

2013~2020年重庆市流感时空流行病学特征分析

王祈茵¹, 赵寒², 叶孟良^{1*}

¹重庆医科大学公共卫生学院, 流行病学与卫生统计教研室, 重庆

²重庆市疾病预防控制中心, 重庆

收稿日期: 2022年11月16日; 录用日期: 2022年12月6日; 发布日期: 2022年12月20日

摘要

流感是由流感病毒引起的急性呼吸道疾病, 是一种十分严重的公共卫生突发事件。基于2013~2020年重庆市报告的流感病例数据, 本文利用空间自相关和扫描统计来分析重庆市流感的时空特征。结果表明, 重庆市流感年平均发病率为47.16/10万, 2019年发病率最高; 季节性高峰出现在每年的10月至2月。根据流感年度LISA聚类图, 局部空间自相关分析发现热点集中在城口区, 2014~2020年未发现热点; 冷点地区集中在重庆中西部。空间扫描发现流感高发区有8个最可能聚集点和5个次要聚集点, 主要集中在重庆东南部、中部和北部。纯时间分析显示, 时间聚集在2019年11月至2020年1月。时空分析结果显示两个流感高发群, 最有可能的19个区聚集在重庆中部。本研究通过发现流感的高发地区和高发时期, 有助于制定重庆市流感防控规划, 为完善流行病防控策略和措施提供科学依据。

关键词

流感, 流行病学, 时空分析, 聚集性, 重庆

Spatiotemporal Epidemiological Characteristics of Influenza in Chongqing, China, 2013~2020

Qiyin Wang¹, Han Zhao², Mengliang Ye^{1*}

¹Department of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Chongqing Medical University, Chongqing

²Chongqing Municipal Center for Disease Control and Prevention, Chongqing

Received: Nov. 16th, 2022; accepted: Dec. 6th, 2022; published: Dec. 20th, 2022

*通讯作者。

Abstract

Influenza is an acute respiratory infection caused by influenza virus, which is a serious public health problem. Based on the reported cases of influenza in Chongqing from 2013 to 2020, spatial autocorrelation analysis and scanning statistics were used to analyze the spatial and temporal characteristics of influenza in Chongqing. During the period, the average annual incidence of influenza cases in Chongqing was 47.16/100,000, with the highest incidence in 2019, with the highest annual incidence in 2019. Seasonal peaks occur from October to February. According to the annual LISA cluster diagram of influenza, the local spatial autocorrelation analysis found that hot spots were concentrated in Chengkou, and no hot spots were found from 2014 to 2020. The cold spots are concentrated in the Midwest. The spatial scan identified 8 most likely aggregation points and 5 secondary aggregation points in the high incidence areas of influenza, mainly concentrated in the southeast, central and northern of Chongqing. Purely temporal analysis showed that the time aggregation frame was from November 2019 to January 2020. The spatial and temporal analysis revealed two high incidence clusters of influenza. The most likely cluster of 19 districts was located in the central part of Chongqing. This study found the areas and periods with high incidence of influenza, which is helpful for the development of influenza prevention and control planning in Chongqing and the scientific basis for the formulation of prevention and control strategies and measures.

Keywords

Influenza, Epidemiology, Spatio-Temporal Analysis, Cluster, Chongqing

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

流感是一种急性呼吸道传染病, 极易引起暴发和流行, 该疾病在中国被列为 C 类法定传染病[1]。其具有起病急、传染性强、传播迅速的特点, 可通过不同程度的传播引起大流行, 流感的易传播性给疾病防治人员的预防和控制工作带来了巨大挑战。2019 年 12 月, 在中国各省市发现了多例一种新型冠状病毒感染的肺炎患者, 病毒飞速地席卷全国, 让全国各地人民都心惊胆战。因为新型冠状病毒引起的症状与流感相似, 且具有病毒性质不明, 传播迅速, 病死率高的特点, 从而也提高了人们对流感的关注度。

重庆是中国西部的大城市, 人口密度大, 流动人口多。2009 年以来, 在全球流感大流行的影响下, 重庆流疫情引发的社会问题频繁发生, 流感发生的时间和区域分布集中点不明确。时空聚集分析是一种探索疾病时空分布特征的研究方法, 有利于疾病风险的定量计算, 在公共卫生领域得到了广泛应用[2][3][4][5][6]。目前, 许多研究者利用空间自相关和时空扫描技术分析各种疾病的时空分布特征和扩散规律, 并将聚集结果可视化。该方法已广泛应用于传染病[7][8][9][10][11]、肿瘤[12][13]、心血管疾病[14][15]以及手足口病[16][17]、结核病[18][19]、腮腺炎[20][21]等传染病的研究领域, 有助于探索各种疾病的时空聚集性, 并根据不同风险水平的地区和时期采取完善的防控措施。由于重庆流感时空聚类分析的相关研究尚处于空白阶段, 本文利用 2013~2020 年重庆流感数据可以对流感流行的时空聚集性进行分析, 从而确定流感高发的时间和区域, 识别关键控制区。有助于公共卫生人员制定符合重庆市实际流感防控

的策略和政策，并为防控策略提供科学依据。

2. 研究对象与数据来源

本次研究的地区是重庆市，对象是重庆市人群，本研究已获得伦理道德委员会伦理审查批准。重庆是中国西南地区最大的直辖市，位于东经 28.100N~32.130N，东经 105.110E~110.110E 之间。全市辖 38 个区，总面积 82.4 万平方公里，人口 3090 多万。重庆是一个多山的城市，属亚热带湿润季风气候，夏季炎热多雨，冬季温暖潮湿。重庆由 9 个主城区组成，分别是渝中、江北、南岸、九龙坡、沙坪坝、大渡口、北碚、渝北和巴南。它是重庆和都市圈的政治、经济、文化中心，经济发展水平很高。

本研究收集的 2013~2020 年流感病例数据全部来自重庆市疾病预防控制中心检测网络系统，包括流感发生的时间和区域分布。38 个区人口统计数据来自《重庆统计年鉴》。

3. 研究方法

3.1. 全局空间自相关分析

Global Moran's I 的取值范围为[-1, 1]。当被研究元素的属性值出现空间聚类时，Moran's I 指数为正，表明空间正相关；如果高值排除其他高值并趋向于接近低值，则 Moran's I 指数为负，表明空间相关性为负。0 表示空间无关。Z 评分用于检验 Global Moran's I 指数的假设。零假设是每个因素是随机分布的，备择假设是每个因素之间存在空间自相关。在 $\alpha = 0.05$ 检验水准下，如果 $|Z| < 1.96$ ， $P > 0.05$ ，则不能拒绝零假设，各元素之间为随机分布，不存在空间自相关；如果 $|Z| > 1.96$ ， $P < 0.05$ ，则可能拒绝原假设而接受备择假设，空间要素之间存在自相关。当 $I > 0$ 和 $Z > 1.96$ 时，各元素之间存在空间正相关关系，呈现聚集分布，属性的高低值聚集在不同区域。I 值越接近 1，正相关程度越强。当 $I < 0$ ， $Z < -1.96$ 时，各元素之间存在空间负相关，呈离散分布。属性的高、低值表现为相见分布。I 值越接近-1，负相关越强。

3.2. 局部空间自相关分析

热点分析是探究局部区域之间是否存在高值聚集或低值聚集的分析方法。高值集中出现的区域是事件发生的热点区域，低值集中出现的区域是事件发生的冷点区域。Local Moran's I 用于分析局部空间单元之间某研究属性的相关程度，检验各空间单元相对于整体研究地区其空间自相关性是否显著。如果 $P < 0.05$ ，将得到 4 个阳性结果：高值聚集(HH)、低值聚集(LL)、高值被低值包围(HL)和低值被高值包围(LH)。HH 和 LL 表示该区域的空间属性与相邻区域的空间属性相似，表现出正的空间相关性；HL 和 LH 表明该区域的空间属性与相邻区域不相似，呈现空间的负相关。

3.3. 扫描时空扫描的统计分析

扫描统计(Scan statistics)是一种空间统计方法，由 Joseph Naus 在 1965 年首次提出，其目的是检测一个事件在时空和时空上是否存在异常增加。随后，Kulldorff 进一步改进了扫描统计理论，在 1995 年提出了空间扫描统计方法。扫描统计分析可以检测到事件在时空范围内的异常变化，并进行统计检验，检测该事件在研究区域内是否有聚集的可能性，探索可能发生聚集的具体区域，预测聚集区域的风险。在医学领域，扫描统计可以用来分析疾病或事件在时间、空间或时空分布上是否有聚集的倾向或趋势。在重庆地图上建立了代表时间和空间的二维圆柱形窗口。圆柱体的高度代表时间，圆柱体底部的半径代表区域位置的范围。通过不断变化的时间和区域，比较圆柱形窗口内外的疾病发病率，计算对数似然比(Log likelihood ratio, LLR)，其中 LLR 最大的圆柱窗口为流感高发聚集区域。

使用 Microsoft Excel 2010 对数据进行统计；利用 ArcGIS 10.2 软件绘制 2013~2020 年重庆市流感发

病分区分布图。采用 GeoDa 1.8.12 软件进行空间自相关分析, 包括全局空间自相关和局部空间自相关, 以探讨 2013~2020 年重庆市流感发病率的分布。利用 SaTScan 9.6 软件对重庆市 2013~2020 年流感发病数据进行泊松分布模型分析, 包括简单空间、时间扫描和时空扫描。对 2013~2020 年全周期的扫描结果和历年数据扫描结果分别进行分析。其中最大窗口半径为总种口的 25%, 时间尺度为研究周期的 50%, 蒙特卡罗模拟次数为 999, 检验水平 $\alpha = 0.05$ 。

4. 结果分析

根据 2013~2020 年重庆市流感年发病情况, 本文共报告流感病例 116,285 例, 死亡 38 例, 年均发病率为 47.16/10 万。在 8 年的研究期间, 流感发病率整体呈上升趋势, 从 2013 年的每 10 万人 6.47 例增加到 2019 年的每 10 万人 210.78 例, 再到 2020 年的每 10 万人 67.78 例。重庆市流感病例月分布具有明显的季节性高发特征, 主要集中在 10 月至次年 3 月。高发区位置也随时间发生变化, 但主要集中在南部、中部和西部地区。其中荣昌县(382.58/10 万)、秀山区(180.01/10 万)、黔江区(134.01/万)、梁平县(128.55/万)和大渡口区(70.42/万)年均发病率最高, 且多位于重庆市非主城区。其中, 2019~2020 年流感发病率特别高。以上结果如图 1、图 2 和表 1 所示。

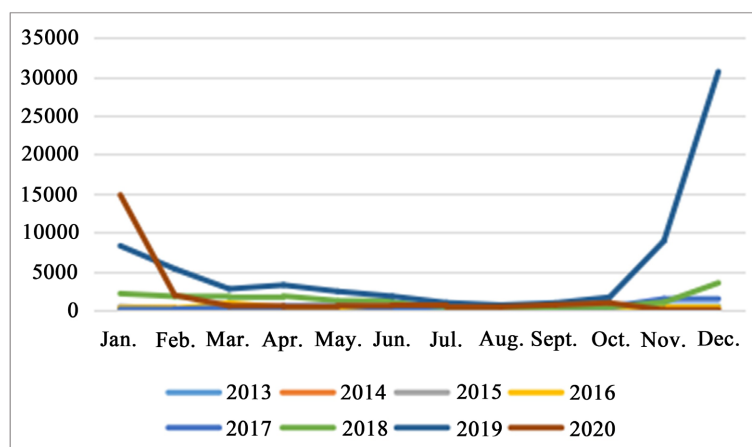


Figure 1. Incidence of influenza in Chongqing from 2013 to 2020

图 1. 2013~2020 年重庆市流行性感冒的发病率

Table 1. Epidemic situation of influenza in Chongqing from 2013 to 2020

表 1. 2013~2020 年重庆市流行性感冒疫情概况

Year	Case	Incidence (1/10 w)
2013	1905	6.47
2014	2041	6.87
2015	2384	7.97
2016	3120	10.33
2017	5419	17.78
2018	15,160	49.30
2019	65,268	210.78
2020	20,988	67.78
Average	14536	47.16

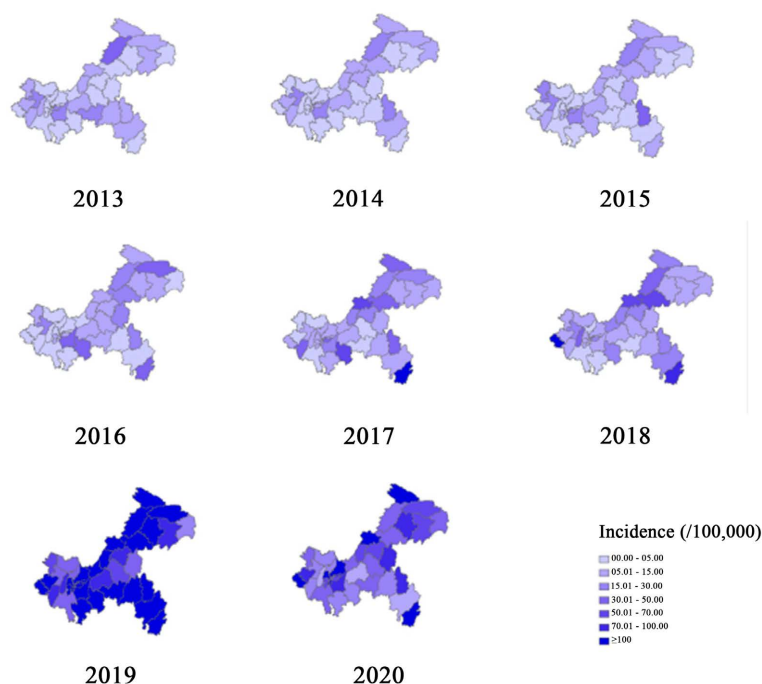


Figure 2. Distribution of influenza incidence in Chongqing from 2013 to 2020
图 2. 2013~2020 年重庆市流感发病率分布

根据 2013~2020 年重庆市全局自相关分析结果(表 2), 2013~2020 年流感全局自相关分析结果显示, Moran 指数仅在 2014 年和 2019 年为正值, 但没有明显的空间显著性。此外, 其他年份的空间分布是随机的。根据流感年度 LISA 聚类图, 局部空间自相关分析(图 3)发现 1 个高-高、15 个低-低、7 个低-高和 5 个高-低聚类。2013 年的热点(高-高聚类)集中在城口区, 2014~2020 年未发现热点。冷点集中在南部和西部地区, 分别是北碚区、璧山区、合川县、潼南县、巴南区、南川县和武隆县。由北碚区向周边地区扩展。

Table 2. Overall spatial autocorrelation analysis of Chongqing
表 2. 重庆市全局空间自相关分析

Year	Moran's I	Z-Score	P-Value	Mean	SD
2013	-0.00164015	0.2100	0.38900	-0.0234	0.1036
2014	0.110348	-0.8157	0.226000	-0.0255	0.1040
2015	-0.11862	-0.8604	0.194000	-0.0283	0.1049
2016	-0.0615758	-0.2914	0.412000	-0.0300	0.1083
2017	-0.0573264	-0.3279	0.42500	-0.0279	0.0898
2018	-0.0194826	0.3867	0.301000	-0.0261	0.0172
2019	0.0484001	0.7378	0.205000	-0.0263	0.1012
2020	-0.0626597	-0.3434	0.396000	-0.0270	0.1039

空间聚类分析(表 3)表明, 2013~2020 年重庆流感的空间分布并非随机的。空间扫描在流感高发区确定了 8 个最有可能的聚集点和 5 个次级聚集点, 且都具有统计学意义。每个聚集点所包括的地区数目由

1 至 21 个不等。具体位置每年都会有所不同，主要集中在重庆东南部、中部和北部。以上结果如表 3 和图 4 所示。

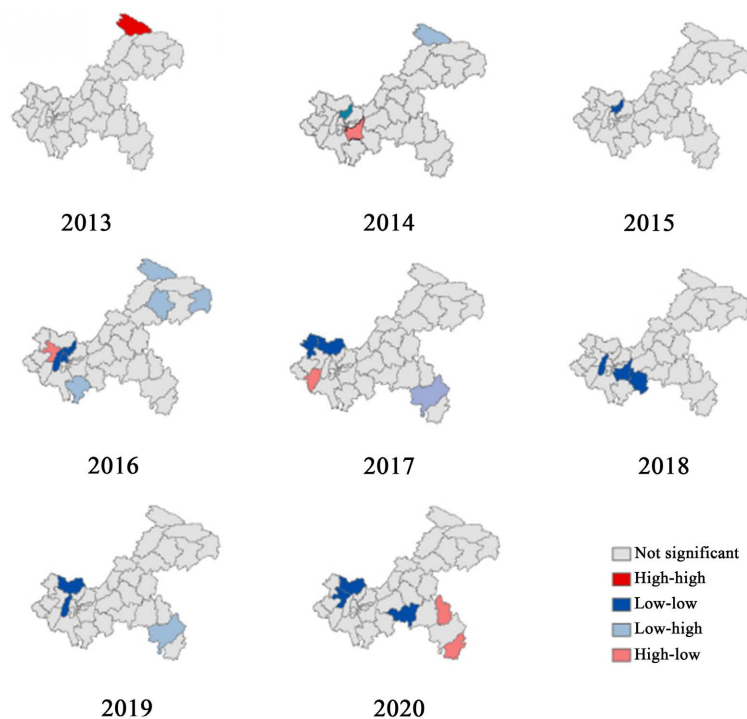


Figure 3. Annual local spatial autocorrelation analysis of Chongqing from 2013 to 2020

图 3. 2013~2020 年重庆市年度局部空间自相关分析

Table 3. Annual spatial clusters of influenza in Chongqing from 2013 to 2020
表 3. 2013~2020 年重庆市流感年度空间聚集性病例分析

Year	Cluster Type	Counties (n)	Radius (km)	Observed Cases	Expected Cases	LLR	RR	P-Value
2013	Most likely	11	77.57	463	95.64	402.032655	6.04	<0.001
	Secondary	1	0	205	38.63	183.265061	5.81	<0.001
	Most likely	4	20.21	322	89.47	194.280883	4.09	<0.001
	Secondary	1	0	179	40.03	134.053329	4.80	<0.001
2014	2nd Secondary	1	0	106	15.27	116.712271	7.27	<0.001
	3rd Secondary	1	0	57	4.61	91.691239	12.70	<0.001
	4th Secondary	4	41.93	61	18.24	31.342034	3.42	<0.001
	Most likely	4	20.21	152	21.19	172.394426	7.59	<0.001
2015	Secondary	1	0	70	4.51	127.436735	15.98	<0.001
	2nd Secondary	8	125.95	319	139.02	92.392152	2.49	<0.001
	Most likely	21	290.81	729	131.60	714.703469	6.92	<0.001
2016	Secondary	1	0	164	25.83	168.091490	6.65	<0.001
	2nd Secondary	1	0	36	5.97	34.804400	6.09	<0.001

Continued

2017	Most likely	18	221.58	1885	402.68	1671.737574	6.64	<0.001
	Most likely	1	0	5741	173.92	15697.973280	52.45	<0.001
	Secondary	4	66.04	871	295.78	376.734034	3.06	<0.001
2018	2nd Secondary	1	0	272	38.37	300.911872	7.20	<0.001
	3rd Secondary	6	31.10	462	210.23	114.115699	2.24	<0.001
	4th Secondary	1	0	67	24.42	25.098760	2.75	<0.001
2019	Most likely	19	194.50	19500	2700.66	24240.141295	9.87	<0.001
2020	Most likely	19	194.50	8124	866.07	12431.420751	14.67	<0.001

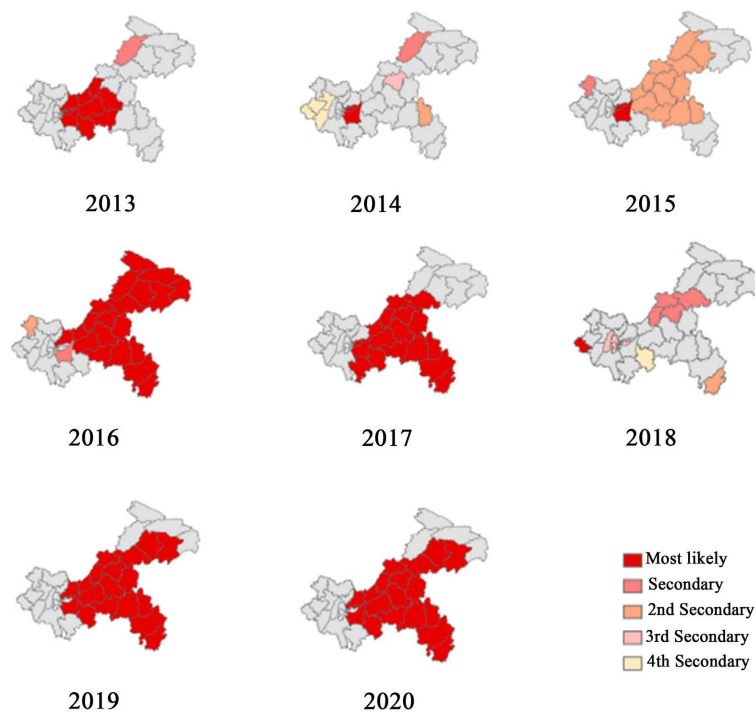


Figure 4. Yearly spatial clusters of influenza in Chongqing from 2013 to 2020
图 4. 2013~2020 年重庆市流感年度空间聚集性病例分析

纯时间分析显示, 时间聚集主要在 2019 年 11 月至 2020 年 1 月(LLR = 105405.13, $P < 0.001$)。

时空分析发现 2013~2020 年重庆市 48 个区县存在 2 个流感高发集群。2019 年 11 月~2020 年 1 月, 南川区、黔江区、丰都县、万州区等 19 个区县是最有可能的集聚区(LLR = 68875.90, $P < 0.001$), 主要集中在重庆中部地区。除巴南区、渝北区、江北区为主城区外, 其余均为非主城区。2018 年 1 月~2020 年 2 月二级聚类分布在重庆西部的荣昌县(LLR = 51113.759455, $P < 0.001$); 时空扫描结果如表 4 和图 5 所示。

5. 讨论

本研究从时间和地区分布的角度对重庆市流感的流行病学进行描述, 并从地理的角度研究了空间、时间和空间的聚集性, 这将有利于卫生机构控制流感和合理开展公共卫生规划和资源分配。流感疫苗已在各地广泛推广, 但由于流感疫苗属于二类疫苗, 且存在自愿自费原则[22], 以至于流感疫苗的接种率不

高。此外，加上乡镇、农村等一些欠发达地区，经济和教育水平比较落后，人们对流感的重视程度不高，很容易忽略接种疫苗的重要性。

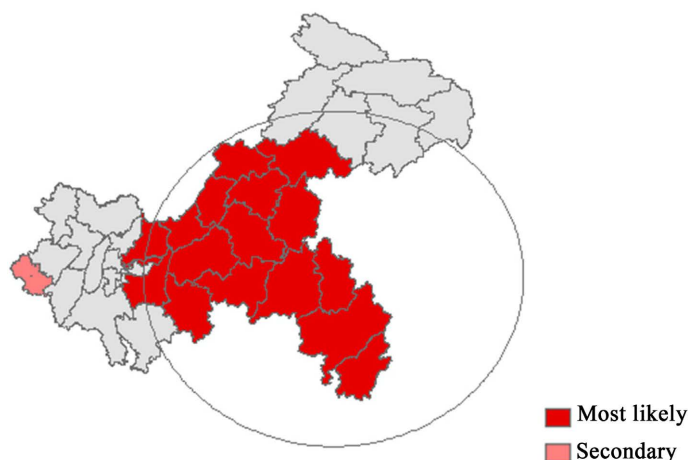


Figure 5. Spatial and temporal aggregation analysis of influenza in Chongqing from 2013 to 2020

图 5. 2013~2020 年重庆市流行性感冒时空聚集性分析

Table 4. Spatial and temporal aggregation analysis of influenza cases in Chongqing from 2013 to 2020

表 4. 2013~2020 年重庆市流行性感冒病例时空聚集性分析

Cluster Type	Time Frame	Counties (n)	Radius (km)	Observed Cases	Expected Cases	LLR	RR	p-Value
Most likely	Nov. 2019 to Jan. 2020	19	194.50	32941	1823.93	68875.896613	24.80	<0.001
Secondary	Jan. 2018 to Feb. 2020	1	0	20805	743.08	51113.759455	33.87	<0.001

在 8 年的研究期间，流感发病率逐渐上升到较高水平，然后在达到峰值后下降。2019 年流感发病率明显高于往年，这与中国其他大部分省市流感发病率的趋势一致[23] [24] [25]，表明流感是一个日益严重的公共卫生问题。这可能是由于如今各地经济和医疗水平和制度的逐步提高，疾病的敏感度和报答率都有所上升，能够及时的发现和治疗流感。然而，由于 2019 年年底新型冠状病毒的入侵，人们开始关注卫生和疾病预防，流感发病人数有所下降。本研究还发现流感具有明显的季节性分布，高发病率主要集中在春冬季，与其他省市的流行病学特征一致[24] [26] [27] [28] [29]。可能是因为冬春季节气温较低，病毒存活率较高，存活时间会较长；此外，人体口腔黏膜或鼻腔黏膜长时间受到冷空气刺激，可能会使机体抵抗力下降，血液循环变差；再者，冬天天气寒冷，人们习惯紧闭门窗，导致空气不流通，从而增加流感病毒的感染机率。自 2020 年初以来，受 COVID-19 非药物防控措施的影响，流感发病率有所下降，2020 年 2 月至 9 月无流感聚集性报告，这与国家监测结果[30]相似。重庆流感的季节性分布可能与重庆炎热潮湿的环境有关，为流感[31]的发生提供了适宜的条件。夏秋季发病人数相对较少，这也可能是受人口因素、自然气候、风俗习惯、经济因素等因素[32]的影响，使夏秋季对流感的敏感性降低。

以上是传统流行病学中的描述性研究，可以简单地描述流感的时间变化，而时空聚集分析可以改进传统的流行病学分析。在本研究中可以看到空间自相关不强，全局空间自相关分析结果表明，2013~2020 年重庆流感没有明显的空间聚集性。局部空间自相关分析结果表明，2013 年高值聚集区分布在城口县，

可能该地区属于非主城区,对流感的认识不够重视,该年的医疗卫生措施做的不到位,而后该地区认知水平有所提高,2014年后该地区未发现高值。2014~2020年未发现其他地区的热点。冷点集中在中西部地区,随着时间的推移又北碚区逐渐向周边地区扩展。空间聚类分析在流感高发区确定了8个最可能的聚集点和5个次级聚集点,聚集的位置逐年发生变化,主要集中在重庆的东南部、中部和北部地区。在经济发达的城市地区可能与人口密度大、流动性大、当地人对流感的重视程度高、诊断水平较高有关。在欠发达地区,可能是与经济水平和医疗保健水平低下有关。纯时间分析显示,时间聚集在2019年11月至2020年1月。时空聚集分析发现重庆有两个流感时空聚集区,分别发生在2018~2020年。第一类聚集区以丰都县为中心向周边地区延伸,涉及19个区,主要集中在非城区。第二类聚集区在荣昌县。在本研究的结果中,全局自相关的缺失并不意味着显著的集群不存在,时空扫描可以揭示潜在的地区聚集性。时空扫描统计分析与时空自相关分析在疾病聚集分析的有效性上是互补的。

6. 结论和建议

综上所述,2013~2018年,重庆市流感发病率呈上升趋势,2019年达到峰值,这可能与新冠肺炎与流感等呼吸道感染重叠流行导致检出率上升有关。随后的下降可能与一些非药物干预措施有关,如戴口罩和保持一定的社交距离。重庆市流感季节变化明显,主要集中在秋冬季。此外,该研究还确定了流感的空间异质性和高危地区的位置,这些区域每年都可能不同。时空分析为流感防控的部署和资源配置提供参考,为制定防控工作方案提供良好依据。

本文是首次采用时空分析方法对重庆市流感流行情况进行分析,通过这种时空扫描分析,弥补了简单流行病学比较的不足,对流感高发区的确定更加客观科学,避免了主观因素的影响。研究结果对疾病控制和医院人力资源合理配置具有实际应用价值,并为进一步研究流感相关危险因素提供证据和线索。因此,根据研究结果,应针对流行地区,特别是高峰地区制定与卫生有关的政策,卫生防疫机构采取的应对措施包括:一是要有序推进流感疫苗接种,提高流感疫苗接种服务的能力和便利性,这可导致人们拥有更高和更持久的免疫力。其次,要加强流感防控的普及,通过互联网或广告牌普及流感防控知识,鼓励人们外出戴口罩,保持清洁,提高免疫力等。最后,卫生相关部门应高度重视流感防控工作,继续加强早期的流感时空监测和预警,完善流感监测体系,以更好地控制和预防流感。

然而,本研究仍有一定的局限性。首先,本研究的数据来自卫生保健机构向传染病报告信息管理系统报告的流感病例数量。报告的流感病例数据的质量与区域系统的监测敏感性和管理能力有关。由于管理和敏感性的差异,研究结果容易产生偏差,存在一定程度的误差。这一监测系统是一个被动的信息收集系统,可能低估了轻度流感病例。其次,本研究缺乏一些人口流行病学数据,无法分析流感的流行病学特征。最后,本研究没有考虑气候、人口、经济和社会等因素,具有一定的局限性。在未来的研究中,为了减少误差,将尽可能多的纳入更多的数据进行分析,提高信息收集的准确性。此外,将进一步纳入人口统计数据和多因素进行相关研究。

致 谢

在此对重庆市疾病预防控制中心提供的疾病数据和资金资助表示感谢;对重庆医科大学老师的热心帮助和指导表示感谢。感谢各位指导老师给予本研究的所有支持,让本研究组对重庆市流感的现状有更加深入的了解。最后对本研究组所有成员的辛苦努力表示衷心的感谢。

参考文献

- [1] 郑建东,张慕丽,彭质斌,等.中国2014-2018年法定报告流感确诊发病和死亡病例分析[J].国际病毒学杂志,2020,27(1):6-10. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4092.2020.01.002>

- [2] Wang, E., Zhao, Z., Miao, C. and Wu, Z. (2018) A Spatiotemporal Analysis of Schistosomiasis in Hunan Province, China. *Asia Pacific Journal of Public Health*, **30**, 521-531. <https://doi.org/10.1177/1010539518800365>
- [3] Yang, H., Zhang, S., Wang, T., et al. (2020) Epidemiological Characteristics and Spatiotemporal Trend Analysis of Human Brucellosis in China, 1950-2018. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**, Article No. 2382. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072382>
- [4] Tao, Y., Chen, M.Y., Tucker, J.D., et al. (2020) A Nationwide Spatiotemporal Analysis of Syphilis over 21 Years and Implications for Prevention and Control in China. *Clinical Infectious Diseases*, **70**, 136-139. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz331>
- [5] Yu, G., Yang, R., Wei, Y., et al. (2018) Spatial, Temporal, and Spatiotemporal Analysis of Mumps in Guangxi Province, China, 2005-2016. *BMC Infectious Diseases*, **18**, Article No. 360. <https://doi.org/10.1186/s12879-018-3240-4>
- [6] Li, Z., Fu, J., Lin, G. and Jiang, D. (2019) Spatiotemporal Variation and Hotspot Detection of the Avian Influenza A (H7N9) Virus in China, 2013-2017. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **16**, Article No. 648. <https://doi.org/10.3390/ijerph16040648>
- [7] 张萌, 杨新金, 张克春, 叶新, 谢润生, 彭志强. 广东省 2006-2015 年恙虫病时空聚集性分析[J]. 华南预防医学, 2017, 43(5): 401-405.
- [8] 方芳芳. 海宁市 2010-2014 年手足口病时空分析[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2018.
- [9] 李鹏宾, 黄嘉殷, 罗国涵, 邱宗耀. 2010-2017 年佛山市南海区手足口病流行特征及时空聚集性分析[J]. 现代预防医学, 2018, 45(24): 4491-4495.
- [10] Yeboah-Manu, D., Asare, P., Asante-Poku, A., et al. (2016) Spatio-Temporal Distribution of *Mycobacterium tuberculosis* Complex Strains in Ghana. *PLOS ONE*, **11**, e0161892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161892>
- [11] Zhang, X., Tang, W. and Li, Y. (2017) The HIV/AIDS Epidemic among Young People in China between 2005 and 2012: Results of a Spatial Temporal Analysis. *HIV Medicine*, **18**, 141-150. <https://doi.org/10.1111/hiv.12408>
- [12] Agost, L. (2016) Analysis of Spatial-Temporal Clusters of Childhood Cancer Incidence in the Province of Cordoba, Argentina (2004-2013). *Archivos Argentinos de Pediatría*, **114**, 534-543. <https://doi.org/10.5546/aap.2016.eng.534>
- [13] Goungounga, J.A., Gaudart, J., Colonna, M. and Giorgi, R. (2016) Impact of Socioeconomic Inequalities on Geographic Disparities in Cancer Incidence: Comparison of Methods for Spatial Disease Mapping. *BMC Medical Research Methodology*, **16**, Article No. 136. <https://doi.org/10.1186/s12874-016-0228-x>
- [14] Rodrigues, P.C.O., Santos, E.S., et al. (2015) Space-Time Analysis to Identify Areas at Risk of Mortality from Cardiovascular Disease. *BioMed Research International*, **2015**, Article ID: 841645. <https://doi.org/10.1155/2015/841645>
- [15] 杨天宇. 心血管疾病时空分布与环境健康因子响应遥感诊断[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [16] Liu, L., Wang, L., Qi, C., et al. (2021) Epidemiological Characteristics and Spatiotemporal Analysis of Hand-Foot-Mouth Diseases from 2010 to 2019 in Zibo City, Shandong, China. *BMC Public Health*, **21**, Article No. 1640. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11665-0>
- [17] Xie, L., Huang, R., Wang, H., Liu, S., et al. (2021) Spatial-Temporal Heterogeneity and Meteorological Factors of Hand-Foot-and-Mouth Disease in Xinjiang, China from 2008 to 2016. *PLOS ONE*, **16**, e0255222. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255222>
- [18] Alene, K.A., Xu, Z., Bai, L., et al. (2021) Spatiotemporal Patterns of Tuberculosis in Hunan Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18**, Article No. 6778. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136778>
- [19] 尹金凤, 黄若雯, 姜慧, 高志东, 许王莉, 贺晓新, 李卫民. 北京市 2008-2018 年肺结核时空分布及影响因素分析[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(7): 1240-1245.
- [20] Li, M., Liu, Y., Yan, T., et al. (2022) Epidemiological Characteristics of Mumps from 2004 to 2020 in Jiangsu, China: A Flexible Spatial and Spatiotemporal Analysis. *Epidemiology & Infection*, **150**, 1-26. <https://doi.org/10.1017/S095026882200067X>
- [21] Li, X., Chen, D., Zhang, Y., et al. (2021) Analysis of Spatial-Temporal Distribution of Notifiable Respiratory Infectious Diseases in Shandong Province, China during 2005-2014. *BMC Public Health*, **21**, Article No. 1597. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11627-6>
- [22] 刘欢. 我国流感疫苗接种率仅 2% 至 3% [N]. 北京日报, 2019-11-02(004).
- [23] 郑霄雁, 王瀚炜, 周权. 2015-2019 年福州市流行性感冒流行特征分析[J]. 热带医学杂志, 2021, 21(1): 113-115+123.
- [24] 卫沛楠, 李平, 王海亮, 陈银苗, 陈珊珊. 2015-2019 年天津市武清区流行性感冒病例特征分析[J]. 社区医学杂志, 2020(15): 1047-1050.
- [25] 曹海霞, 张玲, 王玲, 杨淑霞. 2013-2016 年淄博市流感监测分析[J]. 现代预防医学, 2017, 44(7): 1308-1311.

-
- [26] 高燕, 方立群, 张勇, 钱全, 李亚品, 徐翠玲, 张焯, 闫磊, 杨华, 柏延臣, 杨红, 曹务春, 舒跃龙. 中国大陆季节性流感活动的时空分布特征[J]. 中华流行病学杂志, 2009(11): 1097-1101.
- [27] 王怡珺, 沈福杰, 舒敏, 毛宇明, 韩颖俊, 杨怀霞, 赵根明. 上海市黄浦区流感发病的人群及时空分布特征[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(4): 408-413.
- [28] 刘牧文, 杨旭辉, 王婧, 宋姝娟, 孙昼, 考庆君. 2019-2020 年浙江省杭州市流感病例时空聚集性分析[J/OL]. 疾病监测, 1-8. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2928.R.20210305.1142.002.html>, 2021-07-29.
- [29] 李岩, 韩光跃, 姜彩肖, 刘艳芳, 刘兰芬, 齐顺祥. 2016-2017 年河北省流行性感冒病例时空分布特征分析[J]. 中国病毒病杂志, 2019(3): 173-177.
- [30] Lei, H., Xu, M., Wang, X., *et al.* (2020) Nonpharmaceutical Interventions Used to Control COVID-19 Reduced Seasonal Influenza Transmission in China. *The Journal of Infectious Diseases*, **222**, 1780-1783. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa570>
- [31] 宿昆. 重庆市流行性感冒流行特征及预测研究[D]: [博士学位论文]. 重庆: 中国人民解放军陆军军医大学, 2020.
- [32] 陈涛, 杨静, 汪立杰, 等. 2015 年中国大陆流行性感冒流行特征分析[J]. 热带病与寄生虫学, 2016, 14(1): 3-5.