

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20206494

· 论 著 ·

基于地理信息系统的一起腺病毒感染暴发疫情的调查处置

劳晓洁¹, 徐贤丽², 林 琨³, 张国汉⁴, 胡蝶飞¹, 梁振国¹, 梅馨尹¹, 陈茂伟²

(1. 广西医科大学第一附属医院感染性疾病科, 广西壮族自治区 南宁 530021; 2. 广西医科大学附属武鸣医院感染性疾病科, 广西壮族自治区 南宁 530100; 3. 广西医科大学附属武鸣医院儿科, 广西壮族自治区 南宁 530100; 4. 南宁市武鸣区疾病预防控制中心, 广西壮族自治区 南宁 530100)

[摘要] **目的** 分析南宁市武鸣区一起腺病毒感染的流行病学特征和空间分布特点, 为预防腺病毒疫情暴发提供科学依据。**方法** 采用统一的流行病学个案调查表对病例进行一对一调查, 使用地理信息系统(GIS)技术对疫情的空间分布和聚集情况进行探究, 通过核密度和全局莫兰指数(*Moran's I*)分析该起疫情的空间流行分布特征。**结果** 此次疫情共 228 例儿童感染腺病毒, 无重症以及死亡病例。感染者年龄主要为 5~9 岁, 发病时间集中在 2019 年 7 月 28 日—8 月 4 日。临床表现主要为发热、咳嗽、咽部充血与扁桃体肿大。*Moran's I Z* 值为 3.76 ($P < 0.05$), 提示腺病毒感染患者空间分布上具有较强的空间聚集性, 核密度分析显示此次疫情感染患儿在全区范围内分布。**结论** 暑假期间具有较强的人口流动性, 应警惕疫情的大范围扩散。家长带儿童到公共场所游玩时, 需要加强自身安全意识, 养成良好的卫生习惯。使用空间分析能够全面、直观地展现疫情发病的聚集区域, 为疫情防控提供科学的参考依据。

[关键词] 腺病毒; 腺病毒感染; 暴发; 疫情; 空间分析

[中图分类号] R181.3

Investigation and disposal of an outbreak of adenovirus infection based on geographic information system

LAO Xiao-jie¹, XU Xian-li², LIN Kun³, ZHANG Guo-han⁴, HU Die-fei¹, LIANG Zhen-guo¹, MEI Xin-yin¹, CHEN Mao-wei² (1. Department of Infectious Diseases, The First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 2. Department of Infectious Diseases, Wuming Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530100, China; 3. Department of Pediatrics, Wuming Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530100, China; 4. Wuming District Center for Disease Prevention and Control, Nanning 530100, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the epidemiological and spatial distribution characteristics of adenovirus infection in Wuming District of Nanning City, so as to provide scientific basis for the prevention of adenovirus outbreak.

Methods A unified epidemiological questionnaires on individual case were used to conduct one-to-one investigation, geographic information system (GIS) technology was adopted to explore the spatial distribution and clustering of the epidemic, spatial epidemiological distribution characteristics of the epidemic was analyzed by kernel density analysis and *Moran's I* index. **Results** A total of 228 children were infected with adenovirus in this outbreak, and none of them were seriously ill or died. The age of the infected patients was mainly 5-9 years old, and the onset time was mainly from July 28 to August 4, 2019. The major clinical manifestations were fever, cough, pharyngeal congestion and tonsillar enlargement. *Moran's I Z* = 3.76 ($P < 0.05$), suggesting that the spatial distribution of patients with

[收稿日期] 2020-03-02

[基金项目] 广西自然科学基金面上项目(GK1H20160021)

[作者简介] 劳晓洁(1995-), 女(汉族), 浙江省绍兴市人, 硕士研究生, 主要从事突发传染病防治研究。

[通信作者] 陈茂伟 E-mail: chenmaowei2008@163.com

adenovirus infection has a strong spatial clustering, and kernel density analysis showed that infected children in this epidemic were distributed in the whole region. **Conclusion** There is a strong population mobility during the summer vacation, spread of the epidemic in a large scale should be alerted. Parents should strengthen their own safety awareness and develop good hygiene habit when taking their children out to play in public places. The use of spatial analysis can comprehensively and intuitively show the clustering region of epidemic diseases, and provide scientific reference for the prevention and control of the epidemic.

[**Key words**] adenovirus; adenovirus infection; outbreak; epidemic; spatial analysis

人腺病毒(Human adenoviruses, HAdV)感染是儿童常见的呼吸道病毒感染,多发生于1~5岁儿童与免疫力低下者^[1-3],以急性上呼吸道感染为主,临床表现为高热、咳嗽、咳痰以及不同程度的咽部不适,扁桃体肿大等,部分患者可进展到腺病毒肺炎等重症阶段^[4-5]。近年来,国内外腺病毒感染暴发流行的报道不断增加,已引起各国医务人员及科研工作者的关注^[6-8]。2019年7月29日晚广西医科大学附属武鸣医院等多家医院连续接诊数个持续高热的儿童,自述均去过当地某泳池游泳。根据国家传染病疫情上报制度,医院及时向武鸣区疾病预防控制中心报告了此次事件,并对已入院具有相同症状的疑似患儿进行重新筛查,对有明确游泳史的患儿及时采取隔离治疗措施。通过地理信息系统(geographic information system, GIS)技术以及核密度和空间自相关系数分析该疫情的流行病学特点,以期儿童腺病毒感染的防控工作提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象 根据《人腺病毒呼吸道感染预防控制技术指南(2019年版)》等^[9]相关文献资料中对人腺病毒呼吸道感染诊断的定义,2019年7—8月南宁市武鸣区符合腋下体温>38℃,伴有咽痛、咳嗽、咽结膜充血等腺病毒感染的临床症状与体征,并经实验室检测腺病毒核酸阳性的患者。

1.2 实验室检测 采集咽拭子标本进行腺病毒特异性核酸检测。使用病毒基因组DNA/RNA提取试剂盒(DP315)提取腺病毒DNA,并采用腺病毒核酸检测试剂盒(PCR探针法)检测腺病毒,试剂盒购自广州达安基因科技有限公司。

1.3 流行病学调查 使用统一的调查表对纳入病例进行一对一个案调查,收集患者人口学特征、发病时间以及临床表现等,采用描述性流行病学研究方法对病例的三间分布进行分析。使用EpiData 4.6.0对调查问卷进行数据录入与整理,应用SPSS 25.0

进行数据统计处理,计量资料采用均数±标准差表示,计数资料采用例数表示。

1.4 空间分析

1.4.1 地理信息库的建立 以患者近期常住地址以及泳池所在地为对象,使用百度地图开放平台(<http://lbsyun.baidu.com/>)将文本地址转化为经纬度坐标,在ArcGIS 10.2软件中使用投影坐标系转换,选择地理坐标系为WGS 84,输出点数据文件,建立患者地理信息数据库,以此为基础实现基于疫情地理位置信息的数据可视化操作。

1.4.2 核密度分析 核密度分析(Kernel density)以Silverman四次核函数为基础,在population字段赋予不同权重的前提下,可用于估算每个输出栅格像元周围的点或线要素在一定相邻区域内的密度。本研究以武鸣区行政区划投影地图为基础,设置搜索半径为6 000 m,输出像元为30, population字段为NONE,以输入点要素为中心,建立一个覆盖点的光滑栅格曲面。

计算公式如下:

$$P(X) = \frac{1}{R^2} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{3}{\pi} pop_i \left[1 - \left(\frac{d(x, x_i)}{R} \right)^2 \right] \right\}$$

式中 pop_i 为输入要素的字段值, n 为输入点, d 为点 i 与预测点之间的距离。

1.4.3 空间自相关分析 以武鸣区投影地图为基础,建立10×10渔网要素图,采用空间连接法获取每个栅格内的发病人数count值,使用莫兰指数(Moran's I)评估整体空间分布的相关性。空间关系选择INVERSE_DISTANCE,距离法选择EUCLIDEAN_DISTANCE,距离阈值选择10 000 m。Moran's I以要素之间的位置与要素值为计算基础,结果以Moran's I、Z与P值判断是否具有相关性。Moran's I取值在-1~1之间,数值为正时提示空间研究对象在空间分布中存在正相关性;数值等于0时,提示研究对象的在空间分布中呈随机性;数值为负时,提示研究对象在空间分布中呈负相关性,Z值>1.96或<-1.96时,P<0.05差异具有统计学意义。

计算公式如下：

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

其中 n 为要素数量总和, ω 为预设的空间权重值。

2 结果

2.1 泳池情况 该游泳馆拥有 2 个露天游泳池, 一个泳池大小为 15 m×20 m, 水深 0.5~1.4 m, 另一个泳池为半圆形嬉水池, 水深 0.5 m, 泳池中央设置有配套儿童娱乐设施。游泳馆配备男女更衣室、冲淋室、强制浸脚池等消毒设施, 有 4 名救生员和 1 名社会体育指导员。营业时间为周一至周五 16:30~21:30, 周六至周日 10:30~21:30, 游泳者多数为本镇以及附近地区村民的子女, 暑期高峰时期日接待量多达四百余人。

2.2 发病情况 此次疫情共 228 名儿童发病, 所有病例均有同一体育馆游泳史。首发病例于 7 月 22 日出现发热症状, 7 月 25 日就诊, 最后一例病例报告发病时间为 8 月 13 日。疾病潜伏期 1~15 d, 平均为 (5.75 + 3.25) d, 潜伏期长短与性别、年龄无关 ($P > 0.05$)。起病较急, 所有患儿均有发热与咽部充血症状, 其余症状以扁桃体肿大 (61.00%)、咳嗽 (59.65%)、结膜充血 (31.14%) 为主。所有患儿均为轻症病例, 未发生重症及死亡病例。

2.3 流行特点

2.3.1 时间分布 2019 年 7 月 22 日—8 月 13 日该体育馆游泳者累计发生腺病毒感染 228 例, 疫情共持续 23 d。最早在疫水区游泳的时间为 7 月 10 日, 游泳人数高峰为 7 月 28 日, 并持续至 7 月 31 日武鸣区疾病预防控制中心介入调查事发地泳池。7 月 22 日首次有患儿出现发热, 至 7 月 27 日发病人数逐渐增多, 7 月 29 日达到高峰, 8 月 3 日后逐渐下降, 8 月 13 日后无再发病例。见图 1。从图 1 流行曲线判断, 此次疫情传播模式为同源持续暴露。

2.3.2 人群分布 此次疫情感染人群为儿童, 无成人病例。年龄在 1~14 岁之间, 平均年龄为 (6.48 ± 3.31) 岁。男童 150 例, 女童 78 例, 男女比例为 1.92 : 1。男童平均年龄为 (6.87 ± 3.36) 岁, 女童平均年龄为 (5.72 ± 3.08) 岁。以各年龄组人口数为分

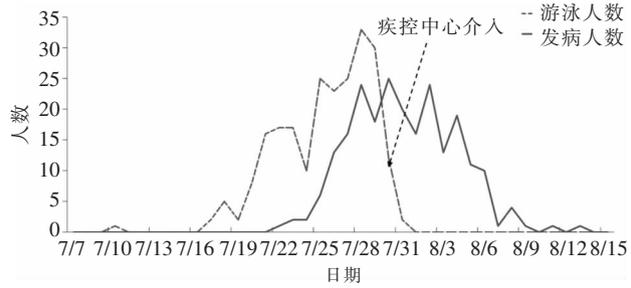


图 1 2019 年 7 月 22 日—8 月 13 日武鸣区腺病毒感染病例游泳时间与发热时间流行曲线图

Figure 1 Epidemic curve of swimming time and fever time of adenovirus infection cases in Wuming District, July 22 to August 13, 2019

母, 计算各组疾病罹患率。1~14 岁儿童总罹患率为 2.74%, 其中 5~9 岁男性儿童罹患率最高, 为 4.36%, 此外在调查过程中, 所有病例均有泳池游泳史, 未发现由于密切接触患儿而感染的病例, 见表 1。

表 1 2019 年 7 月 22 日—8 月 13 日武鸣区不同年龄组儿童腺病毒感染罹患率

Table 1 Attack rate of adenovirus infection in children in different age groups in Wuming District, July 22 to August 13, 2019

年龄组(岁)	性别	人口数 (n = 83 233)	病例数 (n = 228)	罹患率(%)
1~	男	13 355	42	3.14
	女	11 064	33	2.98
5~	男	15 613	68	4.36
	女	12 756	31	2.43
10~14	男	17 045	40	2.35
	女	13 400	14	1.04

2.3.3 地区分布 根据 2018 年中国县域统计年鉴^[10]中所统计的各乡镇人口数, 计算出该地区不同乡镇的腺病毒感染罹患率, 并绘制区域分布图(见图 2)。由图 2 可见, 此次腺病毒疫情扩散地区主要集中在泳池所在镇。228 例患儿中 143 例患儿为泳池所在地城乡镇居民, 占比 62.72%, 罹患率为 10.25/万人; 77 例 (33.77%) 患儿来自武鸣区内其他乡镇, 其中罗波镇罹患率最高, 为 5.19/万人; 8 例 (3.51%) 患儿来自武鸣区外。此外, 由于本次疫情正处于学校放暑假期间, 并未造成校园内传播。

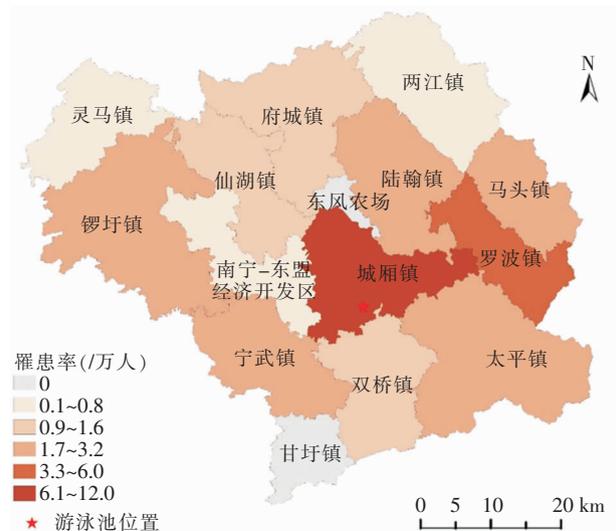


图 2 2019 年武鸣区各乡镇腺病毒感染疫情罹患率空间分布图
Figure 2 Spatial distribution of attack rate of adenovirus infection in Wuming District in 2019

2.4 空间分析 根据腺病毒感染患者在武鸣区分布的空间位置,使用核密度分析 6 000 m 半径下的分布情况,以探测疫情蔓延的空间位置。此次疫情显示一个以泳池所在地为中心的高密度区,武鸣区东部及东北部两镇交汇处亦出现较高密度点(见图 3)。空间自相关分析显示 Moran's I 为 0.05, Z 值为 3.76, $P < 0.05$,提示腺病毒感染空间分布上具有较强的空间聚集性,各地区发病存在统计学意义上的空间正自相关。见图 4。

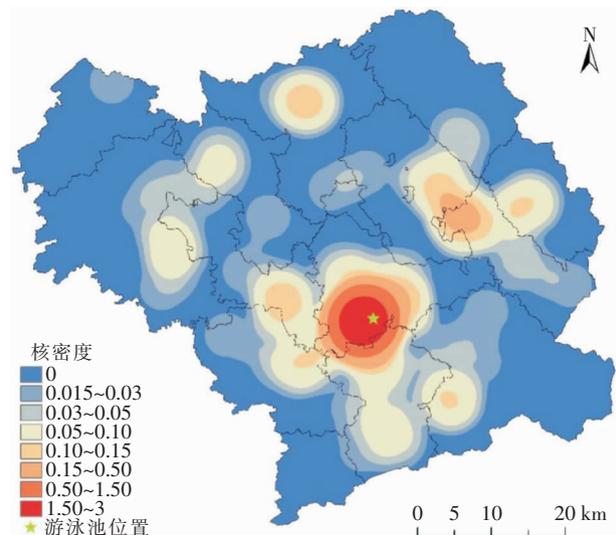


图 3 2019 年武鸣区腺病毒感染病例核密度估计空间分布图
Figure 3 Spatial distribution map of Kernel density estimation of adenovirus infection in Wuming District in 2019

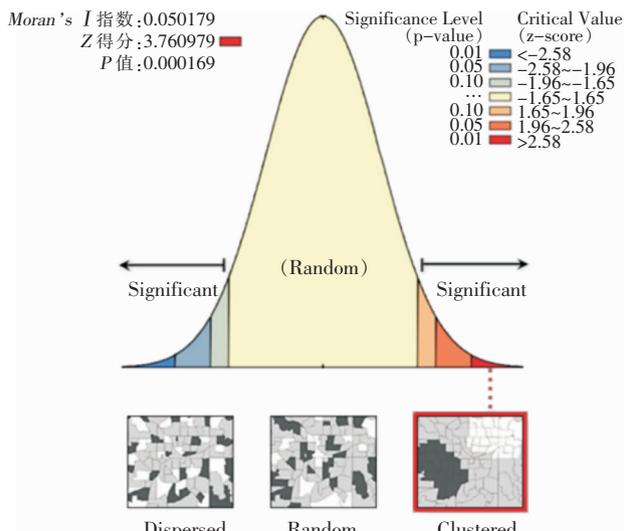


图 4 2019 年武鸣区腺病毒感染疫情全局自相关性
Figure 4 Global Moran's I of adenovirus infection in Wuming District in 2019

2.5 防控效果 各单位针对该疫情及时成立了相关应急应对小组,制定并实施了以下疫情防控措施:(1)针对就诊的疑似患者采集样本和隔离治疗,并对病房环境和患者的生活用品进行定期消毒。(2)对相关密切接触人群进行健康宣教,告知其居家隔离,勿前往人群密集场所,并密切关注自身不适症状。(3)第一时间关停事发地泳池,对池水和洗浴场所进行彻底消毒杀菌。(4)对事发地周围的体育馆、幼托机构和学校等人员进行健康宣传,普及疾病预防知识。实施上述措施后,最后一例患者于 8 月 13 日确诊,自该患者确诊后 8 d,未有实验室确诊的新发病例,疫情结束。

3 讨论

腺病毒为无包膜的双链 DNA 病毒,长度约为 34~37 kb^[11]。腺病毒感染在学校、军营及泳池等人群密集的公共场所易发生暴发流行^[12-13]。不同血清型的腺病毒感染引起的疾病种类多样,可导致结膜炎、肺炎及胃肠炎等^[14],严重者可引发死亡。粪口传播是腺病毒传播的重要途径之一,如直接接触污染的水和食物^[15]。此次腺病毒感染是由于消毒不彻底的游泳池池水引起,人体与池水的密切接触造成了感染的直接扩散^[16-19],是疫情感染人数众多的原因。此外,腺病毒也可经飞沫等呼吸道途径进行传播,可通过亲密接触、咳嗽、打喷嚏等形式从

感染者传播到健康人^[20-21],但本次疫情中未发现二次传播病例。可能与患者的监护人均为成人有关,成人免疫系统完善,不是腺病毒的主要易感对象。

空间自相关分析是研究特定空间领域中某一对象的空间分布,将空间分析与疾病制图应用于流行性疾病,可以为疫情的进一步控制与预防提供参考,*Moran's I* 是其常用的方法之一^[22]。本研究通过空间发病数计算 *Moran's I*,发现腺病毒感染患者的分布存在空间聚集性,此符合本疫情中以泳池作为污染源的传播特点。核密度分析可通过分析指定区域内病例数的点分布情况,将疾病传播风险可视化^[23]。本研究中,从整个城区的患者核密度分布图上看,患儿在空间分布上较为广泛,并非完全集中于泳池周边地区,患儿在远离泳池所在地的区域亦形成了空间聚落。暑假期间,患儿相比于平时具有较强的流动性,提示在疫情的防控工作中,特别是大型暴发性疫情,应将影响当地人口流动与空间可达性的要素考虑在内^[24],如主要交通网络的覆盖地区、住宅地与商业中心等人口聚集地的地理位置等,而不是单一以疫源地的距离远近作为疾病传播的主要要素。距离法在小尺度疫情评估中较为可靠。另外,目前大部分研究中,传染病数据常采用行政区划边界描述疾病的分布情况,事实上这不一定反映出空间区域之间的动态联系^[25-26]。应当在综合考虑特定疾病的传播特点与疫情发生地的人口流行模式,建立一种区域间动态传播模型,为传染性疾病的防控工作奠定机制^[27-28]。一场疫情的发生必然伴随着多个环节的共同作用,夏季游泳者人数较多,作为泳池管理方应加强对于池水水质的检测,控制每日人流量,保持泳池的卫生合格。家长和孩子应养成良好的卫生习惯^[29],穿戴好泳衣与泳镜,以及游泳结束之后及时冲淋清洁身体。另外,学校也应在暑期放假前做好对学生的安全教育,增强学生的自我保护意识,避免去非正规的泳池以及水库游泳。此次疫情暴发后,武鸣区疾病预防控制中心立即采取了行动,对该游泳馆下达停业整顿命令,重新对泳池以及周围设施进行彻底消毒,疫情得到了迅速控制。

[参 考 文 献]

- [1] Radke JR, Cook JL. Human adenovirus infections: update and consideration of mechanisms of viral persistence[J]. *Curr Opin Infect Dis*, 2018, 31(3): 251 - 256.
- [2] González-Vicent M, Verna M, Pochon C, et al. Current practices in the management of adenovirus infection in allogeneic hematopoietic stem cell transplant recipients in Europe: the AdVance study[J]. *Eur J Haematol*, 2019, 102(3): 210 - 217.
- [3] Shen CF, Wang SM, Ho TS, et al. Clinical features of community acquired adenovirus pneumonia during the 2011 community outbreak in southern Taiwan: role of host immune response[J]. *BMC Infect Dis*, 2017, 17(1): 196.
- [4] Shen CF, Wang SM, Wang JR, et al. Comparative study of clinical and epidemiological characteristics of major pediatric adenovirus epidemics in southern Taiwan[J]. *BMC Infect Dis*, 2019, 19(1): 681.
- [5] 全军传染病专业委员会. 新突发传染病中西医临床救治课. 腺病毒感染诊疗指南[J]. *解放军医学杂志*, 2013, 38(7): 529 - 534.
- [6] Li J, Lu X, Sun Y, et al. A swimming pool-associated outbreak of pharyngoconjunctival fever caused by human adenovirus type 4 in Beijing, China[J]. *Int J Infect Dis*, 2018, 75: 89 - 91.
- [7] 高东旗, 郭云萍, 孙殿兴, 等. 一起院校学员夏季 7 型腺病毒感染暴发的调查分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(19): 2967 - 2970.
- [8] 江军, 肖兵民, 熊志远, 等. 一起成人腺病毒 B 组 7 型感染暴发的流行病学与临床分析[J]. *中华临床感染病杂志*, 2015, 8(2): 155 - 157.
- [9] 人腺病毒呼吸道感染预防控制技术指南编写审定专家组. 人腺病毒呼吸道感染预防控制技术指南(2019 年版)[J]. *中华预防医学杂志*, 2019, 53(11): 1088 - 1093.
- [10] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国县域统计年鉴(乡镇卷) - 2018[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018: 372.
- [11] Lion T. Adenovirus infections in immunocompetent and immunocompromised patients[J]. *Clin Microbiol Rev*, 2014, 27(3): 441 - 462.
- [12] Lynch JP 3rd, Fishbein M, Echavarría M. Adenovirus[J]. *Semin Respir Crit Care Med*, 2011, 32(4): 494 - 511.
- [13] Dongliu Y, Guoliang Y, Haocheng Xu, et al. Outbreak of acute febrile respiratory illness caused by human adenovirus B P14H11F14 in a military training camp in Shandong China[J]. *Arch Virol*, 2016, 161(9): 2481 - 2489.
- [14] Crenshaw BJ, Jones LB, Bell CR, et al. Perspective on adenoviruses: epidemiology, pathogenicity, and gene therapy[J]. *Biomedicine*, 2019, 7(3): 61.
- [15] Radke JR, Cook JL. Human adenovirus infections: update and consideration of mechanisms of viral persistence[J]. *Curr Opin Infect Dis*, 2018, 31(3): 251 - 256.
- [16] Bonadonna L, La Rosa G. A review and update on waterborne viral diseases associated with swimming pools[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(2): 166.
- [17] Ahmad SS. Water related ocular diseases[J]. *Saudi J Ophthalmol*, 2018, 32(3): 227 - 233.
- [18] Soller JA, Bartrand T, Ashbolt NJ, et al. Estimating the primary etiologic agents in recreational freshwaters impacted by human sources of faecal contamination[J]. *Water Res*, 2010,

44(16): 4736 – 4747.

- [19] Romanowski EG, Yates KA, O'Connor KE, et al. Evaluation of polyhexamethylene biguanide (PHMB) as a disinfectant for adenovirus[J]. JAMA Ophthalmol, 2013, 131(4): 495 – 498.
- [20] 廖刚, 彭文鸿, 谢扬新, 等. 聚集性人 B 组 7 型腺病毒性肺炎 218 例临床特征分析[J]. 中华肺部疾病杂志(电子版), 2015, 8(6): 54 – 57.
- [21] 孟丽巍, 赵雅辉, 许杨, 等. 人腺病毒 7 型聚集性爆发流行中 182 例隐性感染者的防治疗效分析[J]. 中华肺部疾病杂志(电子版), 2018, 11(4): 464 – 465.
- [22] 冯军, 吴晓华, 李石柱, 等. 空间统计分析方法及相关软件在传染病研究中的应用[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2011, 23(2): 217 – 220.
- [23] Smith CM, Le Comber SC, Fry H, et al. Spatial methods for infectious disease outbreak investigations: systematic literature review[J]. Euro Surveill, 2015, 20(39): 30026.
- [24] Wallinga J. Metropolitan versus small-town influenza[J]. Science, 2018, 362(6410): 29 – 30.
- [25] Proctor JL, Eckhoff PA. Discovering dynamic patterns from infectious disease data using dynamic mode decomposition[J]. Int Health, 2015, 7(2): 139 – 145.
- [26] Riley S. Large-scale spatial-transmission models of infectious

disease[J]. Science, 2007, 316(5829): 1298 – 1301.

- [27] Schaber KL, Paz-Soldan VA, Morrison AC, et al. Dengue illness impacts daily human mobility patterns in Iquitos, Peru [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2019, 13(9): e0007756.
- [28] Chowell G, Tariq A, Hyman JM. A novel sub-epidemic modeling framework for short-term forecasting epidemic waves[J]. BMC Med, 2019, 17(1): 164.
- [29] Khanal S, Ghimire P, Dhamoon AS. The repertoire of adenovirus in human disease: the innocuous to the deadly[J]. Biomedicines, 2018, 6(1): 30.

(本文编辑:文细毛)

本文引用格式: 劳晓洁, 徐贤丽, 林琨, 等. 基于地理信息系统的一起腺病毒感染暴发疫情的调查处置[J]. 中国感染控制杂志, 2020, 19(10): 894 – 899. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20206494.

Cite this article as: LAO Xiao-jie, XU Xian-li, LIN Kun, et al. Investigation and disposal of an outbreak of adenovirus infection based on geographic information system[J]. Chin J Infect Control, 2020, 19(10): 894 – 899. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20206494.