DOI:10.13300/j.cnki.cn42-1648/s.2026.10.007

畜禽血清胶冻样变的成因分析与应对措施

薛敏杰[1],杨兵[1],汪春艳[1],封晓艳[1],谌春燕[2]
1.襄阳市动物疫病预防控制中心,湖北襄阳 441022;
2.襄阳市农业综合执法支队,湖北襄阳 441022

摘要 兽医实验室血清抗体检测是评估畜禽群免疫状况、开展动物疫病监测与防控的核心技术手段,血清样本质量直接决定检测结果的准确性与可靠性。在畜禽血清采集与制备过程中,血液凝固离心后常出现血清呈胶冻状的异常现象,导致检测样本量不足、抗体效价测定存在偏差及试验重复性下降等,已经成为影响基层兽医实验室检测质量的重要问题。本文系统梳理血液凝固与血清析出的生理机制,从采血操作、血液处理、动物自体及环境因素等多维度分析血清胶冻样变的成因,探讨胶冻样物质的主要成分构成及其对血清学检测的影响,并针对性地提出事前预防与事后补救措施,旨在为兽医实验室血清质量控制体系建设提供理论参考与实践指导。

关键词 畜禽血清;胶冻样变;纤维蛋白原;血液凝固;血清析出;质量控制

血清学检测是畜禽疫病监测、疫苗免疫效果评估及流行病学调查的常规手段,检测结果的准确性高度依赖于高质量血清样本。根据 NY/T 541—2016《兽医诊断样品采集、保存与运输技术规范》要求,血清样品应无溶血、无腐败、清亮且体积满足检测需求[1]。然而,在实际血清样本采集与实验室制备过程中,常出现血液凝固、离心后血清未呈清亮液体,而呈半透明果冻状凝块,即“血清胶冻样变”。

血清胶冻样变对血清学检测的影响是多方面的:一是样本量不足,胶冻状血清难以准确吸取,无法完成全部检测项目;二是抗体效价测定偏差,胶冻物质可能非特异性吸附抗体或干扰光密度读数[2];三是试验重复性差,同一份样本不同部位胶冻程度不同;四是仪器堵塞风险,胶冻物质可能堵塞加样针或管路。根据世界动物卫生组织(WOAH)《陆生动物诊断试验与疫苗手册》要求,血清学检测应使用高质量的血清样品,以确保检测结果的准确性和可比性[3]。本文在梳理血液凝固生理机制的基础上,系统分析血清胶冻样变的成因与影响,并提出针对性应对措施,以期为兽医实验室血清质量控制提供科学依据。

1　血液凝固与血清析出的生理机制

正常情况下,血液采集后暴露于组织因子,启动外源性凝血级联反应,纤维蛋白单体在因子ⅩⅢa作用下发生交联聚合,形成稳定的纤维蛋白网状结构,网罗红细胞、血小板形成血凝块。血凝后 1～2 h,血小板收缩蛋白使血凝块紧缩,析出淡黄色透明液体——血清[4]。

胶冻样血清的本质是纤维蛋白原异常激活或未能完全转化为稳定的纤维蛋白网,导致纤维蛋白(或纤维蛋白原)残留于血清中,形成网状结构包裹血清,使其失去流动性。此外,脂肪过多聚集也可与纤维蛋白共同形成乳白色胶冻状物质(乳糜血)[5]。从病理生理学角度来看,胶冻样变反映了凝血—纤溶系统的失衡状态。

收稿日期:2026-07-31
作者简介:薛敏杰,女,1976年生,高级兽医师。

2 血清胶冻样变的成因分析

2.1 采血操作因素

1)采血速度过慢或不顺畅。采血断断续续,血液在针头或注射器内部分凝固,产生微凝块,进入采血管后成为纤维蛋白析出的“晶核”,促进胶冻形成。

2)采血管类型误用。误用含抗凝剂(如EDTA、肝素)的采血管,会抑制凝血过程,导致纤维蛋白原无法转化为纤维蛋白,离心后残留于血清中形成胶冻[6]。此外,促凝管中促凝剂失效或含量不足,也会导致凝血不完全。研究[7]表明,添加有效促凝剂可将血液凝固时间缩短至7～8 min。

3)操作不规范。注射器采血后活塞未拉出足够的空间,血清析出空间不足;未取下针头快速注入离心管,造成红细胞机械性破裂和溶血;消毒乙醇未完全挥发即采血,乙醇渗入血液影响凝血功能。

2.2 血液处理因素

1)采血后放置时间不足。血液凝固是一个动态过程,需要充足的时间完成纤维蛋白原的析出与交联。若采血后未充分静置(室温下＜30～60 min)即离心,纤维蛋白原尚未完全收缩,离心后残留于血清层,形成胶冻状[8]。在实际样品采集中,鸡血采集后静置时间＜45 min时,胶冻样变发生率显著增加。

2)温度影响。温度可以通过影响凝血酶活性来调控凝血速度。冬季室温过低(＜15 ℃)时,凝血酶原激活酶活性下降,血清析出困难;夏季温度过高(＞30 ℃)则导致血液水分挥发,血清浓缩呈胶冻状。张有江等[9]研究表明,血清析出最适环境温度为20～25 ℃,冬季可采用37 ℃水浴或恒温箱预处理1～2 h。

3)震动干扰与离心参数不当。血液凝固过程中频繁晃动或运输震动,会破坏正在形成的纤维蛋白网状结构,导致凝块松散、收缩不良。离心力不足(＜1 500×g)或离心时间不足10 min,也无法彻底沉淀残余纤维蛋白及细胞碎片。根据DB62/T 2528.3—2026《动物疫病监测规范 第3部分:样品采集》,血清分离一般采用1 000 r/min离心10～15 min[10],但对于高脂血或高纤维蛋白原血症样本,可能需要提高离心力或延长离心时间至30 min。

2.3 动物自体因素

1)高纤维蛋白原血症。当动物存在急性炎症、感染、应激或组织损伤时,肝脏合成大量纤维蛋白原作为急性期反应蛋白,造成高纤维蛋白原血症。纤维蛋白原含量异常升高(＞4 g/L),即使血液正常凝固,血清中仍残留大量可溶性纤维蛋白原/纤维蛋白,形成网状结构包裹血清形成胶冻。

2)应激状态与品种差异。运输、保定等应激因素可激活下丘脑—垂体—肾上腺轴,促进纤维蛋白原合成,从而增加胶冻样变风险。鸡血清更易出现胶冻状,鹅、鸭类本身血脂就较高,易形成胶冻[11]。谭伟豪等[12]对不同地方品种家禽血清生化指标的比较研究结果显示,不同品种家禽间血清胆固醇、甘油三酯水平存在显著差异。

3)饲料与营养状况。动物进食后采血,血液中乳糜微粒增多,易形成胶冻样血清。高蛋白高脂肪饮食导致动物营养过剩、高血脂,形成乳白色胶冻样血清(乳糜血)[11]。

3 血清胶冻样变的应对措施

3.1 预应对措施

1)优化采血时机与动物准备。采血前禁食8～12 h(禽类8 h,猪、牛等12 h),避免采食后血脂升高;采血前24 h保证充足饮水[13],减少血液浓缩;采血前避免驱赶、转群等应激操作,运输后动物建议休息2～4 h再采血。

2)环境温湿度控制。冬季采血时,在采样箱内放置保暖袋,维持温度37 ℃左右;血样采集后立即放入37 ℃恒温箱预处理0.5～1.0 h。夏季避免血样长时间暴露于高温环境,血样在室温(20～25 ℃)下倾斜静置2～4 h,确保血液完全凝固(以试管倒立不流动为判断标准)。

3)规范采血操作。使用一次性真空采血器(无抗凝剂)或促凝管,优先选用含分离胶的促凝管;采血部位消毒后待乙醇完全挥发;采血速度均匀,避免断断续续;注射器采血后取下针头,沿管壁缓慢注入血样。血样静置期间避免摇晃、碰撞,运输时使用防震箱。

4)标准化离心程序。参照NY/T 541—2016及相关地方标准[1,10],采用3 000～4 000 r/min离心10 min(或1 500～2 000×g离心10～15 min)。离心前确认血液已完全凝固,否则延长静置时间。

5）动物健康与营养管理。控制炎症、感染等疾病，减少急性期蛋白异常升高；科学饲喂，避免长期饲喂高蛋白高脂肪饲料，维持正常脂代谢。

3.2　胶冻样血清的处理方法

1）轻微胶冻。用无菌移液器吸头轻轻挤压或戳破胶冻物质，静置 1～2 h 后再次离心，通常可分离出合格血清。

2）完全胶冻。①机械分离法。用无菌针头或吸头挑出胶冻样物质，剩余样本在 37 ℃恒温箱放置 1～2 h 后离心。②加热处理法。将样本置于 56 ℃水浴锅中加热 30 min，促进纤维蛋白凝结，但需注意加热可能导致部分热敏性抗体活性下降。③稀释法。高脂血导致的乳白胶冻可用生理盐水适当稀释后离心，结果需乘以稀释倍数校正。

4　讨　论

目前，针对畜禽血清胶冻样变的处理方法较多，但不同方法的适用场景和效果存在差异。结合文献报道和实践经验，主要处理方法的效果对比如下。

1）37 ℃温浴复凝法。适用于因温度过低、静置时间不足导致的“假性胶冻”。样本经 37 ℃水浴 10～15 min 后再次离心，血清析出成功率大幅增加。该方法对血清成分影响最小，是首选的补救措施。与人医临床实践一致，人医检验中也将“37 ℃温浴后再离心”作为鉴别假性胶冻与病理性胶冻的标准方法。

2）机械挑除法。适用于中等程度胶冻、纤维蛋白凝块较易分离的样本。优点是操作简便、无需特殊设备；缺点是回收率不稳定，操作不当易导致溶血或样本污染。据基层兽医实验室经验统计，机械挑除法的血清回收率为 50%～70%。

3）56 ℃水浴加热法。适用于完全胶冻、其他方法无效的样本。该方法通过热变性使纤维蛋白凝固沉淀，可有效消除胶冻状态。但加热可能导致补体灭活、部分热敏性抗体活性下降。饶玉良等[11]研究结果显示，56 ℃水浴或金属浴锅中加热 0.5 h，促进纤维蛋白凝结。若加热 0.5 h 仍有凝胶，可适当延长加热时间。

4）抗凝管重采法。在人医领域，对于病理性胶冻血清，常采用肝素抗凝管重新采集血浆样本替代血清进行检测。但在兽医领域，由于多数血清学检测方法基本都建立在血清样本之上，血浆替代可能影响检测结果的可比性，因此该方法的应用需谨慎验证。

5　结　语

血清胶冻样变是畜禽血清采集中的常见问题，其形成与血液凝固机制、操作规范、动物生理状态密切相关。在实际工作中，通过优化采血时机、控制环境温度、规范采血操作、标准化离心程序，可显著降低胶冻样变发生率。对于已形成的胶冻样血清，应根据胶冻程度选择合适的处理方法：37 ℃温浴复凝法为首选，机械挑除法适用于中等程度胶冻，56 ℃水浴加热法仅作为最后的补救手段。未来需要进一步探讨胶冻样物质的成分，建立量化评估标准，并完善相关标准规范，加强基层兽医实验室质量控制体系建设。

参 考 文 献

[1] NY/T 541—2016 兽医诊断样品采集、保存与运输技术规范[S].

[2] DB23/T 1604—2015 动物血清学检验技术通则[S].

[3] World organisation for animal health. manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals[M]. 9th ed. Paris: WOAH, 2024：23-26.

[4] 王鸿利. 血栓与止血基础理论与临床[M].3 版. 上海：上海科学技术出版社,2007:45-62.

[5] 张万林，赵云平. 浅谈鸡血清采集存在问题及对策[J]. 中国畜禽种业，2016，12(11)：130-131.

[6] 张丽娟，张桂芳，于宪仓，等. 动物的血样采集和血清分离技术[J]. 中国动物保健，2011，13(7)：33-34.

[7] 马列，於席芳，严国红，等. 生物促凝管促凝机制探讨[J]. 检验医学与临床，2007，(8)：719.

[8] 王荣华. 兽医实验室血清制备的影响因素及解决办法[J]. 山东畜牧兽医，2016，37(4)：32.

[9] 张有江，薛小敏，王国庆. 血清胶冻状 1 例[J]. 实验与检验医学，2012，30(5)：432.

[10] DB62/T 2528.3—2014 动物疫病监测规范 第 3 部分：样品采集[S].

[11] 饶玉良，马淑兰，张亚东，等. 实验动物血清胶冻样成因分析及消除方法探索[J]. 医学理论与实践，2024，37(9)：1619-1620.

[12] 谭伟豪，朱晓彤，孙丽娟，等. 广东不同地方品种家禽血清生化指标的比较研究[J]. 中国畜禽种业，2022，18(11)：38-41.

[13] 南京农业大学免疫研究所. 动物血清样品采集与处理规范[EB/OL]. (2023-05-20)[2026-07-31]. https://ioi. njau. edu. cn/info/1035/1133.htm.

【责任编辑：胡　敏】