动物营养学报 2019,31(2):757-763
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2019.02.032

仔猪断奶后 1 周内血清生化指标、十二指肠形态结构及空肠中钠/葡萄糖共转运载体 1 与二肽转运载体 1 基因表达量的变化

李梦云[1] 聂芙蓉[1] 程 伟[1] 朱宽佑[1] 郭良兴[1] 张天勇[2] 刘延贺[1*]

(1.河南牧业经济学院动物科技学院,郑州 450046;2.河南广安生物科技股份有限公司,郑州 450001)

摘 要: 本试验旨在探讨仔猪在断奶前及断奶后 1 周内血清生化指标、十二指肠形态结构及空肠中钠/葡萄糖共转运载体 1(*SGLT*1)和二肽转运载体 1(*PepT*1)基因表达量的变化规律。试验选取 20 日龄仔猪 55 头,断奶前 1 天屠宰 5 头,余下 50 头仔猪在 21 日龄断奶,并分为 5 组(圈),每组 10 头仔猪,分别在断奶后第 2、4 和 8 天从每组各挑选 1 头仔猪屠宰。结果表明:1)与断奶前相比,血清碱性磷酸酶活性在断奶后第 2 天显著降低($P<0.05$),在断奶后第 8 天极显著降低($P<0.01$),血清钾离子含量在断奶后第 4 和 8 天显著增加($P<0.05$),血清尿素氮含量在断奶后第 2 天极显著增加($P<0.01$),在断奶后第 8 天又显著降低($P<0.05$),血清免疫球蛋白 G 含量显著降低($P<0.05$)。2)与断奶前相比,十二指肠绒毛高度在断奶后第 2 天极显著降低($P<0.01$),断奶后第 4 天显著降低($P<0.05$),隐窝深度在断奶后第 2 和 4 天均显著增加($P<0.05$),两者比值在断奶后第 2 和 4 天均显著降低($P<0.05$)。3)与断奶前相比,空肠中 *SGLT*1 基因表达量在断奶后均显著降低($P<0.05$),空肠中 *PepT*1 基因表达量在断奶后第 4 和 8 天均显著降低($P<0.05$)。由此表明,断奶 1 周内对仔猪生理机能造成了一定的应激;断奶降低了仔猪血清免疫球蛋白 G 含量,改变了仔猪十二指肠形态结构,降低了空肠中 *SGLT*1 和 *PepT*1 基因表达量,以断奶后第 2 和 4 天应激最强。

关键词: 仔猪;血清生化指标;肠道形态;基因表达;断奶前后

中图分类号:S828 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-267X(2019)02-0757-07

断奶是仔猪出生后面临的最大应激,饲粮与环境的改变最终导致仔猪在断奶后采食量降低、负增重、免疫力降低和发病率升高等问题,严重的甚至死亡[1],其实质则是仔猪肠道损伤、肠道结构和功能发生改变。而仔猪肠道不仅是机体最大的消化器官,更是机体的免疫器官,还是阻挡病原菌入侵的首要屏障[2],肠道正常的形态结构对维持动物机体的消化和免疫功能至关重要。小肠中钠/葡萄糖共转运载体 1(sodim-gluose transporter 1,SGLT1)和二肽转运载体 1(peptidetransporter 1,PepT1)分别是转运葡萄糖和寡肽的载体,反映动物机体消化吸收碳水化合物和蛋白质的功能[3-4]。因而研究仔猪断奶前及断奶后 1 周内血清生化指标、肠道形态及 *SGLT*1 和 *PepT*1 基因的表达具有非常重要的意义。关于 *SGLT*1、*PepT*1 基因的研究,多集中在其组织分布、功能及表达调控[5-6],但针对仔猪断奶前后表达规律,特别是仔猪断奶后 1 周内的生理变化及相关基因的表达规律研究的较

收稿日期:2018-07-06

基金项目:郑州市 1125 创新领军人才项目(2016XL003);校科技创新团队(HUAHE2015005)

作者简介:李梦云(1970—),女,湖北监利人,副教授,博士,从事猪营养研究。E-mail: limengyun1@163.com

* **通信作者:**刘延贺,副教授,E-mail: daliul@yahoo.com.cn

少。因此,本试验旨在研究仔猪在断奶前及断奶后1周内血清生化指标、肠道形态结构及空肠*SGLT*1和*PepT*1基因表达差异,为研究仔猪断奶营养调控技术及缓解仔猪断奶应激提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验分组与试验动物

选取20日龄健康仔猪55头,断奶前1天屠宰5头,余下50头仔猪在21日龄分成5组(圈)进行断奶,每组10头仔猪,饲喂常规玉米-豆粕型基础教槽料,日饲喂4次,时间分别为07:00、11:00、15:00和21:00,每次以吃饱后食槽中略有余料为度,自由饮水。观察猪只健康状况和清扫猪圈。分别在断奶后第2、4和8天从每个圈挑选1头体重接近的仔猪采血后屠宰,即每次屠宰5头仔猪。测定仔猪血清生化指标、十二指肠形态结构以及空肠中*SGLT*1和*PepT*1基因表达量,探讨断奶前及断奶后1周内仔猪生理指标变化差异及机理。

1.2 测定指标与方法

1.2.1 血清生化指标测定

试验第1、2、4、8天,屠宰仔猪前空腹采集静脉血8 mL,在4 ℃冰箱中静置6 h,然后3 000 r/min离心15 min,制备血清,-20 ℃保存,测定血清碱性磷酸酶(ALP)活性及钠、氯、钾、葡萄糖(GLU)、尿素氮(UN)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)含量,采用日立7600-020全自动分析仪(日立高科技公司,日本)测定,所有血清指标委托郑州市颐和医院检验科检测。

1.2.2 小肠黏膜形态结构测定

试验第1、2、4、8天,分别取每头仔猪十二指肠中部2 cm的肠段,放入4%甲醛溶液中固定,经水洗、透明、浸蜡、包埋等处理后,在室温下切成5 μm厚的切片,用于形态结构观察。100倍显微镜下用标尺测量20根最长绒毛和相应的隐窝深度。绒毛高度以肠腺开口至绒毛顶端的垂直高度为准,隐窝深度为绒毛根部上皮凹陷到固有层的距离,并计算绒毛长度与隐窝深度比值(V/C)。

1.2.3 空肠中*SGLT*1和*PepT*1基因表达量的测定

每头仔猪屠宰时取空肠前端2 cm左右的肠段,剪碎后用含0.1%焦碳酸二乙酯(DEPC)处理过的磷酸盐缓冲液(PBS)冲洗,装入无RNA酶的1.5 mL的EP管中,迅速在液氮中冷冻,-70 ℃保存。采用实时荧光定量PCR测定空肠中*SGLT*1和*PepT*1基因表达量。

每头仔猪取100 mg空肠样品在液氮中充分研磨,收集于1.5 mL的EP管中,用RNA提取试剂盒(SK1312,上海生工)提取总RNA,用cDNA试剂盒(SK2445,上海生工)以提取的总RNA为模板进行RT反应,然后立即进行实时荧光定量PCR反应。*SGLT*1、*PepT*1基因和内参基因β-肌动蛋白(β-actin)引物均由上海生工设计并合成,引物序列见表1。反应体系如下:cDNA 2 μL,SYBR Green Real time PCR Master Mix 10 μL,上游、下游引物各1 μL,0.1% DEPC处理水6 μL。实时荧光定量PCR反应程序如下:95 ℃ 3 min,然后95 ℃ 30 s进行40个循环,最后70 ℃延伸5 min。分别测定目的基因和内参基因的Ct值,用$2^{-\Delta\Delta Ct}$方法计算各基因表达量。

表1 实时荧光定量PCR引物序列

Table 1 Primer sequences used for real-time quantitative-PCR

基因 Genes	GenBank登录号 GenBank accession No.	引物序列 Primer sequences (5′—3′)	扩增长度 Amplification size/bp	温度 Temperature/℃
钠/葡萄糖共转运载体1 *SGLT*1	M34044	F:TTACATCCAGTCTGTCACCAGTTAC R:CAAAAGGCTCCCTCCTCATT	99	58.0 58.4
二肽转运载体1 *PepT*1	EU400159	F:AGATGAAATGTGAGCGTATGGG R:GCCTTCTTTACTCGGCTGGTT	153	59.3 60.4
β-肌动蛋白 β-actin	U07786	F:AAATCCGTTGGCTGGTTGA R:CAAACATCGGGGAAGAAAGG	198	58.6 59.6

1.3　数据处理

采用 SPSS 17.0 统计软件对断奶前和断奶后 1 周内的数据进行方差分析和 Duncan 氏多重比较。试验结果用平均值±标准差表示。$P<0.05$ 为差异显著,$P<0.01$ 为差异极显著。

2　结果与分析

2.1　仔猪断奶后 1 周内血清生化指标的变化规律

由表 2 可知,与断奶前相比,血清碱性磷酸酶活性在断奶后第 2 天显著降低($P<0.05$),在断奶后第 8 天极显著降低($P<0.01$),血清钾离子含量在断奶后第4和8天显著增加($P<0.05$),血清尿素氮含量在断奶后第 2 天极显著增加($P<0.01$),在断奶后第 8 天又显著降低($P<0.05$),血清免疫球蛋白 G 含量断奶后均显著降低($P<0.05$)。其他指标在断奶前后无显著差异($P>0.05$)。

2.2　仔猪断奶后 1 周内十二指肠形态结构的变化规律

由图 1 和表 3 可知,和断奶前相比,十二指肠绒毛高度在断奶后第 2 天极显著降低($P<0.01$),在断奶后第 4 天显著降低($P<0.05$),隐窝深度在断奶后第 2 和 4 天均显著增加($P<0.05$),V/C 在断奶后第 2 和 4 天均显著降低($P<0.05$)。

表 2　仔猪断奶前后血清生化指标

Table 2　Biochemical indices in serum of pre- and post-weaning piglets

项目 Items	断奶前 Pre-weaning	断奶后第 2 天 Day 2 post-weaning	断奶后第 4 天 Day 4 post-weaning	断奶后第 8 天 Day 8 post-weaning
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	501.69 ± 51.49^{Aa}	364.75 ± 58.67^{ABb}	434.75 ± 65.06^{Aa}	277.50 ± 20.75^{Bb}
钠 Sodium/(mmol/L)	142.25 ± 2.02	138.50 ± 2.10	139.00 ± 0.82	144.25 ± 3.45
氯 Chlorine/(mmol/L)	99.75 ± 2.28	98.00 ± 1.78	98.75 ± 0.48	102.75 ± 1.03
钾 Potassium/(mmol/L)	5.20 ± 0.29^{b}	5.53 ± 0.13^{ab}	6.15 ± 0.72^{a}	6.08 ± 0.37^{a}
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	7.25 ± 0.54	6.08 ± 0.58	6.55 ± 0.50	6.83 ± 0.92
尿素氮 UN/(mmol/L)	4.58 ± 0.34^{Bb}	7.65 ± 0.33^{Aa}	4.50 ± 0.50^{Bb}	3.83 ± 0.56^{Bc}
总蛋白 TP/(g/L)	52.95 ± 1.49	51.93 ± 1.69	52.30 ± 1.25	51.48 ± 0.56
白蛋白 ALB/(g/L)	31.53 ± 1.52	33.30 ± 2.25	32.25 ± 0.75	32.43 ± 0.27
球蛋白 GLB/(g/L)	20.53 ± 2.33	18.63 ± 2.15	20.05 ± 1.51	19.58 ± 0.97
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	1.99 ± 0.06^{a}	1.74 ± 0.08^{b}	1.78 ± 0.10^{b}	1.78 ± 0.09^{b}

同行数据肩标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

In the same row, values with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$), and with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as bellow.

2.3　仔猪断奶后 1 周内空肠 *SGLT1* 和 *PepT1* 基因表达量的变化规律

由表 4 可知,与断奶前相比,仔猪空肠中 *SGLT*1 基因表达量在断奶后均显著降低($P<0.05$),*PepT*1 基因表达量在断奶后第 4 和 8 天均显著降低($P<0.05$)。

3　讨　论

3.1　仔猪断奶后 1 周内血清生化指标的变化规律

机体血液指标可反映动物生理机能和健康状况,有研究表明仔猪断奶会导致仔猪血液指标的变化[7]。朱孟玲等[8]选取 5 日龄断奶的小梅山仔猪和长梅仔猪,分别于断奶时、断奶后 1、3 和 5 d 测定血清生化指标,发现断奶后血清中白蛋白、球蛋白含量显著降低。本试验结果表明,断奶后血清球蛋白含量也降低,但没有达到显著的水平,说明断奶应激对仔猪免疫功能有一定的影响。本试验还发现,血清碱性磷酸酶活性在断奶前最高,断奶后第 2 和 8 天显著或极显著降低,这与朱孟玲等[8]的研究结果不一致,他们发现血清碱性磷酸酶活性在不同品系中的结果不一,即纯种猪,断奶应激对血清碱性磷酸酶活性无显著影响,而在杂交仔猪中,断奶后血清中其活性显著上升。Melo 等[9]最新研究表明,小肠碱性磷酸酶可抑制肠道菌群移位及炎症产生,进而有利用仔猪肠道健康。Lackeyram 等[10]在断奶仔猪上的研究表明,断奶

可降低碱性磷酸酶蛋白表达量和碱性磷酸酶活性,这间接表明碱性磷酸酶可促进肠道健康,提高养分的吸收利用率。而本试验结果也表明了断奶对仔猪肠道健康有一定的危害。造成结果不一致的原因可能在于猪的品种、年龄及所用的饲粮类型不同。血清尿素氮含量反映了蛋白质吸收的效率,可以准确地反映动物机体内蛋白质代谢和氨基酸之间的平衡状况[11],氨基酸平衡良好时,尿素氮含量下降,尿素氮含量越低则说明氮的利用率越高。本试验中,断奶后第 2 天血清尿素氮含量最高,表明蛋白质的消化吸收最差。

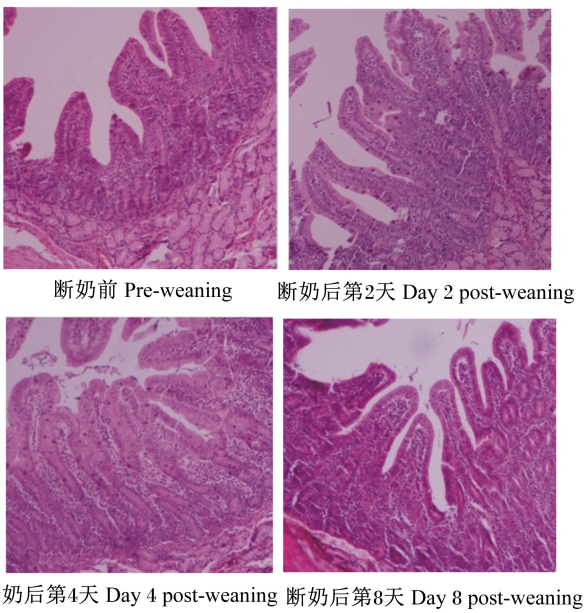

图 1 仔猪断奶前后十二指肠绒毛形态结构

Fig.1 Morphology of duodenum in pre- and post-weaning piglets

3.2 仔猪断奶后 1 周内十二指肠形态结构的变化规律

小肠是营养物质吸收利用的主要场所,肠绒毛高度和隐窝深度反映小肠的功能状态,绒毛高度越高,隐窝深度越浅越利于饲粮中营养物质的吸收。断奶应激使得仔猪采食量下降和营养缺乏,进而导致肠道的结构和功能受损,主要表现为断奶后肠道绒毛萎缩和隐窝增生[12]。

任曼等[13]测定了仔猪 21 日龄断奶及断奶后 14 d 十二指肠和空肠的绒毛高度和隐窝深度,发现断奶后 14 d 的十二指肠绒毛高度显著增加,隐窝深度无显著差异。但他们没有测断奶后 1 周内仔猪肠道结构的变化。Tang 等[14]的研究结果表明,和断奶前相比,断奶后 3 d 小肠绒毛及 V/C 极显著降低,隐窝深度极显著增加。Cera 等[15]早期的研究结果也表明,断奶后第 3 天绒毛高度比断奶时下降 65.3%,这与本试验研究结果较为一致,本试验结果表明,十二指肠绒毛高度在断奶后第 2 天极显著降低,断奶后第 4 天显著降低,隐窝深度在断奶后第 2 和 4 天均显著增加,V/C 在断奶后第 2 和 4 天均显著降低。小肠绒毛高度及隐窝深度的改变影响机体能量和蛋白质代谢[16]。

3.3 仔猪断奶后 1 周内相关功能基因表达的变化规律

SGLT1 位于小肠上皮刷状缘膜表面,是主动转运葡萄糖进入小肠上皮细胞内部的关键载体[17]。研究表明,*SGLT*1 的表达决定小肠转运葡萄糖的效率[18]。研究表明,SGLT1 在整个哺乳期保持较高水平,断奶后显著下降[19]。张磊等[20]比较了新淮猪在断奶前 1 周、断奶后 3 d、断奶后 1 周和断奶后 10 d 空肠中 *SGLT*1 基因表达的变化情况,发现断奶后 3 d *SGLT*1 基因表达量和断奶前及断奶当天差异不显著,但在断奶后第 7 天显著降低,比断奶前下降了 49.3%,断奶后第 10 天虽然有所增加,但仍显著低于断奶前、断奶当天及断奶后第 3 天时的表达量。本试验结果表明,仔猪空肠中 *SGLT*1 基因表达量在断奶前显著高于断奶后的第 2、4 和 8 天,*SGLT*1 基因表达量在断奶后第 2 天就显著下降,而张磊等[20]的研究结果表明 *SGLT*1 基因表达量在断奶 1 周后才开始下降。张帅等[21]在断奶仔猪上的研究表明,空肠中 *SGLT*1 基因表达量在断奶后先降低,断奶后第 3 天开始升高。造成这些结果不一致的原因可能在于所选猪的品种、测定的日龄以及环境不同所致,但研究结果均表明了仔猪断奶后 *SGLT*1 基因表达量会显著降低,这也就阐明了仔猪断奶后 1 周内糖代谢水平显著下降的机理所在。

饲粮蛋白质在肠道的主要消化产物是游离氨基酸和寡肽(二肽和三肽),*PepT*1 基因主要在消化道中表达,对寡肽的吸收起关键性作用。邹仕庚等[22]分别测定了 1、7、26、30、60、90 和 150 日龄蓝塘和长白猪肠道 *PepT*1 基因表达量,发现 2 品种猪空肠中 *PepT*1 基因表达量在 30 日龄即断奶后第 2 天最低,显著低于断奶前(26 日龄)和 60 日龄仔猪,说明断奶可显著降低 *PepT*1 基因表达量。本研究结果也表明,仔猪断奶后第 2 天 *PepT*1 基

因表达量最低,表明断奶也影响机体蛋白质代谢。最近的研究表明 PepT1 可通过调控小肠隐窝-绒毛轴而维持肠道健康[23],进一步证实了仔猪断奶后 *PepT*1 基因表达量降低,对肠道健康有负面影响。

表 3　仔猪断奶前后十二指肠形态结构

Table 3　Morphology of duodenum in pre- and post-weaning piglets

项目 Items	断奶前 Pre-weaning	断奶后第 2 天 Day 2 post-weaning	断奶后第 4 天 Day 4 post-weaning	断奶后第 8 天 Day 8 post-weaning
绒毛高度 Villus height/μm	338.04±47.09^{Aa}	211.78±6.29^{Bc}	260.59±21.94^{ABb}	299.63±20.78^{Aa}
隐窝深度 Crypt depth/μm	202.75±4.02^{b}	268.35±24.66^{a}	277.59±16.00^{a}	224.89±26.88^{b}
绒毛高度/隐窝深度 V/C	1.67±0.26^{a}	0.79±0.05^{b}	0.94±0.16^{b}	1.33±0.22^{a}

表 4　仔猪断奶前后空肠 *SGLT*1 和 *PepT*1 基因表达量

Table 4　Gene expression levels of *SGLT*1 and *PepT*1 of jejunum in pre- and post-weaning piglets

基因 Genes	断奶前 Pre-weaning	断奶后第 2 天 Day 2 post-weaning	断奶后第 4 天 Day 4 post-weaning	断奶后第 8 天 Day 8 post-weaning
钠/葡萄糖共转运载体 1 *SGLT*1	0.93±0.16^{a}	0.57±0.12^{b}	0.52±0.17^{b}	0.54±0.05^{b}
二肽转运载体 1 *PepT*1	0.96±0.04^{a}	0.82±0.11^{ab}	0.63±0.02^{b}	0.70±0.10^{b}

4　结　论

本试验结果表明了断奶 1 周内对仔猪生理机能造成了一定的应激,降低了仔猪血清中免疫球蛋白 G 含量,改变了仔猪十二指肠形态结构,降低了空肠中 *SGLT*1 和 *PepT*1 基因表达量,尤其以断奶后第 2 和 4 天应激最强。

参考文献:

[1] LE DIVIDICH J, SÈVE B. Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet[J]. Domestic Animal Endocrinology, 2000, 19(2): 63-74.

[2] PLUSKE J R, HAMPSON D J, WILLIAMS I H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review[J] Livestock Production Science, 1997, 51(1/2/3): 215-236.

[3] WRIGHT E M, HIRSCH J R, LOO D D, et al. Regulation of Na^+/glucose cotransporters[J] Journal of Experimental Biology, 1997, 200(2): 287-293.

[4] SHEN H, SMITH D E, BROSIUS Ⅲ F C. Developmental expression of *PEPT*1 and *PEPT*2 in rat small intestine, colon, and kidney[J]. Pediatric Research, 2001, 49(6): 789-795.

[5] 黄志毅,邹仕庚,职爱民,等.猪肠道葡萄糖转运载体 mRNA 表达的组织分布特异性[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十次学术研讨会.杭州:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2008.

[6] 魏巍,刘洪杰,何仲贵.靶向肠道寡肽转运体 1(PepT1)前药的研究进展[J].沈阳药科大学学报, 2017,34(9):788-795.

[7] 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.

[8] 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液指标的检测[J].畜牧与兽医, 2011,43(7):66-69.

[9] MELO A D B, SILVEIRA H, LUCIANO F B, et al. Intestinal alkaline phosphatase: potential roles in promoting gut health in weanling piglets and its modulation by feed additives-a review[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2016, 29(1): 16-22.

[10] LACKEYRAM D, YANG C B, ARCHBOLD T, et al. Early weaning reduces small intestinal alkaline phosphatase expression in pigs[J]. The Journal of Nutrition, 2010, 140(3): 461-468.

[11] KOHN R A, DINNEEN M M, RUSSEK-COHEN E. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats[J]. Journal of Animal Science, 2005, 83(4): 879-889.

[12] 李德发.猪的营养[M].北京:北京农业大学出版社,1996:365-368

[13] 任曼,霍应峰,杨凤娟,等.仔猪断奶前后肠道形态和相关免疫蛋白基因表达的变化[J].动物营养学报,2014,26(3):614-619.

[14] TANG M,LAARVELD B,VAN KESSEL A G,et al. Effect of segregated early weaning on postweaning small intestinal development in pigs[J]. Journal of Animal Science,1999,77(12):3191-3200.

[15] CERA K R,MAHAN D C,CROSS R F,et al.Effect of age,weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine [J].Journal of Animal Science,1988,66(2):574-584.

[16] YANG H S,XIONG X,WANG X C,et al.Effects of weaning on intestinal crypt epithelial cells in piglets [J].Scientific Reports,2017,6:36939.

[17] WRIGHT E M.Renal Na^+-glucose cotransporters[J]. American Journal of Physiology Renal Physiology, 2001,280(1):F10-F18.

[18] RODRIGUEZ S M, GUIMARAES K C, MATTHEWS J C, et al. Influence of abomasal carbohydrates on small intestinal sodium-dependent glucose cotransporter activity and abundance in steers[J]. Journal of Animal Science, 2004, 82(10): 3015-3023.

[19] CAO M,CHE L Q,WANG J,et al.Effects of maternal over- and undernutrition on intestinal morphology, enzyme activity,and gene expression of nutrient transporters in newborn and weaned pigs[J]. Nutrition, 2014,30(11/12):1442-1447.

[20] 张磊,王丽娜,石志敏,等.断奶前后仔猪十二指肠、空肠和回肠 *SGLT*1 mRNA 表达的变化及半胱胺的影响[J].农业生物技术学报,2006,14(6):850-854.

[21] 张帅,刘婷婷,周琳,等.断奶仔猪小肠钠葡萄糖转运蛋白 1 和葡萄糖转运蛋白 2 mRNA 表达变化及饲粮添加谷氨酰胺对其的影响[J].动物营养学报,2011,23(6):983-990.

[22] 邹仕庚,冯定远,黄志毅,等.猪肠道寡肽转运载体 1(*PepT*1)mRNA 表达的肠段特异性和发育性变化[J].农业生物技术学报,2009,17(2):229-236.

[23] ZHANG Y C, VIENNOIS E, ZHANG M Z, et al. PepT1 expression helps maintain intestinal homeostasis by mediating the differential expression of miRNAs along the crypt-villus axis[J]. Scientific Reports, 2016,6:27119.

Changes in Serum Biochemical Indices, Duodenal Morphology, Expression Levels of Sodim-Gluose Transporter 1 and Peptidetransporter 1 Genes in Jejunum of Piglets at the First Week Post-Weaning

LI Mengyun[1]　NIE Furong[1]　CHENG Wei[1]　ZHU Kuanyou[1]　GUO Liangxing[1]
ZHANG Tianyong[2]　LIU Yanhe[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Henan University of Animal Husbandry and Economy*, *Zhengzhou* 450046, *China*; 2. *Henan Guang An Bio-Tech Co.*, *Ltd*, *Zhengzhou* 450001, *China*)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the changes in serum biochemical indices, duodenal morphology and expression levels of sodim-gluose transporter 1 (*SGLT*1) and peptidetransporter 1 (*PepT*1) genes in jejunum of piglets at pre-weaning and the first week post-weaning. A total of 55 piglets at 20 days of age were selected, five piglets were slaughtered at 1 d pre-weaning, and the remained 50 piglets (weaned at 21 days of age) were randomly divided to 5 groups (pens) with 10 piglets per pen. One piglet per pen was sacrificed on d 2, 4 and 8 post-weaning, respectively. The results showed as follows: 1) compared with pre-weaning, the alkaline phosphatase activity in serum on d 2 post-weaning was significantly decreased ($P<0.05$) and was very significantly decreased on d 4 post-weaning ($P<0.01$); serum potassium ion content was significantly increased on d 4 and 8 post-weaning ($P<0.05$); serum urea nitrogen content was very significantly increased on d 2 post-weaning ($P<0.01$) and significantly decreased on d 8 post-weaning ($P<0.05$); serum immunoglobulin G content was significantly decreased after weaning ($P<0.05$). 2) Compared with pre-weaning, the duodenal villus height was significantly decreased on d 2 post-weaning ($P<0.01$) and d 4 post-weaning ($P<0.05$), crypt depth in duodenum was significantly enhanced on d 2 and 4 post-weaning ($P<0.05$), and the ratio of villus height to crypt depth was also significantly decreased on d 2 and 4 post-weaning ($P<0.05$). 3) Compared with pre-weaning, the expression levels of *SGLT*1 gene in jejunum was also significantly decreased after weaning ($P<0.05$); the expression level of *PepT*1 gene in jejunum on d 4 and 8 post-weaning was significantly decreased ($P<0.05$). These results suggest that weaning on the first week causes a certain stress on physiological functions of piglets. Weaning reduces the serum immunoglobulin G content, changes the duodenal morphology, decreases the expression levels of *SGLT*1 and *PepT*1 genes in jejunum, which may affect the digestion and absorption of carbohydrates and proteins, especially on d 2 and 4 post-weaning. [***Chinese Journal of Animal Nutrition***, **2019**, **31**(**2**):**757-763**]

Key words: piglets; serum biochemical indices; intestinal morphology; gene expression; pre- and post-weaning

* Corresponding author, associate professor, E-mail: daliul@yahoo.com.cn

(责任编辑　陈　鑫)