

## · 新型冠状病毒肺炎疫情防控 ·

## 北京市新型冠状病毒 Omicron 变异株的传播力研究

杜婧<sup>1</sup> 王佳敏<sup>2</sup> 王晶<sup>1</sup> 高燕琳<sup>1</sup> 庞星火<sup>3</sup> 李刚<sup>1</sup><sup>1</sup>北京市疾病预防控制中心信息统计中心,北京 100013;<sup>2</sup>中国医科大学公共卫生学院,沈阳 110122;<sup>3</sup>北京市疾病预防控制中心中心办公室,北京 100013

通信作者:李刚,Email:ligang@bjcdc.org

**【摘要】目的** 评估新型冠状病毒 Omicron 变异株在北京市现有防控措施下的传播力,为做好疫情防控工作提供参考依据。**方法** 收集北京市 2022 年 3 月 7-25 日报告的 78 例具有明确传播链的 Omicron 变异株感染者信息,分别采用 Gamma 和 Weibull 分布拟合潜伏期和序列间隔时间,使用马尔科夫链蒙特卡罗算法估计实时再生数( $R_t$ )。**结果** Omicron 变异株感染者潜伏期  $M(Q_1, Q_3)$  为 4.0(3.0, 6.0)d,序列间隔时间 3.0(2.0, 5.0)d,序列间隔时间在未完成和已完成全程疫苗接种感染者中  $M(Q_1, Q_3)$  分别为 2.0(1.0, 4.0)d 和 4.0(2.0, 6.0)d( $Z=-2.12, P=0.034$ ),儿童和成年人感染者分别为 2.0(1.5, 3.0)d 和 4.0(2.0, 6.0)d( $Z=-2.02, P=0.044$ ),差异均有统计学意义。本轮疫情  $R_t$  初始值为 4.98(95%CI: 2.22~9.04)。**结论** 与既往 Delta 变异株相比,北京市 Omicron 变异株的传播力较强,应持续做好常态化疫情防控和新型冠状病毒疫苗接种工作,关注儿童易感人群。

**【关键词】** 新型冠状病毒肺炎; 新型冠状病毒; Omicron 变异株; 序列间隔; 实时再生数  
基金项目:首都卫生发展科研专项(2021-1G-3013)

**Study of transmissibility of 2019-nCoV Omicron variant in Beijing**Du Jing<sup>1</sup>, Wang Jiamin<sup>2</sup>, Wang Jing<sup>1</sup>, Gao Yanlin<sup>1</sup>, Pang Xinghuo<sup>3</sup>, Li Gang<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Information and Statistics, Beijing Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China; <sup>2</sup>School of Public Health, China Medical University, Shenyang 110122, China; <sup>3</sup>Central Office, Beijing Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China

Corresponding author: Li Gang, Email: ligang@bjcdc.org

**【Abstract】 Objective** To evaluate the transmissibility of 2019-nCoV Omicron variant under the current prevention and control strategy in Beijing, and provide evidence for the prevention and control of COVID-19. **Methods** The information of 78 Omicron variant infection cases involved in clear transmission chains in Beijing during 7-25 March, 2022 were collected, the incubation period and serial interval of the disease were fitted by using Gamma and Weibull distribution. Markov Chain Monte Carlo approach was used to estimate the time-varying reproduction number ( $R_t$ ). **Results** The median of the incubation period ( $Q_1, Q_3$ ) of Omicron variant infection was 4.0 (3.0, 6.0) days, and the serial interval was 3.0 (2.0, 5.0) days. The median of the serial interval ( $Q_1, Q_3$ ) was 2.0 (1.0, 4.0) days in unvaccinated cases and 4.0 (2.0, 6.0) days in vaccinated cases ( $Z=-2.12, P=0.034$ ), and 2.0 (1.5, 3.0) days in children and 4.0 (2.0, 6.0) days in adults, respectively ( $Z=-2.02, P=0.044$ ), the differences were significant. The mean of  $R_t$  was estimated to be 4.98 (95%CI: 2.22-9.04) for Omicron variant in this epidemic. **Conclusion** Omicron variant has stronger transmissibility compared with Delta variant. It is necessary to strengthen the routine prevention and control COVID-19, promote the vaccination and pay close attention to

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20220410-00274

收稿日期 2022-04-10 本文编辑 斗智

引用格式:杜婧,王佳敏,王晶,等.北京市新型冠状病毒 Omicron 变异株的传播力研究[J].中华流行病学杂志,2022,43(9):1364-1369. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20220410-00274.

Du J, Wang JM, Wang J, et al. Study of transmissibility of 2019-nCoV Omicron variant in Beijing[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(9):1364-1369. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20220410-00274.



susceptible population, such as children.

**【Key words】** COVID-19; 2019-nCoV; Omicron variant; Serial interval; Time-varying reproduction number

**Fund program:** Capital's Funds for Health Improvement and Research (2021-1G-3013)

从新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情暴发开始,新型冠状病毒(新冠病毒)不断进化和变异,产生 Alpha、Beta、Gamma 和 Delta 变异株。南非于 2021 年 11 月 24 日首次发现并报告新冠病毒 Omicron 变异株,该变异株在其后的 1 个月内迅速传播成为全球多个国家和地区主要流行株<sup>[1]</sup>。而 Delta 变异株成为全球主要流行株的时间约需 6 个月<sup>[2]</sup>。2021 年 12 月 9 日我国首次发现 Omicron 变异株<sup>[3]</sup>。2022 年 3 月以来,吉林省、深圳市和上海市先后面临 Omicron 变异株的巨大挑战。目前证据表明,相对于其他变异株,Omicron 变异株的内在传播能力和免疫逃逸能力较强<sup>[1,4-5]</sup>,多数人感染 Omicron 变异株后呈无症状或症状不明显,这种感染的隐匿性较难以发现<sup>[6]</sup>。潜伏期、序列间隔时间、基本再生数( $R_0$ )和实时再生数( $R_t$ )是评价传染病传播力的重要参数<sup>[7]</sup>。有研究分析发现,2021 年 11 月至 2022 年 2 月 Omicron 变异株  $R_t$  值是 Delta 变异株的 3.8 倍<sup>[8]</sup>,2020-2021 年广州市 3 起疫情也证实潜伏期与序列间隔时间均有缩短的趋势<sup>[9]</sup>,目前对 Omicron 变异株在北京市现有防控措施下的传播能力和传播风险的研究仍然有限。本研究选取北京市 2022 年 3 月 7-25 日报告的本土具有明确传播途径的 Omicron 变异株感染者,筛选出满足条件的研究对象计算潜伏期和序列间隔,估算  $R_t$  值,为评估 Omicron 变异株传播力提供更多科学依据。

## 资料与方法

1. 资料来源:现场流行病学调查和中国疾病预防控制中心 2022 年 3 月 7-25 日北京市报告 83 例 COVID-19 确诊病例和无症状感染者,具有明确传播链的 Omicron 变异株感染者被纳入为研究对象。

2. 调查方法<sup>[10]</sup>:开展流行病学调查工作,收集病例发病情况、暴露史和接触史等相关信息,分析疫情的传播特征和传播链。

3. 相关定义:①发病日期:病例首次症状出现的日期,据此获得每日新增发病人数,无症状感染者则以首次阳性样本的采集日期替代;②报告日

期:病例在中国疾病预防控制中心首次报告日期,据此获得每日新增报告人数;③已完成全程疫苗接种感染者:成年人已完成全程 3 剂次新冠病毒灭活疫苗接种,或 3~17 岁人群已完成全程 2 剂次新冠病毒灭活疫苗接种,否则为未完成全程接种;④潜伏期:以有明确的一次性单源暴露的病例为研究对象,计算从暴露到出现发热、干咳、乏力、咽痛、嗅/味觉减退、腹泻等可自我感知或可临床识别的症状与体征的间隔天数;⑤序列间隔时间:以有明确的代际传播关系和原发病例、续发病例的发病时间的病例为研究对象,计算原发病例和续发病例的发病间隔天数;⑥代际间隔时间:基于有明确的代际传播关系和原发病例、续发病例的可以暴露时间的病例,计算原发病例和续发病例的可疑暴露间隔天数;⑦ $R_0$ :在没有任何措施干预、所有人都是易感人群的环境中,1 例感染者平均感染的人数;⑧ $R_t$ :人群具备一定的免疫能力的实际场景下,在疾病流行过程的  $t$  时刻(一般以 1 d 计算)时 1 例感染者平均感染的人数。

4. 统计学分析:采用 R 4.1.1 软件进行统计学分析。采用 Weibull 和 Gamma 分布拟合潜伏期和序列间隔时间,并基于 Kolmogorov-Smirnov 检验最小  $D$  统计量准则选择最佳拟合。采用马尔科夫链蒙特卡罗(Markov Chain Monte Carlo)算法,结合 Gibbs 抽样和无信息先验估算 Omicron 变异株随时间变化的  $R_t$ ,模拟 5 000 次,退火 1 000 次<sup>[11-12]</sup>。不同人群间基本特征参数的比较采用  $\chi^2$  检验,序列间隔的比较采用 Wilcoxon 秩和检验。双侧检验,检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 结 果

1. 基本情况:78 例具有明确传播链的 Omicron 变异株感染者中,新冠病毒疫苗未全程接种者和已全程接种者分别为 29 例(37.18%)和 49 例(62.82%); $\leq 12$  岁儿童和成年人分别占 15.38% 和 84.62%;在成年人感染者中,完成 3 针和 2 针接种的分别占 60.61%(40/66)和 86.36%(57/66);男性占 38.46%,男女性别比为 0.63:1(30:48);传播场所分

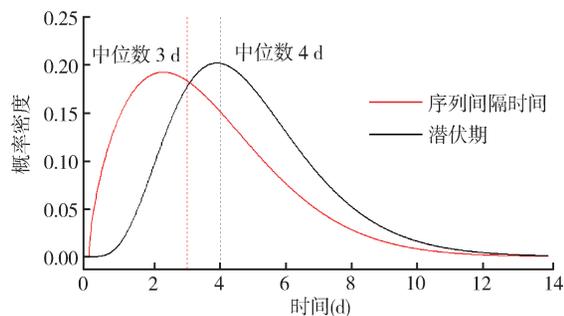
别为家庭、学校和工作单位、社会公共场所和小区单元分别为 37 例(47.44%)、15 例(19.23%)、12 例(15.38%)和 8 例(10.26%),另有 6 例感染者为非本地感染;未全程接种者和已全程接种者在人群分类、性别和传播场所的差异均无统计学意义;发现途径方面,密切接触者(密接)核查、重点区域人群筛查和主动就医分别占 73.08%、20.51% 和 6.41%;未全程接种者和已全程接种者在发现途径的差异有统计学意义( $\chi^2=6.00, P=0.049$ )。见表 1。

表 1 北京市 78 例新型冠状病毒 Omicron 变异株感染者疫苗接种情况

特征	合计 (n=78)	未全程接种者 (n=29)	已全程接种者 (n=49)	$\chi^2$ 值	P 值
人群				0.95	0.331
儿童	12(15.38)	3(10.34)	9(18.37)		
成年人	66(84.62)	26(89.66)	40(81.63)		
性别				0.01	0.941
男	30(38.46)	11(37.93)	19(38.78)		
女	48(61.54)	18(62.07)	30(61.22)		
发现途径				6.00	0.049
主动就医	5(6.41)	2(6.90)	3(6.12)		
重点区域人群筛查	16(20.51)	2(6.90)	14(28.57)		
密切接触者核查	57(73.08)	25(86.20)	32(65.31)		
传播场所				4.67	0.322
家庭	37(47.44)	17(58.62)	20(40.82)		
学校和工作单位	15(19.23)	5(17.24)	10(20.41)		
社会公共场所	12(15.38)	2(6.90)	10(20.41)		
小区单元	8(10.26)	2(6.90)	6(12.24)		
非本地感染	6(7.69)	3(10.34)	3(6.12)		

2. 潜伏期和序列间隔: 78 例感染者中, 21 例具有明确的一次性单源暴露日期, 潜伏期为  $(4.86 \pm 2.21)$  d、 $M(Q_1, Q_3)$  为 4.0(3.0, 6.0) d、范围为 2.0~11.0 d; 73 例有较为明确的代际传播关系和原发病例、续发病例的发病时间, 序列间隔时间为  $(3.56 \pm 2.28)$  d、 $M(Q_1, Q_3)$  为 3.0(2.0, 5.0) d、范围为 1.0~9.0 d。模型拟合结果显示, 潜伏期和序列间隔分别服从 Gamma 分布和 Weibull 分布(图 1)。78 例感染者中, 6 例有明确的代际传播关系和原发病例、续发病例的暴露时间, 代际时间间隔为 2.0 d(4 例)、3.0 d(1 例)和 7.0 d(1 例)。

具有序列间隔时间的 73 例感染者中, 27 例未全程接种新冠病毒疫苗, 序列间隔时间  $M(Q_1, Q_3)$  为 2.0(1.0, 4.0) d; 46 例已全程接种, 序列间隔时间  $M(Q_1, Q_3)$  为 4.0(2.0, 6.0) d。未全程接种者与已全



注: 潜伏期服从 Gamma 分布; 序列间隔时间服从 Weibull 分布  
图 1 北京市新型冠状病毒 Omicron 变异株感染者潜伏期和序列间隔时间分布

程接种者的序列间隔时间差异有统计学意义 ( $Z=-2.12, P=0.034$ ), 拟合两类人群的序列间隔分布情况(图 2A)。在人群分类方面, 12 例儿童感染者的序列间隔时间  $M(Q_1, Q_3)$  为 2.0(1.5, 3.0) d, 成年人为 4.0(2.0, 6.0) d, 两者差异有统计学意义 ( $Z=-2.02, P=0.044$ ), 拟合不同人群分类的序列间隔分布情况(图 2B)。21 例具有明确的一次性单源暴露日期的感染者中, 5 例未全程接种, 其中的 3 例和 2 例潜伏期分别为 3.0 d 和 4.0 d; 16 例已全程接种的潜伏期  $M(Q_1, Q_3)$  为 5.5(4.0, 6.0) d。

3.  $R_t$ : 本轮疫情首例病例报告日期为 3 月 7 日,  $R_t$  在疫情初始值为 4.98(95%CI: 2.22~9.04), 在首例

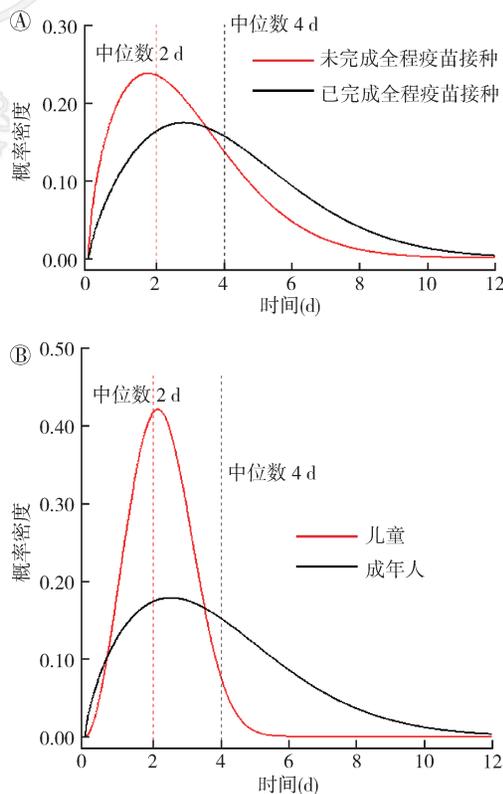


图 2 新型冠状病毒疫苗接种和不同人群分类的 Omicron 变异株感染者序列间隔时间分布

病例确诊后第 1 天,即 3 月 8 日开展流行病学调查,排查风险点位和各类风险人员。3 月 9 日完成新冠病毒的全基因组测序,属于 Omicron 变异株(BA.2 进化分支),与北京市既往本土和输入性病例的同源性较低,与到访过的外省通报的 Omicron 变异株感染者高度同源,同日划定管控区域,落实风险点位人员只进不出,启动风险点位全员核酸检测工作, $R_t$  开始逐步下降。3 月 10-11 日,多个区相继报告京外输入传播的感染者,且呈现多条独立链条, $R_t$  小幅回升至 2.52 (95%CI: 1.74~3.44)。3 月 12 日起,进返京政策从严从紧执行,全面排查中高风险地区旅居史人员,3 月 12 日发病人数达到高峰,此后发病人数呈震荡下降趋势。3 月 14 日东城区报告 3 例感染者均为同校学生,同日北京市校外培训机构暂停线下培训,3 月 15 日起东城区实行每天 20% 的在校生开展 1 次核酸检测工作,5 d 内完成在校生全员核酸检测,疫情防控措施进一步升级后第 3 天(3 月 18 日), $R_t$  下降到  $\leq 1.00$ ,历时 20 d(图 3)。

## 讨 论

本研究发现,我国北京市 Omicron 变异株潜伏期为  $(4.86 \pm 2.21)$  d,  $M(Q_1, Q_3)$  为 4.0 (3.0, 6.0) d; 序列间隔时间为  $(3.56 \pm 2.28)$  d,  $M(Q_1, Q_3)$  为 3.0 (2.0, 5.0) d, 序列间隔短于潜伏期, 表明病例在症状出现

前可能存在传染性<sup>[13]</sup>, 值得注意的是, 本轮疫情感染者的最长潜伏期为 11 d, 最长序列间隔为 9 d, 提示对密接进行追踪和医学观察, 对发现潜伏期和序列间隔较长的病例非常重要。本研究结果稍迟于韩国 Omicron 变异株(潜伏期平均 4.2 d, 最小 2.0 d, 最长 8.0 d; 序列间隔时间平均 2.8 d, 最小 1.0 d, 最大 7.0 d)<sup>[14]</sup>, 这可能与韩国研究对象的疫苗接种率仅为 31.3% 有关, 与美国<sup>[15]</sup>(序列间隔 3.0~4.0 d) 和芬兰<sup>[16]</sup>(序列间隔 3.30~4.05 d) 结果基本一致。

本研究发现, 与既往新冠病毒野生株相比, Omicron 变异株的序列间隔和潜伏期均较短。Zhang 等<sup>[13]</sup>发现湖北省以外地区 2019 年 12 月至 2020 年 2 月疫情潜伏期和序列间隔时间分别为 5.2 d 和 5.1 d, 宁波市 2020 年 1-2 月聚集性疫情的潜伏期和序列间隔时间分别为  $(6.11 \pm 3.38)$  d 和  $(6.39 \pm 3.70)$  d<sup>[17]</sup>, 2020 年 6-7 月北京市新发地市场疫情潜伏期平均 5 d<sup>[18]</sup>, 中国香港地区 2020 年 1-8 月报告的 558 例感染者的序列间隔时间为  $(4.74 \pm 4.24)$  d<sup>[19]</sup>。与既往 Delta 变异株相比, 本研究 Omicron 变异株的序列间隔和潜伏期较短, 与我国广州市 2021 年 5-6 月 Delta 变异株引起的疫情相比, 潜伏期中位数缩短了 2 d<sup>[20]</sup>, 芬兰相关研究也证实, 相比于 Delta 变异株, Omicron 变异株的平均序列间隔时间缩短 0.2~0.6 d<sup>[16]</sup>, 这与新冠病毒进化变异过程中的毒力增强和传播速度加快有关<sup>[9]</sup>, 考虑 Omicron 变异株的快速传播正是由较短的序列间隔

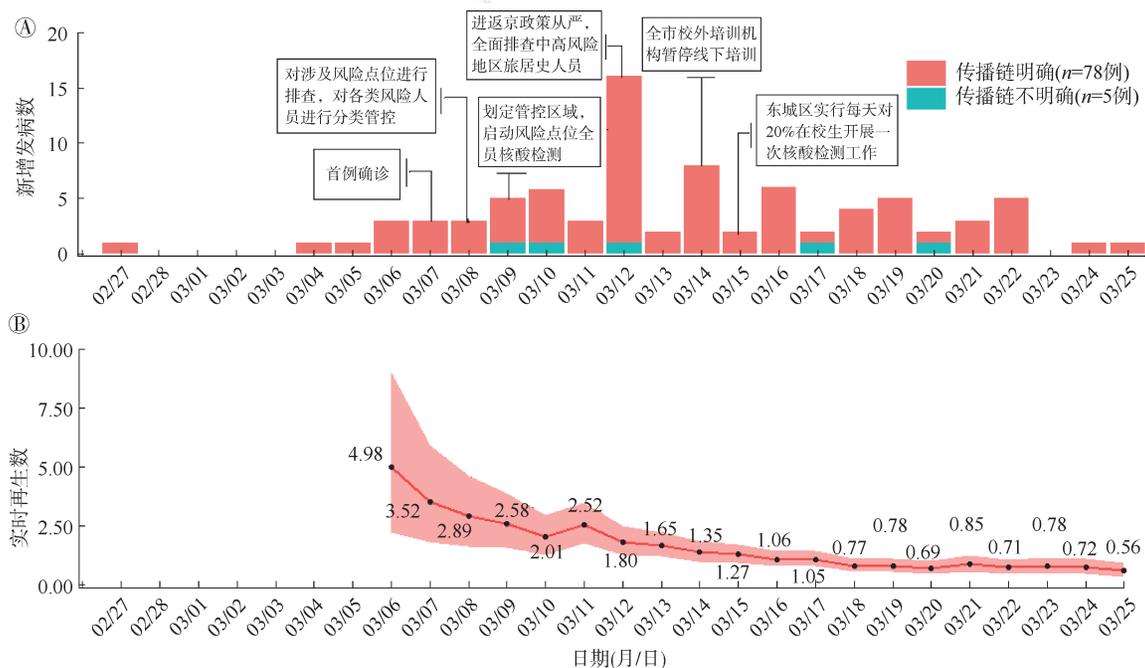


图3 Omicron 变异株引起的北京市本土疫情发病流行曲线和实时再生数变化情况

时间驱动的<sup>[16]</sup>,也可能由于现阶段密接追踪工作更为快捷和高效,能尽早发现 Omicron 变异株感染者。

与既往我国北京市本土疫情相比,78 例具有明确传播链的 Omicron 变异株感染者中,儿童感染者的比例有所增加<sup>[18,21]</sup>,在成年人感染者中,完成新冠病毒疫苗接种 3 针和 2 针的分别占 60.61% 和 86.36%,低于北京市普通人群接种率。本研究还发现,相比于新冠病毒疫苗未全程接种的感染者,全程接种感染者的序列间隔延长。目前暂未检索到关于疫苗接种对新冠病毒传播能力影响的文献,但是韩国一项研究发现,Omicron 变异株的平均序列间隔为 2.8 d,与本研究未全程疫苗接种感染者的结果基本一致,该研究 80 例感染者未完成疫苗接种的比例约为 70%<sup>[14]</sup>。相比于成年人,儿童感染者的平均序列间隔时间更集中,平均短 1~2 d,差异的可能原因是儿童更容易感染新冠病毒,或者儿童的指示病例多为家长和同学,传播场所大多集中在家庭和学校,造成新冠病毒载量动态偏高<sup>[22]</sup>,导致序列间隔进一步缩短。Omicron 变异株在不同人群间传播力参数的研究结果为后续疫情预测和研判提供了参考依据,也提示在防控上应该加速推进全人群疫苗接种,关注儿童易感人群。

本研究估计了本轮疫情动态  $R_t$ ,  $R_t$  作为一个用来衡量疫情防控政策干预前后传播能力的指标。本轮疫情中,  $R_t$  在 3 月 7 日疫情初始时刻达到 4.98,高于广东省报告的用相同方法计算的 Delta 变异株  $R_t$  (3.0~3.5)<sup>[23]</sup>,但仍远低于其他地区 Omicron 变异株的结果,全球范围内 Omicron 变异株  $R_0$  可达 8.00<sup>[1]</sup>,Liu 和 Rocklöv<sup>[8]</sup> 分析 Omicron 变异株的  $R_t$  和  $R_0$  分别比 Delta 变异株高 3.8 倍和 2.5 倍,本研究发现,广泛的新冠病毒疫苗接种,以及群众采取的戴口罩、勤洗手、勤通风和保持社交距离等个人防护措施,可有效地控制 Omicron 变异株早期传播。北京市自 2022 年 1 月 22 日起执行进返京人员落地后 72 h 核酸检测政策和防疫措施,同时本轮疫情 3 月 7 日报告首例确诊病例后,快速锁定感染来源,果断采取的早发现、早报告、早隔离和早治疗即四早措施,严格的防控措施使得  $R_t$  在几天内快速下降,3 月 12 日下降到 2.00 以内,3 月 14 日北京市 COVID-19 疫情防控工作要求全北京市校外培训机构暂停线下培训,3 月 15 日起东城区实行每天抽查 1 次 20% 的在校生核酸检测工作,5 d 内完成在校生活全员核酸检测,在疫情防控政策再次升级后,  $R_t$  下

降到约 1.00,3 月 18 日下降到 0.77,北京市采取的一系列严格的干预措施有效地控制了疫情的传播。

本研究存在局限性。78 例感染者样本量有限,特别是儿童感染者,传播场所主要为家庭和学 校,没有明确的一次性单源暴露日期,尚无法获得有效的潜伏期数据。但是,其中有 21 例感染者具有明确的一次性单源暴露日期,73 例感染者有较为明确的代际传播关系、原发病例和续发病例的发病时间,计算的序列间隔时间结果可靠。相比于基于传染病动力学模型计算的  $R_t$ ,本研究基于拟合的序列间隔时间分布估计的  $R_t$ ,能较好地反映新冠病毒传播能力的动态变化情况。

综上所述,与既往 Delta 变异株相比,北京市 Omicron 变异株的传播力较强,应持续做好常态化疫情防控和疫苗接种工作,关注儿童易感人群。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**致谢** 感谢北京市疾病预防控制中心、各区级疾病预防控制中心疫情报告组、现场调查组、采样组和检测组及北京市新型冠状病毒肺炎疫情防控大数据专班

**作者贡献声明** 杜婧:数据整理分析、实施研究、论文撰写、论文修改;王佳敏、王晶:数据整理、实施研究、分析解释数据;高燕琳、庞星火:实施研究、论文修改审阅;李刚:数据分析、实施研究、论文修改审阅

## 参 考 文 献

- [1] 吴保,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 General Pract, 2022, 25(1): 14-19. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2021.00.348.
- [2] 杜敏,刘民,刘珏. 新型冠状病毒 Delta 变异株的流行病学特征及防控研究进展[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(10): 1774-1779. DOI: 10.3760/cma. j. cn112338-20210808-00619. Du M, Liu M, Liu J. Progress in research of epidemiologic feature and control of SARS-CoV-2 Delta variant[J]. Chin J Epidemiol, 2021, 42(10):1774-1779. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20210808-00619.
- [3] 天津市卫生健康委员会. 天津从入境人员中检出新冠病毒奥密克戎变异株,为中国内地首次检出[EB/OL]. (2021-12-14)[2022-04-01]. [http://wsjk.tj.gov.cn/ZTZL1/ZTZL750/YQFKZL9424/FKDT1207/202112/t20211214\\_5749144.html](http://wsjk.tj.gov.cn/ZTZL1/ZTZL750/YQFKZL9424/FKDT1207/202112/t20211214_5749144.html).
- [4] Pulliam JRC, van Schalkwyk C, Govender N, et al. Increased risk of SARS-CoV-2 reinfection associated with emergence of Omicron in South Africa[J]. Science, 2022, 37(6593):eabn4947. DOI:10.1126/science.abn4947.
- [5] Cheng VCC, Ip JD, Chu AWH, et al. Rapid spread of SARS-CoV-2 Omicron subvariant BA.2 in a single-source community outbreak[J/OL]. Clin Infect Dis, 2022 Mar 10.

- [Online ahead of print]. DOI:10.1093/cid/ciac203.
- [6] 李建英, 陈勇, 陈美平, 等. 新型冠状病毒 Omicron 变异株实验室检测方法及其临床特征分析[J]. 中华检验医学杂志, 2022, 45(4): 360-365. DOI: 10.3760/cma.j.cn114452-20220110-00015.
- Li JY, Chen Y, Chen MP, et al. Analysis of the laboratory detection methods and clinical characteristics in 2019-nCoV Omicron variants[J]. Chin J Lab Med, 2022, 45(4):360-365. DOI:10.3760/cma.j.cn114452-20220110-00015.
- [7] 中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎疫情防控技术组. 新型冠状病毒肺炎疫情防控紧急研究议程: 传播和非药物缓疫策略[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(2): 135-138. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.001.
- Strategy and Policy Working Group for NCIP Epidemic Response, Chinese Center for Disease Control and Prevention. Urgent research agenda for the novel coronavirus epidemic: transmission and non-pharmaceutical mitigation strategies[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(2):135-138. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.001.
- [8] Liu Y, Rocklöv J. The effective reproductive number of the Omicron variant of SARS-CoV-2 is several times relative to Delta[J]. J Travel Med, 2022 Mar 9. [Online ahead of print]. DOI:10.1093/jtm/taac037.
- [9] 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影响特征及分析[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.
- [10] 国务院应对新型冠状病毒肺炎疫情防控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)[2022-04-01]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s3577/202105/6f1e8ec6c4a540d99fafef52fc86d0f8.shtml>.
- [11] Liu QH, Ajelli M, Aleta A, et al. Measurability of the epidemic reproduction number in data-driven contact networks[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2018, 115(50): 12680-12685. DOI:10.1073/pnas.1811115115.
- [12] 魏永越, 卢珍珍, 杜志成, 等. 基于改进的 SEIR<sup>CAQ</sup> 传染病动力学模型进行新型冠状病毒肺炎疫情影响趋势分析[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(4): 470-475. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200216-00106.
- Wei YY, Lu ZZ, Du ZC, et al. Fitting and forecasting the trend of COVID-19 by SEIR<sup>CAQ</sup> dynamic model[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(4): 470-475. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200216-00106.
- [13] Zhang JJ, Litvinova M, Wang W, et al. Evolving epidemiology and transmission dynamics of coronavirus disease 2019 outside Hubei province, China: a descriptive and modelling study[J]. Lancet Infect Dis, 2020, 20(7): 793-802. DOI:10.1016/S1473-3099(20)30230-9.
- [14] Lee JJ, Choe YJ, Jeong H, et al. Importation and transmission of SARS-CoV-2 B.1.1.529 (Omicron) variant of Concern in Korea, November 2021[J]. J Korean Med Sci, 2021, 36(50):e346. DOI:10.3346/jkms.2021.36.e346.
- [15] Baker JM, Nakayama JY, O'Hegarty M, et al. SARS-CoV-2 B.1.1.529 (Omicron) variant transmission within households-Four U. S. jurisdictions, November 2021-February 2022[J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2022, 71(9):341-346. DOI:10.15585/mmwr.mm7109e1.
- [16] Backer JA, Eggink D, Andeweg SP, et al. Shorter serial intervals in SARS-CoV-2 cases with Omicron BA.1 variant compared with Delta variant, the Netherlands, 13 to 26 December 2021[J]. Euro Surveill, 2022, 27(6): 2200042. DOI:10.2807/1560-7917.ES.2022.27.6.2200042.
- [17] 潘兴强, 陈奕, 王爱红, 等. 宁波市 15 起新型冠状病毒肺炎聚集性疫情的传播力研究[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(12): 2010-2014. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200330-00466.
- Pan XQ, Chen Y, Wang AH, et al. Study on transmission dynamic of 15 clusters of COVID-2019 cases in Ningbo[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(12):2010-2014. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20200330-00466.
- [18] 张奕, 高文静, 王宇, 等. 北京市新发地市场新型冠状病毒肺炎疫情影响相关病例的流行病学特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(8): 1336-1340. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20201222-01428.
- Zhang Y, Gao WJ, Wang Y, et al. Epidemiological characteristics of COVID-19 cases in outbreak in Xinfadi market in Beijing[J]. Chin J Epidemiol, 2021, 42(8):1336-1340. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20201222-01428.
- [19] Kwok KO, Wei WI, Huang Y, et al. Evolving epidemiological characteristics of COVID-19 in Hong Kong from January to August 2020: retrospective study[J]. J Med Internet Res, 2021, 23(4):e26645. DOI:10.2196/26645.
- [20] 李文艳, 杜志成, 王莹, 等. 新型冠状病毒 Delta 变异株引起的广州市荔湾区本土疫情流行特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(10): 1763-1768. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210613-00472.
- Li WY, Du ZC, Wang Y, et al. Epidemiological characteristics of local outbreak of COVID-19 caused by SARS-CoV-2 Delta variant in Liwan district, Guangzhou[J]. Chin J Epidemiol, 2021, 42(10):1763-1768. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20210613-00472.
- [21] 贾蕾, 王小莉, 窦相峰, 等. 北京市新型冠状病毒肺炎流行病学特征分析[J]. 首都公共卫生, 2020, 14(3):120-123. DOI:10.16760/j.cnki.sdggws.2020.03.003.
- Jia L, Wang XL, Dou XF, et al. The epidemiological characteristics of coronavirus disease 2019 in Beijing[J]. Cap J Public Health, 2020, 14(3):120-123. DOI:10.16760/j.cnki.sdggws.2020.03.003.
- [22] Kim D, Ali ST, Kim S, et al. Estimation of serial interval and reproduction number to quantify the transmissibility of SARS-CoV-2 omicron variant in South Korea[J]. Viruses, 2022, 14(3):533. DOI:10.3390/v14030533.
- [23] Zhang M, Xiao JP, Deng AP, et al. Transmission dynamics of an outbreak of the COVID-19 delta Variant B.1.617.2 — Guangdong province, China, May – June 2021[J]. China CDC Wkly, 2021, 3(27): 584-586. DOI: 10.46234/ccdcw.2021.148.