新型补钙剂对奶牛产后低血钙症的防治作用

朱春燕[1]，仝静迪[2]，邓　波[1]，杨丽英[3]，成晓迅[3]，宋荣渊[3*]，程　佳[2*]

1 上海市农产品质量安全中心，上海 201708
2 河北农业大学动物医学院，河北保定 071000
3 百美达医药科技（北京）有限公司，北京 100000

摘　要：[目的]本试验旨在研究新型补钙丸剂对奶牛产后低血钙症的防治作用。[方法] 选取34 头健康2 胎次以上的经产奶牛，随机分为2组，每组17 头牛。试验组（EG组）奶牛投服新型补钙丸剂，对照组（CG组）奶牛投服常用补钙剂。在4 个时间点（产后0 h、第1次投服补钙剂后2 h、第1次投服补钙剂后12 h和第2次投服补钙剂后2~4 h）采集尾根静脉血样，测定血液矿物元素含量、血气指标、血液生化指标，并记录产后30 d内的平均产奶量和代谢性疾病发生率。[结果] 结果表明，1）投服2 种补钙剂后，4 个时间点中所有奶牛产后血液离子钙（iCa）的含量均上升，且EG组两次投服补钙剂后，血钙上升幅均显著优于CG组，第一次投服后12 h EG组iCa显著高于CG组（$P<0.05$）。第2次投服补钙剂2~4 h后所有奶牛血液中钠离子（Na^+）以及血液钾离子（K^+）含量显著高于产后0 h（$P<0.05$）。2）EG组奶牛第1次投服补钙剂12 h后血液酸碱平衡指标显著高于CG组（$P<0.05$）。不同时间点血气指标对比结果显示，EG组奶牛第1次投服补钙剂12 h和第2次投服补钙剂2~4 h后，血液酸碱平衡指标、碳酸氢根（HCO_3^-）含量显著高于产后0 h和第1次投服补钙剂2 h（$P<0.05$）。EG组奶牛第1次投服补钙剂12 h与第2次投服补钙剂2~4 h后血液总二氧化碳（TCO_2）含量显著高于EG组产后0 h（$P<0.05$）。3）奶牛产后投服两种补钙剂后，EG组与CG组的血液葡萄糖（Glu）、红细胞压积（Hct）、血红蛋白（Hb）含量均呈下降趋势。且CG组在第2次投服补钙剂2~4 h后，红细胞压积（Hct）、血液葡萄糖（Glu）、血红蛋白（Hb）含量均显著低于产后0 h（$P<0.05$）。4）EG组奶牛平均产奶量显著高于CG组（$P<0.05$），EG奶牛产后疾病发病率低于CG组。[结论] 综上所述，奶牛产后投服新型补钙丸剂可快速提升血钙浓度，降低产后低血钙症发病率；与目前国内牧场常用的产后钙棒相比，其提升血钙效

中国乳业编辑阅读

基金项目：河北省自然科学基金培育项目（C202304074）；河北农业大学引进人才科研专项（3118133）；河北省现代农业产业技术体系建设专项资金（HBCT2024230201）

作者简介：朱春燕（1984–），女，江苏南通人，硕士，高级农艺师，研究方向为牛奶质量与食品安全；
仝静迪（1999–），女，河北石家庄人，硕士，研究方向为畜禽疾病防治；
邓　波（1982–），男，湖北汉川人，硕士，高级兽医师，研究方向为农产品质量安全和品质研究；
杨丽英（1970–），女，山西平定人，硕士，高级工程师，研究方向为药物释放系统及工业化应用；
成晓迅（1977–），男，辽宁普兰店人，本科，高级工程师，研究方向为药物制剂和药物分析。

***通信作者：**宋荣渊（1984–），男，内蒙古赤峰人，硕士，研究方向为奶牛和肉牛疾病的预防与管理；
程　佳（1991–），女，山东潍坊人，副教授，硕士生导师，研究方向为临床兽医学。

果更显著。该丸剂有助于维持电解质、酸碱平衡及能量代谢稳态，从而减轻产犊应激对奶牛生产性能的负面影响，为奶牛围产期低血钙管理提供了新的方案选择。
关键词：补钙丸剂；奶牛；低血钙症；血钙浓度

文章编号：1671-4393（2025）07-0051-09　　DOI:10.12377/1671-4393.25.07.09

0 引言

作为一种围产期常见且多发于群体的奶牛营养代谢性疾病，低血钙症（Hypocalcemia）受到广泛关注[1]。在生理状态下，奶牛机体通过精细调节维持着血钙浓度的相对稳定。然而，在妊娠后期阶段，采食量下降致使钙摄入不足；在进入围产期后，分娩和泌乳会急剧增加钙需求——血液中钙离子随乳汁大量排出，致使血钙浓度短期内急剧降低，引发低血钙症及相关并发症[2, 3]。在国内某些规模化奶牛养殖场中，低血钙症的发病率可介于35%～60%之间[4]，显著高于欧洲国家（如英国、芬兰以及挪威发病率为7.5%～10.0%）[5]，且每年因产后低血钙造成直接经济损失为5 869.8 万元人民币[6]。奶牛低血钙症的主要发病于年龄偏大、营养状况比较良好、产犊次数较多的经产奶牛，且多在奶牛产后7～8 h发病[7]。

奶牛场通常通过饲喂补钙剂来预防奶牛低血钙症的发生[1]。但传统的产后补钙剂产品，均由氯化钙与硫酸钙组成，忽略了镁、维生素D_3（VD_3）和磷的补充[8]。镁、VD_3和磷可通过促进骨钙动员、钙的肠道吸收及离子平衡调节，满足产后奶牛对钙的“快速补充”与“持续维持”双重需求。鉴于此，本研究以奶牛场传统补钙剂为对照，探究添加镁、磷及过瘤胃VD_3的新型补钙丸剂对奶牛产后低血钙的防治效果，为临床防治该病提供新思路。

1 材料与方法

1.1 试验设计和饲养管理

试验在内蒙古某大型牧场进行。选择泌乳天数和产奶量基本相同的，2 胎次以上的健康经产奶牛34 头。随机分为2组：对照组（CG组）和试验组（EG组），其中CG组投喂牛场常用产后补钙剂，EG组投喂新型产后补钙剂。奶牛的日常饲养保持牧场原有的饲养制度和饲料配方。在母牛产后0 h和12 h投服补钙剂，投服按照牧场原有操作流程进行：投药器为特制的不锈钢导管，顶端是膨大的空心桶，用来盛装补钙剂；手柄处有1 个用于控制弹丸弹出的装置，投药时通过投药器将补钙剂直接通过食管送入瘤胃。牧场常用补钙剂的成分主要为氯化钙和硫酸钙 2 种无机钙盐；而新型补钙丸剂除氯化钙、硫酸钙之外，还添加了碳酸氢钙、镁、维生素D_3（VD_3）和磷等成分。

1.2 试样采集与测定

在产后0 h及12 h分别投服补钙剂，并在产后0 h、投第一次补钙剂后2 和12 h、投第2次补钙剂后2~4 h使用一次性采血器，经尾部静脉进行采集1 mL血液样本。样本采集后立即加入CG8+卡夹，在10 min内使用血气分析仪（i-SATA300，美国雅培）检测血液离子钙（iCa）、pH、二氧化碳分压（PCO_2）、总二氧化碳（TCO_2）、氧分压（PO_2）、血红蛋白（Hb）、红细胞压积（Hct）、血氧饱和度（sO_2）、酸碱平衡指标、碳酸氢根（HCO_3^-）、钠离子（Na^+）、钾离子（K^+）和葡萄糖（Glu）的含量。

同时，记录2组试验奶牛产后30 d内的产奶量及发病情况。

1.3 统计分析

数据经Excel 2019软件初步整理，运用SPSS 24.0

中国乳业线上阅读

软件，采用单因素方差分析（One Way ANOVA）和独立样本t检验进行显著性分析。结果用“平均值±标准差”表示，$P<0.05$表示差异显著。

2 结果

2.1 新型补钙丸剂对产后奶牛血液矿物元素含量的影响

由图1可知，试验组产后平均血液中iCa浓度低于对照组。检测投服补钙剂2 h后的血钙浓度，EG组和CG组整体血钙浓度均提升。血钙浓度检测中，两组间表现出显著差异，第2、4次检测：CG组血钙浓度显著高于EG（$P<0.05$），第3次检测：EG组血钙浓度继续显著高于CG组（$P<0.05$）。此外，在4次血钙浓度的检测中，EG组血钙浓度呈逐步上升趋势。而CG组血钙浓度在第2次检测后趋于平稳。说明新型补钙丸剂的补钙能力优于目前所使用补钙剂产品。

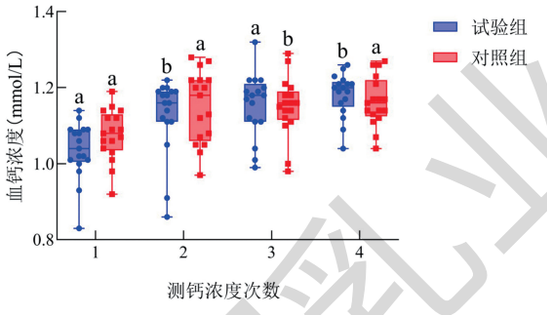


图 1 血钙检测结果

注：第1次测钙浓度：产后0 h血钙浓度；第2次测钙浓度：第1次投服补钙剂后2 h血钙浓度；第3次测钙浓度：第1次投服补钙剂后12 h血钙浓度；第4次测钙浓度：第2次投服补钙剂后2~4 h血钙浓度。同一检测次数下每组数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。

由表1数据可见，投服两种补钙剂后，EG组血液iGa含量持续上升，而CG组趋于平稳（$P<0.05$），且两组最终均恢复至正常范围（1.06~1.33 mmol/L）[9]。在血液Na^+含量方面，EG组在产后及第1次投服补钙剂12 h后血液Na^+含量均超出正常值范围（134~144 mmol/L）[10]，EG组投钙后略有下降；CG组在第1次投服补钙剂2 h后血液Na^+含量均超出正常值范围，且EG组与CG组投服第2次补钙剂2~4 h后血液Na^+含量均显著高于产后0 h血液Na^+含量（$P<0.05$）。在两组血液中的钾离子（K^+）含量在第1次投服补钙剂2 h低于正常范围（4.0~5.9 mmol/L）[10]，但EG组在投服第2次补钙剂2~4 h后血液K^+含量显著高于产后0 h（$P<0.05$），CG组在投服第1次补钙剂12h后血液K^+含量显著高于产后0 h（$P<0.05$）。

2.2 新型补钙丸剂对产后奶牛血气指标的影响

由表2可知，奶牛产后投服2种补钙剂后，血液pH均处于正常值范围（7.32～7.45）[11]。两组在四个时间点的血液PCO_2与PO_2变化差异均不显著（$P>0.05$），但在投服完两次补钙剂后EG组的PCO_2低于CG组，而EG的PO_2高于CG组。两组血液酸碱平衡指标均维持在正常值范围（−3～+3 mmol/L）[11]，EG组第1次投服补钙剂12 h与第2次投服补钙剂2~4 h

表 1 新型补钙丸剂对产后奶牛血液矿物元素含量的影响　　单位：mmol/L

项目	组别	时间（h）				均值标准误（SEM）	P 值	
		产后	第 1 枚		第 2 枚		补钙剂	时间
		0	2	12	2~4			
离子钙 iCa	EG	1.03^{b}	1.13^{a}	1.16^{a}	1.19^{a}	0.019	0.435	< 0.001
	CG	1.08^{b}	1.15^{a}	1.15^{a}	1.16^{a}			
钠离子 Na^+	EG	145.00^{ab}	144.50^{a}	147.25^{bc}	148.50^{c}	0.863	0.809	0.006
	CG	143.67^{b}	145.25^{ab}	145.25^{ab}	147.75^{a}			
钾离子 K^+	EG	4.18^{b}	3.90^{c}	4.40^{ab}	4.50^{a}	0.072	0.404	< 0.001
	CG	4.07^{b}	3.88^{c}	4.50^{a}	4.45^{a}			

注：EG：试验组；CG：对照组。同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），同列数据肩标不同大写字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同

中国乳业线上阅读

的血液酸碱平衡指标均显著高于产后0 h和第1次投服补钙剂2 h的血液酸碱平衡指标（$P<0.05$），且第1次投服补钙剂12 h EG组血液酸碱平衡指标显著高于CG组（$P<0.05$）。EG组血液HCO_3^-含量在第1次投服补钙剂12 h与第2次投服补钙剂2~4 h处于正常值范围（23.5～27.0 mmol/L）[10]，EG与CG血液HCO_3^-含量均呈上升趋势，EG第1次投服补钙剂12 h与第2次投服补钙剂2~4 h血液HCO_3^-含量显著高于产后0 h与第1次投服补钙剂2 h（$P<0.05$）。2组血液TCO_2含量均在正常值范围（16.00～31.42 mmol/L）[12]，EG在第1次投服补钙剂12 h与第2次投服补钙剂2~4 h内血液TCO_2含量显著高于产后0 h与第1次投服补钙剂2 h（$P<0.05$）。两组奶牛血氧饱和度（sO_2）均呈上升趋势，且投服补钙剂2 h后EG组奶牛每个时间段的血氧饱和度均高于CE组，但差异不显著（$P>0.05$）。

2.3 新型补钙丸剂对产后奶牛血液生化指标的影响

由表3可知，奶牛产后投服2种补钙剂后，2组血液Hct和Glu、Hb含量均呈下降趋势，血液Hct和Glu、Hb含量均显著低于产后0 h（$P<0.05$）。

2.4 新型补钙丸剂对产后奶牛平均产奶量的影响

由表4可知，EG组奶牛30 天日均产奶量显著高

表 2 新型补钙丸剂对产后奶牛血气指标的影响

项目	组别	时间（h）				均值标准误（SEM）	P 值	
		产后	第 1 枚		第 2 枚		补钙剂	时间
		0	2	12	2~4			
pH	EG	7.39	7.36	7.42	7.43	0.026	0.234	0.713
	CG	7.41	7.37	7.39	7.38			
二氧化碳分压 PCO_2（mmHg）	EG	39.65	44.05	40.35	38.85	2.302	0.242	0.690
	CG	37.17	40.98	37.68	40.48			
氧分压 PO_2（mmHg）	EG	33.35	35.06	38.19	40.59	4.469	0.659	0.336
	CG	34.76	32.58	39.76	37.41			
酸碱平衡指标（mmol/L）	EG	-1.76^{b}	-1.24^{b}	2.82^{aA}	1.12^{a}	0.002	0.208	< 0.001
	CG	−1.19	−1.12	0.06^{B}	0.53			
碳酸氢根 HCO_3^-（mmol/L）	EG	23.42^{b}	23.74^{b}	26.64^{a}	25.99^{a}	0.830	0.856	0.009
	CG	23.56	22.84	24.68	25.00			
总二氧化碳 TCO_2（mmol/L）	EG	24.59^{c}	24.82^{bc}	27.71^{a}	26.82^{ab}	0.772	0.281	0.005
	CG	24.63	25.18	25.89	26.18			
血氧饱和度 sO_2（%）	EG	53.65	57.06	62.19	60.76	5.746	0.689	0.482
	CG	59.19	53.41	59.00	60.58			

表 3 新型补钙丸剂对 2 胎奶牛血液生化指标的影响

项目	组别	时间（h）				均值标准误（SEM）	P 值	
		产后	第 1 枚		第 2 枚		补钙剂	时间
		0	2	12	2~4			
葡萄糖 Clu（mg/dL）	EG	110.24^{a}	86.88^{ab}	65.35^{b}	63.29^{b}	6.588	0.018	< 0.001
	CG	113.65^{a}	101.65^{a}	68.00^{b}	65.06^{b}			
红细胞压积 Hct（%）	EG	29.76^{a}	27.82^{b}	25.53^{c}	25.65^{c}	0.716	0.999	< 0.001
	CG	28.53^{a}	27.59^{ab}	26.47^{ab}	25.35^{b}			
血红蛋白 Hb（g/dL）	EG	10.12^{a}	9.46^{b}	8.68^{c}	8.72^{c}	0.225	0.984	< 0.001
	CG	9.71	9.38	8.99	8.94			

中国乳业线上阅读

于CG组（P<0.05）。

表 4 新型补钙丸剂对奶牛产奶量的影响

组别	产奶量（kg）	P 值
EG	52.46 ± 0.6[a]	0.01
CG	48.23 ± 0.2[b]	

2.5 新型补钙丸剂对奶牛产后疾病发病率的影响

由表5可知，在产后30 d内，EG组奶牛真胃移位、临床乳房炎、酮病以及劈叉/淘汰发病率低于CG组，但差异性不显著（P＞0.05）。需要说明的是，由于EG、CG组样本量有限（n=17），此发病率数据应谨慎解读，可能存在统计偏差。

表 5 新型补钙丸剂对奶牛产后疾病发病的影响（n=34）

项目	组别		P 值
	EG	CG	
真胃移位	0	17.6%	0.07
临床乳房炎	0	11.8%	0.145
产后瘫痪	0	0%	–
酮病	0	5.8%	0.31
劈叉 / 淘汰	0	5.8%	0.31

3 讨论

3.1 新型补钙丸剂对产后奶牛血液矿物元素含量的影响

血液离子钙（iCa）浓度降低是低血钙症的核心特征。该病症主要分为临床型与亚临床型。据流行病学调查，产后奶牛临床型低血钙症发病率普遍在5%左右；相比之下，亚临床型的发生率显著升高，常达30%至45%甚至更高水平[13]，尤其在经产、高产牛群中更为普遍。亚临床调查亚临床型低血钙症（血液离子钙浓度<1.05 mmol/L）可引发食欲不振、精神萎靡等症状甚至死亡[14]。图2A展示了产后补钙制剂预防奶牛低血钙发生的机制[15]。新型补钙丸剂在常规配方使用氯化钙与硫酸钙做主要成分基础上，参考法国引进配方，选用高吸收钙源磷酸氢钙（钙磷比2.1∶1，近骨骼比例3∶2）为快速及持续提升产后血iCa水平奠定基础。此外，该制剂添加的镁（Mg）和过瘤胃维生素D_3（VD_3）通过协同作用显著促进机体钙吸收与稳态维持。具体而言：镁是甲状旁腺激素（PTH）受体激活的必需辅因子。提高日粮镁水平（如至0.4%，干物质基础）可确保PTH高效作用，加速骨钙动员和肾小管钙重吸收，协同外源钙实现血iCa的快速回升[2]。过瘤胃VD_3则在体内转化为活性代谢物1,25−二羟基维生素D_3，有效促进小肠对钙质的吸收[16]。过瘤胃技术保障VD_3避开瘤胃降解，在小肠有效吸收，从而长效激活机体钙吸收与转运系统，持续提升钙利用效率，维持血钙稳定。围产期补充VD_3能提升血钙水平，有效防病并改善生产性能[17]。因此，该新型补钙丸剂通过氯化钙与磷酸氢钙快速供钙、硫酸钙持续补钙，结合镁强化PTH介导的快速钙动员以及过瘤胃VD_3驱动的长效肠钙吸收与稳态调节，形成“快速提升−持续稳定”双重协同机制，有效降低产后亚临床低血钙风险。产后及时提升并稳定血液iCa浓度是预防该病的核心，关键在于钙稳态调控机制的适时激活[18]。本试验所用的新型补钙丸剂能够快速提升产后奶牛的血钙水平，持续维持钙稳态，进而实现奶牛产后亚临床低血钙的高效预防。

Na^+和K^+作为血液中主要的矿物质，参与并维持机体正常代谢与生理功能。本试验发现，投喂补钙剂后，血清中Na^+和K^+水平呈上升趋势，且试验组与对照组间差异显著（P<0.05）。由此可见，在产后奶牛的日粮中添加补钙剂，可以为维持机体酸碱平衡起到积极作用，其能够提高血液中Na^+、K^+的浓度，从而缓解低血钙症造成的离子流失，在一定程度上有效减轻低血钙症对奶牛造成的不利影响。

3.2 新型补钙丸剂对产后奶牛血气指标的影响

酸碱平衡对奶牛健康与生产至关重要[19]。血液pH主要依赖HCO_3^-/CO_2缓冲体系维持。其中，实际碳酸氢盐（HCO_3^-）是核心缓冲物质，其浓度变化直接调控pH，代谢性酸碱失衡会改变HCO_3^-浓度。

中国乳业线上阅读

二氧化碳分压（PCO_2）是指CO_2在血浆中所溶解的量，是评估呼吸性酸碱平衡的主要指标之一。本试验中，EG组与CG组血液pH、PCO_2及HCO_3^-含量均在正常范围内且组间无显著差异。值得注意的是，本研究所用补钙剂配方中含有碳酸氢盐成分（如硫酸钙或氯化钙在代谢过程中可能产生HCO_3^-）。研究表明，补充碳酸氢盐可直接影响血浆HCO_3^-水平及其缓冲能力[20]。本试验观察到的HCO_3^-维持在正常范围，以及下文提到的酸碱平衡指标未升高，表明补钙干预并未导致代谢性碱中毒，机体有效调节了由补钙剂引入的潜在碱负荷，维持了酸碱平衡稳态。

血浆总二氧化碳（TCO_2）代表其中所有形式二氧化碳的总和，其含量主要受机体代谢状态影响。本试验发现，给予两种补钙剂的奶牛，其血液TCO_2值均处于正常水平。而血液氧分压（PO_2）则是反映机体氧摄取能力的重要指标。EG组初始PO_2虽低于CG组，但干预后12 h显著升高至38.19 mmHg并持续优化，反超对照组。这可能由于CG组初始PO_2较高限制了提升空间，而EG组凭借更优的钙稳态调节能力显著改善了氧合。

酸碱平衡指标用于评估酸碱状态，超出正常值范围（−3～+3 mmol/L）提示代谢性碱中毒风险[11]，本试验中两组酸碱平衡指标均未超出参考值。结合上述HCO_3^-的结果，酸碱平衡指标未升高进一步证实了尽管补钙剂可能引入了碳酸氢盐，但机体通过有效的酸碱调节机制避免了代谢性碱中毒的发生。两组奶牛血氧饱和度（sO_2）均呈上升趋势，且投服补钙剂2 h后EG组奶牛每个时间段的血氧饱和度均高于CE组，表明新型补钙丸剂更能提升血红蛋白携氧效率。

3.3 新型补钙丸剂对产后奶牛血液生化指标的影响

反刍母畜能量代谢情况可以通过血液血红蛋白（Hb）含量来反映，还可作为围产期反刍母畜酮病的检测指标，酮病主要特征为血清中酮体含量增高，葡萄糖（Glu）含量降低[21]。本试验发现，两组奶牛在投喂两种补钙剂后，其血液Hb及Glu浓度均随时间的延长呈下降趋势。值得注意的是，Hb浓度的下降可能部分归因于围产期奶牛常见的生理性血液稀释现象。研究表明，产后奶牛为满足泌乳初期的水分需求，血浆容量会显著增加，导致血液成分（如Hb、Hct）出现一定程度的稀释性下降[22]。此阶段奶牛处于能量负平衡的高风险期，罹患酮病的概率增加。为改善这一状况，可在产后奶牛日粮中添加过瘤胃Glu，以提高血液Glu水平，从而缓解能量负平衡。血清Glu浓度是反刍动物能量状态的重要标志之一，与乳糖含量密切相关[23]，EG组所用的新型补钙丸剂能有效减少酮病发生的原因为其含有甘油和丙二醇，能够补充Glu。红细胞压积（Hct）是反映循环血液中红细胞数量及其体积占比的重要指标，其水平变化与血液黏度存在显著正相关关系[22]。本试验发现，投喂两种不同补钙剂的奶牛，在产后阶段其血液Hct水平均随时间推移呈下降趋势，同时伴随血液黏度的降低。同样，Hct水平的下降趋势也与上述产后生理性血液稀释效应密切相关。

3.4 新型补钙丸剂对奶牛平均产奶量及产后疾病发病率的影响

图2B呈现了奶牛低血钙症可能诱发的多种继发性病理变化。相关研究指出[24]，血钙浓度不足会阻碍机体满足泌乳所需，进而引发产奶性能下降与乳品质降低，严重时可诱发多种继发性病理变化。本试验发现，两种补钙剂干预后，奶牛血液iCa水平显著提升，其中试验组2胎奶牛的日均产奶量较对照组呈现显著优势。此外，试验组在真胃移位、临床型乳房炎、酮病以及运动系统疾病（如劈叉）和淘汰率等方面的发生率均低于对照组。这一结果说明，提升血液iCa浓度不仅直接保障了泌乳所需的钙供应，从而提高了产奶量，更重要的是，它通过增强肌肉收缩力和改善免疫功能，有效降低了产后多种疾病的发生率。一方面，iCa是肌肉（包括骨骼肌和平滑肌）兴奋–收缩耦联的关键因子。低血钙导致的

中国乳业线上阅读

肌肉收缩无力是产后瘫痪、胎衣不下和真胃移位等疾病发生的直接诱因[25]，试验中产后瘫痪、真胃移位以及可能因后肢无力导致的“劈叉/淘汰”现象的减少均与此机制相关。另一方面，由于中性粒细胞等免疫细胞的活化和迁移是钙依赖性的过程，血钙降低会损害其趋化、吞噬和杀菌功能，削弱机体抵抗力，从而增加临床乳房炎和子宫内膜炎等感染性疾病的易感性[26]，而试验组这些疾病发病率的降低与补钙后免疫功能的提升密切相关。因此，本试验结果表明，与常用补钙剂相比，新型补钙丸剂在有效提升血钙水平的基础上，通过保障肌肉正常收缩功能和维持免疫防御能力的双重生理作用，不仅减小了对奶牛生产性能的负面影响，更显著提升了对奶牛产后代谢性疾病和感染性疾病的预防效果。

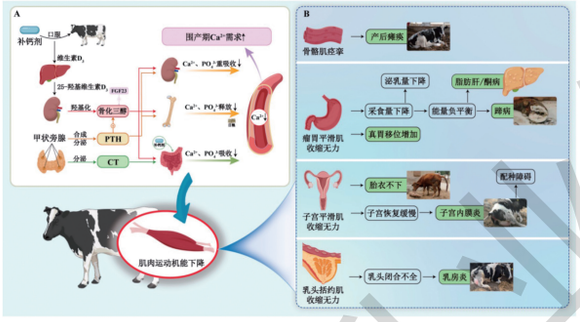


图 2 新型补钙丸剂缓解奶牛低血钙症及继发疾病的发生

A：补钙剂预防奶牛低血钙症的发生机制；B：奶牛低血钙症的继发疾病

基于本试验结果及作用机制分析，提出以下针对新型补钙丸剂的牧场应用方案建议：

一是投喂时机：产后立即投喂第1剂（最好在产后0~2 h内），以快速应对血钙急剧下降的风险。间隔12 h后投喂第2剂，确保持续维持血钙稳态，覆盖产后关键风险期（24~48 h）。**二是投喂剂量**：每头牛每次投喂1丸（约43 g/丸）。根据本试验设计及效果，推荐按此剂量使用。**三是投喂方法**：使用专用的丸剂投喂枪，将丸剂深投至奶牛咽部，确保顺利吞咽进入瘤胃，避免在口腔咀嚼影响效果或造成呛咳。**四是目标牛群**：重点应用于经产奶牛（≥2胎次）、高产奶牛以及围产期体况评分偏低（BCS≤ 3.0）的奶牛，这些牛群发生亚临床低血钙症及继发疾病的风险更高。**五是注意事项**：确保丸剂在有效期内，储存于阴凉干燥处。投喂操作需规范、迅速，减少对产后奶牛的应激。可结合牧场实际情况（如既往低血钙发病率、牛群健康状况）进行效果监测，必要时咨询兽医调整方案。

4 结论

相较于传统补钙剂（CG），新型补钙丸剂（EG）能够在短时间内（2 h）快速提升血钙，且血钙提升的持续时间长，TCO_2与酸碱平衡指标数据显示，均在正常范围内，说明不存在酸中毒与代谢性碱中毒的风险。此外，服用新型补钙丸剂后奶牛产后30日平均产奶量更高，且产后代谢性疾病发生率更低。因此，新型补钙丸剂可有效提升奶牛产后血液离子钙含量，降低代谢性碱中毒风险，改善生产性能与健康状况，对产后低血钙症有良好的防治效果，建议临床推广应用。

参考文献

[1] 唐波，王群，韩兆玉.不同补钙方式对奶牛产后血液钙和其他几种生化指标的影响[J].南京农业大学学报，2013，36（2）：121–124.

[2] 张帆，王辉，闵于明，等.奶牛低血钙症引起的产乳热发病机理及营养调控研究进展[J].动物营养学报，2021，33（7）：3629–3638.

[3] 白珍.母牛产后瘫痪的发病原因及预防措施[J].畜牧业环境，2024（7）：83–84.

[4] 李世双.奶牛生产瘫痪的调查报告 [J]. 养殖与饲料，2010（2）：16–18.

[5] 舒适.奶牛乳热血浆差异表达蛋白的分离鉴定及其生物信息学分析[D].大庆：黑龙江八一农垦大学，2013.

[6] 杨龙蛟.乳热奶牛血浆差异表达蛋白的分离与鉴定[D].大庆：黑龙江八一农垦大学，2010.

[7] 郝祯燕.围产期奶牛低血钙症的发病机制及防控措施[J].当代畜禽养殖业，2023，43（4）：47–48，52.

[8] 宋亚攀，徐芝华，韩超.奶牛低血钙症的防治新途径[J].中国奶牛，2013（4）：53–55.

[9] 宁茂，曹杰.奶牛围产期低血钙及酮病的营养调控[J].中国奶牛，2021（6）：26–30.

[10] PawliÑski B，Golebiewski M，Trela M，et al.Comparison of blood gas parameters，ions，and glucose concentration in

中国乳业杂志网录

Polish Holstein–Friesian dairy cows at different milk production levels [J]. Scientific Reports，2023，13（1）：1414.

[11] 房少新. 高原地区黑白花奶牛的血气分析 [J]. 中兽医医药杂志，2008，27（2）：34–36.

[12] 马宏宇，马学恩.内蒙古呼和浩特地区黑白花奶牛血气分析初探[J].畜牧与饲料科学，2008，29（2）：89–91.

[13] Caixeta L S，Ospina P ACapel M B，et al.Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows [J].Theriogenology，2017，94：1–7.

[14] 李金敏，张志焱，韩寅，等. 围产期奶牛低血钙症的发生及预防措施研究进展[J]. 乳业科学与技术，2015，38（5）：29–32.

[15] 邱庆，王典，陈雅坤，等. 围产期奶牛低血钙症的发生机制及营养调控措施[J].中国畜牧杂志，2024，60（12）：35–40.

[16] Martinez N，Risco C A，Lima F S，et al.Evaluation of peripartal calcium status，energetic profile， and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease[J]. Journal of Dairy Science，2012，95（12）：7158–7172.

[17] 徐宏建.25–羟基维生素D_3对泌乳中期和围产期奶牛及犊牛饲喂效果研究[D].哈尔滨：东北农业大学，2022.

[18] Tinawi M. Disorders of calcium metabolism：hypocalcemia and hypercalcemia[J].Cureus，2021，13（1）：e12420.

[19] Chan P S，West J W，Bernard J K，et al. Effect of dietary cat–ion–anion difference on intake， milk yield，and blood components of the eary lactation cow [J]. Journal of Dairy Science，2005，88：4384–4392.

[20] Dawson–Hughes B，Harris S S，Palermo N J，et al. Potassium bicarbonate supplementation lowers bone turnover and calcium excretion in older men and women：A randomized dose–finding trial [J]. Journal of Bone and Mineral Research，2015，30（11）：2103–2111.

[21] Mohsin M A，Yu H R，He R Z，et al. Differentiation of subclinical ketosis and liver function test indices in adipose tissues associated with hyperketonemia in postpartum dairy cattle [J]. Frontiers in Veterinary Science，2021，8：796494.

[22] Kim B J，Lee Y S，Zhbanov A，et al. A physiometer for simultaneous measurement of whole blood viscosity and its determinants：hematocrit and red blood cell deformability [J]. Analyst， 2019，144（9）：3144–3157.

[23] Perumal P，De A K，Bhattacharya D，et al. Lactation stages modulate the hematological，serum biochemical，and endocrinological profiles and oxidative stress markers in crossbred cows under the tropical humid island ecosystem of Andaman and Nicobar Islands [J]. Tropical Animal Health and Production，2023，55（2）：131.

[24] 杨勇，张岭，丁秀文，等.钙剂对盛产期奶牛产奶量的影响[J].现代农业，2013（6）：84–85.

[25] Wray S，Jones K，Kupittayanant S et al. Calcium signaling and uterine contractility[J].Journal of the Society for Gynecologic Investigation，2003，10：252–264.

[26] Tinawi M. Disorders of Calcium Metabolism：Hypocalcemia and Hypercalcemia.Cureus，2021，13（1）：e12420.

The Preventive and Therapeutic Effects of New Calcium Supplements on Postpartum Hypocalcemia in Dairy Cows

ZHU Chunyan[1]，TONG Jingdi[2]，DENG Bo[1]，YANG Liying[3]，CHENG Xiaoxun[3]，SONG Rongyuan[3*]，CHENG Jia[2*]

[1]Shanghai Agricultural Products Quality and Safety Center，Shanghai 201708

[2]College of Veterinary Medicine，Agricultural University of Hebei，Baoding Hebei 071000

[3]Baimeida Pharmaceutical Technology（Beijing）Co.，Ltd.，Beijing 100000

Abstract： [Objective]This experiment aimed to study the preventive and therapeutic effects of the new calcium supplement pills on postpartum hypocalcemia in dairy cows. [Method]Thirty-four healthy multiparous dairy cows of

中国乳业线上阅读

more than two litters were selected and randomly divided into two groups，with 17 cows in each group. The cows in the experimental group （EG group） were given the new calcium supplement pills，while the cows in the control group （CG group） were given the commonly used calcium supplement. Tail-root venous blood samples were collected at four time points （0 hours postpartum，2 hours after the first administration of calcium supplement，12 hours after the first administration of calcium supplement，and 2~4 hours after the second administration of calcium supplement） to determine the content of blood mineral elements，blood gas indicators，and blood biochemical indicators. The average milk production and the incidence of metabolic diseases within 30 days postpartum were also recorded. [Result]The results showed that：1）After administration of two calcium supplements，the postpartum blood ionic calcium （iCa） content of all dairy cows at the four time points increased. Moreover，after the two administration of calcium supplements in the EG group，the increase in blood calcium was significantly better than that in the CG group. 12 hours after the first administration，the iCa content in the EG group was significantly higher than that in the CG group （P<0.05）. Two - four hours after the second administration of calcium supplements，the contents of sodium ions （Na^+） and potassium ions （K^+） in the blood of all dairy cows were significantly higher than those at 0 hours postpartum （P<0.05）. 2） The blood acid-base balance index of dairy cows in the EG group was significantly higher than that in the CG group 12 hours after the first administration of calcium supplement （P<0.05）. The comparison results of blood gas indicators at different time points showed that 12 hours after the first administration of calcium supplement and 2~4 hours after the second administration of calcium supplement in the EG group of dairy cows，the blood acid-base balance index and bicarbonate （HCO_3^-） in the blood were significantly higher than those at 0 hours after delivery and 2 hours after the first administration of calcium supplement （P<0.05）. The total carbon dioxide （TCO_2） content in the blood of dairy cows in the EG group 12 hours after the first administration of calcium supplement and 2~4 hours after the second administration of calcium supplement was significantly higher than that in the EG group 0 hours after delivery （P<0.05）. 3） After postpartum administration of two calcium supplements to dairy cows，the contents of blood glucose （Glu），hematocrit （Hct），and hemoglobin （Hb） in both the EG group and the CG group showed a downward trend. Moreover，in the CG group，2~4 hours after the second administration of calcium supplements，the contents of hematocrit （Hct），blood glucose（Glu），and hemoglobin （Hb） were significantly lower than those at 0 hours postpartum （P<0.05）. 4） The average milk production of dairy cows in the EG group was significantly higher than that in the CG group （P<0.05），and the incidence of postpartum diseases in EG dairy cows was lower than that in the CG group. [Conclusion]To sum up，postpartum administration of the new calcium supplement pills to dairy cows can rapidly increase blood calcium concentration and reduce the incidence of postpartum hypocalcemia. Compared with the postpartum calcium rods commonly used in domestic pastures at present，its effect of increasing blood calcium is more significant. This pill helps maintain electrolyte，acid-base balance and energy metabolism homeostasis，thereby reducing the negative impact of calving stress on the production performance of dairy cows and providing a new option for the management of perinatal hypocalcemia in dairy cows.

Keywords：calcium supplement pill；dairy cows；hypocalcemia；blood calcium concentration

中国乳业线上阅读