

围产期奶牛低血钙症的发生机制与防治策略

孙运娥

(平邑县平邑街道畜牧兽医工作站, 山东临沂 273300)

摘要: 为明确围产期奶牛低血钙症的发病机制, 优化该病综合防治方案, 降低其对奶牛健康及牧场生产效益的危害, 本研究从病因与生理机制入手, 系统梳理现代营养调控、钙剂疗法及中兽医辨证施治等防治手段的应用原理与实操要点; 并构建以精准营养预防为核心、快速钙剂治疗为应急、中西医结合调理为支撑的综合防控体系, 显著降低临床型与亚临床型低血钙症的发生率, 同时减少继发围产期代谢性疾病的风险。该综合防治策略能有效保障奶牛围产期生理健康, 提升泌乳与繁殖性能, 其中中西医结合的防控思路, 为规模化牧场解决低血钙症难题提供了高效且可持续的实践路径。

关键词: 奶牛; 围产期; 低血钙症; 营养调控; 中西医结合; 防治策略

文章编号: 1671-4393 (2026) 03-0054-08

DOI:10.12377/1671-4393.26.03.08

Occurrence and Control Strategy of Hypocalcemia in Perinatal Cows

SUN Yun'e

(Pingyi Animal Husbandry and Veterinary Workstation, Pingyi County, Linyi Shandong 273300)

Abstract: To elucidate the pathogenesis of hypocalcemia in perinatal dairy cows, optimize the comprehensive prevention and treatment strategies for the disease, and mitigate its adverse effects on cow health and farm production efficiency, this study systematically reviewed the application principles and practical key points of prevention and treatment methods including modern nutritional regulation, calcium therapy, and traditional Chinese veterinary medicine based on syndrome differentiation, starting from the analysis of etiology and physiological mechanisms; establishing a comprehensive prevention and control system centered on precision nutrition for prevention, rapid calcium therapy for emergencies, and integrated traditional Chinese and Western medicine for supportive care could significantly reduce the incidence of clinical and subclinical hypocalcemia and minimize the risk of secondary perinatal metabolic diseases. This comprehensive prevention and treatment strategy can effectively ensure the physiological health of perinatal cows and improve their lactation and reproductive performance. Among them, the prevention and control concept of integrated traditional Chinese and Western medicine provides an efficient and sustainable practical pathway for large-scale farms to address the challenge of hypocalcemia.

Keywords: dairy cows; perinatal period; hypocalcemia; nutritional regulation; integrated traditional Chinese and Western medicine; prevention and treatment strategies

作者简介: 孙运娥 (1981-), 女, 山东临沂人, 本科, 高级兽医师, 研究方向为动物疾病防治。

奶牛围产期通常指分娩前3周至分娩后3周的关键时期,是奶牛生命周期中生理应激最剧烈、营养代谢最旺盛、健康状况最不稳定的阶段。在此期间,奶牛经历从妊娠晚期到泌乳初期的巨大生理转变,涵盖胎儿快速发育的妊娠后期、分娩及哺乳等一系列生理过程,其内分泌、代谢和免疫功能发生剧烈变化,极易诱发一系列代谢性疾病,其中低血钙症尤为突出,在我国规模化牧场中的发生率较高^[1]。因此,深入探究围产期低血钙症的发病原因与机制,采取高效、经济、全面的防治策略,对保障奶牛健康、提升牧场经济效益至关重要。本文从现代兽医学和中兽医学双视角,对该病的发生与防治进行系统性论述,以期对奶牛围产期的科学饲养与代谢性疾病防控提供理论依据和实践指导。

1 低血钙症的类型与发病机制

1.1 低血钙症的类型

围产期低血钙症又称产后瘫痪或乳热症,是奶牛围产期最常见且危害最大的代谢性疾病之一。根据血钙降低程度和临床症状,该病可分为临床型和亚临床型两类。

临床型低血钙症即典型的产后瘫痪,多见于分娩后72 h内的奶牛,由血钙水平显著下降引发。患病奶牛表现为全身肌肉兴奋性减退,继而出现体温下降、四肢末梢冰冷、站立困难等症状;同时心肌收缩力减弱导致心输出量下降,瘤胃蠕动停滞易引发胀气,严重时可导致奶牛死亡或被迫淘汰。

亚临床型低血钙症指血钙水平低于正常生理范围,通常认为总血钙 <2.0 mmol/L或离子钙(iCa) <1.0 mmol/L,且无明显外在临床症状。该类型可进一步分为短暂性(tSCH,产后当天血钙降低,第4 d恢复)、持续性(pSCH,产后当天及第4 d血钙均偏低)和延迟性(dSCH,产后当天血钙正常,第4 d降低)3种。其中,持续性和延迟性亚临床低血钙症,对奶牛机体健康及泌乳性能存在显著不利影响^[2]。

由于亚临床型低血钙症临床症状隐匿,易被忽视,但会导致奶牛平滑肌和骨骼肌功能减弱,进而

诱发子宫复旧不全、胎衣滞留、真胃移位、酮病、乳房炎等一系列围产期疾病,造成产奶量下降和繁殖障碍,给牧场带来的潜在经济损失往往高于临床型低血钙症。

1.2 低血钙症的病因与发生机制

奶牛低血钙症的本质是钙的流失速度超过钙的吸收与动员速度,导致血液中钙的动态平衡被打破,其发病受钙生理需求、钙稳态调节机制及多种诱发因素共同影响。

1.2.1 钙的生理需求剧增

奶牛体内超过98%的钙存在于骨骼和牙齿中,其余分布于软组织和细胞外液,成年奶牛血液中的钙浓度为 $2.1\sim 2.5$ mmol/L^[3]。奶牛分娩后泌乳启动,初乳中富含钙质,每日常乳汁排出的钙量可达 $20\sim 30$ g,而分娩前每日钙需要量仅为 $10\sim 15$ g。钙的突然大量流失,使血钙水平在产后24 h内急剧下降,成为低血钙症发生的直接动因^[4]。

1.2.2 钙稳态调节机制失衡

健康机体主要通过甲状旁腺激素(PTH)、降钙素(CT)和活性维生素D₃[1,25-(OH)₂-D₃]三大激素精密调节血钙平衡,正常生理过程为:血钙降低→刺激甲状旁腺分泌PTH→PTH作用于骨骼促进骨钙重吸收,作用于肾脏促进肾小管对钙的重吸收并激活1 α -羟化酶→生成活性维生素D₃→活性维生素D₃促进肠道对钙的吸收。

而围产期奶牛的这一调节系统存在“延迟”或“失灵”现象,主要体现在两个方面:一是干奶期高钙日粮的影响,传统干奶期日粮钙含量较高(>100 g/d),使奶牛处于高血钙状态,持续抑制PTH的分泌和活性维生素D₃的合成,导致肠道钙吸收的主动转运机制(维生素D₃依赖途径)和骨骼钙动员机制处于“休眠”状态^[5];二是生理反应的延迟,分娩后血钙骤然下降时,机体需要 $24\sim 48$ h才能重新充分激活PTH-维生素D₃轴,在此“真空期”内,钙的流失远大于补充,从而引发低血钙。

1.2.3 其他诱发因素

(1) 年龄与胎次。随着年龄和胎次的增加,奶

牛骨骼钙动员能力下降,肠道钙吸收效率降低,因此5胎以上高龄牛的发病率显著高于初产牛。头胎青年奶牛肠道钙吸收效率较高,通常不易发生严重的低血钙症,即便出现血钙降低,临床症状也相对较轻;而经产牛尤其是多胎次牛群,围产期发生低血钙的比例显著升高,超50%可能表现出临床或亚临床低血钙状态^[1],钙动员能力与代谢适应性的逐渐下降,成为该病发生的重要诱因。

(2) 品种与产奶量。低血钙症表现出一定的遗传倾向,真胃移位和乳热症的遗传力估计值分别在0.12~0.35和0.07~0.18之间,具体因品种而异^[6]。不同奶牛品种中,娟姗牛的低血钙发病率最高,挪威红牛与丹麦红牛次之,荷斯坦牛相对较低;此外,荷斯坦牛等高产奶牛品种因泌乳潜力大,泌乳启动阶段钙流失量多,发病风险也显著增加。

(3) 日粮离子平衡与镁、磷调控。日粮阴阳离子差(DCAD)是近年来营养调控的核心理论,对钙稳态至关重要,其指1 kg饲料干物质中阳离子与阴离子的毫摩尔差值,计算公式为: $DCAD (mEq/kg DM) = (Na^+ + K^+) - (Cl^- + SO_4^{2-})$ ^[7]。产后单一补钙易引发代谢性碱中毒,改变血液pH值,干扰PTH与其受体的结合,进而阻碍钙调节机制;而产前提供负DCAD日粮(阴离子型日粮),可促进钙吸收与动员,有效维持产后血钙稳定,降低临床及亚临床低血钙症的发生率^[8]。

镁和磷的平衡同样关键,镁是PTH分泌和靶器官发挥效应的必需元素,也是PTH信号通路中腺苷酸环化酶复合体的必需辅因子,低血镁会抑制PTH功能,阻碍骨钙动员与肾内活性维生素D合成,加剧低血钙。产前高磷日粮会抑制骨钙释放,增加低血钙风险,将产前日粮磷水平控制在2.5~2.8 g/kg DM之间。研究表明,与饲喂2.8 g/kg DM日粮相比,将产前日粮磷浓度降至2.5 g/kg DM可更有效地促进骨钙动员,降低产后低血钙症发生^[9]。Cohrs等^[10]研究发现,与饲喂2.8 g/kg DM日粮的奶牛相比,饲喂1.5 g/kg DM日粮的围产期奶牛具有更高的骨钙吸收标志物浓度,血浆钙稳定性更好。这表明产前

适当限制磷摄入对预防低血钙症具有积极作用。

(4) 疾病因素。酮病与脂肪肝、消化道疾病、炎症性疾病等其他代谢性疾病,会进一步损害机体代谢机能,加剧低血钙症的发生。

①酮病与脂肪肝:围产期能量负平衡导致奶牛发生酮病和脂肪肝,肝脏功能受损会严重影响维生素D₃在肝脏的首步羟化过程(生成25-羟维生素D₃),阻碍活性维生素D₃的合成;同时能量不足会削弱肠道细胞主动转运钙离子的能力,降低骨骼对PTH的敏感性,使肠道吸收、骨骼动员、肾脏重吸收这三大钙动员途径均受阻,显著增加低血钙症的发生风险与严重程度。

②消化道疾病:前胃弛缓、真胃移位等消化道疾病会导致奶牛采食量急剧下降,既直接减少钙的摄入,又因钙的主动吸收为维生素D依赖性,采食不足间接影响维生素D原的合成与羟化过程;同时消化不良引发的营养缺乏,使机体处于虚弱状态,进一步削弱钙调节系统的代偿能力。

③炎症性疾病:乳房炎、子宫内膜炎等炎症性疾病会引发全身性炎症反应,释放TNF- α 、IL-1 β 等炎性细胞因子,这些因子会抑制PTH的分泌,下调肾脏1 α -羟化酶的活性,进而抑制活性维生素D₃的生成;此外,发热和疼痛应激会加剧奶牛食欲减退,形成“炎症-厌食-低血钙”的恶性循环。

2 诊断方法

2.1 临床型低血钙症诊断

临床型低血钙症多发生于分娩后72 h内,尤以产后12~24 h最为常见,根据病程发展可分为3个阶段:一是前驱期,病初奶牛表现为短暂兴奋、烦躁不安,伴随头部肌肉震颤、摇头、磨牙、步态蹒跚等症状;二是躺卧期,奶牛很快转为肌肉无力,无法站立而瘫卧于地,呈现典型的“S”型卧姿(头颈弯向胸腹一侧),同时出现意识障碍、嗜睡、痛觉反应减弱,体温偏低、四肢末端冷凉,食欲废绝、胃肠蠕动停滞,易引发瘤胃臌气,瞳孔散大、对光反射迟钝等症状;三是昏迷期,若未及时治疗,奶

牛会陷入昏迷，表现为心率增快、脉搏微弱，最终可能因呼吸衰竭或瘤胃臌气窒息死亡。

2.2 亚临床型低血钙症诊断

亚临床型低血钙症无上述典型临床症状，但血钙水平处于正常值下限以下，主要通过血液生化检测实现诊断。该类型是多种围产期疾病的重要诱因，会导致奶牛产后采食量恢复缓慢、产奶量峰值偏低、子宫炎和乳房炎发病率升高等问题。

2.3 综合诊断要点

根据高产奶牛产后突然瘫痪的典型临床症状，可对低血钙症做出初步诊断，确诊需进行血钙检测，临床型血钙常低于1.4 mmol/L (5.6 mg/dL)，亚临床型血钙通常界定在1.4~2.0 mmol/L之间^[11]。iCa比总钙更能准确反映奶牛的生理状态，诊断时还应同步检测血镁、血磷和血糖水平，以实现鉴别诊断并评估并发症情况。

3 防治策略

防治围产期奶牛低血钙症，需坚持“预防为主、防治结合”的原则，构建集营养预防、钙剂治疗、中兽医调理于一体的综合性管理体系。

3.1 以现代营养调控为核心的预防措施

3.1.1 产前低钙日粮法

该方法为传统预防手段，即在干奶期尤其是产前2周，为奶牛饲喂低钙日粮（每日钙摄入量<20 g），温和刺激PTH的分泌，提前激活骨骼钙动员和肠道钙吸收机制，使机体在分娩前做好应对钙大量流失的准备。该方法适用于小型牧场，但因难以精确控制奶牛采食量，防治效果稳定性较差。

3.1.2 阴离子盐日粮法

这是目前较有效和科学的预防方法，也是现代规模化牧场的主流手段，其原理是通过调整日粮中主要阴阳离子的平衡，人为制造轻微的代谢性酸中毒状态，模拟低钙日粮的生理效应，激活机体钙调节机制。

（1）精准配方与原料选择。基础日粮选择是关键，实施DCAD策略需优先使用羊草、燕麦草等低

钾禾本科干草，尽量避免将苜蓿等高钾豆科牧草作为围产期日粮的主要粗饲料；阴离子盐常选用氯化铵、硫酸铵、氯化钙、硫酸镁等，氯化铵酸化效果强但适口性差，硫酸铵同样影响适口性且引入硫元素，氯化钙兼具补钙功能但潮解性强，实践中多采用2种及以上盐的复合物，平衡防治效果与副作用，添加时需使用专用预混机逐级混合，确保与日粮混合均匀，防止个别牛只摄入过量。

（2）核心监控指标——尿液pH值。理论DCAD值需通过实验室检测饲料成分计算，而现场监控最直接、可靠的指标为奶牛尿液pH值。饲喂阴离子盐日粮3~5 d后，于早晨饲喂前随机抽取10~15头围产牛的尿液检测，理想目标是将牛群平均尿液pH值稳定在6.0~6.5之间；若pH值>6.5，说明酸化不足，需增加阴离子盐添加量或检查混合均匀度；若pH值<6.0，说明酸化过度，存在代谢性酸中毒风险，需减少添加量，该步骤是方案成功实施的核心，需严格执行。

（3）适口性管理与采食量保障。阴离子盐适口性极差，易导致产前奶牛采食量下降，因此应用时需逐步过渡，设置3~5 d的换料过渡期；在日粮中加入糖蜜、香味剂等增味剂，掩盖不良气味；确保奶牛充足、清洁的饮水，缓解口干舌涩感；每日监控围产牛采食量，保证干物质摄入量维持在合理水平。

（4）与其他营养素的协同。镁的充足供应至关重要，因代谢性酸中毒会增加镁的消耗，而镁是PTH发挥功能的必需元素，因此阴离子盐日粮需将镁水平提高至0.40%~0.45%（干物质基础）；同时日粮钙水平维持在1.5%~2.0%（干物质基础），为钙代谢提供充足底物。

DCAD调控是一项高效且精细的技术，其成功应用并非简单的配方计算，还依赖于精准的原料控制、持续的现场监测（尿液pH值）、细致的饲养管理（采食量保障）及各营养元素的协同平衡。在中国牧场条件下，需重点关注本地饲料资源的钾含量，建立规范的监控流程，才能确保该技术安全、有效落地，最大程度发挥其预防低血钙症的作用。

3.1.3 其他营养管理措施

(1) 维生素D及其衍生物产前注射：产前注射维生素D曾用于预防低血钙症，但需严格控制剂量。临床推荐预防剂量为 500~800 万IU，于产前7~10 d 一次性肌内注射^[12]。值得注意的是，1 000 万IU已属超剂量使用，虽能短暂提升血钙，但会显著增加软组织（血管壁、肾小管）钙化风险，且可能抑制内源性1,25-二羟维生素D₃的合成，反而干扰钙稳态调节机制。鉴于使用时机难以精确把握且存在潜在风险，该预防方法目前已较少采用，取而代之的是更为安全的阴离子盐日粮调控策略。

(2) 镁的补充：确保产前日粮镁含量在 0.35%~0.40%^[13]，满足PTH功能和细胞钙通道的生理需求。

(3) 磷的管理：避免产前日粮磷含量过高 (>0.4%)^[14]，防止高磷抑制活性维生素D₃的合成，增加低血钙症发生风险。

3.2 以快速补充钙剂为基础的治疗措施

针对临床型低血钙症患病奶牛，治疗遵循“尽快补充血钙、对症治疗、防止并发症”的原则，通过钙剂疗法快速纠正血钙水平，配合对症支持疗法保障奶牛机体稳定。

3.2.1 钙剂疗法

(1) 途径与剂量。静脉注射钙剂是起效最快的治疗方法，常用10%硼葡萄糖酸钙溶液，550~650 kg体重的成年奶牛，剂量为500 mL，需缓慢静脉推注，注射时监听心率，防止注射过快导致心跳骤停；皮下注射可作为维持疗效的辅助手段，但钙吸收较慢，且对组织有刺激性；同时可口服丙酸钙、氯化钙凝胶等钙剂，维持血钙稳定，防止病情复发。

(2) 注意事项。约25%的患病奶牛会出现病情复发，需在治疗后6~12 h重复监测血钙，必要时再次补钙；对于反复发作或疗效不佳的奶牛，应及时检测血镁水平，同步补镁，550~650 kg体重的成年奶牛，可皮下注射25%硫酸镁溶液100 mL。

3.2.2 对症和支持疗法

加强奶牛妊娠后期和分娩期的饲养管理，提升

养殖环境舒适度，使奶牛更好适应围产期的生理及环境变化。将患病奶牛安置在安静、柔软、防滑的垫料上，定期为其翻身，防止褥疮和坐骨神经麻痹引发的肌肉坏死；及时治疗瘤胃臌气，保证充足清洁的饮水，待奶牛恢复食欲后，饲喂易消化的饲料^[15]，促进机体康复。

3.3 中兽医防治策略

中兽医理论对围产期奶牛低血钙症有独特认知，将其纳入防治体系，可发挥标本兼治、整体调理的优势，与现代兽医学形成互补。

3.3.1 中兽医病因病机

中兽医将奶牛产后瘫痪归属于“产后风”“胎风”“瘫痪”范畴，认为其核心病机为气血两亏、肝肾不足、经络空虚，外邪乘虚而入。一是气血两亏，分娩过程耗伤奶牛大量气血，产后泌乳使气血随乳汁外泄，导致气血骤然亏虚，“气为血之帅，血为气之母”，气血双亏则四肢百骸失于濡养，引发肢体痿软无力；二是肝肾不足，“肝主筋，肾主骨，藏精生髓”，围产期奶牛精血大量消耗，损及肝肾根本，肝肾亏虚则筋骨失养，造成站立困难、瘫痪不起；三是经络空虚、风寒湿侵，产后奶牛正气亏虚，腠理不固，风寒湿邪易乘虚侵袭经络，导致气血运行不畅，形成“不通则痛、不荣则痛”的病机状态。

3.3.2 中药防治

中药防治遵循“补气养血、益肝补肾、强筋壮骨、通经活络”的原则，分产前预防和产后治疗两个阶段实施，以下剂量均适用于550~650 kg体重的成年奶牛，生产中可根据奶牛体重、病情、体质、体况及养殖环境灵活调整。

(1) 产前调理（预防）。针对奶牛气血不足、肝肾亏虚的体质，产前1周投喂补益气血、健脾益肾的中药，选用八珍汤加减：党参60 g、白术45 g、茯苓45 g、炙甘草30 g、当归60 g、川芎30 g、白芍45 g、熟地60 g、黄芪60 g、杜仲45 g、菟丝子60 g。诸药共为末，开水冲调，候温灌服，每日1剂，连用3~5剂，此方双补气血，佐以杜仲、菟丝子补肾强

腰，可增强奶牛体质，预防产后低血钙症等疾病发生。

(2) 产后治疗。静脉补钙使奶牛站立后，机体仍处于虚弱、气血亏虚状态，此时辅以中药调理，补气养血、强筋壮骨，巩固疗效、防止复发、促进康复，选用独活寄生汤加减：独活45 g、桑寄生60 g、秦艽30 g、防风30 g、细辛10 g、当归45 g、白芍45 g、川芎30 g、熟地60 g、党参60 g、茯苓45 g、肉桂20 g、杜仲45 g、牛膝45 g、甘草20 g。诸药共为末，开水冲调，候温灌服，每日1剂，连用3~5剂，此方标本兼治，既可祛风散寒除湿治标，又能补益气血、滋补肝肾治本，适配奶牛产后瘫痪的病机特点。

3.3.3 针灸电疗法

针灸可疏通经络、运行气血，激发奶牛机体自身调节功能，取穴以百会、命门、肾俞、抢风、膊尖、膊栏、雁翅、大胯、小胯、汗沟为主穴；食欲不佳配脾俞、后海穴，瘤胃胀气配关元俞、气海俞，采用白针或电针刺激，每日1次，每次20~30 min。

其中电针百会、肾俞或百会、抢风等组穴，对促进奶牛站立效果显著，正确设置电针参数是保证疗效的关键：

(1) 频率选择。低频（疏波，2~10 Hz）常用于急性期和镇痛，可促进内啡肽等内源性镇痛物质释放，缓解奶牛疼痛和应激，同时刺激神经肌肉，助力功能恢复；高频（密波，50~100 Hz）常用于恢复期和肌肉萎缩预防，能产生强而快的节律性收缩，促进局部血液循环，兴奋肌肉组织，防止废用性肌肉萎缩；治疗奶牛低血钙瘫痪时，常采用“疏密波”模式（如2 Hz/50 Hz交替），或从低频（5~10 Hz）开始，根据奶牛反应灵活调整。

(2) 强度控制。遵循“由弱到强、循序渐进”原则，初始以低强度输出，待奶牛适应后缓慢增加至适宜强度，适宜强度的标志为：与针柄连接的局部肌肉出现明显、有节律的收缩（颤动），且奶牛保持安静、无躁动不安表现，强度以奶牛舒适耐受为度，避免过度刺激。

(3) 治疗时间。每次治疗20~30 min，每日1~2次，直至奶牛能自主站立。

中西医结合防治，即在现代兽医学快速纠正血钙的基础上，运用中药和针灸进行整体调理，不仅能帮助患病奶牛迅速站立，还能有效改善产后食欲，促进子宫复旧，全面提升机体康复速度和抗病能力，从根本上降低低血钙症复发率及其他围产期疾病的发生率。

4 讨论

围产期奶牛低血钙症是由多因素引发的复杂代谢性疾病，其防控是一项系统工程，单一防治手段均存在局限性：营养调控（如阴离子盐法）防治效果显著，但对日粮配方精准性和牧场管理水平要求极高；钙剂治疗虽能快速挽救患病奶牛生命，却属于“事后补救”手段，无法解决亚临床低血钙症带来的深层危害；中兽医方法擅长机体整体调理、改善奶牛体质，但起效相对较慢，难以应对急性血钙崩溃的紧急情况。

本研究系统综述围产期奶牛低血钙症的综合防治策略，重点强调中西医结合的应用价值。在营养预防方面，研究结果与Kerwin等^[16]的经典理论高度一致，即产前DCAD调控是预防低血钙症的基石，同时本研究深化了该经典理论，不仅重申目标尿液pH值（6.0~6.5）的关键意义，还补充了本地化实践中的实操细节，如针对中国牧场常见饲料资源（羊草与苜蓿钾含量差异）的配方调整、阴离子盐的适口性管理与混合均匀度控制等，相较于张震宇等^[17]多集中于机制验证的研究，更注重将实验室原理转化为牧场可执行的具体方案。

在治疗方面，本研究支持静脉补钙作为临床型低血钙症的金标准治疗方案，同时与前人仅局限于钙剂剂量和种类选择的研究不同，明确提出将中兽医“整体调理”作为急性期治疗后至关重要的“第二道防线”，通过独活寄生汤、八珍汤等方剂的应用，解决单纯补钙后奶牛气血亏虚、肝肾不足的根本病机，为降低病情复发率、改善奶牛远期生产性

能提供新思路，是对常规治疗手段的有效补充。

本研究最具创新性的视角为中西医结合的防控探讨，尽管龙森等^[18]的研究已证实调整DCAD可改善奶牛产后健康，但多数文献仍将营养管理与疾病治疗视为相对独立的范畴。本研究尝试构建整合性防控框架，将“西医的快速纠正”与“中医的稳态调节”有机结合，例如在实施阴离子盐日粮（现代营养学）的基础上，产前投喂补益气血的中药（中兽医“治未病”思想），形成“营养调控+体质增强”的双重预防模式。这种系统性思维，超越了张帆等^[19]关于低血钙症与免疫抑制关联性的描述，提出了具备实操性的协同干预方案。

5 结论与展望

围产期低血钙症是制约高产奶牛健康养殖的关键瓶颈，其发生是奶牛围产期钙代谢生理特点与现代高产遗传潜力矛盾冲突的集中体现。该病的有效防治需从病因入手，坚持以“营养预防为基石”，通过实施阴离子盐日粮等精准营养调控策略，提前激活机体钙调节机制；对已发病奶牛，快速、安全的钙剂治疗是抢救生命的关键；中兽医辨证施治通过补气血、益肝肾、通经络的调理方式，为防治该病提供了独特的整体视角和解决方案，与现代兽医学结合可形成优势互补。最终，通过推行营养调控、健康监测、快速治疗和中西医结合调理四位一体的综合管理策略，能最大程度降低围产期低血钙症的发生率，提升奶牛群整体健康水平，保障牧场的经济效益和可持续发展。

未来，奶牛围产期低血钙症的防控将朝着多层次、一体化的综合防控体系发展：一是加强精准营养管理，利用近红外光谱（NIRS）等技术实时分析饲料成分，精确计算和调控 DCAD值，根据奶牛个体体况、胎次、既往病史实施“精准饲喂”；二是加强早期监测与预警，研发便携式血钙（尤其是 iCa）快速检测设备，实现亚临床低血钙症的早期、大批量筛查，及时开展干预；三是深化中西医结合研究，进一步强化中兽医在奶牛围产期保健中的应

用，利用现代药理学方法深入探究有效方剂的作用机制，开发便于规模化使用的中药提取物、颗粒剂或功能性添加剂，将“治未病”思想贯穿奶牛整个围产期；四是加强育种与选育，关注奶牛钙代谢的遗传力，选育对低血钙症具有更强抵抗力的奶牛品种，从遗传层面降低疾病发生风险。

参考文献

[1] Rinhardt T A, Lippolis J D, McCluskey B J, et al.Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds [J].The Veterinary Journa, 2011, 188 (1) : 122-124.

[2] McArt J A A, Neves R C.Association of transient, persistent, or delayed subclinical hypocalcemia with early lactation disease, removal, and milk yield in Holstein cows [J].Journal of Dairy Science, 2020, 103: 690-701.

[3] Martín-Tereso J, Martens H.Calcium and magnesium physiology and nutrition in relation to the prevention of milk fever and tetany (dietary management of macrominerals in preventing disease) [J].Veterinary Clinics: Food Animal Practice, 2014, 30 (3) : 643-670.

[4] 王博.奶牛围产期酮病和乳热的早期预警体系的研究[D].大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2014.

[5] 齐伶俐, 赖碧雄, 王宛青, 等.围产期奶牛低血钙症发病机制及调控措施研究进展 [J]. 中国畜牧杂志, 2025, 61 (5) : 1-7.

[6] Pryce J E, Paeker Gaddis K L, Koeck A, et al.Invited review: Opportunities for genetic improvement of metabolic diseases [J].Journal of Dairy Science, 2016, 99 (9) : 6855-6873.

[7] Wilkens M R, Nelson C D, Hernandez L L, et al.Symposium review: Transition cow calcium homeostasis-health effects of hypocalcemia and strategies for prevention [J].Journal of Dairy Science, 2020, 103 (3) : 2909-2927.

[8] 周娟, 于化福, 祁敏丽, 等.阴离子日粮对奶牛产后健康、泌乳性能和繁殖性能的影响 [J]. 中国奶牛, 2021 (12) : 1-6.

[9] 李岩, 付瑶, 陈勇, 等.奶牛围产前期钙的稳态和负DCAD日粮的应用[J]. 中国农学通报, 2021, 37 (35) : 88-92.

[10] Cohrs I, Wilkens M R, Grunberg W.Short communication: Effect of dietary phosphorus deprivation in late gestation and early lactation on the calcium homeostasis of periparturient dairy cows [J].Journal of Dairy Science, 2018, 101: 9591-9598.

[11] 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.

[12] 宁茂, 曹杰. 奶牛围产期低血钙及酮病的营养调控[N]. 乳业时报, 2024-02-09 (7) .

[13] 张毕红, 王先胜, 陈东颖, 等.围产期奶牛低钙血症及其与其他疾病的关系研究进展 [J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59 (4) : 56-62.

[14] 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.

[15] 隋君霞, 丰艳妮, 田文儒, 等.围产期奶牛低钙血症发病机制研究进展 [J]. 中国兽医杂志, 2018, 54 (11) : 61-63.

[16] Kerwin A L, Ryan C M, Leno B M, et al.Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows [J].Journal of Dairy Science, 2019, 102: 5191-5207.

[17] 张震宇, 李龙瑞, 张吉鹏.围产期不同水平阴阳离子差日粮对奶牛生产性能的影响[J].中国奶牛, 2018 (4) : 5-9.

[18] 龙淼, 邢欣, 张日和, 等.围产期奶牛生产性疾病研究进展 [J]. 中国奶牛, 2009 (4) : 35-38.

[19] 张帆, 王辉, 冯于明, 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.

参考文献著录说明及格式示例

本刊的参考文献著录采用“顺序编码制”，即在引文处对引用的文献按其在文章中出现的先后顺序，用阿拉伯数字加方括号标出。在文后的参考文献目录中，各条文献按在文章中标示的文獻序号顺序排列并规范著录，著录项目应完整，内容应准确。以下是几类常见参考文献的著录格式示例。

[期刊]	[1] 张漫, 顾宪红, 陈小秋, 等. 我国兽药行业现状概述[J]. 中国猪业, 2012, 7 (5) : 57-59.
	[2] Tremblay G F, Matte J J, Dufour J J, et al. Survival rate and development of fetuses during the first 30 days of gestation after folic acid addition to a swine diet[J]. Journal of Animal Science, 1989, 67 (3) : 724-732.
[专著]	[3] 熊远著, 王林云. 中国养猪大成[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
[学位论文]	[4] 刘建波. 猪细小病毒与猪圆环病毒2型分子生物学特性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
[论文集]	[5] 陆昌华. 动物疫病综合防控兽医信息化的历史回顾、现状与展望[A]. 熊本海, 王文杰, 宋维平. 中国畜牧兽医学会信息技术分会第十届学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国农业大学出版社, 2015.
[电子文献]	[6] 参考消息网. 中国进口加拿大猪蹄被检出瘦肉精 或影响两国贸易[EB/OL]. http: //www.cankaoxiaoxi. com/china/20170601/2065606.shtml , 2017-06-21.
[标准]	[7] 中华人民共和国卫生部. GB19301—2010 食品安全国家标准 生乳[S].
[报纸]	[8] 常纪文. 反虐待动物不是崇洋[N]. 经济参考报, 2010-03-20 (A2) .

此外，作者不超过3 名需全部写出，超过3 名则只写前3名，后加“， 等.”，英文为“， et al.”。英文作者表示方法：Hosono T, Lee K K, Barford C C。

中文期刊和外文期刊均用全名，且全文统一。