·新型冠状病毒感染疫情防控·

北京市3起新型冠状病毒Omicron变异株聚集性疫情的感染来源和传播链分析

吴双胜[1] 孙瑛[1] 窦相峰[1] 任振勇[1] 张姣姣[1] 贾蕾[1] 杨鹏[2] 庞星火[2]
[1]北京市疾病预防控制中心传染病地方病控制所，北京 100013；[2]北京市疾病预防控制中心办公室，北京 100013
通信作者：杨鹏，Email：yangpengcdc@163.com

【摘要】 目的 对北京市3起可能通过跨境物流途径导致的新型冠状病毒（新冠病毒）Omicron变异株聚集性疫情进行调查，分析其感染来源和传播链。**方法** 应用流行病学调查和大数据技术核查病例的活动轨迹，对活动轨迹涉及的风险点位进行密切接触者追踪、人员和环境采样，应用实时荧光定量PCR进行核酸检测，对核酸阳性标本进行基因测序分析。**结果** 2022年1-4月北京市3起Omicron变异株聚集性疫情病毒基因序列分别为Omicron变异株BA.1、BA.1.1、BA.2分支，疫情分别持续8、12、8 d，报告6、42、32例新冠病毒感染者。1起感染来源可能为国际邮件，2起可能为进口衣物，进口物品从境外启运至首发病例接触感染的时间间隔为3~4 d。潜伏期$M(Q_1,Q_3)$为3(2,4)d，代间距$M(Q_1,Q_3)$为3(2,4)d。**结论** 此次疫情提示常温进口货品通过物流途径输入Omicron变异株疫情的风险，且Omicron变异株传播速度更快，应加快流行病学调查处置。

【关键词】 新型冠状病毒； Omicron变异株； 感染来源； 传播链

基金项目：北京市科技计划（Z211100000221019）；高层次公共卫生技术人才建设（学科骨干-01-004）；北京市优秀人才培养资助项目（2018000021469G297）；首都卫生发展科研专项（2022-1G-3014）

Analysis on infection sources and transmission chains of three outbreaks caused by 2019-nCoV Omicron variant in Beijing, China

Wu Shuangsheng[1], Sun Ying[1], Dou Xiangfeng[1], Ren Zhenyong[1], Zhang Jiaojiao[1], Jia Lei[1], Yang Peng[2], Pang Xinghuo[2]
[1] Institute for Infectious Disease and Endemic Disease Control, Beijing Municipal Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China; [2] Central Office, Beijing Municipal Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China
Corresponding author: Yang Peng, Email: yangpengcdc@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the infection sources and the transmission chains of three outbreaks caused by 2019-nCoV Omicron variant possibly spread through cross-border logistics in Beijing. **Methods** Epidemiological investigation and big data were used to identify the exposure points of the cases. Close contacts were traced from the exposure points, and the cases' and environmental samples were collected for nucleic acid tests. Positive samples were analyzed by gene sequencing. **Results** The Omicron variant causing 3 outbreaks in Beijing from January to April, 2022 belonged to BA.1, BA.1.1 and BA.2. The outbreaks lasted for 8, 12 and 8 days respectively, and 6, 42 and 32 cases infected with 2019-nCoV were reported respectively. International mail might be the infection source for 1 outbreak, and imported clothes might be the infection sources for another

DOI：10.3760/cma.j.cn112338-20221112-00966
收稿日期 2022-11-12 **本文编辑** 万玉立
引用格式：吴双胜, 孙瑛, 窦相峰, 等. 北京市3起新型冠状病毒Omicron变异株聚集性疫情的感染来源和传播链分析[J]. 中华流行病学杂志, 2023, 44(3): 373-378. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20221112-00966.
Wu SS, Sun Y, Dou XF, et al. Analysis on infection sources and transmission chains of three outbreaks caused by 2019-nCoV Omicron variant in Beijing, China[J]. Chin J Epidemiol, 2023, 44(3): 373-378. DOI: 10.3760/cma. j. cn112338-20221112-00966.

2 outbreaks. The interval between the shipment start time of the imported goods and the infection time of the index case was 3-4 days. The mean incubation period (Q_1, Q_3) was 3 (2,4) days and the mean serial interval (Q_1, Q_3) was 3 (2,4)days. **Conclusions** The 3 outbreaks highlighted the risk of infection by Omicron variant from international logistics-related imported goods at normal temperature. Omicron variant has stronger transmissibility, indicating that rapid epidemiological investigation and strict management are needed.

【Key words】 2019-nCoV; Omicron variant; Infection source; Transmission chain

Fund programs: Beijing Science and Technology Plan Project (Z211100000221019); High Level Public Health Technical Talents Construction Project (Discipline Backbone-01-004); Beijing Excellent Talents Training Fund (2018000021469G297); Capital's Funds for Health Improvement and Research (2022-1G-3014)

新型冠状病毒(新冠病毒)Omicron变异株是继Alpha、Beta、Gamma、Delta之后的第五种国际关切的新冠病毒变异株,且Omicron变异株及其各分支自2022年以来成为主导毒株,且潜伏期、代间距等流行病学特征发生改变[1]。2022年1月北京市报告首起Omicron变异株聚集性疫情,并导致多起本土疫情[2]。“外防输入、内防反弹”是我国防控新冠病毒的总策略,新冠病毒感染防控方案明确指出接触被病毒污染的物品后可造成感染[3]。有研究显示,新冠病毒存活时间与温度、物品材质等环境因素相关[4-5],在低温条件下存活时间较长,国内已发现多起冷链物品导致的本土疫情[6];在常温条件下存活时间相比低温条件更短,但也有研究提示常温物品导致新冠病毒传播[7]。本研究旨在对2022年1–4月北京市3起可能由常温物品通过跨境物流途径导致的新冠病毒Omicron变异株聚集性疫情进行调查,分析其感染来源和传播链,为今后新冠病毒感染疫情防控提供参考依据。

对象与方法

1. 研究对象:为2022年1–4月北京市3起新冠病毒Omicron变异株聚集性疫情涉及的所有确诊病例或无症状感染者,3起疫情分别有6、42和32例感染者。每起疫情根据感染者网络直报的报告时间先后进行编码。

2. 研究方法:

(1)相关定义:①确诊病例、无症状感染者、密切接触者(密接)、密接的密接(次密)、临床分型和聚集性疫情:见《新型冠状病毒肺炎防控方案(第八版)》[3],感染者包括确诊病例和无症状感染者。②发现方式:主动检测包括因出京、就诊等需求的愿检尽检人员;主动就诊指因发热等症状就诊于医疗机构。③潜伏期:感染新冠病毒至发病的间隔时间,对明确单次暴露的病例计算潜伏期,潜伏期=发病日期–暴露日期。④代间距:原发病例的发病日期与其续发病例发病日期的间隔时间,对单次单源暴露病例计算代间距,代间距=第n+1代发病时间–第n代发病时间。

(2)流行病学调查:通过流行病学调查和大数据技术对所有新冠病毒感染者进行活动轨迹核查,对活动轨迹涉及的风险点位进行密接判定。流行病学调查方法依据《新型冠状病毒肺炎防控方案(第八版)》[3]。

(3)实验室检测:①应用实时荧光定量PCR进行新冠病毒核酸检测,主要针对新冠病毒基因组中开放读码框1ab(ORF1ab)和核壳蛋白N。②应用全基因组测序技术对阳性人员和环境标本进行测序,将测序结果与近期输入病例和本土病例序列进行比对。③应用化学发光法进行血清IgM、IgG抗体检测。实验室检测流程和结果判定依据《新型冠状病毒肺炎防控方案(第八版)》[3]。

(4)感染来源分析:考虑病例发病时间、排毒周期、接触时间、接触方式、接触地点,对流行病学调查、大数据分析比对和基因测序结果进行综合分析,明确该起疫情的感染来源,梳理病例之间的传播链。感染来源调查技术路线与北京市新发地市场、顺义区、大兴区局部地区等其他新冠病毒感染聚集性疫情近似[8-10]。

3. 统计学分析:使用WPS Office软件进行数据录入、整理和绘图。采用描述性流行病学方法,对本起聚集性疫情相关病例的时间、地区和人群分布进行描述,分析重点病例流行病学史以及病例之间的传播链,并绘制病例传播关系图。符合正态分布的计量数据以$\bar{x}\pm s$表示,非正态分布的计量资料以$M(Q_1, Q_3)$表示,计数资料以例(%)表示。

结　果

1. 疫情基本情况：2022 年 1-4 月北京市发现 3 起 Omicron 变异株聚集性疫情，累计报告 80 例感染者，分别报告 6、42、32 例新冠病毒感染者，其中 1 起感染来源可能为国际邮件，2 起为进口衣物，分别对 3 起疫情的 6、9、18 例病例阳性标本进行基因测序分析，病毒基因序列分别为 Omicron 变异株 BA.1、BA.1.1、BA.2 分支。见表 1。

（1）国际邮件关联疫情：2022 年 1 月 14 日通过主动检测初筛阳性，发现疫情，1 月 15 日网络直报，疫情持续 8 d，累计报告 6 例感染者。现住址涉及 1 个区、2 个乡镇/街道。男性 1 例，女性 5 例；≤17 岁 1 例、18~59 岁 5 例；家务及待业人员 1 例、散居儿童 1 例、干部职员 4 例。

（2）进口衣物关联疫情 1：2022 年 3 月 13 日通过主动就诊，检测初筛阳性，发现疫情，3 月 14 日网络直报，疫情持续 12 d，累计报告 42 例感染者。见图 1。现住址涉及 4 个区、11 个乡镇/街道。男性 17 例，女性 25 例；年龄 $M(Q_1,Q_3)$ 为 40（33，60）岁，其中≤17 岁 9 例、18~59 岁 22 例、≥60 岁 11 例；餐饮食品业服务人员 8 例、干部职员 6 例、工人 1 例、离退休人员 14 例、商业服务人员 4 例、学生 9 例。

（3）进口衣物关联疫情 2：2022 年 4 月 3 日通过主动检测初筛阳性，发现疫情，4 月 4 日网络直报，疫情持续 8 d，累计报告 32 例感染者。见图 2。现住址涉及 4 个区、12 个乡镇/街道。男性 14 例，女性 18 例；年龄 $M(Q_1,Q_3)$ 为 30（26，40）岁，其中≤17 岁 4 例、18~59 岁 26 例、≥60 岁 2 例；商业服务人员 15 例、干部职员 5 例、家务及待业人员 3 例、餐饮食品业服务人员、幼托儿童、农民各 2 例，教师、清洁工、散居儿童各 1 例。

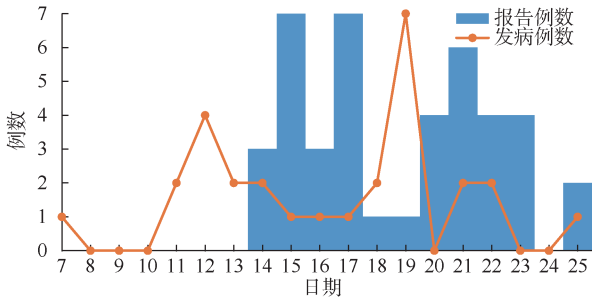


图 1　2022 年 3 月一起进口衣物相关 Omicron 变异株聚集性疫情的报告时间和发病时间

2. 感染来源与传播链：

（1）国际邮件关联疫情：感染来源为国际邮件

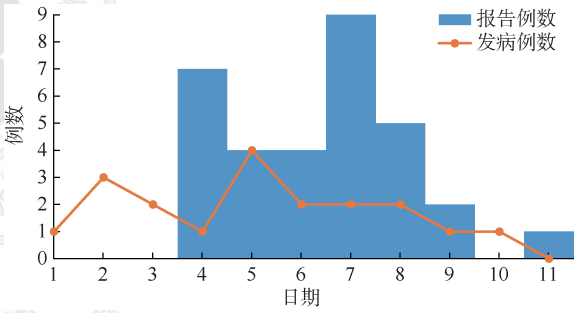


图 2　2022 年 4 月一起进口衣物相关 Omicron 变异株聚集性疫情的报告时间和发病时间

表 1　2022 年北京市 3 起进口常温物品相关的新型冠状病毒 Omicron 变异株聚集性疫情基本情况

疫情名称	发现方式	感染来源	疫情发现日期（月-日）	境外物品启运时间（月-日）	首发病例感染时间（月-日）	病例数	疫情持续时间（d）	感染来源的证据
国际邮件关联疫情	主动检测	国际邮件	1-14	1-08	1-11	6	8	①所有病例未发现与涉疫地区、全国其他病例和入境人员的时空交集；②首发病例接触过国际邮件，拆收邮件；③Omicron 变异株 BA.1 分支，与当时本地病例和境外输入病例同源性较低；④涉疫国际邮件及其包装内表面（病例未接触）检出阳性，基因序列与病例完全一致
进口衣物关联疫情 1	主动就诊	进口衣物	3-13	2-28	3-03	42	12	①所有病例未发现与涉疫地区、全国其他病例和入境人员的时空交集；②首发病例接触过进口衣物，拆收和试穿衣物；③Omicron 变异株 BA.1.1 分支，与当时本地病例和境外输入病例同源性较低。与 2022 年 1 月该货品来源国提交的基因序列完全一致；④涉疫衣物检出阳性，未测序成功
进口衣物关联疫情 2	主动检测	进口衣物	4-03	3-24	3-28	32	8	①所有病例未发现与涉疫地区、全国其他病例和入境人员的时空交集；②首发病例接触过进口衣物，拆收和整理衣物；③Omicron 变异株 BA.2 分支，与当时本地病例和境外输入病例同源性较低；④涉疫衣物同批次衣物（未拆封）检出阳性，基因序列与病例完全一致

的可能性较大(表 1)。所有病例未发现与涉疫地区、全国其他病例和入境人员的时空交集。病例阳性标本基因序列一致,且均与当时本地病例和境外输入病例基因序列同源性较低。采集国际邮件外包装、内表面和内部纸张 22 件涂抹标本,其中 2 件包装外表面、2 件内表面和 8 件文件内纸张标本经检测为阳性,其中外包装内表面(病例未接触)阳性标本测序成功,与病例基因序列一致。2022 年 1 月 8 日涉疫国际邮件从境外启运,1 月 11 日首发病例拆收、接触该涉疫邮件,其他病例未接触该邮件。首发病例 1 月 13 日发病,14 日检出阳性(*Ct* 值:ORF1ab 为 29、N 为 29)。首发病例造成 2 个传播支链,涉及 5 例续发病例。传播支链 1:病例 2 为同住人员。支链 2:病例 3 为首发病例同楼层同事,病例 4、5、6 与其同住感染。见图 3。

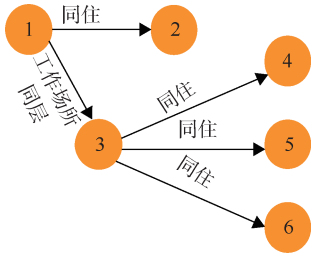
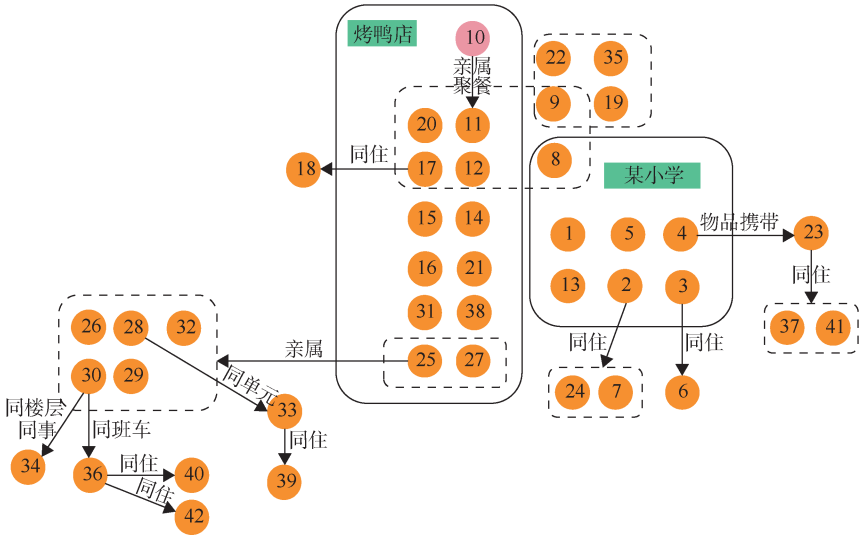


图 3　2022 年 1 月一起国际邮件相关 Omicron 变异株聚集性疫情的传播链

(2)进口衣物关联疫情 1:感染来源为网购的进口衣物可能性大(表 1)。所有病例未发现与涉疫地区、全国其他病例和入境人员的时空交集。病例阳性标本的基因序列一致,且均与当时本地病例和境外输入病例基因序列同源性较低。采集进口衣物外表面和内表面涂抹标本各 1 件,其中 1 件阳性,未测序成功。2022 年 2 月 28 日涉疫进口衣物从境外启运,3 月 3 日首发病例拆收、试穿、接触该涉疫进口衣物,之后未接触,其他病例未接触该进口衣物。首发病例 3 月 7 日发病,13 日检出阳性(*Ct* 值:ORF 1ab 为 30、N 为 31)。首发病例造成 41 例续发病例,涉及某小学和某烤鸭店聚集性疫情。传播支链 1:首发病例到某烤鸭店就餐造成 12 例续发、同桌就餐 4 例感染、同时段就餐 2 例感染、工作人员 6 例续发。支链 2:首发病例造成同住病例 8、9 感染。支链 3:病例 17 造成同住病例 18 感染。支链 4:病例 25、27 造成亲属 5 例感染。支链 5:病例 30 造成同楼层同事 1 例和同班车 1 例感染,继而导致同班车病例的同住 2 例感染。支链 6:病例 28 造成同单元病例 33 及同住 1 例感染。支链 7:病例 9 造成同住 3 例感染。支链 8:病例 8 造成其小学同学 6 例及相关同学同住 3 例感染。支链 9:病例 4 通过物品携带在一培训班造成病例 23 感染,继而导致其同住 2 例感染。见图 4。

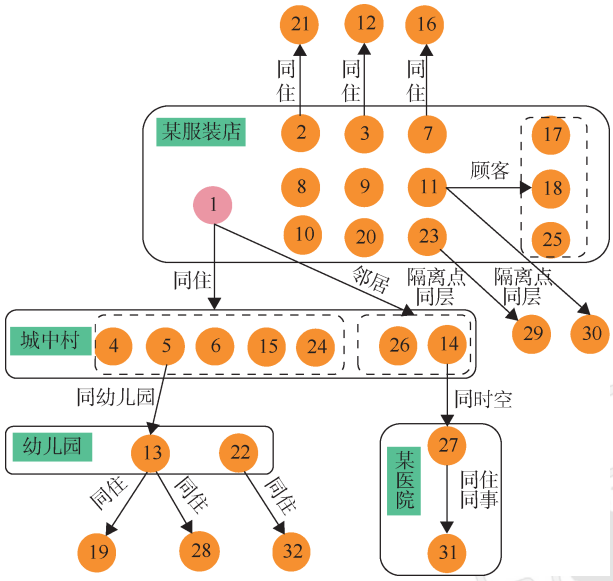
(3)进口衣物关联疫情 2:感染来源为网购的进口衣物可能性大(表 1)。所有病例未发现与涉疫地区、全国其他病例和入境人员的时空交集。病例阳性标本的基因序列一致,与当时本地病例和境外输入病例基因序列同源性较低。涉疫批次进口衣物已销售完毕,采集某物流点尚未派发处理、且同一来源地进口衣物 183 件涂抹标本,检出 10 件阳性,其中 1 件衣物外表面阳性标本测序成功,与病例基因序列一致。2022 年 3 月 24 日涉疫进口衣物从境外启运,首发病例为某服装店店员,负责拆包装,3 月 28 日直接接触该涉疫进口衣物,其他病例未接触该批次进口衣物的包装。首发病例 4 月 1 日发病,3 日检出阳性(*Ct* 值:ORF1ab 为 29、N 为 29)。首发病例造成 31 例续发病例,涉及某服装店、某城中村、某幼儿园、某医院聚集性疫情。传播支链 1:首发病例在某服装店工作期间造成同事 9 例和顾客 3 例感染,3 例同事病例分别导致同住 1 例续发。支链 2:首发病例造成某城中村同住人员 5 例及其



注:同一方框里为同一家庭或单位的病例;粉色为首发病例,橙色为续发病例

图 4　2022 年 3 月一起进口衣物相关 Omicron 变异株聚集性疫情的传播链

邻居 2 例感染。支链 3：病例 11、23 在隔离期间分别造成病例 29、30 感染。支链 4：病例 5 为某幼儿园儿童，导致同学 2 例感染，继而导致其同住 3 例感染。支链 5：病例 14 在购买早餐期间造成某医疗机构工作人员病例 27 感染，继而导致其同住 1 例感染。见图 5。



注：同一方框里为同一家庭或单位的病例；粉色为首发病例，橙色为续发病例

图 5　2022 年 4 月一起进口衣物相关 Omicron 变异株聚集性疫情的传播链

3. 潜伏期和代间距：13 例病例有明确单次暴露时间，潜伏期 1~6 d，$M(Q_1,Q_3)$为 3(2,4)d。对单次单源暴露的 20 例续发病例进行分析，代间距 1~5 d，$M(Q_1,Q_3)$为 3(2,4)d。

讨　论

本研究对 2022 年 1–4 月 3 起新冠病毒 Omicron 变异株聚集性疫情的感染来源和传播链进行分析，发现 3 起疫情可能由常温进口物品经跨境物流引入。既往关于进口冷链物品关联疫情的报告较多[6]，且有研究从冷链物品分离出活病毒[11]，但是关于常温进口物品导致疫情的研究较少[2]。本研究提示可能通过常温进口物品传播 Omicron 变异株，主要依据：第一，3 起疫情的首发病例及其他病例均未发现与涉疫地区、全国其他病例和入境人员的同时空交集，同时 3 起疫情病例基因测序结果均与当时本地病例和境外输入病例同源性较低，基本排除通过人际传播引入的可能。第二，3 例首发病例均有明确的常温进口物品接触史，其他病例未直接接触涉疫物品。第三，其中 2 起疫情的涉疫相关物品基因序列与病例完全一致。据此认为，对 2022 年 1 月国际邮件、2022 年 4 月进口衣物相关疫情的感染来源调查中流行病学史、人和物品基因测序结果等证据较充分；2022 年 3 月另一起进口衣物相关疫情的涉疫物品未成功测序，但与 2022 年 1 月该货品来源国提交的基因序列完全一致。

新冠病毒存活时间与温度、湿度、材质等因素相关[4-5]，有研究显示室温条件下在大多物体表面存活时间短于 24 h，但在车厘子、猪肉表面存活时间超过 24 h，随着温度降低存活时间显著增长[7]。本研究发现 3 起 Omicron 变异株疫情相关的进口物品均为常温物品，境外启运至首发病例感染的时间间隔为 3~4 d，提示北半球 1–4 月 Omicron 变异株存活时间可达 3 d。可能原因：第一，Omicron 变异株感染者的排毒量高于其他变异株，有研究显示 Omicron 变异株感染者在住院第一周的平均呼吸排放率是 Delta 变异株感染者的约 5 倍[12]；第二，北半球 1–4 月气温还处于较低状态；第三，有研究显示 Omicron 变异株在物体表面存活时间长于其他毒株[13]。上述 3 个因素增加接触被 Omicron 变异株污染物品造成感染的风险。疫情高发期间（尤其是低温季节）尽量减少购买境外物品，若收到境外物品时，要佩戴口罩和一次性手套，做好消毒和手卫生，避免直接接触涉疫物品。

Omicron 变异株潜伏期、代间距等流行病学特征发生改变[1]。本研究发现中国北京市 Omicron 变异株代间距、潜伏期 $M(Q_1,Q_3)$均为 3(2,4)d，与中国河南省对于 Omicron 变异株 BA.2.2 分支聚集性疫情的研究结果一致，代间距、潜伏期 $M(Q_1,Q_3)$分别为 3(2,3) d、3(2,4.25) d[14]；短于 Delta 变异株及其他早期毒株，中国宁波市 2021 年 Delta 变异株潜伏期为 4.0(3.0,5.8)d、代间距为 3.5(2.0,5.3)d[15]，中国北京市 2020 年早期毒株潜伏期为 5(3.5,7.5)d、代间距为 5(3.5,11.5)d[16]，中国广州市 2020 年早期疫情、非洲地区入境关联疫情和 Delta 变异株关联疫情潜伏期分别为 6.5(4.0,10.8)d、4.0(2.5,6.0)d 和 4.0(3.0,5.0)d，代间距分别为 4.0(3.0,8.0)d、4.0(2.5,6.0)d 和 3.0(2.0,5.0)d[17]。一项系统综述也比较了 Omicron 和 Delta 变异株的代间距和潜伏期，代间距分别为 3.1（95%*CI*：2.9~3.2）d、3.4(95%*CI*：3.0~3.7) d，潜伏期分别为 3.6(95%*CI*：2.3~4.9) d、4.8(95%*CI*：3.9~5.6) d，与本研究结果

基本一致[18]。研究结果提示，Omicron变异株潜伏期短、代间距短、传播速度快，需要加强疫情调查处置速度，加快做好风险区域管控和风险人群排查。

综上，本研究发现3起可能由常温进口物品导致的Omicron变异株聚集性疫情，提示常温货品通过跨境物流途径输入Omicron变异株疫情的风险，疫情高发期间收取境外物品时应做好防护，避免直接接触涉疫物品。Omicron变异株代间距、潜伏期$M(Q_1,Q_3)$均为3(2,4)d，短于Delta变异株，提示Omicron变异株传播速度更快，应加快流行病学调查处置，做到以快制快。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

志谢　感谢北京市疾病预防控制中心和东城区、海淀区和朝阳区疾病预防控制中心现场调查组和检测组以及市级流行病学调查人员所做的贡献

作者贡献声明　吴双胜：实施研究、数据收集、论文撰写、经费支持；孙瑛、窦相峰、任振勇、张姣姣、贾蕾：实施研究、数据整理、统计学分析；杨鹏、庞星火：研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

[1] 吴俣, 刘珏, 刘民, 等. 新型冠状病毒Omicron变异株的流行病学特征及防控研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(1): 14-19. DOI:10.12114/j.issn.1007-9572.2021.00.348.
Wu Y, Liu J, Liu M, et al. Epidemiologic features and containment of SARS-CoV-2 Omicron Variant[J]. Chin Gen Pract, 2022, 25(1): 14-19. DOI: 10.12114/j. issn. 1007-9572.2021.00.348.

[2] Zhang DT, Wu SS, Ren ZY, et al. A local cluster of omicron variant COVID-19 likely caused by internationally mailed document — Beijing Municipality, China, January 2022[J]. China CDC Wkly, 2022, 4(14): 302-304. DOI: 10.46234/ccdcw2022.031.

[3] 国务院应对新型冠状病毒肺炎疫情联防联控机制综合组. 关于印发新型冠状病毒肺炎防控方案(第八版)的通知[EB/OL]. (2021-05-14)[2022-10-12]. http://www.nhc.gov.cn/jkj/s3577/202105/6f1e8ec6c4a540 d99fafef52fc86 d0f8.shtml.

[4] Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions[J]. Lancet Microbe, 2020, 1(1): e10. DOI: 10.1016/S2666-5247(20)30003-3.

[5] Geng YS, Wang YC. Stability and transmissibility of SARS-CoV-2 in the environment[J]. J Med Virol, 2023, 95(1):e28103. DOI:10.1002/jmv.28103.

[6] Wang JH, Li FQ, Liu ZP, et al. COVID-19 outbreaks linked to imported frozen food in China: status and challege[J]. China CDC Wkly, 2022, 4(22): 483-487. DOI: 10.46234/ccdcw2022.072.

[7] 李夫, 徐柯, 潘阳, 等. 食品和加工材料表面SARS-CoV-2存活规律研究[J]. 国际病毒学杂志, 2022, 29(3): 204-209. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4092.2022.03.006.
Li F, Xu K, Pan Y, et al. Persistence of SARS-CoV-2 on surfaces of food and processing materials[J]. Int J Virol, 2022, 29(3): 204-209. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4092.2022.03.006.

[8] Pang XH, Ren LL, Wu SS, et al. Cold-chain food contamination as the possible origin of COVID-19 resurgence in Beijing[J]. Natl Sci Rev, 2020, 7(12): 1861-1864. DOI:10.1093/nsr/nwaa264.

[9] 吴双胜, 潘阳, 段玮, 等. 北京市一起境外输入无症状感染者相关新冠肺炎聚集性疫情的溯源调查[J]. 国际病毒学杂志, 2021, 28(3): 187-191. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4092.2021.03.003.
Wu SS, Pan Y, Duan W, et al. Tracing infection source of an outbreak in Beijing caused by an imported asymptomatic case of COVID-19[J]. Int J Virol, 2021, 28(3):187-191. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4092.2021.03.003.

[10] 吴双胜, 马春娜, 张莉, 等. 全国首起新型冠状病毒Alpha变异毒株相关本地疫情的溯源调查[J]. 中华预防医学杂志, 2021, 55(11): 1311-1315. DOI: 10.3760/cma.j.cn112150-20210727-00710.
Wu SS, Ma CN, Zhang L, et al. Survey on source of infection of the first local outbreak caused by SARS-CoV-2 Alpha variant in China[J]. Chin J Prev Med, 2021, 55(11): 1311-1315. DOI:10.3760/cma.j.cn112150-20210727-00710.

[11] Ma HL, Wang ZG, Zhao X, et al. Long distance transmission of SARS-CoV-2 from contaminated cold chain products to humans-Qingdao city, Shandong province, China, September 2020[J]. China CDC Wkly, 2021, 3(30): 637-644. DOI:10.46234/ccdcw2021.164.

[12] Liu LN, Guo ZD, Sevalie S, et al. Comparison of the amount of SARS-CoV-2 exhaled by delta and omicron patients[J]. J Infect, 2022, 85(5): 573-607. DOI: 10.1016/j. jinf. 2022.08.028.

[13] Hirose R, Itoh Y, Ikegaya H, et al. Differences in environmental stability among SARS-CoV-2 variants of concern:both omicron BA.1 and BA.2 have higher stability [J]. Clin Microbiol Infect, 2022, 28(11): 1486-1491. DOI: 10.1016/j.cmi.2022.05.020.

[14] 潘静静, 王莹莹, 王文华, 等. 一起由奥密克戎变异株BA.2.2引起的河南省新冠肺炎本土疫情流行病学特征分析[J]. 中国公共卫生, 2022, 38(8):975-979. DOI:10.11847/zgggws1138726.
Pan JJ, Wang YY, Wang WH, et al. Epidemiological characteristics of a local COVID-19 outbreak caused by Omicron (BA. 2.2) variant in Henan province[J]. Chin J Public Health, 2022, 38(8): 975-979. DOI: 10.11847/zgggws1138726.

[15] 陈奕, 闫克栋, 张栋梁, 等. 新型冠状病毒Delta变异株引起的宁波市镇海区本土疫情传播链分析[J]. 中华流行病学杂志, 2022, 43(7):1044-1048. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20220214-00116.
Chen Y, Yan KD, Zhang DL, et al. Transmission chains of local epidemic of COVID-19 caused by 2019-nCoV Delta variant in Zhenhai district, Ningbo[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(7): 1044-1048. DOI: 10.3760/cma. j. cn112338-20220214-00116.

[16] 孙亚敏, 刘锋, 蔡伟, 等. 北京市海淀区新型冠状病毒肺炎疫情初期聚集性疫情特征分析[J]. 国际病毒学杂志, 2022, 29(2):155-158. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4092.2022.01.015.
Sun YM, Liu F, Cai W, et al. Characteristics of clustered outbreaks in the early stage of COVID-19 epidemic in Haidian district, Beijing[J]. Int J Virol, 2022, 29(2): 155-158. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4092.2022.01.015.

[17] 赵文恒, 马钰, 汪慧, 等. 广州市3起本地新型冠状病毒肺炎疫情流行特征及分析[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(12): 2088-2095. DOI: 10.3760/cma. j. cn112338-20210728-00592.
Zhao WH, Ma Y, Wang H, et al. Epidemiological characteristics of three local epidemics of COVID-19 in Guangzhou[J]. Chin J Epidemiol, 2021, 42(12):2088-2095. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20210728-00592.

[18] Du ZW, Liu CF, Wang L, et al. Shorter serial intervals and incubation periods in SARS-CoV-2 variants than the SARS-CoV-2 ancestral strain[J]. J Travel Med, 2022, 29(6): taac052. DOI:10.1093/jtm/taac052.