

· 新型冠状病毒肺炎疫情防控 ·

基于改进的 $SEIR^{+CAQ}$ 传染病动力学模型 进行新型冠状病毒肺炎疫情趋势分析

魏永越¹ 卢珍珍¹ 杜志成² 张志杰³ 赵杨¹ 沈思鹏¹ 王波⁴ 郝元涛² 陈峰¹

¹南京医科大学公共卫生学院生物统计学系 211166; ²中山大学公共卫生学院医学统计学系, 广州 510080; ³复旦大学公共卫生学院流行病学与卫生统计学系, 上海 200032; ⁴美年健康研究院, 北京 100191

魏永越和卢珍珍对本文有同等贡献

通信作者: 陈峰, Email: fengchen@njmu.edu.cn

【摘要】 目的 拟合并预测新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情的发展趋势, 为疫情防控提供科学依据。**方法** 基于SEIR动力学模型, 考虑COVID-19的传播机制、感染谱、隔离措施等, 建立 $SEIR^{+CAQ}$ 传播动力学模型。基于官方公布的每日确诊病例数进行建模, 利用1月20日至2月7日的报告疫情数据进行拟合。采用2月8—12日的评估数据评估预测效果, 并进行疫情预测。**结果** $SEIR^{+CAQ}$ 模型对全国(湖北省除外)和湖北省(武汉市除外)的累计确诊病例数的过去10日拟合偏差 $<5\%$; 未来5日预测偏差 $<10\%$, 略有高估。全国(湖北省除外)和湖北省(武汉市除外)的每日新增确诊病例数已于2月1—2日达峰值; 武汉市亦已于2月9日达到高峰。在当前防控措施不变的情况下, 截至2月29日, 预计全国累计确诊病例将达80 417例。预测结果尚未包含临床诊断病例。**结论** $SEIR^{+CAQ}$ 模型可用于COVID-19肺炎疫情趋势预测, 为疫情防控决策和效果评价提供参考。

【关键词】 新型冠状病毒肺炎; $SEIR^{+CAQ}$ 传染病动力学模型; 疫情预测

基金项目: 国家自然科学基金(81530088, 81973142)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200216-00106

Fitting and forecasting the trend of COVID-19 by $SEIR^{+CAQ}$ dynamic model

Wei Yongyue¹, Lu Zhenzhen¹, Du Zhicheng², Zhang Zhijie³, Zhao Yang¹, Shen Sipeng¹, Wang Bo⁴, Hao Yuntao², Chen Feng¹

¹Department of Biostatistics, School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China; ²Department of Medical Statistics, School of Public Health, Zhongshan University, Guangzhou 510080, China; ³Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China; ⁴Meinian Institute of Health, Beijing 100191, China

Wei Yongyue and Lu Zhenzhen contributed equally to the article

Corresponding author: Chen Feng, Email: fengchen@njmu.edu.cn

【Abstract】 Objectives Fitting and forecasting the trend of COVID-19 epidemics. **Methods** Based on SEIR dynamic model, considering the COVID-19 transmission mechanism, infection spectrum and prevention and control procedures, we developed $SEIR^{+CAQ}$ dynamic model to fit the frequencies of laboratory confirmed cases obtained from the government official websites. The data from January 20, 2020 to February 7, 2020 were used to fit the model, while the left data between February 8—12 were used to evaluate the quality of forecasting. **Results** According to the cumulative number of confirmed cases between January 29 to February 7, the fitting bias of $SEIR^{+CAQ}$ model for overall China (except for cases of Hubei province), Hubei province (except for cases of Wuhan city) and Wuhan city was less than 5%. For the data of subsequent 5 days between February 8 to 12, which were not included in the model fitting, the prediction biases were less than 10%. Regardless of the cases diagnosed by clinical examines, the numbers of daily emerging cases of China (Hubei province not included), Hubei Province (Wuhan city not included) and Wuhan city reached the peak in the early February. Under the current strength of prevention and control, the total number of laboratory-confirmed cases in overall China will reach 80 417 till February 29, 2020, respectively. **Conclusions** The proposed $SEIR^{+CAQ}$ dynamic model fits and forecasts the trend of novel coronavirus pneumonia well

and provides evidence for decision making.

[Key words] Novel coronavirus pneumonia; SEIR^{+CAQ} dynamic model; Epidemic forecasting

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (81530088, 81973142)

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20200216-00106

2019年12月,中国武汉市爆发新型冠状病毒肺炎。2月13日,中华预防医学会新型冠状病毒防控专家组发表新型冠状病毒流行病学特征的最新认识^[1]。该病毒属于冠状病毒家族的Betacoronavirus属Sarbecovirus亚型^[2]。2月11日,国际病毒分类委员会正式命名新型冠状病毒为严重急性呼吸综合征冠状病毒2(SARS-CoV-2),而WHO同日宣布由这一病毒导致的疾病的正式名称为COVID-19。研究表明,穿山甲可能是COVID-19的潜在动物宿主^[1]。COVID-19与SARS具有类似的临床症状,据其严重程度,可分为轻型感染者、普通型感染者、重型和危重型感染者,目前尚无特效治疗药物。对COVID-19的临床病例进行分析发现,轻型感染者预后较好,但患者本身较为隐匿,不易被发现;重型和危重型感染者的预后较差^[3-4]。值得注意的是,COVID-19存在一定比例的无症状感染者(又称为隐性感染者),在潜伏期内可能具有一定的传染性^[5]。疫情发展至今,已经从早期的武汉地区爆发进展为多个地区的爆发,并陆续出现二代传染病例^[6]。1月30日,WHO宣布本次疫情为“国际关注的突发公共卫生事件”(Public Health Emergency of International Concern)。

疫情防控决策依赖于科学研判,需要依靠稳定的模型、合理的参数和精准的预测。已有学者采用了传统的仓室模型(Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered, SEIR)拟合疫情走势^[7-10]。但当前疫情提示,武汉市、湖北省其他城市、全国其他地区疫情明显差异(分层),不同类型感染者所需防控措施有所不同(分级),各地人口流动差异,导致模型拟合和疫情预测效果各异。疫情防控和决策亟需更为完善的动力学模型。为此,本研究在SEIR模型基础上,考虑隔离措施和感染人群类型,提出SEIR^{+CAQ}(SEIR with Infected Components, Asymptomatic infected, and Quarantined),分别对武汉市、湖北省(武汉市除外)、全国(湖北省除外)进行建模和病例数预测。

材料与方法

1. 数据来源:国家卫生健康委员会和各省卫生健康委员会官方网站^[11]。于2020年2月13日18时

获取2020年1月20日至2020年2月12日报告的疫情数据中每日新增的和逐日累计的确诊病例数、重症病例数、死亡病例数。此处的“确诊病例”指采用实验室核酸检测结果阳性作为确诊依据,未纳入“临床诊断”病例。见表1。

表1 新型冠状病毒肺炎官方报告的确诊病例数情况

日期	全国(湖北省除外)		湖北省(武汉市除外)		武汉市	
	每日新增	逐日累计	每日新增	逐日累计	每日新增	逐日累计
01/20	5	21	12	12	60	258
01/21	44	65	0	12	105	363
01/22	62	127	0	12	81	444
01/23	154	281	42	54	70	495
01/24	264	558	103	157	77	572
01/25	365	923	277	434	46	618
01/26	398	1 321	291	725	80	698
01/27	480	1 801	399	1 124	892	1 590
01/28	619	2 420	525	1 649	315	1 905
01/29	705	3 125	676	2 325	356	2 261
01/30	762	3 886	842	3 167	378	2 639
01/31	755	4 656	771	3 920	576	3 215
02/01	669	5 306	1 027	4 965	894	4 109
02/02	726	6 028	1 070	6 035	1 032	5 142
02/03	890 ^a	6 916	1 103	7 138	1 242	6 384
02/04	731	7 646	1 189	8 327	1 967	8 351
02/05	707	8 353	1 221 ^a	9 548	1 766	10 117
02/06	696	9 049	946	10 494	1 501	11 618
02/07	544	9 593	856	11 350	1 985 ^a	13 603
02/08	505	10 098	768	12 118	1 379	14 982
02/09	442	10 540	697	12 729	1 921	16 902
02/10	370	10 910	545	13 274	1 552	18 454
02/11	377	11 287	534	13 808	1 104	19 558
02/12	312	11 598	436	14 244	1 072	20 630

注:^a截至2月12日每日新增确诊病例数的最大值

2. 动力学模型:传统SEIR模型,将人群分为四类:易感染群(S)、潜伏期人群(E)、感染人群(I)和移出人群(R)(图1),考虑了感染者人群具有传染性。亦有学者在SEIR模型中考虑潜伏期人群具有传染性。

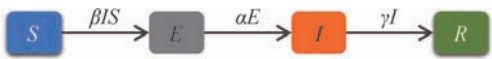


图1 SEIR传染病动力学模型示意图

由于新型冠状病毒的特性,导致本次疫情具有其特殊性:①存在无症状感染者(asymptomatic infected, A)且具有传染性,②潜伏期人群亦具有一

定的传染性。传统的SEIR模型未考虑这些因素。综合考虑当前疫情管控措施(如医学观察隔离、密切接触者隔离、感染者隔离)和感染者分型(轻型、普通型、重型或危重型),本研究在SEIR模型的基础上进一步扩展,增加隔离的易感人群(S_q)、隔离的潜伏期人群(E_q)、隔离的感染人群(I_q),并考虑感染人群类型(infected components, IC)(I_1 轻型, I_2 普通型, I_3 重型和危重型),简称SEIR^{+CAQ}模型(感染人群类型, infected components, C; 无症状感染者, asymptomatic infected, A; 隔离感染者 quarantined, Q), 共计10个仓室(图2)。微分方程组见公式(1)。根据文献研究结果或专家意见^[1], 参数设置见表1。

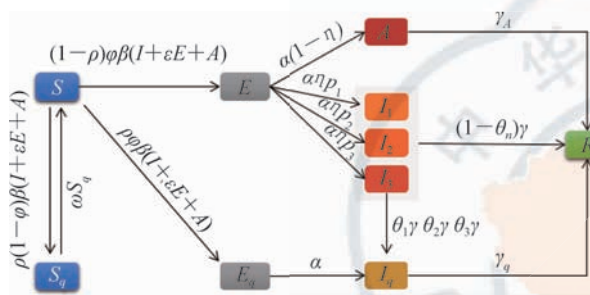


图2 考虑隔离措施和感染人群分型的SEIR^{+CAQ}动力学模型

$$\left\{\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -(1-\rho)\beta\varphi(\varepsilon E+I+A)S - \rho\beta(1-\varphi)(\varepsilon E+I+A)S - \rho\beta\varphi(\varepsilon E+I+A)S + \omega S_q, \\ \frac{dE}{dt} &= (1-\rho)\beta\varphi(\varepsilon E+I+\varepsilon A)S - \alpha E, \\ \frac{dA}{dt} &= \alpha(1-\eta)E - \gamma_A A, \\ \frac{dI_1}{dt} &= \alpha\eta\rho_1 E - \gamma I_1, \\ \frac{dI_2}{dt} &= \alpha\eta\rho_2 E - \gamma I_2, \\ \frac{dI_3}{dt} &= \alpha\eta\rho_3 E - \gamma I_3, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma_A A + (1-\theta_1)\gamma I_1 + (1-\theta_2)\gamma I_2 + (1-\theta_3)\gamma I_3, \\ \frac{dS_q}{dt} &= \rho\beta\varphi(\varepsilon E+I+A)S - \omega S_q, \\ \frac{dE_q}{dt} &= \rho\beta(1-\varphi)(\varepsilon E+I+A)S - \alpha E_q, \\ \frac{dI_q}{dt} &= \alpha E_q + \theta_1\gamma I_1 + \theta_2\gamma I_2 + \theta_3\gamma I_3 - \gamma_q I_q, \\ \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 &= 1, I = I_1 + I_2 + I_3 \end{aligned}\right. \tag{1}$$

3. 参数设置和模型评价:结合文献报道、官方新闻、流行病学调查和专家意见等多方信息,参数设置见表2。模型中的未知参数可根据表1所述的逐日累计确诊病例数,采用马尔科夫链蒙特卡洛

表2 SEIR^{+CAQ}模型及参数设置[以全国(湖北省除外)为例]

参数	含 义	起始数值	搜索范围	设置依据
S	易感人群	1×10^5	$8 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^5$	专家意见
E	潜伏期人群	109	50 ~ 150	$I(0)$ ×潜伏期长度
I_1	未收治轻型肺炎感染者	10	固定	根据 $I_q(0)$, $\rho_1 \sim \rho_3$, $\theta_1 \sim \theta_3$ 推算
I_2	未收治普通型肺炎感染者	2	固定	
I_3	未收治重症肺炎感染者	0	固定	
A	无症状感染者,具有传染性	10	固定	根据 $I_1(0) \sim I_3(0)$ 和 η 推算
R	移出者(痊愈或死亡)	0	固定	官方网站 ^[11]
S_q	被隔离的易感人群,无被传染风险	0	固定	初始状态无易感者被隔离
E_q	被隔离的潜伏期人群,无传染风险	0	固定	初始状态无易感者被隔离
I_q	被隔离的感染者,无传染风险	21	固定	表1
β	易感者与潜伏期人群或感染人群接触速率	9.08×10^{-5}	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	按 R_0 为2.2推算初值
ρ	易感染群被迫追踪到的概率	0.50	0.10 ~ 0.90	专家意见
φ	接触者中被传染的构成比	0.50	0.10 ~ 0.90	专家意见
ε	较之感染者,潜伏期人群的传播力系数,位于0~1之间	0.50	0.10 ~ 0.90	专家意见
α	潜伏期人群进展为感染者的速率,为潜伏期的倒数	1/5.2	固定	参考文献 ^[12]
η	有症状感染者占感染者的构成比	0.70	0.50 ~ 0.95	专家意见
ρ_1	轻型感染者构成比	0.50	固定	参考文献 ^[6]
ρ_2	普通型感染者构成比	0.35	固定	参考文献 ^[6]
ρ_3	重型和危重型感染者构成比	0.15	固定	参考文献 ^[6]
γ_A, γ_q	感染者的移出速率,为相应病程的倒数	0.10	固定	参考文献 ^[6]
θ_1	轻型感染者被确诊隔离的概率	0.50	0.30 ~ 0.80	专家意见
θ_2	普通型感染者被确诊隔离的概率	0.80	0.50 ~ 0.90	专家意见
θ_3	重型和危重型感染者被收治(隔离)的概率	1.00	固定	专家意见

注:专家意见来自中华预防医学会新型冠状病毒肺炎防控专家组^[1]

(MCMC)算法,结合 Gibbs 抽样和无信息先验(non-informative prior)进行估计,进而进行预测。模拟20万次,退火(burn in)10万次。采用累计确诊病例数的模型预测值和实际值的平均偏差(BIAS),评价模型的拟合效果和预测效果:

$$BIAS = \frac{\sum_{t=n-k+1}^n \left(\left| \frac{\hat{C}_t - C_t}{C_t} \right| \right)}{k}$$

其中, C 为 t 日的累计确诊病例数。

4. 统计学处理:采用 Berkeley Madonna Version 9.1.19(Berkeley Madonna Inc.)软件进行初步拟合,以探索合适的参数范围。采用 R Software Version 3.6.3(The R Foundation for Statistical Computing)统计软件,基于 deBInfer 包进行分析和建模。

结 果

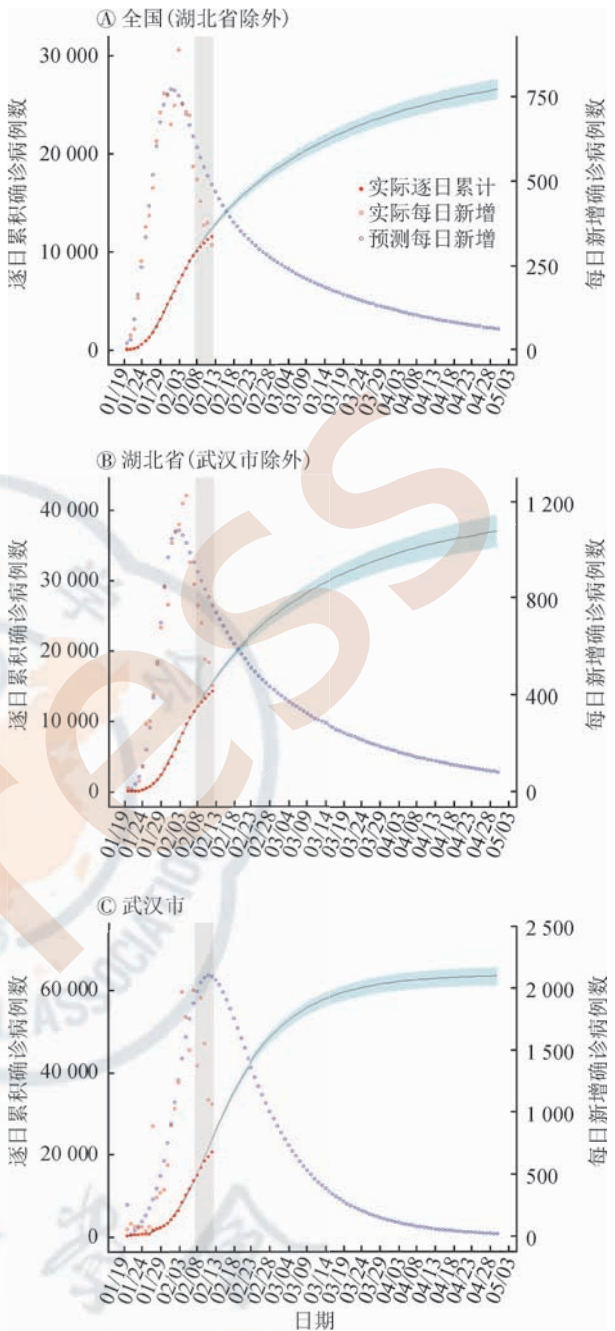
1. 拟合效果:基于截至2020年2月7日的累计确诊病例数,采用 SEIR+CAQ 进行建模。将1月29日至2月7日的实际累计确诊病例数与模型预测值相比,估算平均偏差,以评估模型拟合效果。采用未纳入模型的2月8—12日的实际数值与模型预测值相比,估算平均偏差,以评价模型预测效果。全国(湖北省除外)、湖北省(武汉市除外)和武汉市的3个模型拟合曲线见图3,拟合效果见表3,预测结果见图4。

3个模型对过去10 d累计确诊病例数的估计偏差皆在5%以内(表3)。全国(湖北省除外)未来5 d预测偏差为3.8%±2.1%,最大偏差6.5%。湖北省(武汉市除外)的未来5 d预测偏差为4.6%±3.1%,最大偏差8.6%。武汉市未来5日的预测偏差达7.3%±5.2%,最大偏差14.8%。评价结果见表3。随着预测时点推迟,预测偏差逐渐增大。2月8—12日的预测结果略微高估,反映了综合防控措施的效果(图3)。

采用截至2月12日的数据进行建模,结果提示,全国(湖北省除外)和湖北省(武汉市除外)的每日新增确诊病例数已于2月1—2日左右达峰值。武汉市的每日新增确诊病例数峰时略晚,但亦已于2月9日左右达到峰值(图4)。在当前防控措施不变的前提下,截至2月29日,预计全国累计确诊病例数将达到80 417例(图4)。

讨 论

本次疫情有潜伏期变异较大且有传染性,并存在一定比例的无症状或轻型感染者未被收治隔离的特异性。传统的 SEIR 模型未充分考虑这些因素。



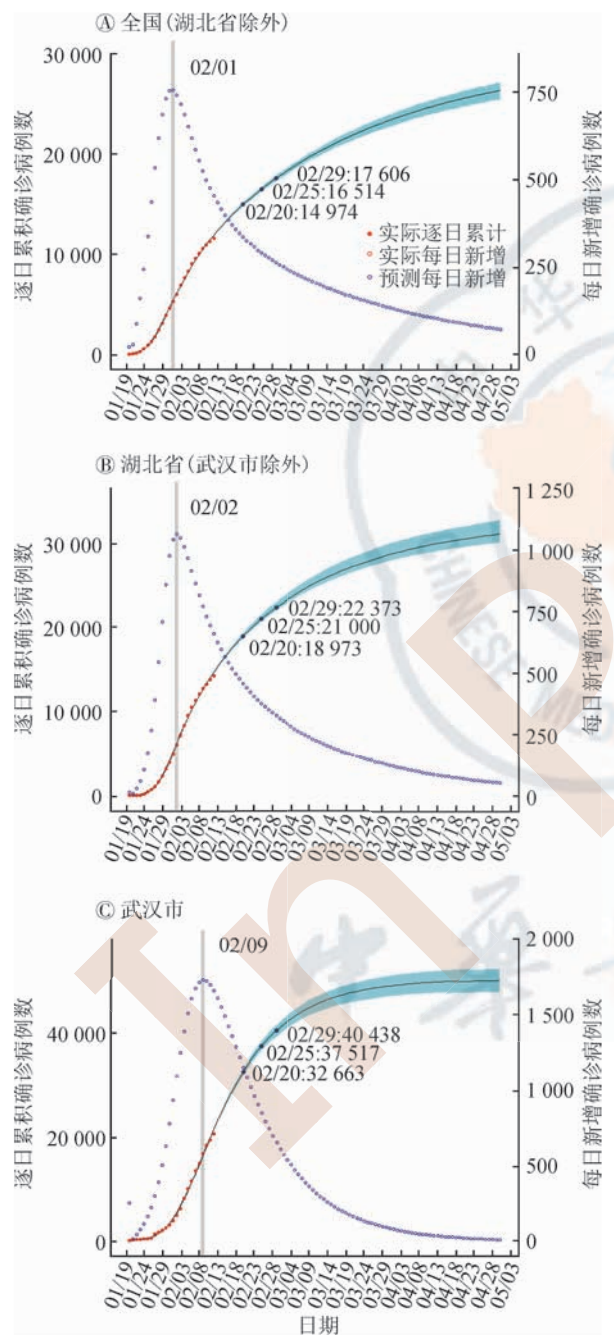
(采用截至2月7日的数据进行拟合,2月8—12日的灰色区域用于评价预测效果)

图3 SEIR+CAQ动力学模型拟合效果

动力学模型的构建,需要结合疾病特征和疫情防控措施。本研究提出改进的 SEIR+CAQ 模型充分考虑了这些因素对疫情的影响。结果显示,拟合效果较好,预测偏差在可接受范围内。2月8—12日的预测结果略微偏高,提示除常规隔离措施(易感人群隔离,潜伏期隔离,感染者隔离)外,其他综合联动防控措施卓有成效,亦提示需根据新的数据对动力学模型进行迭代更新。值得注意的是,根据试行第五版新型冠状病毒肺炎的诊断标准^[12],可通过临床表现和

表3 SEIR^{+CAQ}动力学模型的拟合效果评价

地区	评价指标	$\bar{x} \pm s$	分布范围
全国(湖北省除外)	过去10 d估计偏差(%)	0.8±0.6	0.2~1.9
	未来5 d预测偏差(%)	3.8±2.1	1.3~6.5
湖北省(武汉市除外)	过去10 d估计偏差(%)	2.0±1.2	0.1~4.1
	未来5 d预测偏差(%)	4.6±3.1	0.7~8.6
武汉市	过去10 d估计偏差(%)	4.4±2.5	0.8~8.0
	未来5 d预测偏差(%)	7.3±5.2	2.6~14.8



(采用截至2月12日的数据进行拟合,不包括临床诊断病例)
图4 SEIR^{+CAQ}动力学模型累计确诊病例数预测结果

临床检查进行诊断。武汉市和湖北省(武汉市除外)在短短几天内增加了一万多例的临床诊断病例,对模型建立、评估和预测带来了挑战。本文尚未将临

床诊断病例纳入分析。

SEIR 动力学模型可以为评价干预措施效果提供参照。在基本假设成立时,特别是在没有外界干预的情况下,根据疫情早期数据建立动力学模型,或依据先验参数进行模型预测,可以预测无干预措施情况下的疫情发展态势。然而,当疫情发生后,一般都会采取相应的防控措施,如果措施得当,疫情就会得到控制。此时动力学模型结果可作为参照,来评价防控措施的效果。

模型须兼顾疫情演进和防控措施调整而动态调整。本次疫情来势凶猛,恰逢春节,疫情防控难上加难。各地通过延迟开工、延迟开学、交通管制等各种措施限制内部人员流动性。但人员流动迫在眉睫。未来的复工、复学等人员流动性增加势必会增加疫情控制难度,模型中亦应当考虑人口流入和流出情况,以及隔离情况。

本模型具有局限性。首先,大多数参数(如追踪率、收治率、隔离率等干预措施相关参数)在疫情演进过程中将发生动态变化,当前模型尚未考虑这一特征,随机参数动力学模型值得进一步研究。其次,SEIR^{+CAQ}模型考虑的参数过多,在数据点较少的情况下,模型可能过拟合(overfitting),进而影响预测效果,误导疫情研判。需根据文献结果,综合专家意见,固定部分参数,以减少模型的不确定性。再次,官方公布的每日累计确诊病例数根据新冠肺炎确诊日期统计所得,事实上,每日发病人数更能体现疫情流行规律。最后,随着复工和复学,城市内部流动性和城际流动性增加不可避免,在后期的预测中需要考虑这些因素。

从分析结果来看,疫情的拐点已过,但疫情的缓解乃至结束需要较长时间。不能放松警惕,应当继续加强防控措施,避免出现再次疫情。本文提出的SEIR^{+CAQ}模型可以用于存在防控措施情况下的疫情预测,并评价防控措施的效果,亦可在该模型基础上进一步扩展,用于评价未来人口流动性对疫情的影响。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。
志谢 感谢中华预防医学新型冠状病毒肺炎防控专家组对模型修改和参数设置的指导建议。向战斗在新型冠状病毒肺炎疫情防控一线的工作人员致敬!

参 考 文 献

[1] 中华预防医学会新型冠状病毒肺炎防控专家组. 新型冠状病毒肺炎流行病学特征的最新认识[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41 (2) : 139-144. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.002.

- Special Expert Group for Control of the Epidemic of Novel Coronavirus Pneumonia of the Chinese Preventive Medicine Association. An update on the epidemiological characteristics of novel coronavirus pneumonia (COVID-19) [J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41 (2): 139-144. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.002.
- [2] Benvenuto D, Giovanetti M, Ciccozzi A, et al. The 2019-new coronavirus epidemic: Evidence for virus evolution [J]. J Med Virol, 2020, 92(4): 455-459. DOI: 10.1002/jmv.25688.
- [3] Wang DW, Hu B, Hu C, et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China [J]. JAMA, 2020. DOI: 10.1001/jama.2020.1585.
- [4] Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, et al. Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China [J]. medRxiv, 2020. DOI: 10.1101/2020.02.06.20020974.
- [5] Rothe C, Schunk M, Sothmann P, et al. Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany [J]. N Engl J Med, 2020. DOI: 10.1056/NEJMc2001468.
- [6] Wu JT, Leung K, Leung GM. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study [J]. Lancet, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30260-9.
- [7] Li Q, Guan XH, Wu P, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia [J]. N Engl J Med, 2020. DOI: 10.1056/NEJMoa2001316.
- [8] Tang B, Wang X, Li Q, et al. Estimation of the Transmission Risk of the 2019-nCoV and Its Implication for Public Health Interventions [J]. J Clin Med, 2020, 9 (2): 462. DOI: 10.3390/jcm9020462.
- [9] Zhao S, Lin QY, Ran JJ, et al. Preliminary estimation of the basic reproduction number of novel coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak [J]. Int J Infect Dis, 2020, 92: 214-217. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.01.050.
- [10] 周涛, 刘权辉, 杨紫陌, 等. 武汉新型冠状病毒感染肺炎基本再生数的初步预测 [J]. 中国循证医学杂志, 2020, 20 (3): 1-6. DOI: 10.7507/1672-2531.202001118.
- Zhou T, Liu QH, Yang ZM, et al. Preliminary prediction of basic regeneration number of infected pneumonia in novel coronavirus, Wuhan [J]. Chin J Eviden-Based Med, 2020, 20 (3): 1-6. DOI: 10.7507/1672-2531.0240817.
- [11] 国家卫生健康委员会. 疫情防控最新动态 [EB/OL]. (2020-02-13) [2020-02-15]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqfkdt/202002/167a0e01b2d24274b03b2ca961107929.shtml>. National Health Commission. Latest developments in epidemic prevention and control [EB/OL]. (2020-02-13) [2020-02-15]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqfkdt/202002/167a0e01b2d24274b03b2ca961107929.shtml>.
- [12] 国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版) [EB/OL]. (2020-02-05) [2020-02-15]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7652m/202002/e84bd30142ab4d8982326326e4db22ea.shtml>. National Health Commission. Diagnosis and Treatment Plan for Pneumonia Infected in novel coronavirus (Trial Version 5) [EB/OL]. (2020-02-05). [2020-02-15]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7652m/202002/e84bd30142ab4d8982326326e4db22ea.shtml>.

(收稿日期:2020-02-16)

(本文编辑:李银鸽)