

基于 Joinpoint 模型的我国和境外输入 新型冠状病毒感染趋势对比

王朝阳,刘泉泉,田正福,马佳琪,张利萍

(新疆医科大学医学工程技术学院,新疆 乌鲁木齐 830017)

摘要:目的 通过分析我国新型冠状病毒日新增感染人数及境外输入新型冠状病毒感染人数的变化趋势,为我国新型冠状病毒感染防控提供理论参考。**方法** 基于国家卫健委和各地政府 2021 年 5 月 1 日-8 月 31 日发布的各个地区和境外输入的新型冠状病毒感染数据,运用 Joinpoint 回归模型拟合 2021 年 5 月-8 月新型冠状病毒日新增感染人数和境外输入日感染人数的时间趋势,分析防控措施实施的时间与 Joinpoint 模型转折点之间关系。**结果** 模型拟合结果显示,境外输入新型冠状病毒感染人数的时间趋势出现 2 个转折点,分别在 2021 年 7 月 11 日和 7 月 19 日;5 月 1 日至 7 月 11 日为缓慢上升期;7 月 11 日至 7 月 19 日快速上升期;7 月 19 日至 8 月 31 日为缓慢下降期。境内每日新增新型冠状病毒感染人数时间趋势出现 2 个转折点,分别在 2021 年 7 月 12 日和 8 月 8 日,其中 5 月 1 日至 7 月 12 日为上升期;7 月 13 日至 8 月 8 日为快速上升期;8 月 9 日至 31 日为快速下降期。在此期间我国累计新型冠状病毒感染人数的时间趋势存在 2 个较为明显的转折点,将时间序列划分为 3 个阶段,其中 5 月 1 日-7 月 22 日为平缓增加期,7 月 23 日-8 月 13 日为快速增加期,8 月 14 日-8 月 31 日为平缓增加期。**结论** Joinpoint 模型能较好地捕捉疫情变化阶段特征,进一步反馈防控措施的有效性。

关键词:新型冠状病毒;Joinpoint 模型;感染趋势

中图分类号:R259

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2023.02.008

文章编号:1006-1959(2023)02-0039-05

Comparison of the Epidemic Trend of Nover Coronavirus Infection Between China and Overseas Based on Jionpoint Model

WANG Zhao-yang,LIU Quan-quan,TIAN Zheng-fu,MA Jia-qi,ZHANG Li-ping

(College of Medical Engineering and Technology,Xinjiang Medical University,Urumqi 830017,Xinjiang,China)

Abstract: Objective To provide a theoretical reference for the prevention and control of nover coronavirus infection in China by analyzing the trend of the number of new infections per day in China and the number of imported new coronavirus infections per day in overseas.**Methods** Based on the epidemic data of nover coronavirus infection imported from various regions and overseas during the period from May 1, 2021 to August 31, 2021 issued by the National Health Commission and local governments, the time trend of the number of new infections and the number of infections imported from overseas from May 1, 2021 to August 19, 2021 was fitted by using the Joinpoint regression model, and the relationship between the implementation time of prevention and control measures and the turning point of the Joinpoint model was analyzed.**Results** The model fitting results showed that there were two turning points in the time trend of the number of people infected with nover coronavirus imported from overseas every day, namely, July 11, 2021 and July 19, 2021, while the slow rise period was from May 1 to July 11; the rapid rise period was from July 11 to July 19; the slow decline period was from July 19 to August 31. There were two turning points in the time trend of the daily number of new nover coronavirus infections in China, namely July 12, 2021 and August 8, 2021, while the the rising period was from May 1 to July 12; the rapid rise period was from July 13 to August 8; the rapid decline period was from August 9 to 31. During this period, there were two obvious turning points in the time trend of the cumulative number of nover coronavirus infections in China. The time series was divided into three stages, of which the period from May 1 to July 22 was a gentle increase period, July 23 to August 13 was a rapid increase period, and August 14 to August 31 was a gentle increase period.**Conclusion** Joinpoint model can better capture the characteristics of epidemic change stage and further feedback the effectiveness of prevention and control measures.

Key words: Novel coronavirus infection;Joinpoint model;Infection trend

自 2019 年年底至今,在全球 200 多个国家和地区已发现新型冠状病毒感染,且其感染病例的数量

还在逐步上升^[1]。我国新型冠状病毒感染情况已得到基本控制,仅有少数境外新型冠状病毒感染输入病例。针对新型冠状病毒感染的大流行,很多学者从各个方面如病毒学^[2]、流行病学^[3]等进行了研究和报道。该病毒传染性强,并且在世界范围内迅速传播。截至 2021 年 8 月 31 日,全球累积超过 2 亿新型冠状病毒感染者,我国累积报告确诊新型冠状病毒感染 94 879 例,累计境外输入型冠状病毒感染者 8321 例。Joinpoint 模型是由美国国立癌症研究所开发的

基金项目:新疆医科大学大学生创新性实验计划项目(编号: CX2020065)

作者简介:王朝阳(2000.3-),男,河南驻马店人,本科,主要从事生物医学工程研究

通讯作者:张利萍(1980.12-),女,四川内江人,博士,教授,主要从事公共卫生与预防医学研究

用于肿瘤时间趋势分析的统计方法。分析始于存在最小的“转折点”数量,检验是否有 1 个或更多的“转折点”,将年份发病率曲线分为若干有统计学意义的区段^[4]。目前,我国未再出现全国范围的新型冠状病毒感染,但是国外疫情的防控形势依然不容乐观,每日新增的感染人数仍然维持在较高的水平^[5],我国“外防输入”压力依然较大。相关研究或报道均表明新型冠状病毒感染防控工作常态化后我国几起规模较大的本土疫情与境外输入人或物有密切联系^[6]。本研究根据我国每日新增新型冠状病毒病感染人数和境外日输入新型冠状病毒感染人数的时间趋势分别拟合对数线性 Joinpoint 模型,得到重要节点,再依据我国采取的政策分析节点前后感染情况的波动原因。

1 资料与方法

1.1 资料来源 收集 2021 年 5 月 1 日-8 月 31 日我国新型冠状病毒感染日新增感染的病例数及境外日输入新型冠状病毒感染的病例数,数据均来自中华人民共和国国家卫生健康委员会官网。

1.2 方法

1.2.1 Joinpoint 回归模型及计算原理 Joinpoint 回归模型(JPR 模型)主要用于分析时间序列或其他有序数据的趋势变化。Joinpoint 回归模型又称片段回归,线段回归或多阶段回归,是将一个长期趋势线分成若干段,每段用连续性的线性进行描述的方法^[7]。JPR 模型将输入的数据拟合成一个长期趋势线,其中会包含若干个转折点和连续的线段,并对这些点和线段进行分析。通过日平均变化百分比(AAPC)反映平均变化速度和日变化百分比(APC)反映阶段性

变化速度来表示,从而揭示每日境外输入和我国每日新增新冠感染例数趋势变化的特征。

1.2.2 转折点及分析方法 JPR 模型通过 GSM 法(GSM:网络搜索法是 Joinpoint 默认的建模方法)建立所有可能存在的区间分段函数连接点,其中 GSM 将参数所处的空间划分成网格,计算各种情况下的误差平方和(SSE)和均方差(MSE),选择 MSE 最小的网格位点为最优转折点^[8]。根据我国在此次疫情中采取的措施结合拐点分析 APC 值下降或上升来分析每日境外输入对我国日新增新冠感染例数的影响。将中国新型冠状病毒感染日新增感染的病例数及境外日输入新型冠状病毒感染的病例数建立 Excel 数据表,并转为 CSV 数据文件,将日期 2021 年 5 月 1 日至 8 月 31 日编码为 1-123 替代。采用 JPR 软件中泊松分布模型对我国每日新型冠状病毒感染新增确诊病例和境外输入病例时间趋势分析,最大转折点设置为 2。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 20.0 软件进行描述性统计分析和正态分布检验;采用 Joinpoint Regression Program 4.6.0.0 分析疫情阶段趋势特征;JPR 软件在癌症研究中常以年度为观察单位,本研究资料以日为观察单位。

2 结果

2.1 描述性分析结果

2.1.1 基本情况 2021 年 5 月-8 月,我国共有 24 个省(自治区、直辖市)报告境外输入新型冠状病毒感染病例 2623 例,云南省境外输入感染人数高达 607 例,见表 1。

表 1 我国 2021 年 5 月-8 月各省境外输入新型冠状病毒感染病例数和本土病例数(n)

地区	境外输入病例	本土病例	地区	境外输入病例	本土病例
云南	607	123	山东	37	12
广东	546	171	湖南	32	103
上海	486	12	内蒙古	29	2
四川	198	18	广西	19	0
福建	183	2	辽宁	18	18
浙江	90	5	重庆	9	0
天津	81	0	山西	6	2
陕西	74	0	甘肃	6	0
河南	53	159	黑龙江	5	0
江苏	49	821	安徽	4	10
北京	47	7	吉林	1	0
湖北	42	89	宁夏	1	1

2.1.2 时间分布 2021 年 7 月-8 月,境外输入新型冠状病毒感染人数较多,2021 年 7 月 20 日-8 月 20 日,国内每日新增病例速度较快,最高值的到达时间分别为 7 月 19 日和 8 月 9 日,最高值分别为 42 例和 143 例,其余时间总体呈现平稳波动变化,见图 1。

2.2 Joinpoint 回归模型分析 对 2021 年 5 月 1 日-2021 年 8 月 31 日我国新型冠状病毒日新增感染人数及境外日输入新型冠状病毒感染人数的时间趋势分别拟合对数线性 JPR 模型,两者的 MSE 分别为 2.95 和 2.08,两者的回归方程不平行,表明该模型的拟合效果较好,两组数据拟合的回归方程及其趋势变化特征指标均存在差异。其中,境外日输入新型冠状病毒感染人数的时间趋势出现 2 个转折点,

分别在 2021 年 7 月 11 日和 7 月 19 日,5 月 1 日至 7 月 11 日为缓慢上升期 ($APC=0.894\%$, $t=4.219$, $P<0.05$); 7 月 11 日-7 月 19 日为快速上升期 ($APC=5.995\%$, $t=1.129$, $P>0.05$); 7 月 19 日-8 月 31 日为缓慢下降期 ($APC=-0.656\%$, $t=-2.023$, $P<0.05$)。国内每日新增新型冠状病毒感染时间趋势共出现 2 个转折点,分别在 2021 年 7 月 12 日和 8 月 8 日,其中 5 月 1 日-7 月 12 日为上升期 ($APC=0.970\%$, $t=4.083$, $P<0.05$); 7 月 13 日-8 月 8 日为快速上升期 ($APC=5.408\%$, $t=8.585$, $P<0.05$); 8 月 9 日-31 日为快速下降期 ($APC=-8.249\%$, $t=-10.976$, $P<0.05$),见图 2。

2021 年 5 月 1 日-7 月 22 日,境内新型冠状病毒

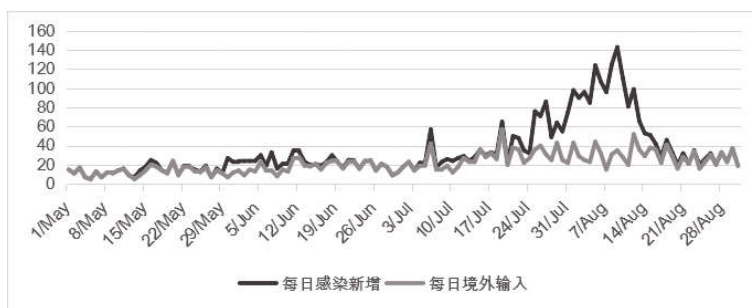


图 1 我国每日新型冠状病毒感染确诊病例和境外输入病例报告日期分布

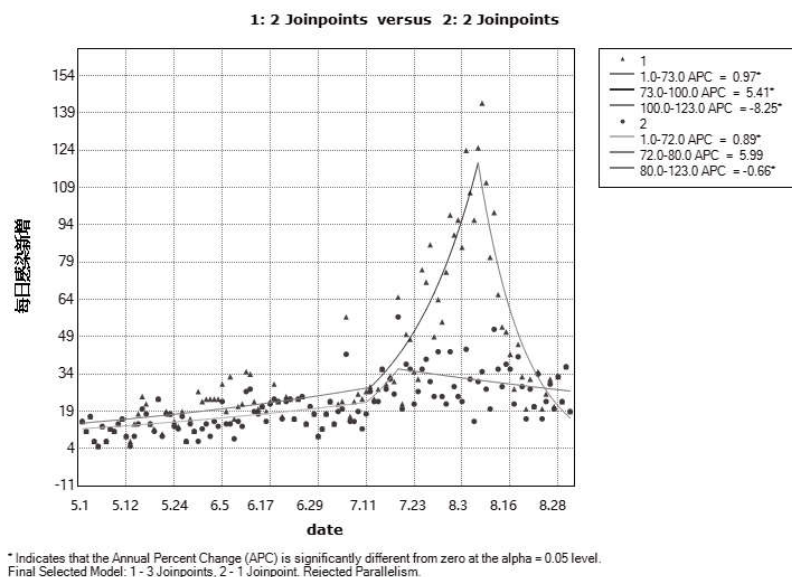


图 2 我国 2021 年 5 月-8 月每日新增新型冠状病毒确诊病例和境外输入病例阶段趋势

毒感染病例累计量以较慢的速度增加 ($APC=0.436\%$, $t=137.080$, $P<0.05$)。7 月 22 日-8 月 14 日,新型冠状病毒感染累计病例开始以超过前一时间段的速度增加 ($APC=1.336\%$, $t=68.655$, $P<0.05$),最后从 8 月 14 日-31 日增加的速度急剧放缓 ($APC=$

0.360% , $t=13.081$, $P<0.05$), 7 月 22 日-8 月 14 日从 5800 例增加到 7820 例,在这种严峻的形势中,8 月 8 日,新型冠状病毒感染新增患者为 119 例,达到日确诊人数的最高峰。8 月 14 日-8 月 31 日增长速度下降 ($APC=0.36\%$, $t=13.081$, $P<0.05$)。2021 年 5 月

1 日-8 月 31 日, 每日新增新型冠状病毒感染病例数一共出现 2 个转折点, 为 2021 年 7 月 12 日和 8 月 8 日。伴随着境外输入新型冠状病毒感染人数不断增加, 7 月 20 日南京禄口机场首次检测出 9 例阳性病例后, 疫情蔓延多省多市, 这与 7 月 12 日转折点的出现相符。7 月 27 号南京市新型冠状病毒

疫情防控工作指挥部发布“关于进一步严格疫情防控工作的通告(第 6 号)”。通过进一步落实疫情防控措施, 快速有效阻断疫情扩散蔓延, 严格执行疫情防控工作通告的十项要求, 所以出现了 8 月 2 日的转折点。

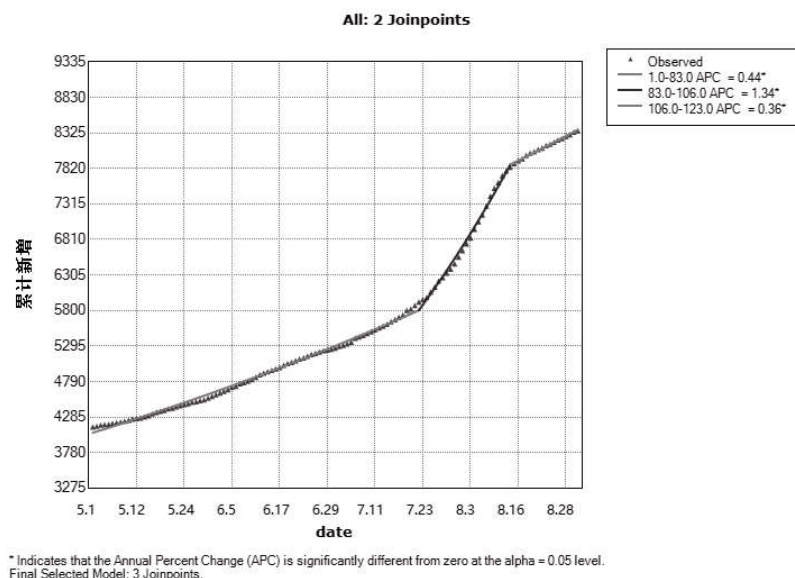


图 3 我国 2021 年 5 月-8 月新型冠状病毒感染累计病例时间趋势图

3 讨论

2021 年 5 月 1 日-8 月 31 日, 新型冠状病毒借助全球化的人口流动大潮, 跨国界肆虐全球, 我国的疫情防控进入了防境外输入的新阶段^[5]。已有研究报道^[9,10], 无症状的新型冠状病毒感染者在潜伏期亦可有效传播病毒, 无症状感染者已成为疫情传播的主要风险之一。从 5 月 1 日到 8 月 31 日, 境外输入病例主要集中于云南、广东、上海、四川、福建 5 个省市。云南输入境外新型冠状病毒感染人数最多, 主要原因是瑞丽市旅游业所带来的国外游客和回国的游客, 导致云南省境外输入人数居高不下, 3 月 17 日云南省采取紧急措施控制境外输入疫情的输入和扩散^[11]。江苏省在这期间本土感染病例最高共 821 例, 感染源是国外疫情的输入, 导致江苏省感染防控失控的原因主要分为 4 点: 病毒毒株变异、传染速度极快、感染的场所比较密集、新冠防控意识降低。国内多起本土暴发疫情确诊病例占比较境外输入疫情高^[12]。

2021 年 7 月 11 日-19 日境外日输入新型冠状病毒感染人数快速上升, 这进一步导致我国 2021 年 7 月 13 日-8 月 8 日新型冠状病毒感染人数快速上

升^[13-15]。局部地区的疫情爆发和失控, 一定程度上是由境外新型冠状病毒感染患者的输入和该地区存在防疫松懈导致疫情二次暴发, 最终导致本土疫情的增长^[16]。本次研究从全国每日新增新型冠状病毒感染人数的下降时间段得出, 通过积极隔离、集中观察和检查密切接触者、限制人员流动、防护措施宣传教育及社区网格化管理、加强境外输入的管控等措施, 可有效遏制新型冠状病毒感染的蔓延^[17]。

当前, 随着新型冠状病毒变异、疫情变化、疫苗接种普及和防控经验增加, 我国新型冠状病毒感染防控面临着新形势, 防控工作进入新的阶段。为更好地防控新型冠状病毒感染, 应进一步提高老年人新型冠状病毒疫苗接种率, 加快提高疫苗加强免疫接种覆盖率; 强化对新型冠状病毒感染的监测与应对, 及时跟踪研判并采取针对性措施; 广泛宣传倡导“每个人都是自己健康第一责任人”的理念, 倡导坚持个人防护措施。

参考文献:

[1] 廖影, 张学良, 焦海燕, 等. 乌鲁木齐市 COVID-19 传播的动力学模型研究[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(8): 905-911, 922.

(下转第 48 页)

(上接第 42 页)

- [2] 俞骅,王旭初,李钧,等.杭州市首例新型冠状病毒肺炎病例病毒全基因组序列测定及分析[J].中华预防医学杂志,2020,54(5):486-490.
- [3] 朱正保,仲崇科,张凯欣,等.中国内地新型冠状病毒肺炎流行趋势分析[J].中华预防医学杂志,2020,54(6):620-624.
- [4] 蔡于茂,宋亚娟,洪福昌.深圳市 MSM 梅毒/HIV 感染变化趋势的 Joinpoint 回归分析[J].中国艾滋病性病,2017,23(1):33-35,51.
- [5] Pang XH, Ren LL, Wu SS, et al. Cold-chain food contamination as the possible origin of COVID-19 resurgence in Beijing [J]. National Science Review, 2020, 7(12): 1861-1864.
- [6] World Health Organization. Weekly operational update on COVID-19 - 13 April 2021 [EB/OL]. <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---13-april-2021>, 2020-04-13/2021-04-15.
- [7] 代吉亚,郭汝宁,刘国恒.基于 Joinpoint 回归模型的新型冠状病毒肺炎流行趋势分析 [J]. 热带医学杂志, 2020, 20(10): 1375-1379.
- [8] 曾四清. Joinpoint 回归模型及其在传染病流行趋势分析中的应用 [J]. 中国卫生统计, 2019, 36(5): 787-791.
- [9] Quilty BJ, Clifford S. CMMID nCoV working group 2; Flasche S, Eggo RM. Effectiveness of airport screening at detecting travellers infected with novel coronavirus (2019-nCoV) [J]. Euro Surveill, 2020, 25(5): 2000080.
- [10] 王凌航. 新型冠状病毒感染的特征及应对 [J]. 中华实验和临床感染病杂志: 电子版, 2020, 14(1): 1-5.
- [11] 保跃平. 脆弱、流动与风险: 中缅边境新冠肺炎疫情跨境传播问题研究 [J]. 青海民族大学学报(社会科学版), 2021, 47(4): 66-80.
- [12] 范威, 王莹莹, 任嘉豪, 等. 中国大陆 7110 例境外输入新型冠状病毒感染者流行特征 [J]. 河南预防医学杂志, 2021, 32(12): 893-897.
- [13] 马新雅, 刘伦光, 周久顺, 等. 四川省境外输入新冠肺炎病例的流行特征分析 [J]. 现代预防医学, 2022, 49 (16): 3036-3039, 3050.
- [14] 崔麓麓, 向珍君, 郝喜梅, 等. 北京市境外输入新冠肺炎病例流行病学特征及防控措施探讨 [J]. 中国热带医学, 2022, 22(4): 320-323.
- [15] 陈光敏, 蓝梅芳, 谢剑锋, 等. 福建省境外输入性新型冠状病毒肺炎确诊病例特征分析 [J]. 中国预防医学杂志, 2021, 22(10): 736-740.
- [16] 唐彪, 何莎. 境外输入与无症状感染病例对 COVID-19 疫情二次暴发的影响分析 [J]. 应用数学学报, 2021, 44(4): 492-507.
- [17] 李晓珍, 曹文婷, 刘尚滨, 等. 海南省 168 例新型冠状病毒肺炎患者流行病学特征分析 [J]. 海南医学院学报, 2020, 26(9): 641-645.

收稿日期: 2022-03-16; 修回日期: 2022-04-06

编辑/成森