

doi:10.3969/j.issn.1673-6184.2024.03.002

· 论 著 ·

## 2022—2023 年上海市青浦区社区流浪猫狂犬病、弓形虫病和 A 型流感的流行病学调查

王曲直, 何常波, 吴永进, 陈文婷, 瞿春蕾, 沈桂明, 杨晖

上海市青浦区农产品质量安全中心(上海市青浦区动物疫病预防控制中心), 上海 201799

**摘 要:**本研究旨在了解和掌握狂犬病、弓形虫和 A 型流感在社区流浪猫中的免疫和流行状况。采用酶联免疫吸附试验(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)对 2022—2023 年在上海市青浦区 40 个小区采集的 153 只流浪猫血清样品开展狂犬病、弓形虫病和 A 型流感抗体检测, 并对 A 型流感抗体阳性样品开展 H3、H5、H7 和 H9 分型鉴定。采用实时荧光聚合酶链式反应(real-time fluorescence polymerase chain reaction, RT-PCR)检测 153 只流浪猫的全血样本中弓形虫核酸, 以及咽喉和肛门拭子样本中的流感病毒核酸。结果显示: 153 份流浪猫血清样品狂犬病、弓形虫和 A 型流感抗体阳性率分别为 14.38% (22/153)、11.76% (18/153) 和 3.92% (6/153)。春季(3 月—5 月)和夏季(6 月—8 月)弓形虫病血清抗体阳性率差异极显著。检出 H3 亚型抗体阳性样品 1 份, 阳性率为 0.65% (1/153)。弓形虫和 A 型流感病毒核酸检测结果均为阴性。研究表明上海市青浦区流浪猫狂犬病免疫抗体水平不足以阻断狂犬病传播。流浪猫群体存在弓形虫感染, 尤其在夏季传播风险更高。流浪猫还存在 A 型流感感染, 提示其可以成为人和动物流感病毒的“混合器”, 导致人畜共患病传播风险增加。因此, 有必要持续监测流浪猫群体狂犬病、弓形虫病、A 型流感的感染情况, 为科学防控提供依据。

**关键词:**社区流浪猫; 狂犬病; 弓形虫病; A 型流感

中图分类号: S855.3; S852.72

文献标识码: A

## Epidemiological investigation of rabies, toxoplasmosis, and influenza A in community stray cats in Qingpu, Shanghai from 2022 to 2023

WANG Quzhi, HE Changbo, WU Yongjin, CHEN Wenting, QU Chunlei, SHEN Guiming, YANG Hui

*Shanghai Qingpu Agricultural Products Quality and Safety Centre (Shanghai Qingpu Animal Disease Control and Prevention Centre), Shanghai 201799, China*

**Abstract:** In order to understand and grasp the immune and epidemic status of rabies, toxoplasmosis, and type A influenza in community stray cats, 153 stray cat serum samples collected from 40 residential areas in Qingpu District, Shanghai from 2022 to 2023 were tested for rabies, toxoplasmosis, and influenza A antibodies, and positive samples for influenza A antibodies were identified for H3, H5, H7, and H9 subtypes. Real time fluorescence polymerase chain reaction (RT-PCR) was used to detect toxoplasma gondii

基金项目: 长三角数字干线青浦区科技发展基金软科学研究项目(R2023-01)

通信作者: 王曲直

Correspondence to: WANG Quzhi E-mail: 43351625@qq.com

nucleic acid in whole blood samples of 153 stray cats, as well as influenza virus nucleic acid in throat and anal swab samples. The results showed that the positive rates of rabies, toxoplasmosis, and influenza A antibodies in 153 serum samples were 14.38% (22/153), 11.76% (18/153), and 3.92% (6/153), respectively. There is a significant difference in the positive rate of serum antibodies against toxoplasmosis between spring (March-May) and summer (June-August). A H3 subtype antibody positive sample was detected with a positive rate of 0.65% (1/153). The nucleic acid test results for toxoplasma gondii and influenza A virus were both negative. Research has shown that the level of rabies immune antibodies in stray cats is insufficient to block the spread of rabies. The groups of stray cats are infected with toxoplasma gondii, which has a higher risk of transmission especially in summer. The presence of influenza A virus infection in stray cats suggests that they can become a “mixer” of human and animal influenza viruses, posing a risk of zoonotic transmission. Therefore, it is necessary to continuously monitor the infection of rabies, toxoplasmosis, and influenza A among stray cat groups, which provides a basis for scientific prevention and control.

**Keywords:** Community stray cats; Rabies; Toxoplasmosis; Influenza A

随着社会发展,饲养宠物猫的人日益增多,2022年我国城镇宠物猫的饲养数量为6536万只,较2021年增加了12.6%,创饲养量新高<sup>[1]</sup>。与此同时,流浪猫数量也在不断增加。据报道,目前上海的流浪猫数量已经达40万只<sup>[2]</sup>。城市社区绿化环境适宜、有稳定的食物来源,是流浪猫的重要栖息地之一。在社区内,居民、家养宠物、流浪猫的交互频繁,增加了人畜共患病的传播风险。

狂犬病、弓形虫病、A型流感是重要的人畜共患病。狂犬病感染后会出现恐水、狂躁、抽搐等临床症状,人一旦感染,死亡率几乎是100%。弓形虫病是由刚地弓形虫引起的一种原虫病,感染后会引发人以及犬猫、家畜出现发热、流产、死胎、畸胎等症状。A型流感病毒感染动物后会发生急性呼吸道症状,并有可能导致重症和死亡。

本研究采集了上海市青浦区40个小区153只流浪猫样品,开展狂犬病、弓形虫病、A型流感血清抗体和弓形虫、A型流感病毒核酸检测,旨在初步了解和掌握这3种人畜共患病在社区流浪猫中的流行状况,为流浪猫人畜共患病防控和公共卫生安全保障提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品来源

本研究于2022—2023年在上海市青浦区40个小区诱捕流浪猫153只。诱捕时间段和诱捕数量为:2022年6月—8月诱捕53只,2023年3月—5月诱捕50只,2023年7月—8月诱捕50只。每只静脉采集血液样品2~4 mL,咽喉拭子样品1份、肛

门拭子样品1份。以3500 r/min离心速度分离血清,将血清样品保存于-20℃冰箱备测。将全血样品放入EDTA抗凝管中,保存于-20℃冰箱备测。将咽喉拭子和肛门拭子样品放入PBS保存液中,保存于-20℃冰箱备测。采集样品后,对流浪猫均进行绝育、驱虫,并注射狂犬病疫苗,再放回原社区。

### 1.2 检测方法

**1.2.1 血清抗体检测** 采用ELISA试验检测狂犬病、弓形虫病和A型流感抗体。狂犬病抗体检测试剂盒购自江苏KERNEL公司,弓形虫和A型流感抗体检测试剂盒购自法国爱迪威公司(IDvet)。检测方法 with 结果判定均按试剂盒的操作说明施行。采用血凝抑制试验(国标法)进行A型流感病毒H3、H5、H7、H9亚型抗体检测,抗体滴度 $\geq 2^4$ 判为阳性。禽流感(avian influenza virus, AIV)H5亚型(Re-13/Re-14株)、H7亚型(Re-4株)、H9亚型血凝抑制试验抗原和阴性血清、阳性血清均购自中国农业科学院哈尔滨兽医研究所。犬流感(canine influenza virus, CIV)H3N2亚型血凝抑制试验抗原和阴性血清、阳性血清来源于上海市动物疫病预防控制中心。

**1.2.2 核酸检测** 采用磁珠法(magnetic bead nucleic acid extraction, MBNAC)于KingFisher全自动核酸提取仪[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]上提取全血样本、咽喉和肛门拭子样本核酸,采用RT-PCR试验检测全血样本中弓形虫核酸,并检测咽喉、肛门拭子样本中流感病毒核酸,试剂盒购自河南协晟生物科技有限公司。检测方法 with 结果判定均按试剂盒的操作说明施行。

**1.2.3 数据分析** 通过 SPSS 25.0 软件对数据进行分析,采用卡方检验对不同性别、不同季节流浪猫狂犬病、弓形虫和 A 型流感病毒抗体阳性率的差异进行比较。

## 2 结果

### 2.1 狂犬病抗体血清学检测结果

流浪猫狂犬病血清抗体检查结果显示,抗体总阳性率为 14.38% (22/153)。雌性阳性率为 15.85% (13/82),雄性阳性率为 12.68% (9/71)。春季(3—5 月)采集的样品狂犬病抗体阳性率为 10% (5/50),夏季(6—8 月)采集的样品狂犬病抗体阳性率为 16.50% (17/103)。采用卡方检验发现,不同性别、不同季节流浪猫的狂犬病抗体阳性率无显著差异( $P>0.05$ )。具体数据如表 1 所示。

### 2.2 弓形虫抗体血清学检测结果

流浪猫弓形虫血清抗体检查结果显示,抗体总阳性率为 11.76% (18/153)。雌性阳性率为 10.98% (9/82),雄性阳性率为 12.68% (9/71),采用卡方检验发现,流浪猫不同性别之间弓形虫抗体阳性率差异不显著( $P>0.05$ )。从季节因素看,春季(3—5 月)采集的样品弓形虫抗体阳性率为 2.00% (1/50),夏季(6—8 月)采集的样品弓形虫抗体阳性率为 16.50% (17/103),采用卡方检验发现,春季(3—5 月)和夏季(6—8 月)流浪猫弓形虫抗体阳性率差异极显著( $P<0.001$ )。具体如表 2 所示。

### 2.3 A 型流感血清抗体检测结果

流浪猫 A 型流感血清抗体检查结果显示(见表 3),抗体总阳性率为 3.92% (6/153),雌性阳性率为 2.44% (2/82),雄性阳性率为 5.63% (4/71)。从

表 1 2022—2023 年上海青浦社区流浪猫狂犬病血清抗体检测结果

Tab. 1 Results of serum antibody testing for rabies in stray cats in Qingpu, Shanghai from 2022 to 2023

Item	Category	Sample	Positive	Positive rate(%)
Gender	Female	82	13	15.85
	Male	71	9	12.68
Season	Spring (March-May)	50	5	10.00
	Summer (June-August)	103	17	16.50
Total		153	22	14.38

表 2 2022—2023 年上海青浦社区流浪猫弓形虫病血清抗体检测结果

Tab. 2 Results of serum antibody testing for toxoplasma gondii in stray cats in Qingpu, Shanghai from 2022 to 2023

Item	Category	Sample	Positive	Positive rate(%)
Gender	Female	82	9	10.98
	Male	71	9	12.68
Season	Spring (March-May)	50	1	2.00
	Summer (June-August)	103	17	16.50
Total		153	18	11.76

表 3 2022—2023 年上海青浦社区流浪猫 A 型流感血清抗体检测结果

Tab. 3 Results of serum antibody testing for influenza A in stray cats in Qingpu, Shanghai from 2022 to 2023

Item	Category	Sample	Positive	Positive rate(%)
Gender	Female	82	2	2.44
	Male	71	4	5.63
Season	Spring (March-May)	50	2	4.00
	Summer (June-August)	103	4	3.88
Total		153	6	3.92

季节因素看,春季(3—5月)采集的样品流感抗体阳性率为4.00%(2/50),夏季(6—8月)采集的样品流感抗体阳性率为3.88%(4/103)。采用卡方检验发现,不同性别和不同季节因素下,流浪猫A型流感抗体阳性率差异均不显著( $P>0.05$ )。检出H3亚型抗体阳性样品1份,抗体滴度为 $2^4$ ,阳性率0.65%(1/153),占A型流感抗体总阳性的16.67%(1/6)。未检出H5亚型、H7亚型和H9亚型抗体阳性。

## 2.4 核酸检测结果

153份全血样本均未检测出弓形虫核酸阳性。153份咽喉拭子样本和153份肛门拭子样本均未检出流感病毒核酸阳性。

## 3 讨论

### 3.1 流浪猫群体狂犬病免疫抗体合格率水平较低

本次调查采集流浪猫血清样品共153份,检测结果显示狂犬病血清抗体的总阳性率为14.38%(22/153),表明部分流浪猫有狂犬病疫苗免疫历史,可能是家养猫走失或家养猫遭遗弃后成为流浪猫。2011—2020年上海注册犬只狂犬病平均免疫抗体合格率在83.8%,流浪犬狂犬病抗体的合格率为17.7%(290/1640)<sup>[3]</sup>。本文调查的流浪猫抗体阳性率低于夏炉明等<sup>[3]</sup>调查的上海地区流浪犬抗体阳性率,主要是由于上海自2011年开始对犬只狂犬病实施强制免疫,但当时对猫的狂犬病免疫没有强制要求。2023年新修订的《上海市动物防疫条例》规定,鼓励对饲养的猫实施狂犬病免疫,这将有助于提高猫群体内狂犬病抗体的合格率。目前,犬只狂犬病是我国动物狂犬病防控的主要对象,但在犬只狂犬病得到较好控制的欧洲、北美和澳大利亚等地区和国家,狂犬病的传染源主要是蝙蝠、猫鼬、浣熊等野生动物<sup>[4]</sup>。近年来,我国野生动物致人或其他动物狂犬病的报道呈上升趋势。目前,已发现鼬獾、蝙蝠、貉、狼、鹿及野鼠等野生动物携带狂犬病病毒,其中鼬獾、貉和蝙蝠携带的狂犬病病毒在长期的感染和复制过程中形成了独立的生命循环模式,对人及家养动物构成了威胁<sup>[5]</sup>。2023年成都市报告了首例野生动物獾致伤引发的人感染狂犬病的病例<sup>[6]</sup>。随着城市绿化和生态环境的改善,城镇地区居民住所周边出现貉、獾等野生动物的情况逐渐增多。据2022年的一次调查,上海至少有260个社区或绿地有貉分布,被调查的小区中平均每个小区有10.82只貉<sup>[7]</sup>。社区流浪猫与“进城”的貉、獾、黄鼬等野生

动物的生存环境有交叉,从而为野生动物将狂犬病传播给流浪犬猫、家养动物甚至人类提供了便利。因此,野生动物狂犬病外溢至社区流浪猫的风险应引起关注<sup>[8]</sup>。

世界动物卫生组织提出,动物群体狂犬病有效免疫率超过70%才能有效阻断狂犬病在群体内的传播<sup>[9]</sup>。根据本文的调查,流浪猫群体狂犬病抗体的合格率为14.38%,显然无法有效阻断狂犬病传播。本研究对抓捕的流浪猫均注射狂犬病疫苗后放归,但相较于庞大的社区流浪猫群体,无异于杯水车薪。由于抓捕困难,难以针对流浪猫群体大范围开展狂犬病疫苗注射免疫。部分发达国家使用狂犬病口服疫苗进行野生动物狂犬病的防控,并取得一定成效,我国狂犬病口服疫苗免疫已被证明能产生较好的中和抗体,虽然目前还不能满足大规模的临床应用,但是一些研究数据为狂犬病口服疫苗的野外释放和流浪犬猫及野生动物的口服免疫提供了数据支撑<sup>[10]</sup>。现阶段,一方面可以结合流浪猫公益绝育开展流浪猫狂犬病疫苗注射免疫,另一方面要尽快通过投放口服疫苗等途径,提高流浪猫和“进城”野生动物群体的免疫保护率。

### 3.2 流浪猫弓形虫感染在夏季传播风险更高

猫弓形虫在世界范围内流行,不同地区猫弓形虫的阳性率不同。有研究统计,我国猫弓形虫的感染率与世界平均感染率大致相当,约为4.0%~79.4%,不同地区地理差异较明显,同一地区的流浪猫感染率高于家猫感染率<sup>[11]</sup>。本研究的调查结果显示,2022—2023年上海青浦地区流浪猫弓形虫血清抗体总阳性率为11.76%(18/153)。根据其他研究的调查结果,2021—2022年上海闵行地区流浪猫弓形虫抗体阳性率为15.70%(19/121)<sup>[12]</sup>,2021年上海松江地区流浪猫弓形虫抗体的阳性率为12.72%(20/159)<sup>[13]</sup>,用卡方检验发现以上3个阳性率数据差异不显著( $P>0.05$ ),说明在2021—2023年,上海地区流浪猫弓形虫的感染情况具有地区一致性。但上海地区流浪猫弓形虫总体阳性率情况与我国其他省市的调查结果差异较明显,低于此前文献报道的大多数省市的数据<sup>[11]</sup>。本调查还发现,春季(3—5月)流浪猫弓形虫抗体阳性率为2.00%(1/50),夏季(6—8月)阳性率为16.50%(17/103),春季与夏季流浪猫弓形虫抗体阳性率的差异显著。产生季节差异的原因与弓形虫卵囊存活和传播扩散特性有关。猫感染弓形虫后通过粪便排出大量卵囊,卵囊可以在潮湿环境中存活数月甚至

数年时间<sup>[11, 14]</sup>。上海地区夏季高温高湿,有利于弓形虫卵囊存活,加上夏季雨水冲刷,进一步扩大了污染面,增加了中间宿主(所有温血动物,包括人、鼠等)和其他流浪猫接触感染的风险。流浪猫接触环境中的卵囊,或食入感染了弓形虫的中间宿主,均有可能感染弓形虫。有研究表明,从未感染过弓形虫的猫在首次感染后比血清学阳性的猫更易排出卵囊,传播给人类的风险也更高<sup>[15]</sup>。因此,家养猫应尽量避免到户外活动,尤其是夏季。本研究在流行病学调查工作中发现,流浪猫到居民花园或菜园排便的现象较为常见,这也在一定程度上增加了社区居民接触感染弓形虫的风险。本研究未在全血样品中检测到弓形虫核酸片段,这主要是因为弓形虫在猫体内的发育史中进入血液循环的时间很短<sup>[11]</sup>,但弓形虫 IgG 抗体一旦产生,会在猫体内长期存在。猫科动物作为弓形虫的中间宿主和唯一终末宿主,是弓形虫传播的重要传染源。猫科动物的感染率是检测环境中弓形虫卵囊存在的最佳标准<sup>[15-16]</sup>。因此,有必要持续开展社区流浪猫弓形虫感染情况监测,并对家养猫科动物等重要指示动物开展同步监测,充分了解和掌握传播链,才能为社区弓形虫防控提供科学依据。

### 3.3 流浪猫可能成为不同来源、不同亚型流感病毒的“混合器”

A 型流感病毒易感宿主范围很广,禽类、猪、马、犬、猫以及人等多种哺乳动物均是其自然宿主。流浪猫生活在半野生环境,具备捕食野鸟的能力和习性,因此在自然条件下摄入已感染流感的鸟类是流浪猫感染流感病毒的重要途径。目前,在猫身上已分离到多种亚型的流感病毒,包括 H3N2、H1N1、H5N1、H5N6、H7N2 等,并证实了部分禽源流感病毒对猫具有适应性,会对公共卫生安全造成威胁<sup>[17-19]</sup>。此外,世界范围内血清学调查表明,猫体内存在人流感病毒(human influenza virus, hIAV) H3N2 和 H1N1 的抗体<sup>[20-22]</sup>。本研究的调查结果显示,流浪猫 A 型流感血清抗体总阳性率为 3.92% (6/153), H3 亚型抗体阳性率为 0.65% (1/153), 占 A 型流感抗体总阳性的 16.67% (1/6)。本研究检测使用的抗原为禽源 H3N2 CIV。已有研究证实,禽源 H3N2 CIV 能通过飞沫由犬传播给猫<sup>[23]</sup>。在我国南方和北方地区进行的血清学调查显示,活禽市场的流浪猫血清中含有 H3N2 CIV 抗体,这表明猫可能是 H3N2 CIV 从犬传播给猫科动物的中间宿主<sup>[24]</sup>。由于猫可以感染不同亚型的 hIAV、AIV、

CIV 等,其有可能成为不同来源、不同亚型流感病毒的“混合器”,病毒发生变异和重组,从而增加人畜共患病传播的风险<sup>[25-27]</sup>。目前,我国对 AIV 的监测主要集中在家禽、野鸟、猪等动物,而对流浪猫的监测数据很少。鉴于社区流浪猫捕食野鸟的习性<sup>[28]</sup>,以及社区里流浪猫和人、家养宠物密切接触的现实情况,有必要将流浪猫的流感病毒感染情况监测纳入流感监测体系,作为对人类和动物流感的预警系统之一。

## 4 结论

本研究初步了解了上海市青浦区社区流浪猫中狂犬病、弓形虫病和 A 型流感血清抗体和病原感染的情况,为后续研究和防控提供了数据支持。鉴于目前社区流浪猫数量不断增加的现实情况,流浪猫人畜共患病对公共卫生安全产生的影响应引起相关部门、研究人员以及公众的重视。相关部门应对流浪猫开展狂犬病、弓形虫病、A 型流感等主要人畜共患病感染情况的持续监测,为防控提供科学依据。

## 参考文献

- [1] 派读宠物行业大数据平台. 2022 年中国宠物消费报告[M]. 北京: 中国农业出版社, 2023: 4.
- [2] 潘少颖. 流浪的“喵星人”, 在街头有了家[N]. *it 时报*, 2024-1-5(003).
- [3] 夏炉明, 杨显超, 龚国华, 王建, 刘健, 鞠厚斌, 吴秀娟, 陶田谷晟, 于玮茹, 李凯航, 卢军, 李增强, 朱晓英, 陈伟锋, 常晓静, 吴嘉文, 赵洪进. 2011—2020 年上海地区大只狂犬病本底状况回顾性分析[J]. *中国人兽共患病学报*, 2021, 37(8): 757-762.
- [4] 代军, 马晓春, 赵宇艳, 秦廷洋, 徐磊, 王小兵, 张仕斌. 遵义地区犬狂犬病毒血清抗体流行病学调查与大学生对该病的认知情况分析[J]. *中国人兽共患病学报*, 2019, 35(2): 168-172.
- [5] 王力华, 唐青, 梁国栋. 野生动物在狂犬病流行病学中的作用[J]. *中国动物检疫*, 2014, 36(4): 39-42.
- [6] 滕东蓉, 岳勇. 成都市首例野生动物致伤引发的人感染狂犬病病例调查分析[J]. *微量元素与健康研究*, 2023, 40(6): 55-56.
- [7] 陈玺撼. 上海 260 个社区或绿地有貉出没[N]. *解放日报*, 2022-11-27(007).
- [8] World Health Organization. WHO expert consultation on rabies: third report [R]. Geneva: World Health Organization, 2018: 1-183.
- [9] 刘晔, 张守峰, 赵敬慧, 张菲, 李楠, 乌仁格格, 郭试瑜, 扈荣良. 值得关注的我国狐和貉相关的狂犬病[J]. *中国兽医学报*, 2014, 34(7): 1112-1113.
- [10] 刘健, 白艺兰, 桂亚萍, 杨显超, 夏炉明, 龚国华, 陶田谷

- 晟,沈海潇,常晓静,王建,赵洪进. 狂犬病口服疫苗在实际储运和环境释放中的消减规律研究[J]. 中国兽药杂志, 2023, 57(4): 18-24.
- [11] 王萌,张念章,朱兴全. 猫的弓形虫病研究进展[J]. 中国动物传染病学报, 2019, 27(3): 98-106.
- [12] 韩宏晓,孙安邦,张敏,李静敏,邢涛,程群,俞玥,孙清. 闵行区犬猫弓形虫感染情况调查[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2023(3): 23-25.
- [13] 陈龙. 流浪犬猫主要人畜共患病的流行现状[J]. 养殖与饲料, 2022(10): 122-124.
- [14] 陈至柔. 弓形虫及弓形虫病研究进展[J]. 现代畜牧科技, 2023, 98(7): 128-131.
- [15] Yang YR, Feng YJ, Lu YY, Dong H, Li TY, Jiang YB, Zhu XQ, Zhang LX. Antibody detection, isolation, genotyping, and virulence of *Toxoplasma gondii* in captive felids from China [J]. *Front Microbiol*, 2017, 8: 1414. doi: 10.3389/fmicb.2017.01414.
- [16] Dubey JP, Lindsay DS, Lappin MR. Toxoplasmosis and other intestinal coccidial infections in cats and dogs [J]. *Vet Clin N AM-Small*, 2009, 39(6): 1009-1034.
- [17] Hatta M, Zhong GX, Gao YW, Nakajima N, Fan SF, Chiba S, Deering KM, Ito M, Imai M, Kiso M, Nakatsu S, Lopes TJ, Thompson AJ, McBride R, Suarez DL, Macken CA, Sugita S, Neumann G, Hasegawa H, Paulson JC, Toohey-Kurth KL, Kawaoka Y. Characterization of a feline influenza A(H7N2) virus [J]. *Emerg Infect Dis*, 2018, 24(1): 75-86.
- [18] Zhao FR, Zhou DH, Zhang YG, Shao JJ, Lin T, Li YF, Wei P, Chang HY. Detection prevalence of H5N1 avian influenza virus among stray cats in eastern China [J]. *J Med Virol*, 2015, 87(8): 1436-1440.
- [19] Cao XL, Yang F, Wu HB, Xu LH. Genetic characterization of novel reassortant H5N6-subtype influenza viruses isolated from cats in eastern China [J]. *Arch Virol*, 2017, 162(11): 3501-3505.
- [20] Wasik BR, Voorhees IEH, Parrish CR. Canine and feline influenza [J]. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 2021, 11(1): a038562. doi: 10.1101/cshperspect.a038562.
- [21] Kovalenko G, Galat M, Ishchenko L, Halka I. Serological evidence for influenza A viruses among domestic dogs and cats in Kyiv, Ukraine [J]. *Vector Borne Zoonotic Dis*, 2021, 21(7): 483-489.
- [22] Jimenez BP, Sepulveda A, Baumberger C, Pillo FD, Ruiz S, Salazar C, Marambio V, Berrios F, Galdames P, Amaro A, Tapia D, Sharp B, Freiden P, Mleliopoulos V, Schultz CS, Hamilton WC. Evidence of influenza infection in dogs and cats in central Chile [J]. *Prev Vet Med*, 2021, 191: 105349. doi: 10.1016/j.prevetmed.2021.105349.
- [23] Kim H, Song D, Moon H, Yeom M, Park S, Hong M, Na W, Webby RJ, Webster RG, Park B, Kim JK. Inter- and intraspecies transmission of canine influenza virus (H3N2) in dogs, cats, and ferrets [J]. *Influenza Other Resp*, 2013, 7(3): 265-270.
- [24] 宋世凯,孙怡朋. 犬猫流感病毒的研究进展[J]. 中国动物传染病学报, 2018, 26(2): 1-8.
- [25] Umar S, Kim S, Gao D, Chen P. Evidence of reverse zoonotic transmission of human seasonal influenza A virus (H1N1, H3N2) among cats [J]. *Influenza Other Resp*, 2024, 18: e13296. doi: 10.1111/irv.13296.
- [26] Zhao S, Schuurman N, Tieke M, Quist B, Zwinkels S, Kuppeveld FJM, Haan CAM, Egberink H. Serological screening of influenza A virus antibodies in cats and dogs indicates frequent infection with different subtypes [J]. *J Clin Microbiol*, 2020, 58: e01689-20. doi: 10.1128/JCM.01689-20.
- [27] Abdelwhab EM, Mettenleiter TC. Zoonotic animal influenza virus and potential mixing vessel hosts [J]. *Viruses*, 2023, 15(4): 980. doi: 10.3390/v15040980.
- [28] Loss SR, Will T, Marra PP. The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States [J]. *Nat Commun*, 2013, 4: 1396. doi: 10.1038/ncomms2380.

(收稿日期:2024-04-29)