 E. M. Lynch<sup>[27]</sup>对犊牛的断奶应激研究结果一致,说明断奶会导致所有马驹产生断奶应激。断奶当天 8 月龄断奶马驹的 GLU 含量最高,而 6 月龄断奶马驹最低 ( $P < 0.05$ ),说明断奶当天 8 月龄断奶马驹在 GLU 水平上所反映的断奶应激最高,6 月龄断奶马驹最低。

### 3.2 血液蛋白质和尿素氮指标的变化

血液的总蛋白、白蛋白和球蛋白浓度是衡量血液蛋白质营养的重要指标之一。血液总蛋白是由白蛋白和球蛋白组成的,总蛋白含量高,有利于提高免疫力和代谢水平,促进动物健康生长,而球蛋白水平高则机体抵抗力较强。家畜在应激时,体内皮质醇分泌增多使蛋白分解代谢加快,从而使血液蛋白含量降低<sup>[28]</sup>。断奶应激导致内分泌代谢紊乱,引起体内蛋白质代谢机制发生较大调整,使得血液中的非蛋白氮升高,从而降低机体对蛋白质的合成与利

用<sup>[29]</sup>。仔猪断奶后由于营养物质无法迅速补充会导致血液总蛋白、白蛋白和球蛋白含量显著下降<sup>[6,30]</sup>。冷静等<sup>[31]</sup>研究结果表明,不同日龄断奶仔猪断奶后 7 d 内的 TP、ALB 和 GLB 均会迅速降低。方光新等<sup>[29]</sup>对 40 和 60 日龄的巴音布鲁克羊实施早期断奶发现各试验组 TP 和 GLB 浓度均低于对照组,但是差异不显著 ( $P > 0.05$ )。许莲萍等<sup>[32]</sup>报道阿勒泰羔羊在断奶前的总蛋白含量明显高于断奶后的总蛋白含量且差异显著 ( $P < 0.05$ )。高艳霞等<sup>[33]</sup>对 12 头 55 日龄的犊牛进行断奶发现断奶当天血清总蛋白含量急剧降低,到第 14 天和断奶前相差不大 ( $P > 0.05$ )。

本研究发现 6 和 7 月龄断奶马驹在断奶当天和断奶后的总蛋 TP、ALB、GLB 比断奶前略高,与前人<sup>[5,11,14,29]</sup>研究结果相反;断奶当天,8 月龄断奶马驹血清中的 TP 和 GLB 含量最低,ALB 含量最高。断奶当天和断奶后的 TP 水平比断奶前有下降的趋势,这与前人研究结果一致,从而说明相比 6 和 7 月龄马驹,8 月龄马驹对断奶应激的反应最大。

血清尿素氮(BUN)是衡量家畜体内蛋白质代谢和氨基酸平衡的重要指标之一。通常较低的 BUN 含量表明氨基酸平衡较好,机体蛋白合成率较高<sup>[34]</sup>。本试验发现断奶前和断奶当天 6 月龄断奶马驹的 BUN 浓度显著高于 7 和 8 月龄断奶马驹,说明 6 月龄马驹由于自身的身体发育情况,蛋白质的合成率较低对植物蛋白消化吸收能力差,摄入的蛋白减少,使得体内蛋白质代谢发生变化,加快了组织蛋白的分解,因此血液中的非蛋白氮升高。

### 3.3 游离脂肪酸(FFA)指标变化

脂肪组织是血浆中游离脂肪酸的唯一来源,因

此,一般用血浆中游离脂肪酸的含量来衡量脂肪动员的程度<sup>[35]</sup>。在应激、饥饿、或长时间运动等生理条件下,脂肪组织中脂肪的动员都会加强,此时,血浆中游离脂肪酸的浓度就会大幅度升高<sup>[36]</sup>。与程发祥<sup>[36]</sup>研究结果一致,本试验中断奶当天,6 和 7 月龄断奶马驹的 FFA 含量显著高于断奶前后,而 8 月龄断奶当天与断奶后差异显著( $P < 0.05$ )。从而说明在 FFA 水平上所反映对断奶应激反应程度,6 和 7 月龄断奶马驹高于 8 月龄断奶马驹。

### 3.4 断奶前后不同组马驹体重变化

断奶会引起各种家畜的体重降低<sup>[37-39]</sup>。翟少钦等<sup>[40]</sup>发现早期断奶仔猪生长缓慢,体增重显著下降( $P < 0.05$ )。本研究发现断奶前、断奶当天和断奶后 6 月龄马驹体重都显著低于 7 和 8 月龄断奶马驹的体重( $P < 0.05$ ),这是由于 6 月龄断奶马驹自身发育情况低于 7 和 8 月龄断奶马驹,符合马匹的正常生长发育曲线<sup>[9]</sup>。从断奶前~断奶当天和从断奶当天~断奶后的日增重增加值对比发现,从断奶当天~断奶后的日增重都低于从断奶前~断奶当天的日增重,说明断奶影响了不同年龄马驹的生长发育;而从断奶当天~断奶后的日增重值显示 6 月龄马驹日增重值最高,8 月龄马驹日增重值最低说明断奶后 3 个不同年龄组的生长发育状况是 6 月龄断奶马驹最高,8 月龄断奶马驹最低,从而表明相比 7、8 月龄断奶马驹,6 月龄断奶马驹所表现的断奶应激程度较小,体重增加较快。

## 4 结 论

采用突然断奶法时,相比 7、8 月龄断奶马驹,6 月龄断奶马驹应激程度较小,6 月龄可作为马驹适宜的断奶时间,有利于马驹的后期生长发育和提高养殖效益。同时为了研究应激对马驹生产和动物福利的影响,还需要对其它应激条件和其他早期断奶月龄进行进一步深入研究。

**致谢** 本研究得到新疆伊犁马研究繁育中心居马洪主任、周健、于伟浩、王呈超、徐文慧、江阿努尔和努尔兰以及石河子大学博士研究生毋状元的大力支持,在此表示衷心地感谢!

### 参考文献(References):

[1] WEARY D M, APPLEBY M C, FRASER D. Responses of piglets to early separation from the sow[J].

*Appl Anim Behav Sci*, 1999, 63: 289-300.

- [2] 侯建君. 断奶应激对仔猪行为和生长的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.  
HOU J J. Effect of weaning stress on behavior and growth of piglets[D]. Beijing: China Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [3] 尹国安. 我国畜牧生产中的动物福利问题[J]. 畜牧与兽医, 2008, 40(8): 95-98.  
YI G A. Animal welfare issues in livestock production in China[J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2008, 40(8): 95-98. (in Chinese)
- [4] 那顺巴雅尔, 于娟, 陈丽, 等. 西藏小型猪发情周期血液生化指标动态变化[J]. 实验动物与比较医学, 2008, 28(3): 164-166.  
NASHUNBAYAER, YU J, CHEN L, et al. Dynamic changes of blood biochemical indexes of Tibet Minit-pigs during estrous cycle[J]. *Laboratory Animal and Comparative Medicine*, 2008, 28(3): 164-166. (in Chinese)
- [5] 朱孟玲, 徐孝宙, 张建生, 等. 小梅山猪及其二元杂交猪断奶前后血清指标的检测[J]. 畜牧与兽医, 2011, 43(7): 66-69.  
ZHU M L, XU X Z, ZHNAG J S, et al. Detection of blood indexes of small Meishan pig and its two yuan crossbred pigs before and after weaning[J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2011, 43(7): 66-69. (in Chinese)
- [6] 吴金节, 龙彩虹, 张德群, 等. 早期断奶应激对仔猪血清生化指标的影响[J]. 中国兽医学报, 2000, 20(3): 261-263.  
WU J J, LONG C H, ZHANG D Q, et al. Effect of early-weaned stress on serum biochemical index in piglets[J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2000, 20(3): 261-263. (in Chinese)
- [7] 鲍经纬, 夏东, 肖金松, 等. 二花脸和皮特兰猪应激状态下行为和血液生化指标的变化[J]. 中国兽医学报, 2008, 28(4): 421-424.  
BAO J W, XIA D, XIAO J S, et al. Behavioral and blood biochemical stress responses in Erhualian and Pietrain pigs[J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2008, 28(4): 421-424. (in Chinese)
- [8] 周向梅, 高得仪, 王清兰, 等. 仔猪断奶应激对血液和生化的影响[J]. 中国兽医杂志, 1999, 25(9): 6-8.  
ZHOU X M, GAO D Y, WANG Q L, et al. Influence of weaning stress on blood and biochemical profiles in pigs[J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 1999, 25(9): 6-8. (in Chinese)



- [9] 日本中央赛马会竞走马综合研究所. 轻型马饲养标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.  
A Comprehensive Study on the Race Horse in Japan Racing Association. Feeding standard of light horse [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004. (in Chinese)
- [10] 石志敏, 张 磊, 韦习会, 等. 半胱胺对断奶前后仔猪血清皮质醇、 $T_3$ 、 $T_4$  和 IL-2 水平的影响 [J]. 动物学研究, 2005, 26(3): 317-321.  
SHI Z M, ZHANG L, WEI X H, et al. Effects of cysteamine on serum levels of cortisol,  $T_3$ ,  $T_4$  and IL-2 in pre- and post-weaning piglets [J]. *Zoological Research*, 2005, 26(3): 317-321. (in Chinese)
- [11] 盛 晟, 张 佳, 舒宝屏, 等. 皖南花猪部分血清生化指标与日龄的相关研究 [C]. 中国畜牧兽医学会养猪学分会学术年会 [A]. 合肥: 2009: 559-563.  
SHENG S, ZHANG J, SHU B P, et al. The related research of serum biochemical indexes and age in Wannan pig [C]. The Annual Conference Proceedings of Swine Science Institute of Chinese Association of Animal Husbandry and Veterinary Sciences [A]. Hefei, 2009: 559-563. (in Chinese)
- [12] SEPPONEN K, POOSOBIA R. The inducible form of heat shock Protein 70 in the serum, colon and small intestine of the pig: Comparison to conventional stress markers [J]. *Vet J*, 2006, 171: 519-524.
- [13] CAMPBELL N A, REECE J B, MITCHELL L G. Biology [M]. In: Mulligan, E (ed). 1999: 907-910.
- [14] 吴金节, 王希春, 李义刚, 等. 高铜对断奶应激仔猪血清生化指标及激素水平的动态影响 [J]. 中国兽医学报, 2006, 11(26): 677-680.  
WU J J, WANG X C, LI Y G, et al. Effect of high-Cu diets on serum biochemical indexes and serum hormone levels of early weanling stress piglets [J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2006, 11(26): 677-680. (in Chinese)
- [15] STANLEY C C, WILLIAMS C C, ENNYB F. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism metabolism in Holstein and Jersey calves [J]. *Dairy Sci*, 2002, 85(9): 2335-2344.
- [16] 杨 静. 不同隔离时间的急性应激对鸡血液生化指标和下丘脑 CRH、AVT、mRNA 表达的影响 [J]. 广东饲料, 2011(5): 35-37.  
YANG J. Changes in the blood parameters and the expression of diencephalic CRH and AVT mRNA due to acute isolation stress in chicks [J]. *The Journal of Poultry Science*, 2011(5): 35-37. (in Chinese)
- [17] 杨培歌, 顾宪红. 应激对猪生产性能、行为及血液理化指标影响的研究进展 [J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(1): 111-116.  
YANG P G, GU X H. Research progress on effects of stress on production performance behaviour and blood physiological-biochemical indexes in pigs [J]. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2013, 40(1): 111-116. (in Chinese)
- [18] BECKER B A, NIENABER J A, CHRISTENSON R K. Peripheral concentrations of cortisol as an indicator of stress in the pig [J]. *Am J Vet Res*, 1985: 1034-1038.
- [19] ZINDER O, DAR D E. Neuroactive steroids: their mechanisms of action and their function in the stress response [J]. *Acta physiol Scand*, 1999, 167: 181-188.
- [20] 徐奇友, 单安山, 李建平, 等. 乳铁蛋白对早期断奶仔猪血清生化指标影响的研究 [J]. 单胃家畜营养, 2006, 42(3): 34-36.  
XU Q Y, SHAN A S, LI J P, et al. Study on the effect of lactoferrin on serum biochemical indexes in early weaned piglets [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2006, 42(3): 34-36. (in Chinese)
- [21] BARNETT J L, C RONIN G M, MCCALLUM T H, et al. Effects of grouping unfamiliar adult pigs after dark, after treatment with amperozide and by using Pens with stalls, on aggression, skin lesions and plasma cortisol concentrations [J]. *Appl Anim Behav Sci*, 1996, 50(2): 121-133.
- [22] 韦习会, 康治国, 士林云, 等. 断奶日龄对仔猪断奶期腹泻和死亡影响的研究 [J]. 畜牧与兽医, 1997, 29(5): 200-202.  
WEI X H, KANG Z G, TU L Y, et al. Weaning age on diarrhea and death of weaned piglets [J]. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 1997, 29(5): 200-202. (in Chinese)
- [23] 孙凤莉. 早期断奶羔羊代乳品及复合蛋白饲料的研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2004.  
SUN F L. Study on milk replacer and compound protein feed of early weaning lamb [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2004. (in Chinese)
- [24] CROOKSHANK H R, ELISSALDE M H, WHITE R G, et al. Effect of transportation and handling of calves upon blood serum composition [J]. *Anim Sci*, 1979, 48: 430-435.
- [25] PHILLIPS W A, JUNIEWICZ P E, ZAVY M T, et al. The effect of the stress of weaning and transport on white blood cell parameters and fibrinogen concen-

- tration of beef calves of different genotypes[J]. *Can J Anim Sci*, 1989, 69:333-340.
- [26] COPPO J A. Evolution of fructosaminaemia and glucaemia during the growth of unweaned and early weaned half-bred Zebu calves[J]. *Vet Res Commun*, 200, 25:449-459.
- [27] LYNCH E M. Characterisation of physiological and immune-related biomarkers of weaning stress in beef cattle [D]. Ireland; National University of Ireland Maynooth, 2010.
- [28] 刘卫东, 宋素芳, 岳道文, 等. 油脂对热应激时蛋鸡血清生化指标的影响[J]. *中国粮油学报*, 2008, 23(2): 57-59.
- LIU W D, SONG S F, YUE D W, et al. Effect of fat on serum biochemical parameters of laying hens under heat stress[J]. *Journal of the China Grain and Oil*, 2008, 23(2): 57-59. (in Chinese)
- [29] 方光新, 喻世刚, 秦崇凯, 等. 早期断奶对巴音布鲁克羊羔羊应激和免疫的影响[J]. *新疆农业科学*, 2010, 47(3):619-626.
- FANG G X, YU S G, QIN C K, et al. Effect of early weaning on stress and immune of Bayinbuluk lamb [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2010, 47(3): 619-626. (in Chinese)
- [30] WYKES L J, FIOROTTO M, BUBBIN D J. Chronic low protein intake reduce tissue protein synthesis in a pig model of protein malnutrition[J]. *J Nutr*, 1996, 126(5):1481-1488.
- [31] 冷静, 朱仁俊. 不同日龄断奶应激对仔猪血液生化指标和免疫指标的影响[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(4): 1853-1854.
- LENG J, ZHU R J. Effects of weaning stress at different ages on the serum biochemical and immune indices of piglets[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(4):1853-1854. (in Chinese)
- [32] 许莲萍, 王文均, 郭晓昭, 等. 断奶对阿勒泰羔羊血液生理生化指标的影响[J]. *新疆农业大学学报*, 2007, 30(2):71-73.
- XU L P, WANG W J, GUO X Z, et al. Effect of weaning on the blood physiological and biochemical indexes of Altay lambs[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2007, 30(2):71-73. (in Chinese)
- [33] 高艳霞, 叶纪梅, 张祥, 等. 断奶应激对犊牛血液中代谢物和激素的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2006, 33(9):3-5.
- GAO Y X, YE J M, ZHANG X, et al. Effects of weaning on the blood metabolites and hormones of the dairy calves[J]. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2006, 33(9):3-5. (in Chinese)
- [34] COMA J, CARRION D, ZIMMERMAN D R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirements of pigs[J]. *J Anim Sci*, 1996, 73:472-481.
- [35] 周顺伍. 动物生物化学(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- ZHOU S W. *Animal biochemistry (Third Edition)* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999. (in Chinese)
- [36] 程发祥. 暖季放牧羔羊体内 15 种血清生化指标和 13 种激素变化规律的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2009.
- CHENG F X. Study 15 serum biochemical indexes and 13 hormone changes in grazing lamb on warm season[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2009. (in Chinese)
- [37] BONANNO A, MAZZA F, GRIGOLI D I, et al. Effects of a split 48 h doe-litter separation on the Productivity of free-nursing rabbit does and their litters [J]. *Livest Prod Sci*, 2004, 89:287-295.
- [38] BMCZOKI D, ROHL F W, GANTER M. Evaluation of lamb performance and costs in motherless rearing of German Grey Heath sheep under field conditions using automatic feeder systems[J]. *Small Rumin Res*, 2005, 60:255-265.
- [39] ROGERS C W, GEE E K, FARAM T L. The effect of two different weaning procedures on the growth of pasture reared Thoroughbred foals in New Zealand [J]. *N Z Vet J*, 2004, 52(6):401-403.
- [40] 翟少钦, 付文贵. 仔猪断奶应激的研究进展[J]. *兽药与饲料添加剂*, 2005, 10(2):1830-1854.
- DI S Q, FU W G. Research progress of stress of weaned piglets[J]. *Veterinary Drugs and Feed Additives*, 2005, 10(2):1830-1854. (in Chinese)

(编辑 程金华)