

奶牛围产期血清脂肪代谢、肝脏功能和氧化指标的变化

熊桂林¹, 付志新^{1,2}, 曹随忠^{1,3}, 顾建红¹, 陈大伟¹, 刘宗平^{1*}

(1. 扬州大学兽医学院, 扬州 225009; 2. 河北科技师范学院, 秦皇岛 066600;

3. 四川农业大学动物医学院, 雅安 625014)

摘要: 选择产前 30 d 的奶牛 30 头, 分别在产前 30、20、10、5、0 d 和产后 5、10、15、20 d 采集血清, 检测脂肪代谢指标(TG、Chol、NEFA、HDL、LDL 含量)、肝脏功能指标(AKP、LDH、ALT、AST 活性)和抗氧化、脂质过氧化指标(GSH-Px、SOD、CAT 活性和 MDA 含量)。结果表明:①血清 TG 和 Chol 含量产前呈降低趋势, TG 含量产犊当天急剧下降, Chol 含量产后逐渐升高;血清 NEFA 含量产前变化不明显, 产犊当天急剧升高, 产犊 5 d 开始降低;血清 LDL 和 HDL 水平产前呈降低趋势, 产后逐渐升高。②血清 LDH 和 AST 活性在产前 5 d 或产犊当天开始升高, 产犊 5 d 后逐渐降低;ALT 和 AKP 活性各时间段变化不明显。③血清 CAT 和 GSH-Px 活性在产前呈降低的趋势, 产犊当天升高, 之后逐渐降低;血清 SOD 活性产前呈升高趋势, 产犊当天达到最高峰, 之后逐渐降低;血清 MDA 含量在产前 5 d 开始升高, 产犊 5 d 后逐渐降低。表明奶牛围产期发生脂肪动员和氧化状态失衡。

关键词: 奶牛; 围产期; 肝脏功能; 脂肪代谢; 氧化状态

中图分类号: S823. 91; S856. 5

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2010)08-1039-07

Changes in Serum Fat Metabolism, Liver Function and Lipid Peroxidation of the Transition Cow

XIONG Gui-lin¹, FU Zhi-xin^{1,2}, CAO Sui-zhong^{1,3}, GU Jian-hong¹,

CHEN Da-wei¹, LIU Zong-ping^{1*}

(1. College of Veterinary Medicine, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

2. Hebei Science & Technology of Normal University, Qinhuangdao 066600, China;

3. College of Veterinary Medicine, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: Thirty Holstein dairy cows at 30 d before calving were selected for this study. Serum samples were collected at 30, 20, 10, 5 d before calving, 0 d calving and 5, 10, 15, 20 d after calving. Fat metabolism (concentrations of TG, Chol, NEFA, HDL and LDL), liver enzyme activities (AKP, LDH, ALT and AST activities), and antioxidation, lipid peroxidation (GSH-Px, SOD and CAT activities, MDA content) indexes in serum were measured. The result showed that: ① Concentrations of serum TG had a declining trend from 30 d before calving and decreased sharply on the day of calving. Concentration of Chol had a declining trend before calving and then increasing after calving. NEFA concentrations increased at calving, reaching peak level on day 5 after calving and started to decrease thereafter. Concentrations of serum HDL and LDL decreased slightly before calving period and increased gradually after calving. ② LDH and AST activities were the highest at day 5 before calving and the day of calving, respectively. ALT and AKP activities did not differ significantly at any stage. ③ CAT and GSH-Px activities showed a declining

收稿日期: 2009-09-03

基金项目: 江苏省高校“青蓝工程”中青年学科带头人培养对象资助项目(2006); 江苏省自然科学基金项目(BK2008214)

作者简介: 熊桂林(1968-), 女, 江苏东海人, 副研究员, 博士, 主要从事动物营养代谢病研究, E-mail: glxiong@yzu.edu.cn

* 通讯作者: 刘宗平, E-mail: liuzongping@yzu.edu.cn

trend before calving period and increased at the day of calving followed by a decrease. SOD activity had increasing trend from day -30 to 0 and started to decrease thereafter. MDA content increased from day 5 before calving and decreased from day 5 after calving. In conclusion, there were the extensive mobilization of body fat and an imbalance in the oxidative status in the transition period of dairy cows.

Key words: dairy cows; transition period; liver function; fat metabolism; oxidative status

奶牛的围产期是指产前 3 周至产后 3 周的时期(也有人认为是产前 4 周至产后 4 周),奶牛由于高产的需要,其营养和代谢与其他反刍动物有明显的差异^[1-2]。围产期奶牛能量需要增加,但干物质采食量下降,而分娩后大量泌乳所需要的能量超过干物质采食量所能提供的能量,造成能量负平衡(NEB),脂肪动员是围产期奶牛能量负平衡的必然结果^[3]。脂肪分解一方面弥补糖异生作用降低所引起的能量亏欠,另一方面释放大量 NEFA 进入血液和肝脏,造成脂肪在肝脏蓄积,损害肝细胞及其功能。另外,奶牛从妊娠到泌乳要经历巨大的代谢和生理适应过程,临产阶段活性氧(ROS)生成增加和抗氧化防御能力之间的不平衡使奶牛处于氧化应激状态,导致机体免疫功能和炎症应答能力下降,对疾病的易感性增强,是围产期疾病发生的主要原因^[4-5],但国内缺乏高产奶牛围产期不同阶段相关指标的参考值。本文对围产期奶牛肝脏功能、脂肪代谢和氧化应激状态进行系统研究,目的是为围产期疾病的预测预报和评价奶牛的健康状况提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验牛选择及样品采集

试验牛选自扬州大学实验农牧场,该场饲养荷斯坦奶牛 750 头(其中成年母牛 400 头、后备母牛 300 头、犊牛 50 头),常规饲养管理,日粮按照 NRC (2001)配制全混合日粮(TMR),自由采食。精料组成为豆粕 15%、酒糟蛋白饲料(DDGS)18%、棉籽饼 10%、玉米 50.5%、碳酸氢钙 2.5%、食盐 1%、其他矿物质和维生素添加剂 1%;全混合日粮的组成为精料 25%、玉米青贮 45%、微贮啤酒糟 20%、苹果粕 10%。本研究选择产前 30 d 的奶牛 30 头,分别在产前 30、20、10、5、0 d 和产后 5、10、15、20 d 从尾静脉采集血液,分离血清。

1.2 测定项目

1.2.1 脂肪代谢指标测定 血清甘油三酯

(TG)、总胆固醇(Chol)、非酯化脂肪酸(NEFA)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)含量用全自动生化分析仪测定,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.2.2 肝功能相关酶活性测定 血清碱性磷酸酶(AKP)、乳酸脱氢酶(LDH)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)活性用全自动生化分析仪测定,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.2.3 抗氧化和脂质过氧化指标测定 血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性和丙二醛(MDA)含量用 722 光栅分光光度计(上海精密科学仪器有限公司)测定,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.3 数据分析

所有数据用 SPSS15.0 软件单因素方差分析方法(ANOVA)进行组间差异的统计学分析,各组数据均以平均值±标准差表示。

2 结果

围产期奶牛血清脂肪代谢指标的变化见表 1。结果表明:血清 TG 含量产前 30 d 开始逐渐降低,产犊当天急剧下降,与产前相比差异显著($P < 0.05$),产犊 5 d 后维持在较低水平。血清 Chol 含量产前 30 d 逐渐降低,产犊当天达到最低水平,之后逐渐升高,产犊当天与产前第 30 天和产后第 20 天相比差异显著($P < 0.05$)。血清 NEFA 含量产前变化不明显,产犊当天急剧升高,产后 5 d 达到最高水平,之后降低,但仍显著高于产前($P < 0.05$)。血清 HDL 水平产前呈降低趋势,产后 10 d 逐渐升高,第 20 天与产犊当天呈显著差异($P < 0.05$)。血清 LDL 含量产前呈降低趋势,产后 5 d 达到最低水平,之后逐渐升高,产后第 5 天与产前第 30 天和产后第 20 天相比差异显著($P < 0.05$)。

表 1 奶牛围产期血清脂肪代谢指标的变化

Table 1 Variation of serum metabolic parameters in the transition cow

产犊时间/d Days from parturition	TG/(mmol · L ⁻¹)	Chol/(mmol · L ⁻¹)	NEFA/(mmol · L ⁻¹)	HDL/(mmol · L ⁻¹)	LDL/(mmol · L ⁻¹)
-30	0.33 ± 0.06 ^a	2.94 ± 0.39 ^a	0.275 ± 0.145 ^a	1.74 ± 0.28 ^{ab}	0.64 ± 0.16 ^a
-20	0.28 ± 0.09 ^a	2.70 ± 0.38 ^{ab}	0.265 ± 0.131 ^a	1.64 ± 0.16 ^{ab}	0.56 ± 0.21 ^{ab}
-10	0.27 ± 0.09 ^a	2.51 ± 0.59 ^{ab}	0.301 ± 0.129 ^a	1.62 ± 0.28 ^{ab}	0.50 ± 0.17 ^{ab}
-5	0.26 ± 0.07 ^a	2.40 ± 0.47 ^{ab}	0.294 ± 0.128 ^a	1.72 ± 0.19 ^{ab}	0.51 ± 0.15 ^{ab}
0	0.19 ± 0.08 ^b	2.11 ± 0.34 ^b	0.480 ± 0.184 ^A	1.57 ± 0.22 ^a	0.46 ± 0.12 ^{ab}
5	0.13 ± 0.07 ^{bA}	2.35 ± 0.89 ^{ab}	0.562 ± 0.131 ^A	1.64 ± 0.36 ^a	0.40 ± 0.11 ^b
10	0.11 ± 0.02 ^{bA}	2.67 ± 0.57 ^{ab}	0.492 ± 0.136 ^A	1.95 ± 0.36 ^{ab}	0.50 ± 0.13 ^{ab}
15	0.11 ± 0.03 ^{bA}	2.86 ± 0.59 ^{ab}	0.380 ± 0.131 ^{bA}	2.06 ± 0.35 ^{ab}	0.58 ± 0.15 ^{ab}
20	0.12 ± 0.03 ^{bA}	3.50 ± 0.61 ^a	0.310 ± 0.124 ^{abA}	2.34 ± 0.28 ^b	0.74 ± 0.26 ^a

同一列肩标不同小写字母为 $P < 0.05$, 不同大写字母为 $P < 0.01$ 。下表同

Means with different small letters in the column are significant ($P < 0.05$), with different capital letters are extremely significant ($P < 0.01$). The same as below

围产期奶牛血清肝功能 4 种酶活性的测定结果见表 2。结果表明:血清 AKP 活性在产前 5 d 开始升高,产犊当天和产后 5 d 活性最高,之后逐渐降低,但各时间段均差异不显著($P > 0.05$);LDH 活性在产前 5 d 至产后 5 d 增加,产犊当天活性最高,

不同时间段有显著差异($P < 0.05$);AST 活性在产犊当天开始升高,产犊 5 d 后逐渐降低,但仍高于产前,产后与产前相比有显著差异($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);ALT 活性在围产期呈波动状态,未发现明显的变化规律,各时间段均无显著差异($P > 0.05$)。

表 2 奶牛围产期血清肝功能相关酶活性的变化

Table 2 Variation of serum enzymes with liver function in the transition cow

产犊时间/d Days from parturition	AKP/(金氏单位 · 100 mL ⁻¹) (King unit · 100 mL ⁻¹)	LDH / (U · L ⁻¹)	AST/ (U · L ⁻¹)	ALT/(U · L ⁻¹)
-30	7.6 ± 2.1	3 879 ± 383 ^a	9.1 ± 3.9 ^a	11.5 ± 2.9
-20	7.2 ± 2.4	3 833 ± 744 ^a	11.2 ± 3.4 ^{ab}	10.5 ± 3.7
-10	6.8 ± 2.7	3 602 ± 505 ^a	11.3 ± 3.0 ^{ab}	9.9 ± 2.2
-5	9.4 ± 2.2	3 949 ± 412 ^a	10.7 ± 4.8 ^a	10.3 ± 4.2
0	10.9 ± 1.6	4 649 ± 420 ^b	13.2 ± 6.1 ^b	11.0 ± 3.5
5	10.6 ± 1.7	4 180 ± 845 ^{ab}	20.9 ± 9.3 ^B	13.4 ± 5.1
10	6.7 ± 1.2	4 022 ± 342 ^{ab}	20.3 ± 7.4 ^B	10.8 ± 2.5
15	7.3 ± 0.8	3 862 ± 582 ^a	18.0 ± 5.6 ^B	13.2 ± 3.1
20	6.9 ± 1.0	4 097 ± 819 ^{ab}	17.9 ± 5.8 ^B	11.8 ± 7.6

围产期奶牛血清抗氧化和脂质过氧化指标的变化见表 3。结果表明:CAT 活性在产前呈降低的趋势,产犊当天升高,之后逐渐降低,产后第 5 天开始与产前或产犊当天相比有显著或极显著差异($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);GSH-Px 活性产前 30 d 开始逐渐降低,产犊当天突然升高,产后 5 d 达到最高峰,之后逐渐降低,不同时间段之间呈显著或极显著差

异($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。SOD 活性从产前 30 d 开始逐渐升高,产犊当天达到最高峰,与产前和产后不同时间段有显著差异($P < 0.05$),之后逐渐降低。MDA 含量在产前 30~10 d 呈降低的趋势,产前 5 d 开始升高,产后 5 d 达到最高峰,之后逐渐降低,不同时间段之间有显著差异($P < 0.05$)。

表3 奶牛围产期血清脂质过氧化指标的变化

Table 3 Variation of serum antioxidation and lipid peroxidation in the transition cow

产犊时间/d Days from parturition	CAT/(U · L ⁻¹)	GSH-Px/(μmol · L ⁻¹)	SOD/(U · L ⁻¹)	MDA/(μmol · L ⁻¹)
-30	5.0 ± 2.8 ^{aA}	160.5 ± 59.7 ^{aA}	92.6 ± 9.9 ^a	3.9 ± 1.2 ^{ab}
-20	6.0 ± 3.5 ^{aA}	148.9 ± 54.9 ^{aA}	98.9 ± 8.7 ^a	3.8 ± 0.9 ^{ab}
-10	5.0 ± 1.8 ^{aA}	140.8 ± 61.0 ^{ab}	104.8 ± 15.8 ^{ab}	3.0 ± 1.9 ^b
-5	3.7 ± 2.0 ^{bA}	114.1 ± 63.6 ^{bB}	116.8 ± 9.2 ^{ab}	4.1 ± 1.5 ^{ab}
0	4.7 ± 1.9 ^{aA}	178.2 ± 52.0 ^{aAB}	127.3 ± 9.0 ^b	4.8 ± 1.5 ^a
5	2.5 ± 1.2 ^B	209.9 ± 61.0 ^{aA}	111.0 ± 12.9 ^{ab}	4.9 ± 0.9 ^a
10	2.1 ± 1.5 ^B	188.6 ± 49.1 ^{aAB}	109.2 ± 17.8 ^{ab}	4.8 ± 1.0 ^a
15	2.3 ± 1.4 ^B	154.6 ± 60.3 ^{aAB}	92.9 ± 28.2 ^a	4.2 ± 0.9 ^{ab}
20	1.5 ± 0.7 ^B	146.1 ± 53.0 ^{aAB}	88.9 ± 20.7 ^a	3.8 ± 1.4 ^{ab}

3 讨论

3.1 奶牛围产期脂肪代谢相关指标的动态变化规律

通常奶牛产后达到产奶高峰后几周,干物质采食量才能恢复正常,但能量负平衡在产奶后第1周最明显。脂肪动员是围产期奶牛能量负平衡的必然结果,由于脂肪组织和肝脏糖原消耗增加,血浆非酯化脂肪酸(NEFA)显著升高。研究显示^[6],围产期奶牛肝脏脂肪含量普遍增加(由正常的小于3%增加到3%~5%),一旦出现代谢紊乱,就容易发生严重的脂肪肝(新鲜肝脏脂肪含量超过5%)。据报道^[1-2],脂肪肝的发生与肥胖或体况好的奶牛围产期能量负平衡所致的脂肪动员过度有关。Rukkwasuk等^[7]研究表明,与分娩前相比,分娩后3d肥牛血液NEFA增加446%,肝脏脂肪含量增加514%,正常牛NEFA仅增加123%,肝脏脂肪含量仅增加97%,肥牛的肝脏糖异生能力也降低。组织学检查发现,分娩当天肝脏甘油三酯增加3倍,分娩后4周增加4倍;肝脏脂肪水平在分娩当天增加2倍,分娩后4周仍增加2倍以上。由此可见,高产奶牛在围产期和泌乳早期,体质量损失,干物质采食量下降,血液NEFA水平增加和肝脏脂肪蓄积是不可避免的。由于奶牛围产期肝脏脂肪含量的增加可能影响肝脏功能状态,因此在围产期监测脂肪代谢及肝脏功能状态,对评价奶牛的健康状况具有重要意义。

研究认为^[8],奶牛干乳期血清NEFA含量较低,分娩时迅速升高并出现峰值,较高浓度持续的时间反应了机体的能量负平衡状态。Seifi等^[9]发现,奶牛血清NEFA水平在分娩时增加,产后第8天达到峰值,然后开始逐渐降低,同时发现产前血清NEFA含量与产后TG、β-羟丁酸含量之间呈正相关,表明干乳末期监测NEFA是围产期脂肪动用和

能量状态的可靠指标。这一结果与奶牛在产犊和产后1周血清NEFA含量升高,1~2周后开始降低,8周降至产前水平的报道基本一致^[10]。Mohebbi-Fani等^[11]对奶牛产前、分娩和产后分别采集血液,发现血糖与血清NEFA含量呈负相关,血糖在产前20d最高,分娩时降至最低,泌乳开始逐渐升高;血清NEFA在产前20d最低(0.22 ± 0.07 mmol · L⁻¹),分娩时突然升高(0.7 ± 0.57 mmol · L⁻¹),泌乳22~70d明显降低(0.33 ± 0.21 mmol · L⁻¹),随着泌乳期延长逐渐降至产前水平。本研究表明,血清NEFA含量产前30d变化不明显,分娩当天突然升高,产后5~10d达到最高水平,之后降低,至产后20d仍显著高于产前,与上述结果基本一致。可见奶牛围产期血清NEFA含量在干乳后期处于较低状态,分娩时突然升高,泌乳早期维持在较高水平,持续时间与能量负平衡状态有关,然后逐渐降低至产前水平,目前公认的妊娠末期血浆NEFA含量的极限值为0.4 mmol · L⁻¹,泌乳早期为0.7 mmol · L⁻¹^[12]。动用体脂所产生的NEFA通过3个途径代谢^[1-2],一是被乳腺利用合成乳脂,二是被外周组织作为能源利用,三是在肝脏重新酯化成甘油三酯贮存在肝脏和构成极低密度脂蛋白从肝脏输出。奶牛肝脏通过三羧酸循环氧化脂肪的能力有限,过量动用体脂导致肝脏NEFA不完全氧化,乙酰辅酶A增加,生成酮体。

胆固醇在血液中与载脂蛋白结合,以可溶性脂蛋白的形式存在。胆固醇作为细胞膜的成分维持细胞的形态和功能,是类固醇激素和胆汁酸的前体,胆固醇测定对脂肪代谢异常和某些肝胆疾病的诊断具有一定意义。有关奶牛围产期血清胆固醇含量变化规律的报道基本一致,但因采样的时间点不同结果有一定差异。Mendoza等^[10]研究发现,奶牛血清胆固醇含量在产前降低,分娩时达到最低点,产后胆固

醇含量与泌乳周有关,随着泌乳周增加逐渐升高;这一结果与胆固醇含量在干奶期降低,产前第 8 天和产后第 8 天较低,在产后 21 d 迅速升高相一致。本研究发现,奶牛血清胆固醇含量产前 30 d 后逐渐降低,产犊当天达到最低水平,之后逐渐升高,产后 20 d 达较高水平,与上述结果及产前和产后 1 周呈最低状态^[43],泌乳中期达最高值($6.63 \pm 3.05 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)^[11]的报道相一致。由此可见,奶牛血清胆固醇含量的变化规律是干乳后期逐渐降低,分娩时呈最低状态,之后逐渐升高,泌乳中期达到较高水平。妊娠后期血清总胆固醇含量降低的原因可能是由于胎儿组织和母体激素合成需要的增加所致。

甘油三酯主要贮存于脂肪组织中,在血液中以水溶性脂蛋白形式存在。甘油三酯的测定主要用于判断脂肪代谢状况。Mohebbi-Fani 报道^[11],血清 TG 含量在产前 20 d 最高($0.31 \pm 0.25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$),产后显著降低,泌乳早期达最低($0.12 \pm 0.06 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$),整个泌乳期无明显差异。血清总脂含量在产前 20~60 d 最高($0.7 \pm 0.28 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$),产前 20 d 最低($0.4 \pm 0.09 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$),分娩时升高,泌乳中期至后期逐渐降低;血液 TG 含量在分娩后迅速降低^[14],低于产后发生脂肪肝的奶牛^[15-16];TG 含量降低表明肝脏合成和分泌极低密度脂蛋白(VLDL)的能力降低。Doepel 报道^[8],肝脏 TG 含量从产前 25 d 到分娩时大约增加 5 倍。本研究表明,奶牛血清 TG 含量在产前 30 d 开始逐渐降低,分娩当天急剧下降,产后 20 d 仍维持在较低水平,这种变化可能是泌乳期乳腺摄取 TG 合成乳脂,而干乳期乳腺合成乳脂停止使 TG 水平升高,另外干乳期乳腺停止摄入大量来源于瘤胃的醋酸盐用于合成乳脂,导致肝脏吸收的大量醋酸盐增加了 TG 的合成。

高密度脂蛋白胆固醇是血清中颗粒最小、密度最大的一组脂蛋白;而低密度脂蛋白是富含胆固醇的脂蛋白,其蛋白成分为 apoB-100,来源于极低密度脂蛋白异化及肝脏合成直接分泌入血。Mohebbi-Fani 报道^[11],奶牛围产期极低密度脂蛋白含量变化与 TG 一致,而低密度脂蛋白和高密度脂蛋白含量则在产前 20 d 最低,在泌乳期逐渐升高。泌乳期循环血液中 TG 用于合成乳脂是引起血清极低密度脂蛋白含量比干乳期高的原因。本研究表明,奶牛围产期血清 HDL 水平产前无明显变化,产后 10 d 逐渐升高;血清 LDL 含量产前逐渐降低,生产当天达到最低水平,之后有所回升,但产后 20 d 仍维持

在较低水平。极低密度脂蛋白主要的脂类是 TG,因此血清中的含量呈平行的改变。另外,产后血清 TG 和 VLDL 含量降低还与肝脏 NEFA 再酯化时 TG 用于构成 VLDL 从肝脏输出有关。

3.2 奶牛围产期血清肝功能相关酶活性的变化

肝脏是脂肪代谢的主要器官,奶牛在干乳期进入泌乳期的 10~12 周时间机体大约动员超过 60 kg 脂肪^[17],主要的变化是肝脏 NEFA 含量明显增加,超过肝脏处理能力必然要引起脂肪在肝脏蓄积,使肝脏功能受损。临床上用于反映肝脏功能状态的主要血清酶包括 AST、ALT、AKP 和 LDH 等,这些酶主要分布在肝脏、心肌、骨骼肌及肾脏等组织细胞中,当上述组织细胞受损时,细胞膜通透性增加,胞浆中的酶释放进入血液,导致血清酶活性升高。有关奶牛围产期血清酶活性的变化规律,不同作者的报道有一定差异。研究发现,奶牛分娩时血清 AKP 和 LDH 活性高于妊娠后期^[18],血清 AST 活性在产后显著高于产前^[19-20],而血清 AKP 活性未见明显变化^[13]。Seifi 等报道^[9],奶牛围产期血清肝功能相关酶活性的变化与肝细胞脂肪浸润的程度有关,血清 AST 活性在产前 22 d 最低,产后 21 d 最高,AST 活性与 TG 含量有显著的相关性。本研究结果表明,奶牛血清 AKP、LDH 活性在产前 5 d 至产后 5 d 增加,分娩当天活性最高;AST 活性从分娩当天开始逐渐升高,产后 5~10 d 逐渐降低;ALT 活性在围产期呈波动状态,产后有升高的趋势,但未发现明显的变化规律。尽管所测血清酶活性有一定的规律性变化,但在大多数时间段未出现显著差异,酶活性的升高仍在正常范围内,表明围产期血清酶活性的变化可能与肝脏脂肪沉积有关,这与脂肪肝和酮病奶牛血清 AST 活性显著升高的报道一致^[21]。因此,上述血清酶活性的测定可作为判断奶牛围产期肝脏功能状况的良好指标。

3.3 奶牛围产期血清脂质过氧化状态

在奶牛生产中,强调遗传选择、改善营养和管理大大提高了产奶量,但也容易造成泌乳初期机体的能量负平衡,导致奶牛分娩前后血清 NEFA 含量和 ROS 水平均升高^[22]。研究认为,奶牛从妊娠到泌乳要经历巨大的代谢和生理适应性,临产阶段 ROS 生成增加和抗氧化防御能力之间的不平衡使奶牛处于氧化应激状态,导致机体免疫功能和炎症应答能力下降,机体对疾病的易感性增强,是围产期疾病发生的主要原因^[4-5]。但有关奶牛围产期机体脂质过氧

化状态的变化规律目前仍不完全清楚。Castillo 等^[13, 23]监测了奶牛泌乳后期、产前 10 周至产后 2 周血清氧化状态,表明产前和产后 1 周血清 MDA 含量最高,但不同的生理阶段未出现显著差异,主要是测定结果个体差异较大。Wullepit 研究发现^[24],血浆 GSH-Px 活性在产前 2 周显著低于产后 4 周, SOD 活性产前 2 周显著高于产后 8 周,血浆维生素 E 含量产前 2 周极显著低于产后 4 周,表明奶牛泌乳早期体内氧化状态失衡,但这种氧化应激对产奶量未发现明显影响,可能主要引起疾病的易感性增强。Turk 报道^[5],干乳期血清 MDA 含量显著高于妊娠泌乳期和产后牛,说明妊娠后期 ROS 导致脂质过氧化在极度水平。Bernabucci 等报道^[25],奶牛围产期血清和红细胞 GSH-Px、SOD 活性的峰值出现在产犊前 3 d 和产犊后 1 d。本研究结果表明,血清 CAT 和 GSH-Px 活性在产前呈降低的趋势,产犊当天升高,之后逐渐降低;血清 SOD 活性产前呈升高趋势,产犊当天达到最高峰,之后逐渐降低;血清 MDA 含量在产前 5 d 开始升高,产犊 5 d 后逐渐降低。由此可见,奶牛围产期血清氧化状态的变化主要发生在干乳后期和泌乳早期,这些变化趋势与上述报道基本一致;结合脂肪代谢和肝脏功能指标的变化,可以认为高产奶牛干乳后期和泌乳早期机体脂肪动员是引起氧化状态失衡的主要原因,分娩和泌乳应激可能加重机体氧化状态失衡,但氧化应激的程度是否与肝脏脂肪沉积有关,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] MULLIGAN F J, DOHERTY M L. Production diseases of the transition cow [J]. *Vet J*, 2008, 176(1):3-9.
- [2] GRUMMER R R. Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle [J]. *Vet J*, 2008, 176(1):10-20.
- [3] 刘国文,王 哲. 围产期奶牛能量代谢障碍性疾病的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医,2004,8:78-79.
- [4] LYKKESFELDT J, SVENDSEN O. Oxidants and antioxidants in disease; oxidative stress in farm animals [J]. *Vet J*, 2007, 173(3):502-511.
- [5] TURK R, JURETIC D, GERES D, et al. Influence of oxidative stress and metabolic adaptation on PON1 activity and MDA level in transition dairy cows [J]. *Animal Reproduction Science*, 2008, 108(1-2):98-106.
- [6] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Dairy Cattle [M]. 7th Edition. Washington D C: National Academy Press, 2001.
- [7] RUKKWAMSUK T, KRUIP T A M, WENSING T. Relationship between overfeeding and overconditioning in the dry period and the problems of high producing dairy cows during the postparturient period [J]. *Vet Q*, 1999, 21(1):71-77.
- [8] DOEPEL L, LAPIERRE H, KENNELLY J. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake [J]. *J Dairy Sci*, 2002, 85(9):2315-2334.
- [9] SEIFI H A, GORJI-DOOZ M, MOHRI M. Variation of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows [J]. *Comp Clin Pathol*, 2007, 16(4):253-258.
- [10] MENDOZA A, MANNA A L, CRESPI D, et al. Whole sunflower seeds as a source of polyunsaturated fatty acids for grazing dairy cows: effects on metabolic profiles and resumption of postpartum ovarian cyclicity [J]. *Livestock Sci*, 2008, 119(1-3):183-193.
- [11] MOHEBBI-FANI M, NAZIFI S, ROWGHANI E, et al. Thyroid hormones and their correlations with serum glucose, beta hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids, cholesterol, and lipoproteins of high-yielding dairy cows at different stages of lactation cycle [J]. *Comp Clin Pathol*, 2009, 18(3):211-216.
- [12] WHITAKER D A. Interpretation of metabolic profiles in dairy cows [J]. *Cattle Pract*, 1997, 5(1):57-60.
- [13] CASTILLO C, HERNANDEZ J, BRAVO A, et al. Oxidative status during late pregnancy and early lactation in dairy cows [J]. *The Veterinary Journal*, 2005, 169(2):286-292.
- [14] VAN DEN TOP A M, TOL A V, JANSEN H, et al. Fatty liver dairy cows post partum is associated with decreased concentration of plasma triacylglycerols and decreased activity of lipoprotein lipase in adipocytes [J]. *J Dairy Res*, 2005, 72(1):129-137.
- [15] DRACKLEY J K, OVERTON T R, DOUGLAS G N. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period [J]. *J Dairy Sci*, 2001, 84(E-Suppl): E100-E112.
- [16] VAN DEN TOP A M, GEELLEN M J H, WENSING T, et al. Higher postpartum hepatic triacylglycerol concentrations in dairy cows with free versus restrict-

- ed access to feed during the dry period are associated with lower activities of hepatic glycerolphosphate acyltransferase [J]. *J Nutrition*, 1996, 126:76-85.
- [17] BEEVER D E. The impact of controlled nutrition during the dry period on dairy cow health, fertility and performance [J]. *Animal Reproduction Science*, 2006, 96(3-4):212-226.
- [18] PETER A T, BOSU W T K, MACWILLIAMS P, et al. Periparturient changes in serum alkaline phosphatase activity and lactate dehydrogenase activity in dairy cows [J]. *Can J Vet Res*, 1987, 51:521-524.
- [19] SHIBANO K, KAWAMURA S. Serum free acid concentration in hepatic lipidosis of dairy cows in the periparturient period [J]. *J Vet Med Sci*, 2006, 68(4):393-396.
- [20] 左之才,邓俊良,王 哲,等. 不同能量摄入水平对围产期健康奶牛血清总胆红素、蛋白及转氨酶的影响 [J]. *中国兽医学报*, 2007, 27(6):865-869.
- [21] STEEN A, GRONSTOL H, TORJESEN P A. Glucose and insulin responses to glucagons injection in dairy cows with ketosis and fatty liver [J]. *Zentralbl Veterinarmed A*, 1997, 44:521-530.
- [22] BIONAZ M, TREVISI E, CALAMARI L, et al. Plasma paraoxonase, health, inflammatory conditions, and liver function in transition dairy cows [J]. *J Dairy Sci*, 2007, 90(4):1740-1750.
- [23] CASTILLO C, HERNANDEZ J, VALVERDE I, et al. Plasma malonaldehyde (MDA) and total antioxidant status (TAS) during lactation in dairy cows [J]. *Research in Veterinary Science*, 2006, 80(2):133-139.
- [24] WULLEPIT N, KAES K, BEERDA B, et al. Influence of management and genetic merit for milk yield on the oxidative status of plasma in heifers [J]. *Livestock Science*, 2009, 123(2-3):276-282.
- [25] BERNABUCCI U, RONCHI B, LACETERA N, et al. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season [J]. *J Dairy Sci*, 2002, 85(9):2173-2179.

(编辑 朱绯)