

耿康平, 刘康, 郑卫江, 等. 基于 PEDV 感染探究断奶仔猪群体水平关键行为变化 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (9): 49–58.

GENG K P, LIU K, ZHENG W J, et al. Investigation of key group-level behavioral changes in weaned piglets based on PEDV infection [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (9): 49–58.

基于 PEDV 感染探究断奶仔猪群体水平关键行为变化

耿康平, 刘康, 郑卫江, 姚文*

(南京农业大学动物科技学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 旨在研究不同滴度猪流行性腹泻病毒 (PEDV) 感染对断奶仔猪行为模式的影响。选取 24 只 21 日龄的三元杂交断奶仔猪, 随机分为对照 (CON) 组、低剂量病毒 (LDV) 组和高剂量病毒 (HDV) 组, 每组单独猪舍饲养, 适应饲养 7 d 后于 28 日龄进行灌喂, CON 组灌喂 1 mL DMEM 培养基, LDV 组灌喂 1 mL 滴度为 5×10^5 TCID₅₀/mL 的病毒液, HDV 组灌喂 1 mL 滴度为 1×10^7 TCID₅₀/mL 的病毒液。试验为期 7 d, 期间通过摄像头记录并储存行为视频数据。结果: CON 组所有断奶仔猪均呈现抗体阴性, LDV 组断奶仔猪抗体阳性比例为 37.5%, HDV 组断奶仔猪抗体阳性比例为 50%, LDV 和 HDV 组腹泻仔猪头数较 CON 组有所增加。在个体水平上, LDV 和 HDV 组的活动时长和探索时长较 CON 组显著减少 ($P < 0.05$), LDV 组采食频率显著下降, HDV 组积极社交时长较 CON 组显著减少 ($P < 0.01$)。在群体水平上, HDV 组群体积极社交时长显著减少 ($P < 0.01$), 活动时长和探索时长也有减少的趋势, LDV 组群体采食频率较 CON 组显著下降 ($P < 0.05$)。LDV 和 HDV 感染组采食模式发生改变, 并在感染后第 6 天趋于正常。在感染前期, 尤其是上午 8:30–10:30 时段, LDV 和 HDV 组的活动时长、探索时长和积极社交时长较 CON 组有不同程度的减少。LDV 和 HDV 组离群频率在感染后较 CON 组增加并在感染第 6 天恢复正常。综上, 本试验初步将活动行为、探索行为和积极社交行为视为早期疾病预警的关键行为, 且在第一次饲喂后 2 h 群体行为变化尤为明显。

关键词: 动物行为; 病毒感染; 疾病预警; 断奶仔猪

中图分类号: S852 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)09-0049-10

Investigation of key group-level behavioral changes in weaned piglets based on PEDV infection

GENG Kangping, LIU Kang, ZHENG Weijiang, YAO Wen*

(College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: To study the effect of different titers of PEDV infection on the behavior pattern of weaned piglets, twenty-four 21-day-old weaned ternary hybrid piglets were selected in this study, and they were randomly allocated to three groups: the CON group, the LDV group, and the HDV group. Each group was housed in a separate pen, and they were fed at 28 days of age after 7 days of adaptation, with 1 ml of DMEM (cell culture medium) in the CON group, 1 ml G2c PEDV strain with a titer of 5×10^5 TCID₅₀/ml in the LDV group, and 1 ml G2c PEDV strain with a titer of 1×10^7 TCID₅₀/ml in the HDV group. The experiment lasted for 7 days, during which the video data of the behavior was recorded and stored by the camera. The results were as follows: All weaned piglets in the CON group were antibody-negative, the proportion of the weaned piglets in the LDV group was 37.5%, that of weaned piglets in the HDV group was 50%, and the number of piglets with diarrhea in the infected group increased, as compared with that in the CON group. At the individual level, the duration of moving and pen exploration time of the LDV and HDV infection group were significantly lower than those of the CON group ($P < 0.05$). Compared with the CON group, the feeding frequency of the LDV group decreased significantly, but the duration of positive socializing in the HDV group was significantly lower ($P < 0.01$). At the group level, the duration of positive socializing in the HDV group was significantly reduced ($P < 0.01$), the duration of moving and pen exploration were also reduced, and the eating frequency in the LDV group was significantly lower than that in the CON group ($P < 0.05$). The eating pattern of the LDV and HDV infected group changed and tended to get normal on the 6th day after infection. In the early stage of infection, especially in the 8:30–10:30 a. m. period, the duration of moving, pen exploration and

收稿日期: 2025-03-12; 修回日期: 2025-07-18

基金项目: 科技创新 2030—“新一代人工智能”重大项目 (2021ZD0113803-02)

第一作者: 耿康平, 男, 硕士研究生

* 通信作者: 姚文, 教授, 主要从事单胃动物饲料营养和智慧健康养殖的研究与技术集成推广, E-mail: yaowen67jp@njau.edu.cn.

positive socializing of the LDV and HDV infected group decreased to varying degrees, compared with that of the CON group. The outlier frequency of the LDV and HDV infected group increased, compared with the CON group after infection and returned to normal on the 6th day of infection. Taken together, in this study, moving, pen exploration and positive social behavior were initially regarded as the key behaviors for early disease warning, and the changes in various behaviors were particularly obvious 2 h after the first feeding.

Keywords: animal behaviour; viral infection; disease warning; weaned piglets

长久以来, 疾病在很大程度上限制了畜牧业的生产力^[1-2]。由于产业集约化导致的高密度养殖, 动物个体患病后极易通过粪便、唾液等在群体中传播。识别患病个体并隔离是防止疾病传播的重要手段, 这能够有效防止重大损失, 降低人畜共患病风险。利用行为变化来发现动物的潜在健康问题已被视为一种有效的方法^[3-4]。与健康猪不同, 患病猪往往会表现出明显的行为变化来表达其机体内部的状态, 因此可以作为疾病早期预警的手段^[5]。传统的动物行为观察依赖于工人或兽医的巡检, 由于观察时间短, 只有当动物出现严重损伤时才能发现, 且由于专业知识水平受限或经验不足, 导致诊断结果准确性欠佳。

随着人工智能在畜牧行业的深入发展, 用于健康评价的行为监测由人工观察转为自动化监测, 数据实时性和精确性大大提高。Krsnik 等^[6]研究发现通过分析采食、饮水、排泄的频率与持续时间, 能够预警断奶仔猪的细菌感染; Ahmed 等^[7]通过视频记录系统监测感染沙门菌的生长猪, 发现其进食和饮水频率显著下降, 活动频率显著下降; Fernández-Carrión^[8]等监测感染非洲猪瘟病毒的猪活动能力显著下降。大规模养殖条件下对动物个体行为变化进行监测难以实现, 且无法达到较好的疾病预防效果, 群体行为分析逐渐成为疾病预警新思路。群体行为数据复杂且庞大, 需要确定疾病发生时能够在群体水平检测到的关键行为变化^[9], 从而实现高效的疾病预警。

基于此, 本试验对断奶仔猪进行不同滴度猪流行性腹泻病毒 (PEDV) 的群体感染, 分析仔猪各项行为, 发掘能够预警疾病的群体水平上的关键行为, 为疾病的早期发现提供诊断价值。

1 材料与方法

1.1 试验动物与设计

采购自环山集团的 24 头 21 日龄, 体重 (7.56 ± 0.87) kg 的 PEDV 抗原抗体双阴性断奶仔猪 (杜×长×大), 转运至扬州优佳创实验站, 随机分配为对照 (CON) 组、低剂量病毒 (LDV) 组和高剂量病毒 (HDV) 组, 每组单独猪舍饲养, 在正式研究之前进行 7 d 适应性饲养, 并使用蜡笔于所有仔猪背部书写编号便于识别。研究期间断奶仔猪通过畜栏中的两个料槽和四个饮水器自由采食和饮水。于仔猪 28

日龄早晨 9:00 进行灌喂: CON 组, 仔猪灌喂 1 mL DMEM 培养基; LDV 组, 仔猪灌喂 1 mL 滴度为 5×10^5 TCID₅₀/mL 的病毒液; HDV 组, 仔猪灌喂 1 mL 滴度为 1×10^7 TCID₅₀/mL 的病毒液。PEDV 毒株 G2c, 由新希望集团有限公司惠赠。灌喂后观察仔猪有无不良反应, 试验期 7 d。

试验期间于每日早晨对 3 组仔猪的粪便进行观察并评分, 评分标准参考 Hu 等^[10]的方法, 硬粪记为 1 分, 正常稠度记为 2 分, 软粪、部分成形记为 3 分, 半液体半固体记为 4 分, 水样粪便记为 5 分。粪便评分 ≥ 3 分则认为仔猪腹泻。

试验期最后 1 d 屠宰采血, 收集并离心后使用 PEDV 免疫球蛋白 A (IgA) 抗体检测试剂盒 (IDEXX) 进行抗体水平检测。

1.2 设备安装

在断奶仔猪进舍前进行录像设备的安装, 在每间猪舍的猪群生活区域正上方 150 cm 处悬挂摄像头, 调整位置使其能够拍摄到所有仔猪, 连续录制一周栏中仔猪的各项行为活动, 视频数据储存于网络视频录像机的硬盘中。

1.3 断奶仔猪行为观测

对硬盘中储存的视频数据进行人工观察, 在统计个体行为时, 每天记录 24 h 内各组每头仔猪采食、饮水、躺卧、站立不动、活动、探索和积极社交等各项行为的持续时长, 统计每头仔猪采食、饮水、消极社交和离群行为的发生频率, 各种行为的定义标准^[11-13]见表 1。在统计群体行为时, 以 3 个饲喂时间点进行划分 (8:30、14:30、18:30), 统计感染前 1 d 及感染后 0~6 d 每天 6 个时间段各组所有仔猪的行为时长或频率之和, 即 8:30—10:30, 10:30—12:30, 12:30—14:30, 14:30—16:30, 16:30—18:30, 18:30—20:30 这 6 个时间段。

1.4 数据统计与分析

数据用 Excel 2019 进行整理, 使用 IBM SPSS statistics 26 进行非参数 (Kruskal-Wallis) 检验和单因素方差 (One-way ANOVA) 分析, 数据以“平均值±标准差”的形式表示。以 $P < 0.05$ 代表差异显著, $P < 0.01$ 代表差异极显著, 用 Graphpad prism 8 和 Origin 2024 进行制图。

表1 仔猪行为分类及定义

行为	定义	
不活跃	躺卧	腹部或身体一侧着地躺着
	站立不动	四肢直立, 既不前进也不后退
活跃	采食	头部伸入食槽中
	饮水	鼻子伸入饮水器中
	活动	在围栏中走或奔跑, 不与环境或其他仔猪互动
	探索圈舍	嗅、舔、啃咬围栏中的实质性物体
	积极社交行为	头或鼻子与另一头猪接触, 被触碰仔猪无消极反应
	消极社交行为	攻击, 与其他仔猪打斗
离群行为	某头仔猪与其他仔猪距离较远	

2 结果与分析

2.1 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪体重和粪便评分的影响

由表2可知, HDV组的终末体重(35 d)较CON组和LDV组显著升高, 但平均日增重无显著性差异。虽然攻毒后24 h和48 h这3组间粪便评分无显著差异, 但LDV和HDV组较CON组有更多的腹泻仔猪, 且表现出更严重的腹泻程度。IgA检测结果显示, CON组所有仔猪均呈PEDV抗体阴性, LDV组有3头仔猪(37.5%)呈PEDV抗体阳性, HDV组有4头仔猪(50%)呈PEDV抗体阳性。

表2 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪体重和粪便评分的影响

项目	CON组	LDV组	HDV组
初始体重/kg	7.93±0.88	8.06±0.71	8.78±1.06
终末体重/kg	9.38±1.24 ^b	9.45±0.95 ^b	10.91±1.63 ^a
平均日增重/g	206.25±83.77	198.21±114.90	305.35±133.56
24 h 粪便评分	1.62±0.74	1.75±0.88	1.37±0.51
48 h 粪便评分	2.37±1.18	2.12±1.35	2.37±1.30
24 h 腹泻仔猪头数	1	2	0
48 h 腹泻仔猪头数	2	3	3
抗体阳性仔猪头数	0	3	4

注: 同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 下同。

2.2 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体行为发生频率和时长的影响

由表3可知, 与CON组相比, LDV组活动时长、探索时长显著减少 ($P<0.05$), 采食频率显著下降

($P<0.05$), HDV组活动时长、探索时长和积极社交时长显著减少 ($P<0.05$), 其他行为均无显著性差异。

表3 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体行为发生频率和时长的影响

项目	CON组	LDV组	HDV组
采食时长/min	61.67±17.48	60.85±9.69	65.21±11.87
饮水时长/min	3.41±0.91	3.63±0.77	3.71±0.81
躺卧时长/min	1243.89±28.91	1248.68±25.16	1249.29±17.45
站立不动时长/min	6.48±1.29	6.64±1.45	6.59±1.30
活动时长/min	46.71±8.85 ^a	43.53±6.89 ^b	43.55±7.01 ^b
探索时长/min	11.80±4.26 ^a	10.65±2.19 ^b	9.91±1.60 ^b
积极社交时长/min	9.10±1.48 ^a	8.68±1.43 ^{ab}	8.37±1.12 ^b
采食频率/次	10.54±2.94 ^a	9.41±2.03 ^b	10.59±2.53 ^a
饮水频率/次	7.84±1.79	7.59±1.52	8.04±1.53
消极社交频率/次	2.01±1.14	1.80±1.21	1.69±0.72
离群频率/次	1.04±0.86	1.45±1.04	1.21±0.93

2.3 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪群体行为发生频率和时长的影响

由图 1 得知，与 CON 组相比，HDV 组群体水平活动时长 ($P=0.095$) 和探索时长 ($P=0.074$) 有

减少趋势，LDV 组群体水平积极社交时长有减少趋势 ($P=0.088$)，HDV 组群体积极社交行为时长显著减少 ($P<0.01$)，LDV 组群体水平采食频率显著下降 ($P<0.05$)。

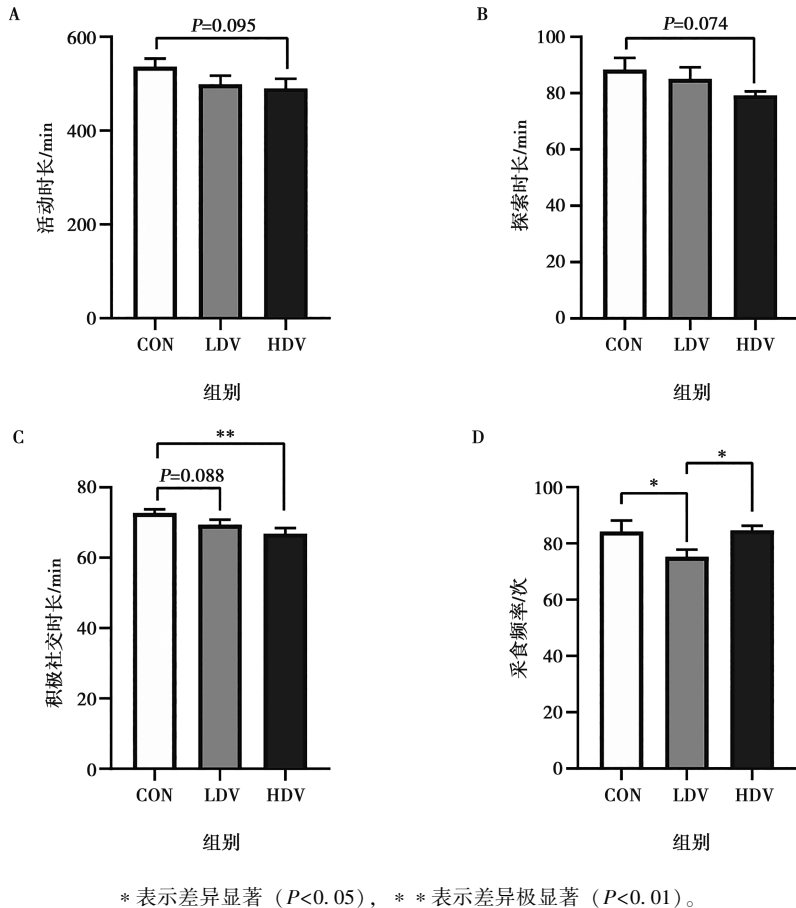


图 1 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪群体行为发生频率和时长的影响

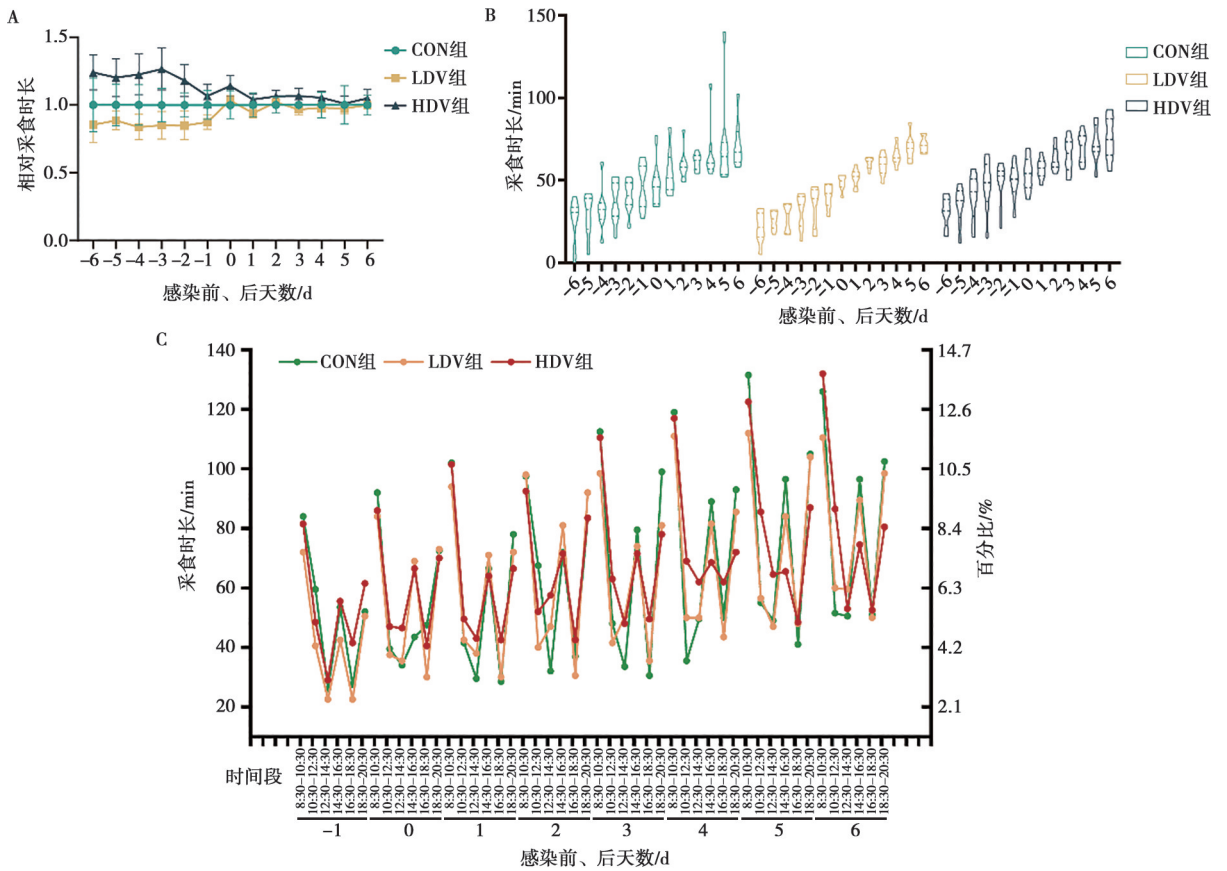
2.4 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体及群体采食时长影响比较

由图 2 可知，断奶仔猪采食时长无显著差异 (图 2A)，感染后 HDV 组断奶仔猪个体采食时长先减少后增加 (图 2B)。在群体水平上，第 1 次饲喂 (8: 30)，2 h 内这 3 组的采食时长比较接近，除感染前 1 d 和感染第 2、6 天外，2~4 h 内 HDV 组采食时长较 CON 组有所增加；第 2 次饲喂 (14: 30)，感染第 1~3 天 2 h 内采食时长比较接近，感染第 4~6 天 2 h 内 HDV 组采食时长较 CON 组减少，感染第 1 天及第 3~4 天 2~4 h 内 HDV 组采食时长有所增加；第 3 次饲喂 (18: 30)，感染第 0~2 天 2 h 内 3 组采食时长比较接近，感染第 3~6 天 2 h 内 HDV 组采食

时长较 CON 组明显减少。感染后断奶仔猪的采食模式在感染第 6 天趋于正常 (图 2C)。

2.5 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体及群体采食频率影响比较

由图 3 看出，在个体水平上这 3 组的采食频率无显著性差异 (图 3A)，感染后 LDV 组采食频率呈下降后上升再下降的趋势 (图 3B)。在群体水平上，第一次饲喂 (8: 30)，感染第 1、2、4 天 2 h 内 HDV 组采食频率较 CON 组有所升高；第 2 次饲喂 (14: 30)，感染第 2~6 天 2 h 内 HDV 组采食频率较 CON 组明显下降；第 3 次饲喂 (18: 30)，感染第 0、1、3、6 天 2 h 内 HDV 组采食频率较 CON 组有所下降 (图 3C)。



注：“-”表示感染前。下同。

图2 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体 (A 和 B) 及群体 (C) 采食时长的影响

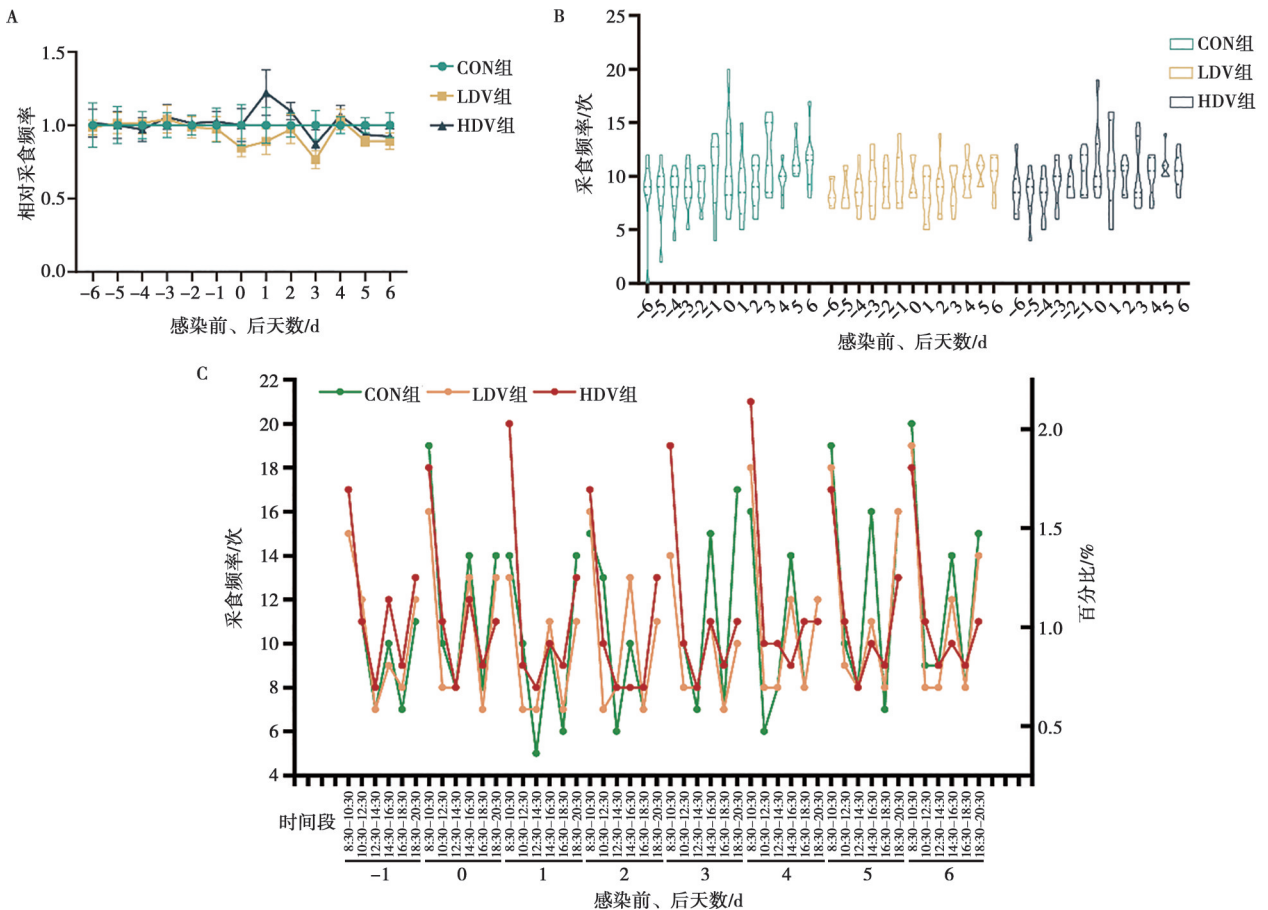


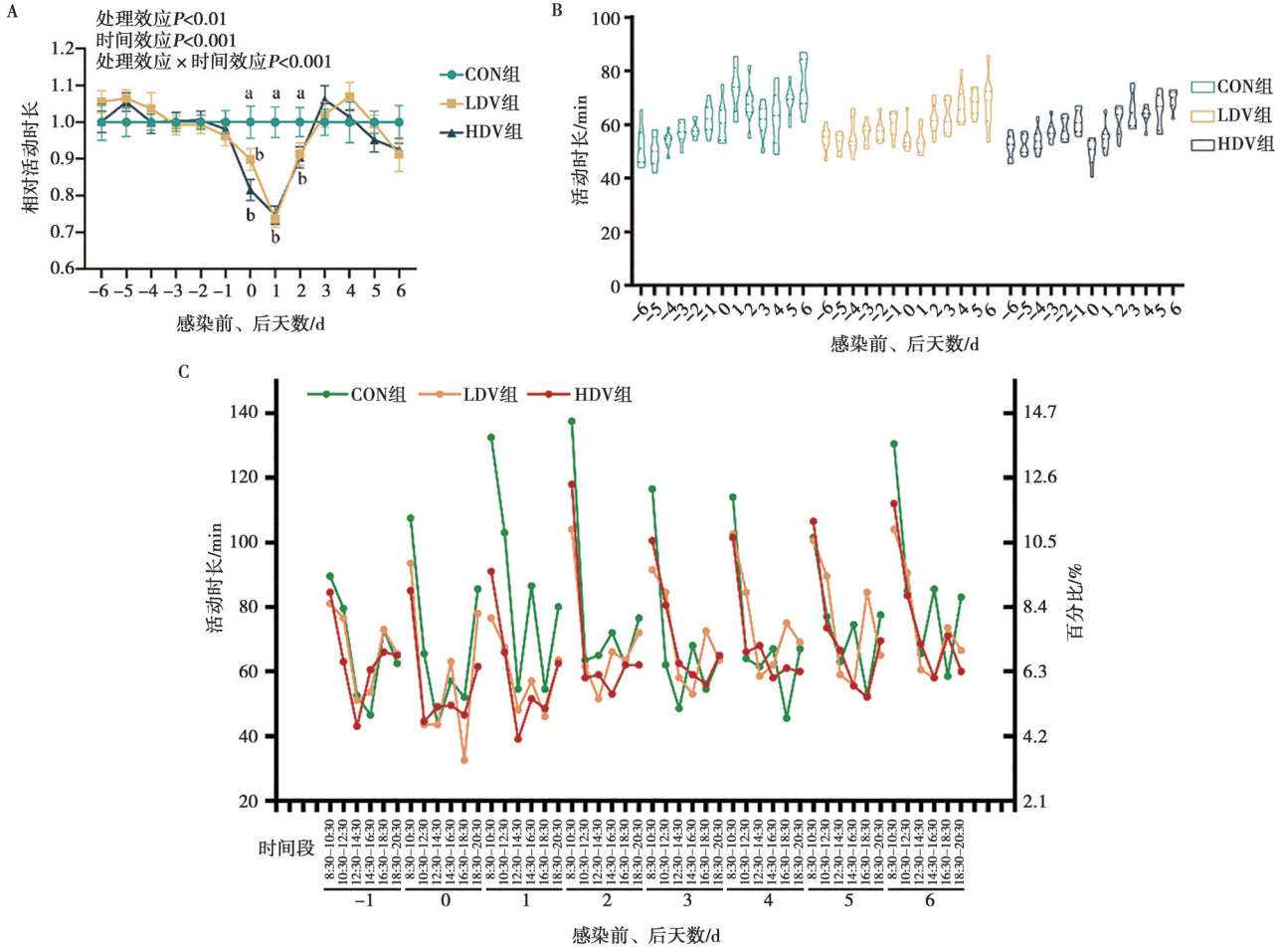
图3 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体 (A 和 B) 及群体 (C) 采食频率的影响

2.6 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体及群体活动时长影响比较

由图 4 可知，断奶仔猪个体活动时长受处理 ($P<0.01$) 和时间效应 ($P<0.001$) 的影响。与 CON 组相比，感染第 0~2 天时 LDV 组和 HDV 组活动时长显著减少 ($P<0.05$)。同时，处理和时间还存在交互作用 ($P<0.001$) (图 4A)。感染后 LDV 组和 HDV 组断奶仔猪的活动时长呈现先减少后增加再减少的趋势 (图 4B)。

在群体水平上，除感染前 1 d 及感染第 5 天外，

其他感染天数第 1 次 (8:30) 饲喂后 2 h 内 LDV 组和 HDV 组活动时长较 CON 组明显减少，感染第 0 天 LDV 组和 HDV 组分别减少 1.47% 和 2.35%，第 1 天减少 5.84% 和 4.33%，第 2 天减少 3.49% 和 2.03%，第 3 天减少 2.6% 和 1.67%，第 4 天减少 1.2% 和 1.3%，可以看出 LDV 和 HDV 组仔猪处于恢复中。感染第 1~2 及 5~6 天第 2 次 (14:30) 饲喂后 2 h 内，HDV 组活动时长较 CON 组有所减少，感染第 0~2 天第 3 次 (18:30) 饲喂后 2 h 内，HDV 组活动时长较 CON 组明显减少 (图 4C)。



不同小写字母表示各组间存在显著性差异。

图 4 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体 (A 和 B) 及群体 (C) 活动时的影响

2.7 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体及群体探索时长影响比较

由图 5 可知，断奶仔猪个体探索时长受时间效应 ($P<0.001$) 的影响。与 CON 组相比，感染第 0 天 LDV 组探索时长显著减少 ($P<0.01$)，感染第 1 天 LDV 和 HDV 组探索时长均显著减少 ($P<0.01$)，感染第 5 天，LDV 组和 HDV 组探索时长显著增加 ($P<0.05$)，处理和时间对探索时长的影响还存在交互作

用 ($P<0.01$) (图 5A)。感染后 LDV 组和 HDV 组探索时长呈现减少后增加再减少的趋势 (图 5B)。

在群体水平上，感染第 1~4 天第 1 次饲喂 (8:30) 后 2 h LDV 组和 HDV 组探索时长较 CON 组明显减少。感染第 1 天 LDV 组和 HDV 组探索时长分别减少约 0.99% 和 0.83%，第 2 天减少 0.89% 和 1.35%，第 3 天减少 0.52% 和 1.35%，第 4 天减少 0.47% 和 1.09%，可以看出 LDV 组和 HDV 组仔猪处于恢复

中。感染第0~3天第1次饲喂后2~4 h LDV组和HDV组探索时长较CON组有所减少。感染第0~4天

第2次(14:30)饲喂后2 h内HDV组探索时长较CON组明显减少(图5C)。

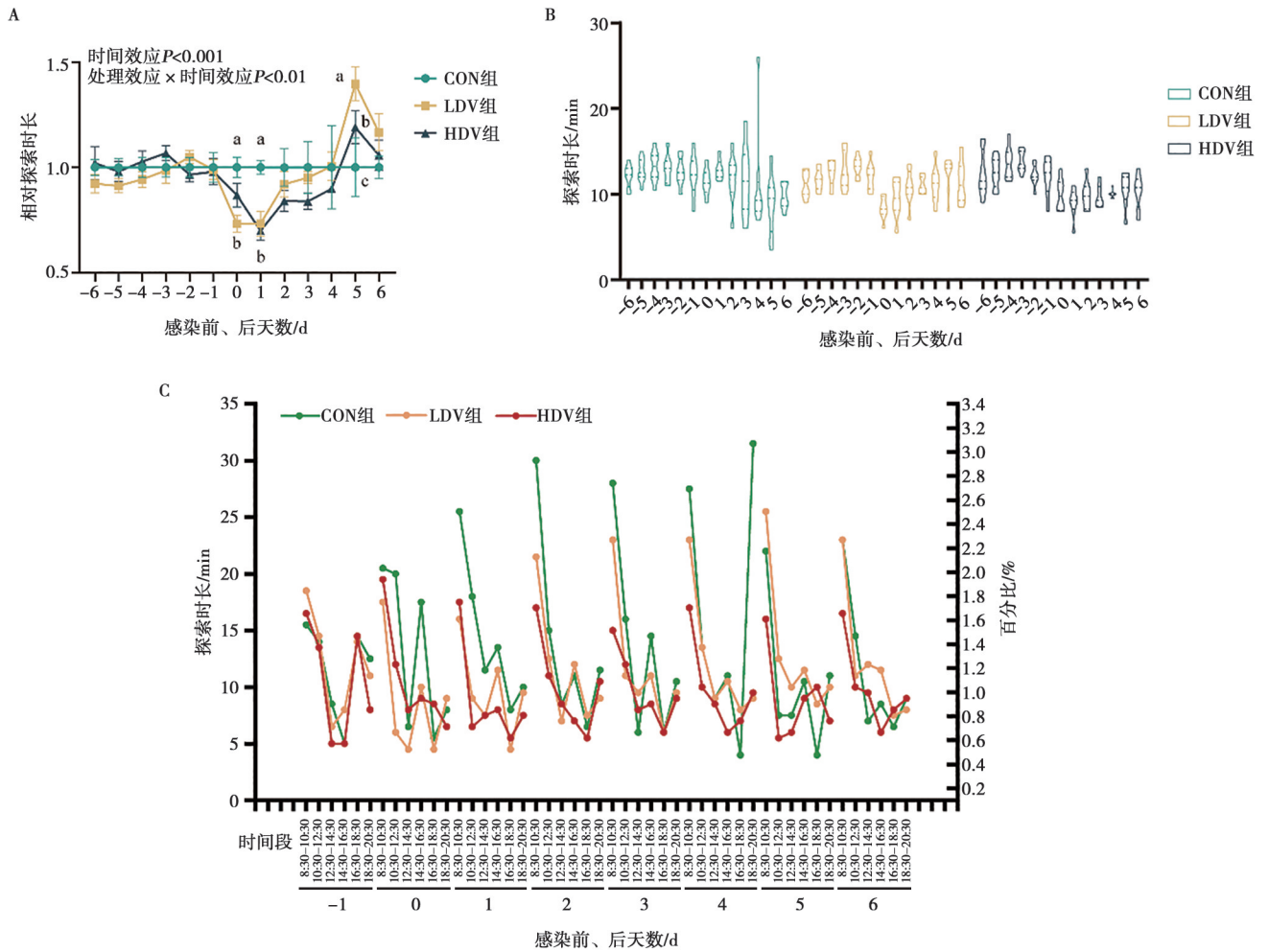


图5 不同滴度PEDV感染对断奶仔猪个体(A和B)及群体(C)探索时长的影响

2.8 不同滴度PEDV感染对断奶仔猪个体及群体积极社交时长影响比较

由图6可以看出,断奶仔猪个体积极社交时长无显著差异(图6A),感染后LDV和HDV组积极社交时长呈现先减少后增加再减少的趋势(图6B)。

在群体水平上,感染第0~6天第1次饲喂后2 h内,LDV组和HDV组积极社交时长有所减少,感染第0天LDV和HDV组积极社交时长较CON组减少0.26%和0.57%,第1天减少0.68%和0.78%,第2天减少0.21%和0.67%,第3天减少0.15%和0.93%,第4天减少0.16%和0.99%,第5天减少

0.42%和1.14%,第6天减少0.16%和0.68%。感染第0~2天第1次饲喂后2~4 h内,LDV组和HDV组积极社交时长明显减少。感染第0~4天及第6天第2次饲喂后2 h内,HDV组积极社交时长也有所减少(图6C)。

2.9 不同滴度PEDV感染对断奶仔猪个体及群体离群频率影响比较

由图7可知,断奶仔猪个体离群频率受时间效应影响($P<0.05$),感染后LDV和HDV感染组群体离群频率较CON组有所升高,并在感染后第5、6天趋于一致。

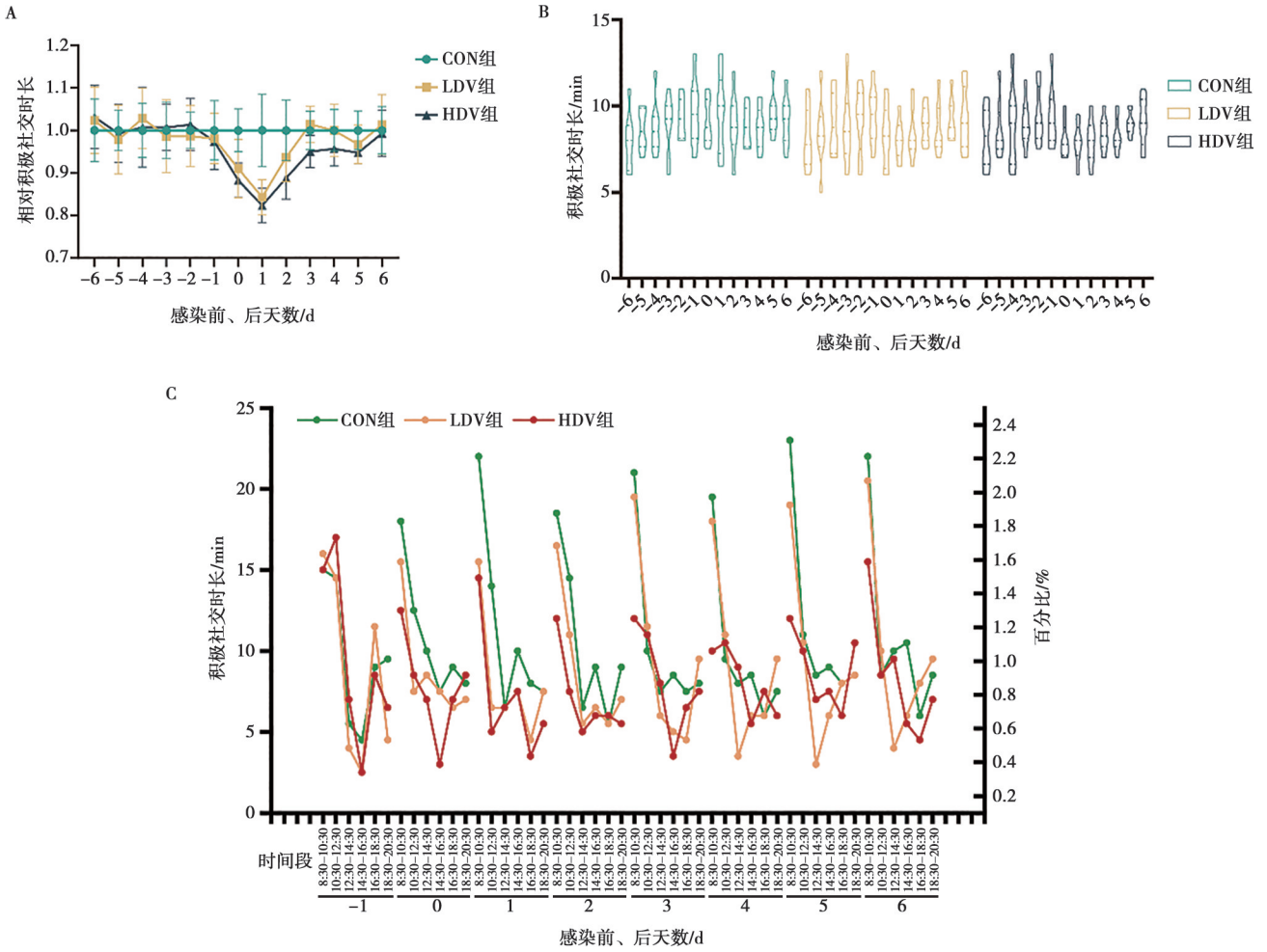


图 6 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体 (A 和 B) 及群体 (C) 积极社交时长的影响

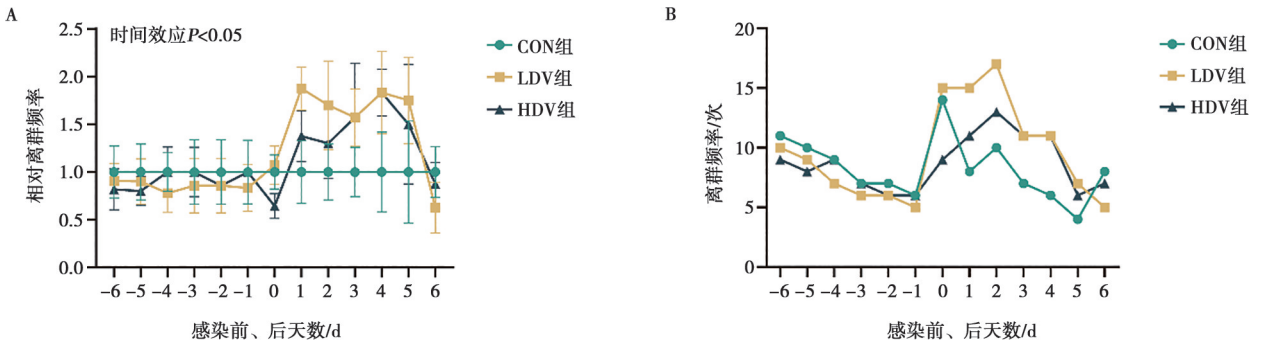


图 7 不同滴度 PEDV 感染对断奶仔猪个体 (A) 及群体 (B) 离群频率的影响

3 讨论

本试验通过设计两种不同滴度 (5×10^5 TCID₅₀/mL 和 1×10^7 TCID₅₀/mL) 的 PEDV 感染断奶仔猪, 来模拟疾病的发展过程。血清 PEDV 抗体检测结果表明 LDV 和 HDV 组呈现不同的抗体阳性比例, HDV 组表现出更高的抗体阳性比例。粪便评分结果也表明 LDV 和 HDV 组腹泻仔猪头数较 CON 组有所增加, 且

HDV 组有更多腹泻仔猪。基于此, 对群体水平仔猪行为进行分析并寻找差异, 从而为发现可用于早期疾病预警的关键行为提供依据。

采食是断奶仔猪获得营养物质的决定性途径, 是仔猪生长发育、提高免疫力、实现最大化经济效益的基础。猪群的采食模式常作为疾病的早期信号, 当动物暴露于各种压力源时, 采食行为的变化可能是最早观察到的^[14]。由试验结果看出, 虽然 LDV 和 HDV

感染组个体采食时长没有显著差异,但不同时间段的群体采食时长发生变化并在感染后期逐渐恢复,说明感染组仔猪采食节律发生变化。采食频率也是评价采食行为的重要指标,研究表明感染疾病会导致猪采食频率下降^[6,15]。本试验中 LDV 组个体采食频率下降,第2次和第3次饲喂后2 h 群体采食频率也出现下降,但 HDV 组群体采食频率在第1次饲喂后2 h 内升高,采食时长却无明显变化,可能是由于食欲下降导致单次采食时间缩短引起的。当猪患胃溃疡、产肠毒素大肠杆菌感染时,采食频率也表现出相似的采食频率下降^[6,16]。疾病导致的疼痛、不适或体温升高等症状会使仔猪食欲下降^[17-18],有研究表明免疫激活产生的细胞因子可能通过其外周作用激活的神经和体液通路间接抑制采食^[19],细胞因子还可作用于脂肪细胞并诱导瘦素的分泌从而参与采食行为调节和能量消耗^[20]。

活动量下降已经被证实是猪早期疾病监测的重要行为指标^[21-22]。患病猪可能由于疲劳与不适,为减少疼痛与能量消耗,从而减少活动量。本试验 LDV 和 HDV 组个体活动时长较 CON 组显著下降,群体活动时长在每次饲喂后2 h 内也明显下降,表明感染组仔猪活力降低,与 Escobar 等^[23]研究的猪繁殖与呼吸综合征病毒感染猪行为变化相似。在第1次饲喂后2 h 内感染组群体活动时长减少最为明显,有研究表明猪在上午更为活跃^[24],当发现仔猪上午采食过后活动量明显下降,可能提示猪群存在健康问题。作为一种好奇心强的动物,健康猪会积极探索环境、收集资源信息、寻找食物等^[25]。在集约化养殖条件下,猪受到环境压力很难将探索行为表达出来^[11],就会出现咬尾以及其他攻击性行为^[26],造成经济效益损失。本试验感染组个体及群体探索时长均显著下降,有研究表明当疾病发生时,常伴随探索行为减少,动物会减少活动来储存能量进而促进疾病恢复^[27],这与本试验结果相似。猪在患病时更倾向于待在固定区域,免疫系统激活消耗大量能量,猪会本能的减少活动并将能量尽可能多的用于疾病恢复。群养仔猪之间存在许多互动,例如仔猪之间相互嗅探、舔舐、肢体接触等,这些行为能够增加动物群体中的积极情绪。遗传因素、环境压力、健康状态、饲养管理等因素对积极社交行为产生不同程度的影响。本试验中 HDV 组个体积极社交时长减少,LDV 和 HDV 组群体积极社交时长在第1次和第2次饲喂后2 h 明显下降。仔猪在患病时会减少活动量,同时还会回避其他仔猪,减少接触和互动从而减少冲突,也有研究表明疾病通过细胞因子和神经递质影响猪的社交行为^[28]。猪的社交关系分布能在一定程度上反映猪的生长状态^[29]。

不同的仔猪分布关系除受温度影响外,还会受到仔猪健康状态的影响,长时间的离群行为可能暗示仔猪存在某些健康问题^[30]。感染组个体和群体离群频率升高说明仔猪可能存在健康问题。

4 结论

本研究通过 PEDV 感染模型证实,群体行为监测在疾病早期预警方面具有显著优势。群体行为监测无需进行复杂的个体识别,只需对动物行为进行判定,这一优势使其在规模化养殖场具有广阔的应用前景。在实际应用层面,可利用人工智能技术开发智能监测系统,构建自动化监测预警平台,当系统检测到异常行为模式时自动触发预警,为养殖者提供及时、有效的疾病防控决策支持。

参考文献:

- [1] RUEDAS-TORRES I, THI TONGA B, SALGUERO F J. Pathogenicity and virulence of African swine fever virus [J]. *Virulence*, 2024, 15 (1): 2375550.
- [2] LIU C C, HUANG W L, HE X Y, et al. Research advances on swine acute diarrhea syndrome coronavirus [J]. *Animals (Basel)*, 2024, 14 (3): 448.
- [3] GONZÁLEZ L A, TOLKAMP B J, COFFEY M P, et al. Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows [J]. *J Dairy Sci*, 2008, 91 (3): 1017-1028.
- [4] WITJES V L, VELDKAMP F, VELKERS F C, et al. Early behavioral indicators of aberrant feces in newly-weaned piglets [J]. *Porcine Health Manag*, 2024, 10 (1): 47.
- [5] MATTHEWS S G, MILLER A L, PLOTZ T, et al. Automated tracking to measure behavioural changes in pigs for health and welfare monitoring [J]. *Sci Rep*, 2017, 7: 1752.
- [6] KRŠNIK B, YAMMINE R, PAVIČIĆ Z, et al. Experimental model of enterotoxigenic *Escherichia coli* infection in pigs: potential for an early recognition of colibacillosis by monitoring of behavior [J]. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, 1999, 22 (4): 261-273.
- [7] AHMED S T, MUN H S, YO E H, et al. Monitoring of behavior using a video-recording system for recognition of *Salmonella* infection in experimentally infected growing pigs [J]. *Animal*, 2015, 9 (1): 115-121.
- [8] FERNÁNDEZ-CARRIÓN E, MARTÍNEZ-AVILÉS M, IVORRA B, et al. Motion-based video monitoring for early detection of livestock diseases: the case of African swine fever [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (9): 13.
- [9] MILLER A L, DALTON H A, KANELLOS T, et al. How many pigs within a group need to be sick to lead to a diagnostic change in the group's behavior? [J]. *J Anim Sci*, 2019, 97 (5): 1956-1966.
- [10] HU C, SONG J, YOU Z, et al. Zinc oxide-montmorillonite hybrid influences diarrhea, intestinal mucosal integrity, and digestive enzyme activity in weaned pigs [J]. *Biol Trace Elem Res*, 2012,

- 149 (2): 190–196.
- [11] GIULIOTTI L, BENVENUTI M N, GIANNARELLI A, et al. Effect of different environment enrichments on behaviour and social interactions in growing pigs [J]. *Animals*, 2019, 9 (3): 101.
- [12] FÀBREGA E, MARCET-RIUS M, VIDAL R, et al. The effects of environmental enrichment on the physiology, behaviour, productivity and meat quality of pigs raised in a hot climate [J]. *Animals*, 2019, 9 (5): 235.
- [13] TAVARES M C M S, SILVA I J O, ALESSANDRA A, et al. Evaluation of environmental enrichment on productive and behavioral responses of finishing pigs [J]. *Trop Anim Health Prod*, 2023, 55 (3): 157.
- [14] CHENG J, PUTZ A M, HARDING J C S, et al. Genetic parameters of drinking and feeding traits of wean-to-finish pigs under apolymicrobial natural disease challenge [J]. *J Anim Sci Biotechnol*, 2021, 12 (1): 105.
- [15] TREVISAN C, JOHANSEN M V, MKUPASI E M, et al. Disease behaviours of sows naturally infected with *Taenia solium* in Tanzania [J]. *Vet Parasitol*, 2017, 235: 69–74.
- [16] PERALVO-VIDAL J M, WEBER N R, NIELSEN J P, et al. Feeding behavior in nursery pigs affected with gastric ulcers [J]. *Livest Sci*, 2021, 254: 104745.
- [17] SALA V, DE FAVERI E, GUSMARA C, et al. Comparative evaluation of two quinolones in the treatment of bacterial acute respiratory disease of pig during growing–fattening phase [J]. *Large Anim Rev*, 2015, 21 (3): 129–134.
- [18] RAJKHOWA S, SONOWAL J, PEGU S R, et al. Natural co-infection of pigs with African swine fever virus and porcine reproductive and respiratory syndrome virus in India [J]. *Braz J Microbiol*, 2024, 55 (1): 1017–1022.
- [19] LANGHANS W, HRUPKA B. Interleukins and tumor necrosis factor as inhibitors of food intake [J]. *Neuropeptides*, 1999, 33 (5): 415–424.
- [20] JOHNSON R W. Immune and endocrine regulation of food intake in sick animals [J]. *Domest Anim Endocrinol*, 1998, 15 (5): 309–319.
- [21] SÜLI T, HALAS M, BENYEDA Z, et al. Body temperature and motion: evaluation of an online monitoring system in pigs challenged with porcine reproductive & respiratory syndrome virus [J]. *Res Vet Sci*, 2017, 114: 482–488.
- [22] MARTÍNEZ-AVILÉS M, FERNÁNDEZ-CARRIÓN E, GARCÍA-BAONES J M L, et al. Early detection of infection in pigs through an online monitoring system [J]. *Transbound Emerg Dis*, 2017, 64 (2): 364–373.
- [23] ESCOBAR J, VAN ALSTINE W G, BAKER D H, et al. Behaviour of pigs with viral and bacterial pneumonia [J]. *Appl Anim Behav Sci*, 2007, 105 (1): 42–50.
- [24] HUANG Y G, XIAO D Q, LIU J B, et al. Analysis of pig activity level and body temperature variation based on ear tag data [J]. *Comput Electron Agric*, 2024, 219: 108768.
- [25] ROSVOLD E M, OCEPEK M, ANDERSEN I L. Effects of different rooting materials on behaviour and welfare of finishing pigs [J]. *Appl Anim Behav Sci*, 2024, 277: 106344.
- [26] 张穹奥, 兰可心, 郭雅欣, 等. 饲养栏中秸秆供应方式对肥育猪尾部损伤、秸秆利用率和猪舍卫生的影响 [J]. *猪业科学*, 2021, 38 (5): 20–25.
- [27] WEARY D M, HUZZEY J M, VON KEYSERLINGK M A G. Board-invited review: using behavior to predict and identify ill health in animals [J]. *J Anim Sci*, 2009, 87 (2): 770–777.
- [28] VEIT C, JANCZAK A M, RANHEIM B, et al. The effect of LPS and ketoprofen on cytokines, brain monoamines, and social behavior in group-housed pigs [J]. *Front Vet Sci*, 2021, 7: 617634.
- [29] SKOK J, SKORJANC D. Group suckling cohesion as a prelude to the formation of teat order in piglets [J]. *Appl Anim Behav Sci*, 2014, 154: 15–21.
- [30] WISEMAN-ORR M L, SCOTT E M, NOLAN A M. Development and testing of a novel instrument to measure health-related quality of life (HRQL) of farmed pigs and promote welfare enhancement (Part 1) [J]. *Anim Welf*, 2011, 20 (4): 535–548.