

詹姆斯敦峡谷病毒研究进展

赵娜¹, 景志忠², 张艳^{1*}, 翟军军^{1,2*}

(1. 榆林学院现代农学院, 榆林 719000; 2. 中国农业科学院兰州兽医研究所 动物疫病防控全国重点实验室, 兰州 730046)

摘要:詹姆斯敦峡谷病毒(Jamestown Canyon virus, JCV)是由蚊虫传播的且对公共卫生具有威胁的新发现的病原体,感染后多引起咳嗽、发烧、恶心和头痛等症状,甚至出现严重的神经系统疾病,如脑炎和脑膜炎,主要流行于北美与加拿大地区,目前JCV尚无有效预防和控制措施。本文对詹姆斯敦峡谷病毒的病原生物学、临床特征、流行病学、诊断以及预防与控制等方面的最新研究进展进行介绍,以期为该病今后的研究和防控提供思路和技术参考。

关键词:詹姆斯敦峡谷病毒;病原生物学;流行病学;诊断;预防与控制

中图分类号: R373.1 **文献标志码:** **文章编号:** 1000-8721(2025)06-2026-06

DOI: 10.13242/j.cnki.bingduxuebao.240286

虫媒病毒是由各种生物媒介如蚊子、蜱和苍蝇传播的一类病原体,主要包括黄病毒科、披膜病毒科、正粘病毒科和泛布尼亚病毒科的病毒^[1]。其中登革热病毒(Dengue virus, DENV)、寨卡病毒(Zika virus, ZIKV)、西尼罗病毒(West Nile virus, WNV)和基孔肯雅病毒(Chikungunya virus, CHIKV)等蚊媒病毒对人类和动物的健康构成了巨大威胁^[2]。随着全球气候变暖,节肢动物活动范围逐步扩大,虫媒病毒的地理分布范围也在逐步扩大。2021年美国司法管辖局向美国疾病预防控制中心(Center for Disease Control and Prevention, CDC)报告的虫媒病毒病监测数据显示,美国49个州和哥伦比亚特区共报告了3035本土虫媒病毒病病例,其中包括32例詹姆斯敦峡谷病毒病(Jamestown Canyon virus, JCV)病例。

JCV是一种单链RNA病毒,病毒颗粒呈多形性,直径在100~116 nm之间,有囊膜,属于泛布尼亚病毒科正布尼亚病毒属加利福尼亚病毒群

(California serogroup, CSG)的成员^[3]。正布尼亚病毒属是重要的虫媒病毒属,成员超过170种病毒,其中30多种是人类和动物的致命病毒,如拉克罗斯病毒(La Crosse virus, LACV)、雪鞋野兔病毒(Snowshoe hare virus, SSHV)和塔希纳病毒(Tahyna virus, TAHV)^[4]。据估计,正布尼亚病毒导致美国数十万人无症状感染,且死亡病例时有发生^[5]。国际病毒分类学委员会在2020年对布尼亚病毒的分类进行了修订,将分离于新泽西的South River virus(SORV)、来自加州的Jerry Slough virus(JSV)和来自芬兰的Inkoo virus(INKV)统一命名为JCV^[6]。在北美,LACV、SSHV和JCV是主要的致病性CSG病毒^[3]。虽然多数人感染JCV是无症状或症状较轻的,但该病毒偶尔会引起致死性神经侵袭性疾病^[7]。本文综述了JCV在病原生物学、临床特征、流行病学、诊断以及预防与控制等方面的最新研究进展,以期引起人们对JCV的重视,为JCV的暴发流行和防控提供预警和技术策略。

1 病原生物学

1.1 基因组结构及其编码蛋白

JCV基因组由3个独特的单股负链RNA片段组成,根据其片段大小分别命名为大片段(Large, L)、中片段(Medium, M)和小片段(Small, S)。其中,S片段大小约1.0 kb,具有高度保守性,在重叠的开放阅读框中编码核衣壳蛋白(N)和非结构S蛋白(NSs)。NSs蛋白分子量约10 kDa,其表达沉默的重组病毒在动物模型中可产生减毒作用,是主要的毒力因子;N蛋白分子量约为25~30 kDa,是主要的病毒结构蛋白质,免疫原性好,可产生补体固定抗体。M片段大小约4.5 kb,在连续开放阅读框中编

收稿日期: 2024-11-26; **接受日期:** 2025-03-27

基金项目: 1. 国家自然科学基金地区科学基金(项目号:32060810),题目:PGAM5调控cGAS-STING信号通路抗CPV感染的分子机制;2. 国家自然科学基金地区科学基金(项目号:31960710),题目:基于宏基因组学的陕北地区羔羊腹泻主要病原的筛选及鉴定;3. 陕西省创新能力支撑计划项目(项目号:2021PT-017),题目:陕北白绒山羊全产业链综合性检验检测平台;4. 陕西省重点研发计划项目(项目号:2022NY-100),题目:反刍动物重要疫病现场快速检测技术的开发与应用研究

作者简介: 赵娜(2002-),女,硕士研究生,从事动物疫病流行病学的研究,Email:13033403327@163.com

***通信作者:** 翟军军(1980-),男,副教授,从事动物疫病流行病与免疫学防制的研究,Email:zhaijunjun1980@163.com; 张艳(1980-),女,副教授,从事动物疫病免疫学防制的研究,Email:zhangyan1825@163.com

码2种包膜糖蛋白(Gn和Gc)和1种非结构M蛋白(NSm),编码顺序是Gn-NSm-Gc。2种包膜糖蛋白的相对分子质量大小通常不同,Gn为32~35 kDa,而Gc为110~120 kDa,都属于I型整合膜蛋白,经N-连接糖基化修饰,富含半胱氨酸残基(约占氨基酸总数的5%),半胱氨酸参与分子间和分子内二硫键的形成,对蛋白质的结构和功能极其重要。NSm位于Gn和Gc之间,是分子量为16~18 kDa的蛋白,可与Gn的C末端相互作用,与病毒的成熟有关,推测可能参与成熟病毒粒子的组装和出芽。L片段平均大小约6.9 kb,主要编码病毒RNA依赖的RNA聚合酶,负责催化病毒RNA的转录和复制^[8,9],其N端的寡核苷酸构成了内切核酸酶结构域,可从宿主mRNA的5'-末端切割加帽的寡核苷酸,用于引发病毒mRNA的合成,这与流感病毒的转录过程基本相同,但转录部位位于细胞质而不是细胞核。

1.2 遗传进化

JCV主要通过遗传漂变进化。研究表明,JCV的复制速度比其他加州血清群病毒慢^[10],并且进化速率也较为缓慢,但能够进行重组^[11]。在混合感染的情况下,不同的病毒可能会交换整个片段,导致快速的遗传转移。这种情况主要发生在密切相关的病毒之间,但当片段高度相似时却很难检测到^[4]。有研究表明,在缺乏全基因组测序的情况下,罕见的重配事件很难检测到^[12]。针对美国东北部的JCV毒株进行系统发育分析,发现JCV具有A和B两个谱系,说明这些毒株可能与美国西部和中西部地区的JCV分离株彼此独立地进化^[4]。Bennett RS等^[13]研究了3株JCV分离株(JCV/61/CO、JCV/03/CT和JCV/04/CT)的全基因组序列,该毒株分离于不同地方且时间跨度超过57年,结果发现每个分离株的S、M和L片段相应的开放阅读框长度相同,3'非翻译区(Untranslated region, UTR)的长度也相同,但5'-UTR的长度有差异;研究发现,3株JCV分离株的S、M和L片段的核苷酸序列同源性分别为90%、83%和85%,其编码的N、NSs、M、Gn、NSm、Gc和L蛋白序列长度均相同,氨基酸序列同源性分别为97%、91%、94%、98%、91%、94%和97%,其中G_N蛋白最保守,氨基酸序列差异小于2%。

2 流行病学

2.1 宿主范围

JCV于1961年首次分离自美国科罗拉多州的无饰脉毛蚊(*Culiseta inornata*)^[14]。已发现包括伊

蚊属(*Aedes*)、疟蚊属(*Anopheles*)、库蚊属(*Culex*)、轲蚊属(*Coquillettidia*)和鳞蚊属(*Psorophora*)的至少26个成员可携带该病毒^[15]。1971年JCV首次从白尾鹿中分离出,且认为白尾鹿是其主要的增殖宿主^[4]。血清学调查结果表明,该病毒已在狗、绵羊、貂、牛、马、狐狸、北极熊和麋鹿等各种家养及野生动物中感染流行^[15]。此外,该病毒可在蚊子体内经卵巢感染而导致垂直传播。尽管很早已证明该病毒在蚊子和哺乳动物中存在,但直到1980年才在全球发现了第一例人感染病例^[4]。

2.2 地理分布

JCV主要通过伊蚊、库蚊或按蚊叮咬吸血在哺乳动物之间传播,目前主要集中在北美和加拿大地区^[16]。加拿大安大略省在1981年首次报告了该国的感染病例^[15],在随后的40年中,每年记录1~90例疑似和确诊病例^[17]。在美国,该病发病数从2010-2016年平均每年11例增加到2017-2019年平均每年45例,发病率随时间增加。由于大多数感染者无症状或症状轻微,因此该病毒感染病例存在漏报的可能。在过去的几十年JCV感染病例一直呈上升趋势,临床病例增加了9倍多。2021年,美国印第安纳州首次报告了JCV感染病例,Snyman J等^[18]在今年11月份首次证实JCV在丹麦格陵兰岛的蚊子中传播,这可能是因为全球流通性的增加和气候变化改变了病毒的分布和丰度。

3 临床症状

JCV感染白尾鹿后可出现病毒血症,并持续2~4d,但不会表现明显临床症状^[19],而感染人会引起一系列临床症状,包括阵发性头痛、高烧、颈部僵硬、光敏、恶心、呕吐和癫痫等^[20,21],甚者出现严重的神经侵袭性疾病,包括脑膜炎和脑炎,另外其还与呼吸系统疾病有关^[22]。2000-2013年间在美国发现的31例病例中,患者年龄中位数为48岁,21例(68%)为男性,其中脑炎11例(35%),脑膜炎6例(19%),发热7例(23%),15例(48%)住院治疗,无死亡;2019年美国报告的45例病例中,患者年龄中位数为59岁,30例(67%)为男性,其中25例(56%)为神经侵入性疾病,26例(58%)住院,2例(4%)死亡;2021年,JCV成为美国第三大流行虫媒病毒,52位患者的年龄中位数为59岁,男性26例(81%),其中神经侵袭性病例21例(66%),住院病例24例(75%),2例(6%)死亡。上述结果说明,与其他加州血清群成员易感老年人和儿童的特点不同,该病毒更容易感染成人,尤其是男性,且多数可出现明显的临床症状。

4 诊断

目前,虫媒病毒的诊断主要包括血清学方法和分子生物学方法。血清学诊断主要包括 IgG 间接 ELISA、IgM 捕获 ELISA、磁性免疫测定(MIA)、快速诊断试验(RDT)和免疫荧光试验(IFA)。在临床上,主要通过 ELISA 检测 JCV 的 IgM 抗体进行初筛,并通过病毒中和试验进行确诊^[23]。尽管血清学诊断仍将是 JCV 和神经侵入性虫媒病毒感染诊断的主要标准,但分子生物学检测方法已成为免疫功能低下个体虫媒病毒感染重要的检测工具^[24]。Kinsella 等^[11]基于 SYBR Green 开发了一种实时 RT-qPCR 法。与血清学检测方法相比,速度更快且能更准确地识别 JCV,但免疫功能正常患者的临床样本病毒 RNA 检出率较低,可能与 JCV 在人体中的病毒血症水平低或持续时间短有关。Hughes HR 等^[25]开发和验证了基于荧光探针的实时 RT-PCR 检测,评价了三对引物和探针组的灵敏度和特异性,结果表明,探针组 JCV 132 FAM 可用于 JCV 的初筛,如果临床上需要更高的特异性,则可选择 JCV 231 cFAM 进一步确诊。

5 预防和控制

5.1 疫苗药物

Bennett RS 等^[26]用 10^1 PFU 或 10^3 PFU 的嵌合 JCV/LACV 疫苗给小鼠注射接种,可保护小鼠免受 LACV、JCV 和 TAHV 的感染;猴子接种嵌合 JCV/LACV 疫苗后,能够保护猴子不产生病毒血症,此研究结果表明,构建减毒嵌合正布尼亚病毒可能是开发高效疫苗的重要途径。Kato H 等^[27]评估了非匹拉韦、利巴韦林和 2'-氟-2'-脱氧胞苷体外抗 JCV 感染的效果,结果表明,三种药物均能有效抑制 JCV 在 Vero 和 Neuro-2a 细胞中的复制,且利巴韦林还可以延缓脑内接种 JCV 小鼠神经症状出现的时间,该研究为 JCV 患者治疗药物的筛选提供了理论依据。Frey ZD 等^[28]对 JCV 宿主特异性受体进行了深入研究,结果表明,低密度脂蛋白受体相关蛋白 1 (LRP1)是 JCV 有效感染的重要受体,布尼亚病毒感染具有不同临床表型和组织嗜性均与宿主细胞 LRP1 介导有关,因此,LRP1 可能是泛布尼亚病毒药物研制的潜在靶点。免疫信息学研究已经预测并鉴定了 JCV 的糖蛋白前体(Glycoprotein Precursor, GPC)和 N 蛋白内的 CD4⁺和 CD8⁺T 细胞表位,以及与人 MHC-I 和 MHC-II 的高亲和力^[29],这为 JCV 多表位疫苗的开发提供了理论基础,但其有效性和保护性需要通过进一步的体内试验来验证。

5.2 媒介生物控制

目前没有 JCV 的商业疫苗或特效药物,因此早期预防与控制对防止该病的暴发流行至关重要,JCV 作为重要的蚊媒病,控制蚊虫是生物媒介传播疾病控制的主要策略。

5.2.1 物理控制

虫媒病毒病可以通过早期发现病毒以及通过各种监测活动进行控制。监测计划可以提供有关生物媒介集聚及其繁殖的基本信息,有利于控制生物媒介物种^[30]。还可以使用热、湿气、二氧化碳和光的组合诱捕器来消灭蚊虫。此外,在蚊虫密度较高的地区,可在门窗上安装纱窗或蚊帐;外出时佩戴口罩、穿长袖衣物等,以减少皮肤暴露的风险。

5.2.2 化学控制

目前主要使用两类化学杀虫剂来进行病媒防控。一类是针对未成熟阶段幼虫的杀幼虫剂,包括吡丙醚、烯虫酯和除虫脲等昆虫生长调节剂,特点是对人类毒性低,只针对昆虫的发育阶段;另一类是成蚊杀虫剂,如拟除虫菊酯,可以在地面喷洒或用作蚊帐处理剂^[30]。尽管化学控制法被证明可以有效控制病媒传播疾病,然而,这些化学处理所带来的“3R”问题(农药残留、有害生物再猖獗和有害生物抗药性)也不容忽视。

5.2.3 生物控制

生物控制手段对环境更安全且更高效。引入具有特异性,不与当地物种竞争且容易养殖的媒介物种天敌。在亚洲、南美洲各国及美国、意大利等国实验室研究发现,不同地区的环形桡足类生物能够消灭高达 99%~100% 的蚊子幼虫^[31]。另外,沃尔巴克氏菌作为一种干扰载体物种细胞和生殖机制的生殖寄生虫,理论上可以限制病毒在蚊子体内的复制,从而限制传播给人类,但 Lau MJ 等^[32]研究结果表明,沃其控制 JCV 复制的能力有限,这可能与沃尔巴克氏体诱导的抗病毒反应弱,且负链 RNA 病毒独特结构不容易被阻断有关。此外,利用昆虫不育技术培育的转基因蚊子作为一种虫媒控制措施,已在许多国家成功应用数年,也为 JCV 的生物防制提供了宝贵经验^[33]。

5.2.4 纳米药物控制

纳米材料作为药物载体可有效保护药物,延缓药物释放,提高药物利用率,减少药物副作用。纳米粒子为虫媒病毒的防控提供了一种新的选择。有研究结果表明^[34],金属和金属氧化物纳米颗粒不仅可用作蚊子的杀幼虫剂、杀卵剂和杀成虫剂,还可减少

蚊子的寿命和繁殖力。Telma等^[35]合成了银纳米颗粒,结果表明其对蚊子具有良好的杀灭作用。

6 展望

虽然JCV的病死率不高,但可导致感染者出现严重的神经系统后遗症,如持续的认知缺陷。目前JCV尚未出现全球大范围的感染,也尚未发现传入我国,但是与之同属的多种病毒已经在我国陆续检出甚至造成传播流行,如阿卡斑病毒已经在我国上海、云南、贵州、四川和广东等地陆续检出,从广东的大量蚊虫和蚊虫标本中还检测到了Oya病毒。作为南美洲仅次于登革热病毒的奥罗普切病毒近年来也有长距离扩散的风险^[36,37]。此外,我国蚊子的种类多数量大,且我国和北美在纬度上有一定的重叠区域,随着全球生态环境的恶化及交通物流的便捷,媒介生物繁殖、传播、扩散将会更加便利,可推测JCV在我国具有潜在的高传播风险。因此,相关部门应该加强对病媒和宿主群体的监测、控制与预警,提高有感染风险人群的认识,积极开展该病的前瞻性基础研究,加快高效疫苗和特效药物的储备研究,以防患于未然。

作者贡献声明

赵娜:初稿写作;景志忠、张艳、翟军军:形式分析、审查和编辑写作、监督指导、获取资助。

作者利益冲突公开声明

作者声明没有任何可能会影响本文所报告工作的已知经济利益或个人关系。

参考文献:

- [1] Socha W, Kwasnik M, Larska M, et al. Vector-borne viral diseases as a current threat for human and animal health-one health perspective[J]. J Clin Med, 2022, 11 (11): 3026. DOI:10.3390/jcm11113026.
- [2] 韩辉,伍波,周奇,等. 2024年9月全球传染病疫情研判分析[J]. 疾病监测, 2024, 39(10): 1244-1246. DOI:10.3784/jbjc.202410210597.
- [3] Evans AB, Peterson KE. Throw out the map: neuropathogenesis of the globally expanding California serogroup of orthobunyaviruses[J]. Viruses, 2019, 11 (9): 794. DOI:10.3390/v11090794.
- [4] Shepard JJ, Armstrong PM. Jamestown Canyon virus comes into view: understanding the threat from an underrecognized arbovirus[J]. J Med Entomol, 2023, 60(6): 1242-1251. DOI:10.1093/jme/tjad069.
- [5] Koka H, Lutomiah J, Langat S, et al. Evidence of circulation of Orthobunyaviruses in diverse mosquito species in Kwale County, Kenya[J]. Virol J, 2021, 18 (1): 204. DOI:10.1186/s12985-021-01670-5.
- [6] Hughes HR, Adkins S, Alkhovskiy S, et al. ICTV virus taxonomy profile: *Peribunyaviridae* [J]. J Gen Virol, 2020, 101 (1): 1-2. DOI: 10.1099/jgv.0.001365.
- [7] Schultz JS, Sparks H, David Beckham J. Arboviral central nervous system infections[J]. Curr Opin Infect Dis, 2021, 34 (3): 264-271. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000729.
- [8] Elliott RM. Orthobunyaviruses: recent genetic and structural insights [J]. Nat Rev Microbiol, 2014, 12 (10): 673-685. DOI:10.1038/nrmicro3332.
- [9] Lefkowitz EJ, Dempsey DM, Hendrickson RC, et al. Virus taxonomy: the database of the international committee on taxonomy of viruses (ICTV)[J]. Nucleic Acids Res, 2018, 46 (D1): D708-D717. DOI: 10.1093/nar/gkx932.
- [10] Evans AB, Winkler CW, Peterson KE. Differences in neuropathogenesis of encephalitic California serogroup viruses[J]. Emerg Infect Dis, 2019, 25(4): 728-738. DOI:10.3201/eid2504.181016.
- [11] Kinsella CM, Paras ML, Smole S, et al. Jamestown canyon virus in Massachusetts: clinical case series and vector screening [J]. Emerg Microbes Infect, 2020, 9 (1): 903-912. DOI: 10.1080/22221751.2020.1756697.
- [12] Hughes HR, Lanciotti RS, Blair CD, et al. Full genomic characterization of California serogroup viruses, genus Orthobunyavirus, family Peribunyaviridae including phylogenetic relationships [J]. Virology, 2017, 512: 201-210. DOI: 10.1016/j.virol.2017.09.022.
- [13] Bennett RS, Nelson JT, Gresko AK, et al. The full genome sequence of three strains of Jamestown Canyon virus and their pathogenesis in mice or monkeys [J]. Virol J, 2011, 8: 136. DOI: 10.1186/1743-422X-8-136.
- [14] Gnanaprakasam R, Wormser GP, Keller M. Background seropositivity to Jamestown Canyon virus can lead to diagnostic confusion [J]. Diagn Microbiol Infect Dis, 2024, 108(4): 116161. DOI: 10.1016/j.diagmicrobio.2023.116161.
- [15] Meier-Stephenson V, Drebot MA, Dimitrova K, et al. Case series of Jamestown canyon virus infections with neurologic outcomes, Canada, 2011-2016 [J]. Emerg Infect Dis, 2024, 30 (5): 874-881. DOI: 10.3201/eid3005.221258.
- [16] Ngo KA, Maffei JG, Koetzner CA, et al. Surveillance

- and genetic analysis of Jamestown canyon virus in New York State: 2001-2022 [J]. *Am J Trop Med Hyg*, 2023, 109 (6) : 1329-1332. DOI: 10.4269/ajtmh.23-0392.
- [17] Sutter RA, Lyons S, Gould CV, et al. West Nile virus and other nationally notifiable arboviral diseases - United States, 2022 [J]. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 2024, 73 (21) : 484-488. DOI: 10.15585/mmwr.mm7321a2.
- [18] Snyman J, Villeneuve CA, Snyman LP, et al. First confirmed report of Jamestown canyon virus in Greenland [J]. *J Med Virol*, 2024, 96 (11) : e70064. DOI: 10.1002/jmv.70064.
- [19] Buhler KJ, Blake J, Fenton H, et al. Experimental infection of reindeer with Jamestown canyon virus [J]. *Emerg Infect Dis*, 2024, 30 (12) : 2664-2668. DOI: 10.3201/eid3012.240757.
- [20] Cai T, Liu R, Jiang Y, et al. Vector competence evaluation of mosquitoes for Tahyna virus PJ01 strain, a new *Orthobunyavirus* in China [J]. *Front Microbiol*, 2023, 14: 1159835. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1159835.
- [21] Rossi B, Barreca F, Benvenuto D, et al. Human arboviral infections in Italy: past, current, and future challenges [J]. *Viruses*, 2023, 15 (2) : 368. DOI: 10.3390/v15020368.
- [22] García-Romero C, Carrillo Bilbao GA, Navarro JC, et al. Arboviruses in mammals in the neotropics: a systematic review to strengthen epidemiological monitoring strategies and conservation medicine [J]. *Viruses*, 2023, 15 (2) : 417. DOI: 10.3390/v15020417.
- [23] Piantadosi A, Kanjilal S. Diagnostic approach for arboviral infections in the United States [J]. *J Clin Microbiol*, 2020, 58 (12) : e01926-19. DOI: 10.1128/JCM.01926-19.
- [24] Solomon IH, Ganesh VS, Yu G, et al. Fatal case of chronic Jamestown canyon virus encephalitis diagnosed by metagenomic sequencing in patient receiving rituximab [J]. *Emerg Infect Dis*, 2021, 27 (1) : 238-242. DOI: 10.3201/eid2701.203448.
- [25] Hughes HR, Kenney JL, Russell BJ, et al. Laboratory validation of a real-time RT-PCR assay for the detection of Jamestown canyon virus [J]. *Pathogens*, 2022, 11 (5) : 536. DOI: 10.3390/pathogens11050536.
- [26] Bennett RS, Cress CM, Ward JM, et al. La Crosse virus infectivity, pathogenesis, and immunogenicity in mice and monkeys [J]. *Virol J*, 2008, 5: 25. DOI: 10.1186/1743-422X-5-25.
- [27] Kato H, Takayama-Ito M, Satoh M, et al. Favipiravir treatment prolongs the survival in a lethal mouse model intracerebrally inoculated with Jamestown Canyon virus [J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2021, 15 (7) : e0009553. DOI: 10.1371/journal.pntd.0009553.
- [28] Frey ZD, Price DA, Connors KA, et al. Lrp1 facilitates infection of neurons by Jamestown Canyon virus [J]. *bioRxiv*, 2024: 2024.11.06.622176. DOI: 10.1101/2024.11.06.622176.
- [29] Alatrash R, Herrera BB. The adaptive immune response against *Bunyavirales* [J]. *Viruses*, 2024, 16 (3) : 483. DOI: 10.3390/v16030483.
- [30] 李雨晗, 张穗文, 程功. 虫媒病毒与生物安全 [J]. *生物学杂志*, 2023, 40 (6) : 1-6. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1736.2023.06.001.
- [31] Pauly I, Jakoby O, Becker N. Efficacy of native cyclopoid copepods in biological vector control with regard to their predatory behavior against the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus* [J]. *Parasit Vectors*, 2022, 15 (1) : 351. DOI: 10.1186/s13071-022-05460-y.
- [32] Lau MJ, Dutra HLC, Jones MJ, et al. Jamestown Canyon virus is transmissible by *Aedes aegypti* and is only moderately blocked by *Wolbachia* co-infection [J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2023, 17 (9) : e0011616. DOI: 10.1371/journal.pntd.0011616.
- [33] 康乐, 李毅, 程功, 等. 虫媒病毒感染传播及跨界免疫适应机制 [J]. *中国科学基金*, 2023, 37 (6) : 1011-1020. DOI: 10.16262/j.cnki.1000-8217.2023.06.019.
- [34] Nie D, Li J, Xie Q, et al. Nanoparticles: a potential and effective method to control insect-borne diseases [J]. *Bioinorg Chem Appl*, 2023, 2023: 5898160. DOI: 10.1155/2023/5898160.
- [35] Thelma J, Balasubramanian C. Ovicidal, larvicidal and pupicidal efficacy of silver nanoparticles synthesized by *Bacillus marisflavi* against the chosen mosquito species [J]. *PLoS One*, 2021, 16 (12) : e0260253. DOI: 10.1371/journal.pone.0260253.
- [36] 吴德, 张欣, 张欢, 等. 广东省阿卡斑病毒和 OYAV 的检测及分子特征研究 [J]. *病毒学报*, 2020, 36 (1) : 84-91. DOI: 10.13242/j.cnki.bingduxuebao.003622.
- [37] 刘铁柱, 李建东. 奥罗普切热: 一个潜在全球卫生安全威胁? [J]. *病毒学报*, 2024, 40 (05) : 1105-1110. DOI: 10.13242/j.cnki.bingduxuebao.004586.

Research Progress on Jamestown Canyon Virus

ZHAO Na¹, JING Zhizhong², ZHANG Yan^{1*}, ZHAI Junjun^{1,2*}

(1. College of Advanced Agricultural Sciences Yulin College, Yulin 719000, China; 2. State Key Laboratory for Animal Disease Control and Prevention/Lanzhou Veterinary Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730046, China)

Abstract: Jamestown Canyon virus (JCV) is an emerging mosquito-borne pathogen that poses a significant threat to public health. Infection with JCV typically presents with symptoms such as cough, fever, nausea, and headache, and in severe cases may progress to serious neurological complications, including encephalitis and meningitis. The virus is primarily endemic in North America and Canada. At present, there are no effective strategies for the prevention or control of JCV. This review summarizes recent advances in the understanding of the virology, clinical manifestations, epidemiology, diagnostic approaches, and preventive and control measures related to JCV, with the aim of informing future research and guiding disease prevention and control efforts.

Keywords: Jamestown Canyon virus; Virology; Epidemiology; Diagnosis; Prevention and control

Funding: 1. Regional Science Foundation of National Natural Science Foundation of China (No. 32060810), title: Molecular mechanism of PGAM5 regulating cGAS-STING signal pathway against CPV infection; 2. Regional Science Foundation of National Natural Science Foundation of China (No. 31960710), title: Screening and identification of main pathogens of lamb diarrhea in northern Shaanxi based on macrogenomics; 3. Shaanxi Provincial Innovation capability support Program Project (No. 2021PT-017), title: Shaanxi Northern White Cashmere Goat Industry chain Comprehensive Inspection platform; 4. Shaanxi key Research and Development Program Project (No. 2022NY-100), title: Development and Application of Rapid Detection Technology for important Diseases of Ruminants.

* Corresponding authors: ZHAI Junjun: zhaijunjun1980@163.com; ZHANG Yan: zhangyan1825@163.com

引用本文: 赵娜, 景志忠, 张艳, 等. 詹姆斯敦峡谷病毒研究进展[J]. 病毒学报, 2025, 41(06): 2026-2031. DOI: 10.13242/j.cnki.bingduxuebao.240286

ZHAO Na, JING Zhizhong, ZHANG Yan, et al. Research Progress on Jamestown Canyon Virus[J]. Chin J Virol, 2025, 41(06): 2026-2031. DOI: 10.13242/j.cnki.bingduxuebao.240286