第 11 卷 第 2 期
2022 年 3 月
集 成 技 术
JOURNAL OF INTEGRATION TECHNOLOGY
Vol. 11 No. 2
Mar. 2022

引文格式：
黄碧研, 罗清松, 周翊民. 应用易感者-暴露者-感染者-康复者模型对 COVID-19 的传播及防御措施分析 [J]. 集成技术, 2022, 11(2): 12-27.
Huang BY, Luo QS, Zhou YM. Analysis of COVID-19 transmission and preventative measures with susceptible, exposed, infectious, and recovered model [J]. Journal of Integration Technology, 2022, 11(2): 12-27.

应用易感者 - 暴露者 - 感染者 - 康复者模型对 COVID-19 的传播及防御措施分析

黄碧研[1,2] 罗清松[3] 周翊民[3*]

[1](广州中医药大学 广州 510006)
[2](南山区医疗集团总部福光社区健康服务中心 深圳 518000)
[3](中国科学院深圳先进技术研究院 深圳 518055)

摘 要 该文通过易感者-暴露者-感染者-康复者模型分析新型冠状病毒肺炎(COVID-19)在人群中传播的过程，及不同防御措施对疫情曲线的影响，针对结果为疫情的防控提出建议。根据人群接触网络模式对易感者-暴露者-感染者-康复者模型进行改进，加入隔离、中医药干预等模型元素，构建符合新冠肺炎传播特点的数学模型。将影响新型冠状病毒肺炎疫情发展趋势的关键因素作为模型变量，通过实际疫情发展情况对模型进行调节，分析不同因素对病毒扩散的影响。结果显示，隔离和中医药干预措施在防御新型冠状病毒肺炎疫情中，预测结果与实际情况基本相符，说明通过隔离及中医药干预措施可以对控制疫情起到积极作用。

关键词 新冠肺炎；易感者-暴露者-感染者-康复者模型；元胞自动机；隔离措施；中医药干预
中图分类号 R 184.6 **文献标志码** A doi: 10.12146/j.issn.2095-3135.20210421001

Analysis of COVID-19 Transmission and Preventative Measures with Susceptible, Exposed, Infectious, and Recovered Model

HUANG Biyan[1,2] LUO Qingsong[3] ZHOU Yimin[3*]

[1](*Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine*, *Guangzhou* 510006, *China*)
[2](*Nanshan Medical Group Headquarters Fuguang Community Health Center*, *Shenzhen* 518000, *China*)
[3](*Shenzhen Institute of Advanced Technology*, *Chinese Academy of Sciences*, *Shenzhen* 518055, *China*)
[*]*Corresponding Author*: *ym.zhou@siat.ac.cn*

Abstract In this paper, an improved susceptible, exposed, infectious, and recovered model has been

收稿日期：2021-04-21 **修回日期**：2021-07-29
基金项目：国家自然科学基金资助项目(61973296, U1913201)；深圳市科创委项目(JCYJ20170818153635759)
作者简介：黄碧研，硕士研究生，中级职称，研究方向为中医内科学；罗清松，硕士研究生，研究方向为电子信息工程；周翊民(通讯作者)，研究员，研究方向为人工智能、数据处理、最优控制和模式识别，E-mail：ym.zhou@siat.ac.cn。

designed to simulate the complex transmission of Novel Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). With the aid of computer simulation, the influence of different preventative measures on epidemic control was analyzed. Comments are put forward based on the analysis for the prevention and control of the epidemic control in the future. The SEIR model is a classical model of virus transmission which has been improved in the paper by adding more parameters such as quarantine and Traditional Chinese Medicine (TCM) intervention measures. With the characteristics of simulating self-replication of living systems, the developed model is applied to simulate the development trend of COVID-19. Furthermore, the key factors affecting the development trend of the disease were considered to discuss the effect on the virus transmission. A simulation model which reflects the transmission, quarantine, and Traditional Chinese Medicine (TCM) intervention measures of COVID-19 has been designed accordingly. The model prediction results have demonstrated that the estimation of quarantine measures and Chinese medicine interventions are basically consistent with the actual situation in the prevention of COVID-19, indicating that quarantine and intervention of Chinese medicine can play a positive role in controlling the epidemic situation.

Keywords　COVID-19; susceptible, exposed, infectious, and recovered model; cellular automata; prevention and isolation control; Traditional Chinese Medicine intervention measures

Funding　This work is supported by National Natural Science Foundation of China (61973296, U1913201), and Shenzhen Science and Technology Innovation Commission Project (JCYJ20170818153635759)

Ethical Statement　The study was approved by the Institutional Review Board of Nanshan Medical Group Headquarters (2021001), and the informed consent of this study was abandoned because there were no subjects, so it was not feasible to obtain informed consent

1　引　言

2019 年 12 月，中国爆发了新型冠状病毒肺炎（Novel Coronavirus Disease 2019，COVID-19）。截至 2021 年 4 月 22 日，全国 31 省累计确诊病例约九万例[1]，超过 200 个国家和地区爆发了新型冠状病毒肺炎[2]，全球累计确诊 144 099 374 例，死亡 3 061 912 例。从疫情范围方面分析，COVID-19 已在全球多地爆发，严重威胁人类的生命健康，造成严重的经济损失。

中国是人口大国，是早期发现 COVID-19 疫情的国家之一，在政府坚决的态度下，制定强硬有效的防疫措施，各部门机构执行到位，人民群众响应号召配合管理。自 2019 年 12 月到 2020 年 3 月，国内疫情的严重程度得到迅速缓解，疫情得到良好控制。虽然中国人口基数大、人群密集，但抗疫取得了巨大成效，抗疫经验有很高的分析价值。

易感者-暴露者-感染者-康复者（Susceptible, Exposed, Infectious, Recovered，SEIR）模型以易感染者、暴露者、感染者、康复者为研究对象，通过研究传染病的传播速度、空间范围、传播途径等问题来指导防控传染病，该模型是流行病学领域常用的经典传播模型[3]。目前，国内外研究者利用 SEIR 模型对新型冠状病毒疫情防控均作出了相应的分析，认为加强检疫、社会隔离、保护易感人群、疫苗接种等措施对防控 COVID-19 疫情扩散有重要作用[4-8]。由于元胞

自动机(Cellular Automata，CA)具有时间、空间和状态都离散的特点，能够以局部规则同步演化来反映整个系统的复杂变化，且能有效模拟生命系统特有的自复制现象[9]，符合病毒在人与人之间传播的特点，因此，CA 是研究传染病传播的一个重要方法[10]。其结合 SEIR 模型进行传染病分析成为研究流行病学领域一个新的研究方法，并在临床中得到广泛应用[11-12]。通过以“传染病模型”或“SER”，“新型冠状病毒肺炎”或“COVID-19”，以及“中医药”为关键词在国内的知网、万方检索，和国外的 PubMed 数据库、知网外文数据库进行检索，发现结合 SEIR 模型和 CA 模型分析国内外中医和中药防控新冠疫情的文献极少，且无中医或中药对疫情防控的分析和研究。因此，本文采用改进 SEIR 模型和构造元胞自动机的方法模拟 COVID-19 传播过程，计算并分析隔离率、接触人数、输入病例及中医药干预等因素对模型曲线的影响，从而得到各因素对疫情防控的作用。

本文针对 COVID-19 疫情的现状，查询相关文献进行分析，用于模型的设计及参数的设置。首先，对现有 COVID-19 疫情的概况进行了解，包括疫情开始时的传播状态以及武汉采取的措施[13]；类比非典冠状病毒(SARS-CoV)、中东呼吸综合征冠状病毒(MERS-CoV)、人类免疫缺陷病毒(HIV)等，了解冠状病毒的致病性、传播性和控制方法，分析目前 COVID-19 的致病过程及管控措施[14-15]；学者利用地面、铁路和航空旅行数据建模分析 COVID-19 从武汉传播至中国其他城市的概率情况[16]，分析人口流动对疾病传播的影响[17]。其次，在实验室范围研究 COVID-19，包括从生物化学、分子流行病学[18]、病理生理学等方面去研究 COVID-19 的治疗和控制的方法[19-22]；在流行病学知识方面，分析新冠肺炎的爆发特点并对其发展趋势进行流行病学角度的预测[23-26]，着重提出应该加强对无症状感染者的发病机制的研究[27-28]；在控制疾病传播方法中，总结了包括世界卫生组织提出的防止 COVID-19 感染的指南[29]及各种新冠肺炎疾病控制管理的具体措施和建议[30-32]，有学者参考 COVID-19、MERS-CoV、HIV 等人畜共感病毒对人类的致病情况，提出重视人与环境的和谐关系，以减少人畜共患疾病，为日后减少此类疾病提出启示[33]。最后，参考各文献通过建立数学模型或传染病模型，提出了各自的见解：通过预测流行病的可能过程，发现仅降低武汉出行率能一定程度降低疾病传染率，但仍然不能控制其传播，因此遏制或控制 COVID-19 比已知的情况更为困难[34]；分析人口流动与 COVID-19 确诊病例呈显著正相关，证实控制人口流动对疾病传播的重要性[26]；合适的旅行限制利于有效隔离和减少市内人民接触[35]；预测国内和全球流行病公共卫生风险的程度，提出公共卫生全面干预对 COVID-19 防控的重要性[36]；建立疾病的传播模型，并提出检疫和隔离对疾病防控的重要性[37]。

综上所述，控制 COVID-19 的关键是控制感染人群直接接触与间接接触，为此，本文主要研究隔离率和接触人数这两个主要因素。根据以往研究，医疗干预为控制新冠肺炎最基础一环，由于目前中国本土案例逐渐下降，输入型案例为每日新发的主体，因此本文加入输入型病例数量作为研究因素。再者，其他新冠肺炎流行病模型对中医药干预的分析较少，所以创新性地加入该影响因素。总而言之，本文重点对隔离率、医疗条件、患者接触人数、输入型病例数量、中医药干预等关键因素进行分析，并将这些因素进行量化，通过调整各项参数，观察模型结果来分析各种因素对病毒扩散的影响。本文注重现实经验的参考价值，根据实际措施调整相应参数，使用中国在疫情防控期间做出的一系列措施以及取得的效果对模型参数进行验证分析。

2　元胞自动机-易感者-暴露者-感染者-康复者模型

本文通过将 CA 模型和 SEIR 模型相结合，构造一个新型的 CA-SEIR 病毒传播模型，以模拟病毒的传播和疫情的发展。CA 模型将人群中的每个个体看作一个元胞，每个元胞都具有不同的状态，且随着时间变化，状态也会发生改变。SEIR 模型根据实际传染病学的特点，为元胞状态的变化制定相应的规则。通过将 CA 模型和 SEIR 模型相结合可以实现元胞集根据病毒传播的特征进行状态的变化，从而模拟病毒随时间变化在人群中的传播过程。

CA-SEIR 模型在传统的 SEIR 模型的基础上，综合考虑隔离条件下的人群状态和多种影响因素，更符合实际情况。对于传统的 SEIR 模型来说，通过设定参数，构建微分方程求解就能一次得到预测结果，但是随着参数的固定其结果也是固定不变的，不符合病毒传播过程随机性的特点。而 CA-SEIR 模型通过在单位时间内一次次迭代，模拟随着时间的流逝人群状态的变化，属于一个运动的、面向过程的模型。其结果也更为随机，并且在时间迭代过程中，可以动态地变化参数以模拟人群集会活动、外来病例输入、医疗条件等多种因素对结果造成的影响，更加符合病毒传播的实际情况[11]。

2.1　人际接触网络拓扑图

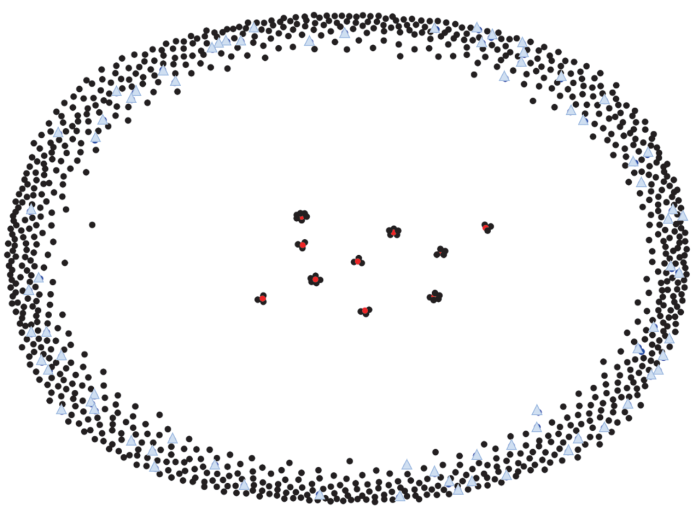
人际接触网络是一个复杂网络，其空间抽象结构如图 1 所示。实际人际接触网络并不是严格的幂律分布，而是符合局部优先连接机制。本文采用 CA-SEIR 模型模拟病毒传播时需要利用该机制构造一个网络生长模型。该模型的构建步骤为：

（1）初始化一个概率为 P_0 的随机网络，根据人的流动性和流动过程所需消耗时长，每隔一个时间步长在网络中加入一个或几个新节点；

（2）根据人际交往的特点，每个新加入的节点可以随机连上一个节点 X，然后再以一定的概率与 X 的邻居相连。

2.2　易感者-暴露者-感染者-康复者模型构造元胞自动机

CA-SEIR 模型在传统的 SEIR 模型基础上进



注：中间红色点为未被隔离感染者，蓝色三角形为被隔离感染者，黑色点为易感染者，中间部分表示感染者与易感者之间发生接触

图 1　人际接触网络拓扑图

Fig. 1　Topological diagram of the human contact network

行改进，考虑隔离条件下的人群状态，并综合考虑多种影响因素，更符合实际情况。

图 2 为 CA-SEIR 模型模拟新型冠状病毒肺炎在人群中的传播过程。

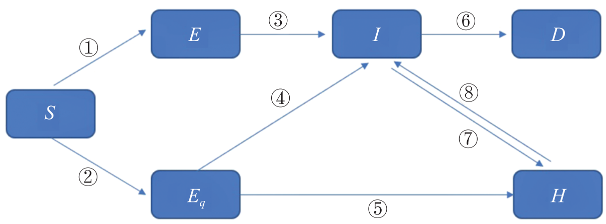


图 2 （CA-SEIR）新型冠状病毒肺炎传播模型

Fig. 2 COVID-19 propagation model

其中，S 为易感人群的元胞集；E 为处于潜伏期，未被发现且未隔离人群的元胞集；E_q 为处于潜伏期，已被发现且已隔离人群的元胞集；I 为已感染，并被隔离治疗人群的元胞集；H 为处于康复状态人群的元胞集；D 为死亡人群的元胞集。其状态转移规则如下：

① 易感人群接触传染源，未被发现并未隔离；

② 易感人群接触传染源，被发现并隔离；

③ 潜伏期未隔离者患病后被隔离治疗；

④ 潜伏期隔离者患病后被隔离治疗；

⑤ 潜伏期隔离者，隔离期满移出；

⑥ 患病未被治愈，死亡移出；

⑦ 患病已治疗，核酸阴性，健康移出；

⑧ 患病出院后，核酸复阳，隔离治疗。

新冠病毒在感染者处于潜伏期及患病期均有传染性，因此携带病毒的感染者在任何时候都有可能将病毒传播给其他人。尽快找到接触者，并采取隔离措施能快速阻断病毒传播。未被隔离的已暴露人群中，节点度越大的个体对人际接触网络的威胁越大。同时，节点度越大的易感个体，感染病毒的概率越大。而被隔离的人群将不再与人群存在直接接触，不会再传播病毒。患者出院需满足连续 2 次核酸检测阴性的条件，并继续进行为期 2 周的出院后康复隔离观察，但有些患者出院后核酸检测再次呈阳性，即所谓的“复阳”现象。治疗出院后核酸复阳患者具备传染性[38]，对出院后人群进行隔离观察能防止感染者再次传播病毒。

3 采用元胞自动机-易感者-暴露者-感染者-康复者模型分析影响疫情发展的关键因素

新型冠状肺炎防控重于治疗。本文根据疫情防控经验选择隔离率、医疗水平、接触人数、输入型病例数和中医药干预为影响新型冠状肺炎疫情发展趋势的关键因素，通过 CA-SEIR 模型对其进行分析，其参数设置如表 1 所示。

表 1 CA-SEIR 模型模拟疫情发展参数设置

Table 1 Parameter setting of the CA-SEIR model for simulating epidemic development

参数	说明
隔离率（q_1/q_2）	接触人群隔离率/确诊人群隔离率
医疗水平	综合指标（包含入院能力、救治效率、医药供给、护理水平等）
平时接触人数	可传染人数（分为正常接触和聚会行为）
输入型病例	从外地输入本地感染者数量
中医药干预	增强免疫力（降低接触人群感染率，缩短病程、降低重症比例、促进核酸转阴，降低出院人群核酸复阳率）

如表 1 所示，隔离率(q_1/q_2)根据防疫等级和疫情变化设定为{0.00/0.00, 0.00/0.99, 0.50/0.99, 0.90/0.99}。整个社会可以看作是一个传播网络，而每个人接触其他人的数量根据传染病传播途径设定为{2, 4, 6}。医疗水平代表对患者的救治效率、医药供给、护理水平等，是一个受多方面影响的因素，因此本文直接采用一个具体数值来量化医疗水平——参考柳叶刀在 2018 年 5 月 23 日在线发布的全球医疗可及性和医疗质量榜单[39]，并根据武汉地区收治病例的实际情况，设定为{0.958 7, 0.999 9, 0.900 0}[40]。输入型病例的数量是

指从其他地方输入境内的感染者数量，数量较少且不稳定，因此采用较小的随机数值。将中医药干预分别作用于易感者、潜伏者和患者，对患者数量、病程时间和重症人数分别作对比分析。本实验人口基数设定为 10 000，调参数时采用控制变量法，分别研究各个参数的影响。

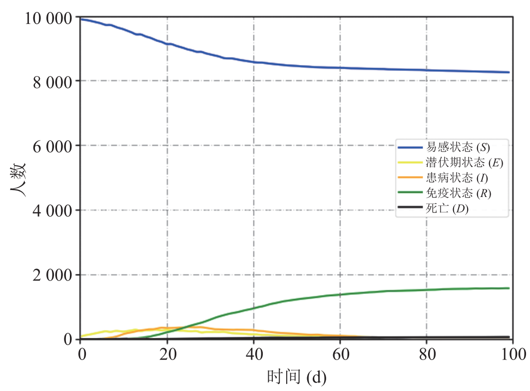
3.1　模型正确性验证

图 3 是在隔离率为 0.90/0.99，平常接触人数为 4、无集会现象，初始感染人数为 100，医疗水平为 0.958 7，输入型数量为{round(rand×3)}(0～3 的平均数)参数下的预测结果。图 3(a)～(b)分别为 0～10 000 尺度和 0～2 000 尺度下的结果显示。为了贴合实际情况，隔离时间以天为单位，模型约在第 50 天开始收敛，感染者高峰数值约在第 25 天出现，死亡率约为 0.04。本实验在预测精度上与实际情况有所差异，但各个状态的人群数量的变化特点与实际情况基本相符，符合实际病毒传播规律，因此该 CA-SEIR 模型在规律上是正确的，可用于探讨关键影响因素。

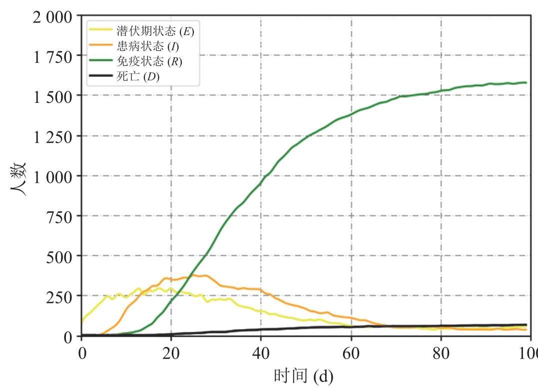
3.2　影响疫情发展的关键因素讨论

3.2.1 隔离率

隔离措施可以有效阻断感染者与易感人群的接触，有效保护易感人群。为了证实隔离对疫情防御的有效性，分别在采取隔离措施与不采取隔离措施状态进行实验，结果对比如图 4 所示，可以看出采取隔离措施能大幅降低疫情所造成的影



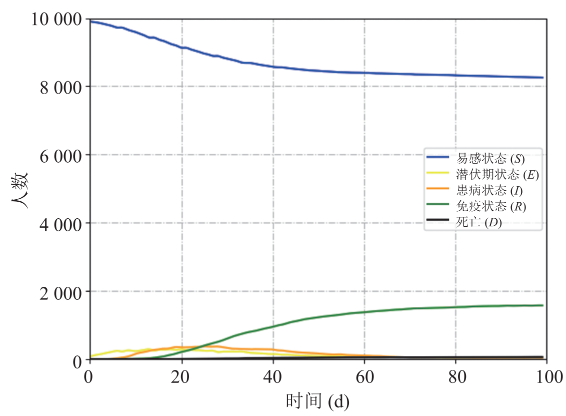
(a) 0～10 000 尺度下 CA-SEIR 模型的结果



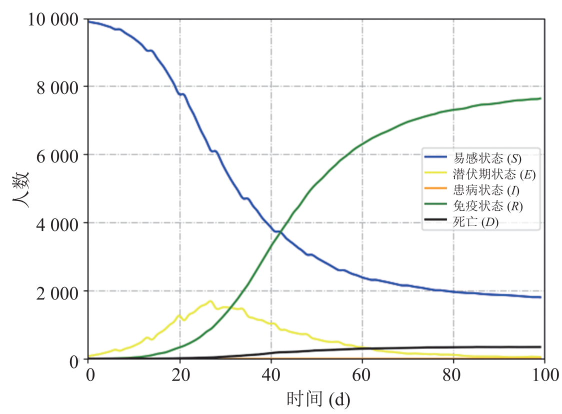
(b) 0～2 000 尺度下 CA-SEIR 模型的结果

图 3　模型预测结果

Fig. 3　Results of the model prediction



(a) 采取隔离措施



(b) 不采取隔离措施

图 4　采取/不采取隔离措施对比图

Fig. 4　Comparison of with/without quarantine measures

响。然后利用 CA-SEIR 模型对不同潜伏期接触人群隔离率(q_1)条件下的疫情发展趋势进行模拟。

图 5 是潜伏期隔离率 q_1 分别为 0.0、0.5、0.9 时的疫情发展模拟结果。从图中可以看出隔离率越高，感染新冠病毒个体的总数越少。不采取隔离措施的感染人数比采取隔离措施的感染人数成倍增加，且采取隔离措施时，感染人数的最高峰(“拐点”)比不采取隔离措施时来得更早。

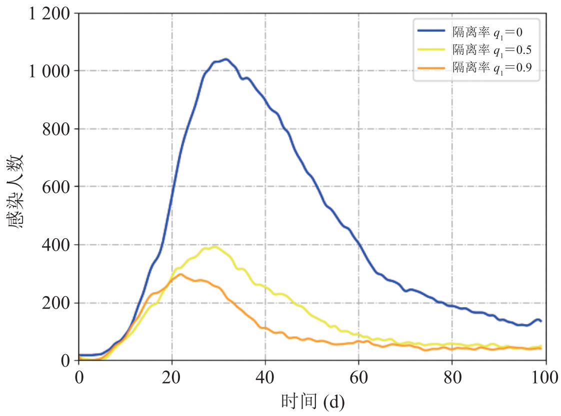


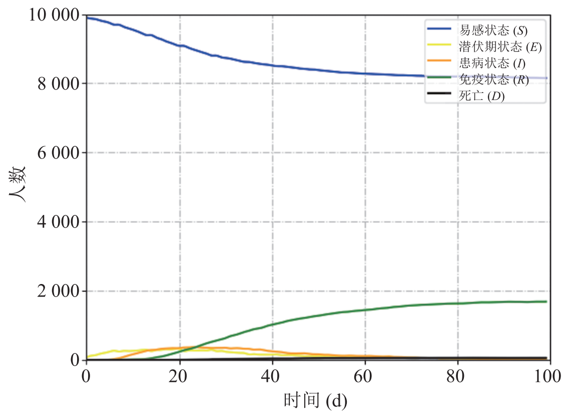
图 5 不同潜伏期接触人群隔离率(q_1)条件下的疫情发展模拟结果

Fig. 5 Simulation results of the epidemic development under different quarantine rate (q_1) in the incubation period

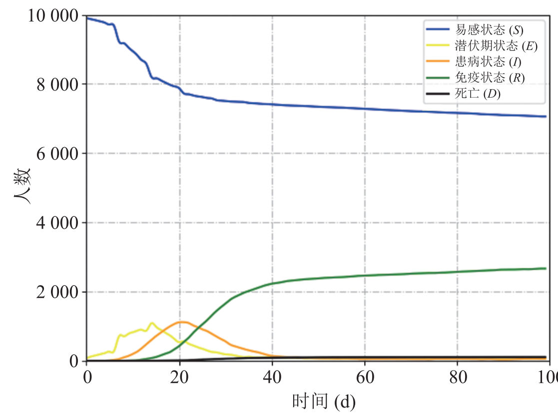
3.2.2 平均接触人数

病毒通过人群接触传播，人群的平均接触次数会随着人群聚集的规模变化，即大规模集会往往可能引发“聚集性疫情”，偶尔还可能出现“超级传播者”。如图 6 所示，每一次集会人群数量曲线都会大幅波动，导致感染人数剧烈上升，同时大量人群被隔离，最终存在集会时隔离人数、感染人数、死亡人数都远远高于无集会时的情况。

对于平时(Ct)和有集会时(Gt)的平均接触次数，本文研究平均接触人数的变化对疫情发展的影响。图 7 是平时平均接触人数 Ct 分别为 2、4、6，有集会时平均接触人数 Gt 为 60*(易感人数/总人数)时的疫情发展模拟结果。从图 7 中可以看出随着平均接触人数的增加，感染者总数大



(a)不存在集会现象



(b)存在集会现象

图 6 存在/不存在集会时的疫情发展模拟结果

Fig. 6 Simulation results of the epidemic situation development with/without assembly

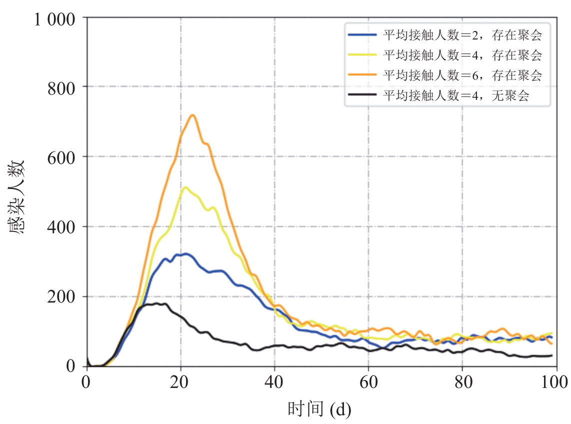


图 7 不同平均接触人数条件下的疫情发展模拟结果

Fig. 7 Simulation results of the epidemic situation development under different average contact number

幅增加。

3.2.3 医疗水平指数

医疗水平是通过多方面因素综合衡量的结果，包括救治效率、医药供给、参与救治的医务人员数量、病例确诊时长以及医院具有的隔离病床的数量等，这些因素直接关系到能否快速有效地确诊病例并及时进行有效救治。本文采用一个具体数值来量化医疗水平指数，以研究不同医疗水平对疫情发展的影响。图 8 是医疗水平指数分别为 0.999 9、0.958 7 和 0.900 0 时的疫情发展模拟结果。从图中可以看出，医疗水平指数会直接影响死亡人数——医疗水平越高，死亡率越低。

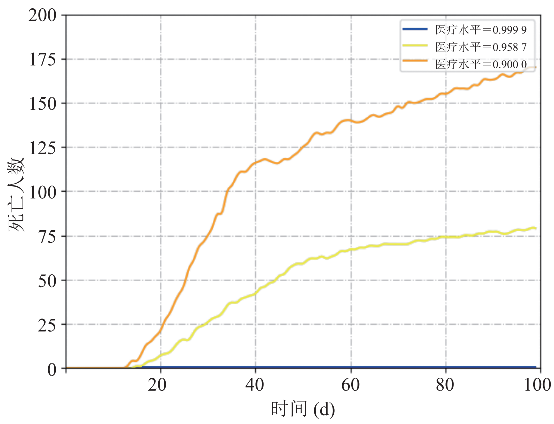


图 8　不同医疗水平指数条件下的疫情发展模拟结果

Fig. 8　Simulation results of the epidemic development under different medical levels

3.2.4 输入型病例数

随着疫情的逐渐稳定，中国由病例输出国，逐渐转变为病例输入国。为了研究输入型病例数对疫情发展的影响，利用 CA-SEIR 模型分别对不同输入型病例数的疫情发展趋势进行模拟。图 9 是输入型病例数分别为 0、0～4 的随机值、0～4 的随机值且稳定后不采取隔离措施时的疫情发展模拟结果。从图中可以看出，在疫情稳定后仍然采取同等强度的隔离措施的条件下，每天平均输入 0、0～4 例不会对疫情产生较大影响，而在疫情稳定后如果取消隔离措施，那么每天平均输入 0～4 例会对疫情产生较大影响，使疫情具有二次爆发的趋势。

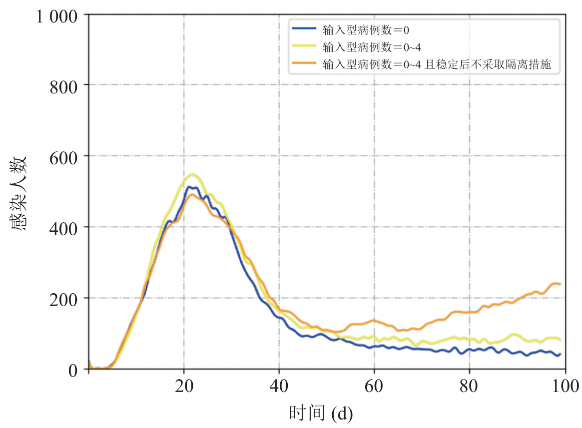


图 9　不同输入型病例数条件下的疫情发展模拟结果

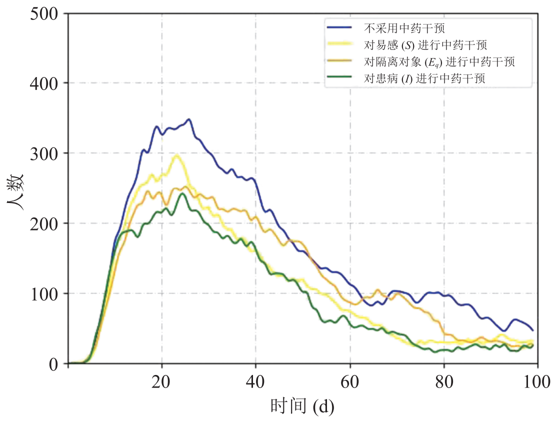
Fig. 9　Simulation results of the epidemic development under different input cases

3.2.5 中医药干预

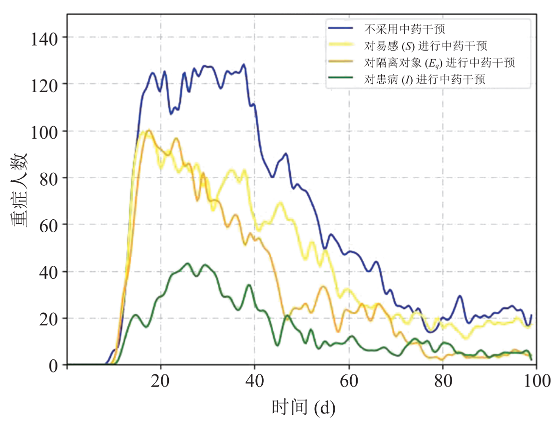
中医药干预是我国疫情防控的特色之一，包括内服中医药汤剂、外用中医药香囊、中医气功“八段锦”等[41-42]。本文将中医药干预措施分别作用于易感者、隔离者和患者，分析患者数量、重症人数变化，结果如图 10 所示。对比感染者使用和未使用中医药干预措施的患病进程，如图 11 所示。从图 10(a)可以看出，在对易感者、隔离者和患者使用中医药干预整体能降低疫情感染人数，说明中医药干预能一定程度控制暴露者的发病率，起到控制疫情发展的作用。从图 10(b)可以看出，对患者进行中医药干预，能减少疫情的感染人数，且能较大幅度降低重症率。图 11 中，对新冠肺炎患者进行中医药干预所需病程为 4.5 d，对比单纯西医干预病程 7.8 d，患者病程总体下降。

4　防疫措施分析

新冠肺炎爆发至今对全球人民和各国经济带来巨大的影响，中国在控制疫情发展方面得到了世界卫生组织的认可。目前，中国防疫进入稳定的第二阶段，在总结第一阶段的防疫经验上，分



(a) 患病人数对比



(b) 重症人数对比

图 10 中医药干预下的疫情发展模拟结果

Fig. 10 Simulation results of the epidemic development under the intervention of Traditional Chinese Medicine

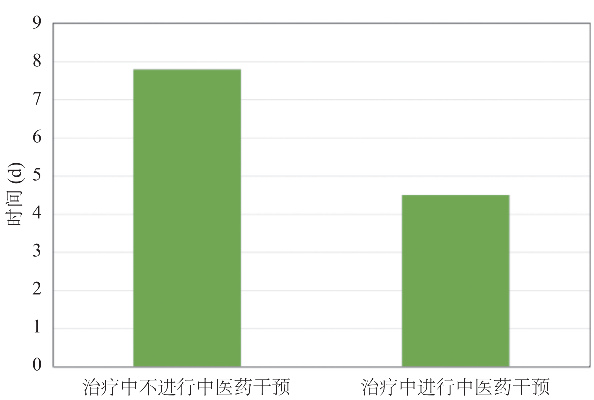


图 11 中医药干预下病程对比

Fig. 11 Comparison of treatment course under Chinese medicine intervention

析各措施对疫情控制产生的影响，能在防止疫情传播的同时最大程度地减少疫情对经济的影响。以下主要分析总结我国的疫情管理和干预措施两方面工作。

在加强疫情管理方面，政府及时启动疫情爆发应急响应，包括预警系统响应和主要风险评估。第一，根据对传染病的初步流行病学调查及研究，确定传染病的传播模式，预测疫情所需人力、物资、时间等条件，部署人员和物资，进行干预方案制定和执行。具体包括制定疫情控制准则，明确各级医疗机构和公共卫生机构职责，联合协调公安、交通和社区等部门，准备人员和物资到位，合理调配医疗资源，共同完成防控工作。尤其是加大了检测力度，据报道，武汉从首例发现至 2020 年 2 月 17 日，累计确诊 42 752 例新冠肺炎患者。2020 年 2 月 18 日，武汉市人大常委会公布关于依法全力打赢新冠肺炎疫情防控武汉保卫战的决定，表示武汉将采取最严防疫措施，力争做到确诊患者 100% 收治、疑似患者 100% 进行核酸检测、发热病人 100% 进行检测、密切接触者 100% 隔离、小区（村庄）100% 实行 24 h 封闭管理[43]。武汉疫情高峰的时候，每天有 3 000 多例患者的病床需求，而武汉市原来只有两家传染病医院，病床不超过 1 000 张。经政府部署，各方面共同努力，截至 3 月 6 日，最终改造和新建了 86 家定点医院、16 家方舱医院[44]。在疫情进入平稳时期，政府将全国分为高风险、中风险和低风险地区，按风险程度进行相应的防疫管理，并加大对流动人员、密集人员（如学生）、高风险人员（如医务人员）的核酸检测力度。同时，在各关口设立隔离酒店，对过海关人员和中风险地区相关人员严格进行为期 14 d 隔离。在各方面努力下，基本全员复工复产。第二，及时发布传染病准确信息，加强对疫情的宣传和教育。一方面有利于各地区做好传染病防控应急响应；另一方面能让公众正确认识新发传染

病和疫情，提高公众对防控措施的配合度，稳定社会情绪。第三，预测疫情带来的负面影响，制定备案方法。主要预测疫情对市场、经济、民生各方面影响，制定相应的备案措施。需要强调的是，对疫情反应需要迅速，研究需科学，报道需真实：迅速地启动疫情应急响应和部署安排才能尽早控制疫情；临床及实验研究科学求真才能准确判断传染病特性从而制定准确的干预措施；报道客观真实才能让公众有正确的认识，配合防疫工作。

早期防疫干预措施主要包括控制传染源、切断传播途径和保护易感人群 3 个方面。在控制传染源上，对感染者施行早发现、早诊断、早治疗，具体包括各点全面体温检测，发热患者全面核酸筛查，重点人员及有出省需求人员全面核酸筛查，疑似病例和接触病例集中隔离以及确诊患者隔离治疗。通过全面核酸检测的措施，找到传染源，通过大数据搜寻密切接触者并对其隔离，能够尽早发现感染者，达到控制传染源的作用。此外，中医药干预在控制传染源中发挥两方面的作用：对未确诊者进行中医药干预能够提高机体免疫力，降低感染率；对已确诊者，中医药治疗能够缩短疾病进程，降低重症比例及复阳率。刘建平教授团队从不同的数据库和网站检索我国卫生部门发布的中医药传染病防治新冠肺炎、预防 SARS 和 H1N1 流感等的预防方案及临床数据，总结出中药配方预防病毒性感染疫情有疗效[45]。在切断传播途径上，减少人群接触，对环境定时消毒是最直接的方法。具体包括号召公众减少聚会、出门佩戴口罩和勤洗手，取消假期和聚集性活动，限制部分交通，加强机场和汽车站检疫工作，关闭学校和公共场所等。在保护易感人群上，对易感人群进行疫苗接种为最佳方式，疫苗研发及普及时间长，因此早期保护易感人群的重点一般放在隔离上。值得提倡的是，以中医药“治未病”理论为基础，临床疗效为支撑，中医药内服、外用都可以提高机体对病毒的免疫力。其操作简便，成本低廉，对疫情的防控参与面广[46]。

第二阶段防疫主要是对输入型病例的隔离控制及普及注射新冠疫苗。对比以往大规模传染性疾病传播情况，输入型病例为此次新型冠状病毒肺炎的不同点，若管理不当，疏忽对这类人群的隔离，可能会造成新冠疫情二次爆发。注射疫苗可以达到保护效果，吴尊友在国务院新闻发布会上指出，新冠肺炎接种率需要达到人群的 70%、80% 才能产生群体保护效果[45]，这需要一定的时间才能达到这个覆盖面。

中医药防治新冠肺炎疫情的干预方式及成果如表 2 所示，实际的临床数据证实，中医药防治新冠肺炎在降低感染率、降低新冠重症率、缩短病程、促进核酸转阴方面均有效果。其存在的问题主要包括以下两点：(1) 对口服中药降低新型冠状病毒肺炎感染率的研究来说，普遍存在评价预防效果方面比较客观或评价无统一量化指标，并且大部分以中医药理论为支持，没有客观的实验室或者细胞学上的支持；(2) 中药外治防控疫情有网络药理学、中药药理学、生理病理学等实验室支持，然而临床对照试验不足。在中医导引功法的研究方面大部分从运动远离去解释，未提出中医功法对比运动锻炼所带来的区别及优势，只能以中医脏腑及经络方面解释其作用，依然是临床对照试验不足。在探讨中医功法的作用方式方面仍欠缺非理论方面的客观研究。新型冠状病毒肺炎是一个传播性强、危害性大的传染病，单纯使用中医药措施不足以控制疫情的发展，中医药作为一个辅助加强作用的方式，很难统计及计算纯中医药对防控疫情的作用。另外一个难点在于中医脏腑及经络原理未能在解剖、生理病理方面得到客观解释，因此，很难客观地评价以中医经络和脏腑为原理的气功功法。目前，已有学者提出可采用临床对照试验方法评价中医药效果，

运用网络药理学、代谢组学、蛋白组学、基因组学、肠道微生态学等研究方法，设计合理的实验模型，从药效学角度评价中医药防控方案的效果[54]。总而言之，如表 2 所示，中医药在各省市抗疫工作中应用广泛，其防治效果明显，与计算机仿真模拟分析结果一致。本文存在一定局限性，中医药防疫的效果无法用实验室数据进行解释，也没有在世界范围内的循证医学证据，中医药的全球推广使用难度大，难以被世界范围内认可。这需要更多学者深入研究其作用原理，也需要更多的临床对照试验研究。中药内服方向的作用机理可以结合数学模型与网络药理学、代谢组学、蛋白组学、基因组学、肠道微生态学等研究方法。中药外用方向可增加纯中药对简单鼻病毒、流感病毒的外治防御效果研究，逐步由实验室对照试验到实验动物，进一步到临床对照试验证实研究结果。

5 总 结

首先，本文采用改良 SEIR 模型构造元胞自动机的方法模拟新型冠状病毒肺炎传播，将隔离率、患者接触人数、医疗条件、输入型病例数量和中医药干预等关键因素量化到模型中，根据模型结果分析不同因素对新冠肺炎疫情传播的影响，及中医药干预在新冠肺炎防控的作用。其次，结合中国政府采取的一系列措施及目前抗疫成效，验证了本模型的有效性，并使得各因素影响效果的评价更客观且有针对性。最后，通过结合中医药干预在早期中国新冠疫情发挥的实际作用，证明与模型预测结果一致，中医药干预措施对疾病防控有效。相较于其他传染病模型，本文所用方法为 CA 模型结合 SEIR 模型，更贴合 COVID-19 的传播情况，此外，创新性地加入中医药干预对疫情的影响。综上所述，为预防新型

表 2　中医药防治新冠肺炎的措施分析

Table 2　Analysis of measures for COVID-19 prevention and treatment by TCM

中医药干预方向	干预方式	具体内容	评价
降低感染率	中药汤剂内服	山西省 548 例疑似患者在进行初步观察时，对 187 例使用清肺排毒汤，其中仅有 10 例转为确诊病例，占比 5.35%；没有使用清肺排毒汤的疑似患者共 123 例转为确诊病例，占比 34.17%。使用清肺排毒汤干预特殊人群，有降低群体发病率的积极作用[47]。2020 年 2 月 7 日至 2 月 17 日，中国 10 省 57 个定点医疗机构使用清肺排毒汤对确诊病例 701 例纳入观察，其中治愈出院 130 例，症状消失 51 例，症状改善 268 例，症状平稳、未加重 212 例，总有效率为 94.29%。2020 年 2 月 12 日至 2 月 24 日，四川省共 9 个地市州、16 家医院使用“新冠 1 号”合剂治疗新冠肺炎确诊患者 151 例，其中治愈出院 30 例，症状消失 36 例，症状改善 59 例，症状平稳 11 例，总有效率达 90.07%[48]。朱雪和戴景超对判定为新型冠状病毒肺炎患者的 689 例密切接触者给予口服中药预防汤剂，实验结果发现，仅有 1 例新冠肺炎阳性患者确诊，为无症状感染者，证实中药预防用药具有较高的有效率[49]	口服中药预防新冠肺炎的临床数据可靠性高，但是对效果的评估一般为有效、显效，没有客观且统一的评价；对中药如何作用于机体的免疫系统达到降低发病率欠缺更深入的探讨
降低感染率	导引功法	通过中医理论研究新型冠状病毒肺炎患者的中医症状，证实导引功法能调身、调息、调心神和疏通人体经络，重新调整身体气机的运布，顺应各脏腑的气机，激发人体的潜能，进而使身体痊愈[50]	通过中医理论解释导引功法的作用原理，但没有实验验证和临床案例验证
降低感染率	中药香囊	通过中医药理论及中药药理分析中药香囊的作用，证明佩戴中药香囊能提高机体免疫力，同时可抑制病毒、细菌的活力[51]	中药药理能够解释药物挥发预防感染的理论，但是没有临床对照试验的支持
降低新冠肺炎重症率、缩短病程	中药汤剂内服	新型冠状病毒肺炎病毒感染引起的免疫过度激化导致的“细胞因子风暴”是重症患者产生严重并发症的重要原因，单味中药及中药方剂在遏制免疫过度激化及细胞因子风暴、抗急性肺损伤有潜在应用价值[52]	详细地分析了中药抗病毒、抗肺损伤的实验室及中药药理原理；研究方法客观清晰
促进核酸转阴	中药汤剂内服	在对 36 例新型冠状病毒肺炎患者遵照国家卫生健康委印发的《新型冠状病毒肺炎诊疗方案》进行中西医结合治疗后，临床表现、检查指标有所改善，但核酸检测转阴困难，因此加用薛氏扶阳逐湿汤治疗，新型冠状病毒核酸检测成功转阴，达到出院标准[53]	数据由临床收集，可靠性高；但临床数据量少，不具备代表性

冠状病毒肺炎二次爆发及做好疫情稳定期的防疫工作，采取提高隔离率、降低人群接触频率、严格管理输入病例和进行中医药干预等措施有良好的效果。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 截至 12 月 12 日 24 时新型冠状病毒肺炎疫情最新情况 [EB/OL]. (2021-04-23)[2021-07-29]. http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/202104/d3c16efa4f2243d0b9c5e3731032f63a.shtml.
State Health Commission of the People's Republic of China. Up to 24 h December 12th, the latest situation of New Coronavirus pneumonia [EB/OL]. (2021-04-23)[2021-07-29]. http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/202104/d3c16efa4f2243d0b9c5e3731032f63a.shtml.

[2] World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports [EB/OL]. (2021-04-23)[2021-07-29]. https://covid19.who.int/.

[3] Sungchan K, Jong HB, Hyo J. Global stability of an SEIR epidemic model where empirical distribution of incubation period is approximated by Coxian distribution [J]. Advances in Difference Equations, 2019, (1): 469.

[4] Ghostine R, Gharamti M, Hassrouny S, et al. An extended SEIR model with vaccination for forecasting the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia using an ensemble Kalmanfilter [J]. Mathematics, 2021, https://doi.org/10.3390/math9060636.

[5] Grimm V, Mengel F, Schmidt M. Extensions of the SEIR model for the analysis of tailored social distancing and tracing approaches to cope with COVID-19 [J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 4214.

[6] Hou C, Chen JX, Zhou YQ, et al. The effectiveness of quarantine of Wuhan city against the Corona Virus Disease 2019 (COVID-19): a well-mixed SEIR model analysis [J]. Journal of Medical Virology, 2020, 92(7): 841-848.

[7] 孙德顺, 段莉, 王大平, 等. 新型冠状病毒肺炎感染的数学建模与控制策略 [J]. 中华疾病控制杂志, 2020, 24(5): 523-528.
Sun DS, Duan L, Wang DP, et al. Mathematical modeling and control strategy for New Coronavirus pneumonia infection [J]. Chinese Journal of Disease Control, 2020, 24(5): 523-528.

[8] 曹盛力, 冯沛华, 时朋朋. 修正 SEIR 传染病动力学模型应用于湖北省 2019 冠状病毒病 (COVID-19)疫情预测和评估 [J]. 浙江大学学报(医学版), 2020, 49(2): 178-184.
Cao SL, Feng PH, Shi PP. Prediction and evaluation of 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic situation in Hubei Province with the modified SEIR epidemic dynamics model [J]. Journal of Zhejiang University (Medical Science), 2020, 49(2): 178-184.

[9] Codd, E.F. Cellular Automata [M]. New York: Academic Press, 1968, 1-6.

[10] 吴成来. 基于元胞自动机的传染病传播模型研究 [J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(9): 185-186.
Wu CL. Research on infectious disease transmission model based on Cellular Automata [J]. Computer Knowledge and Technology, 2019, 15(9): 185-186.

[11] 谭欣欣, 戴钦武, 史鹏燕, 等. 基于元胞自动机的个体移动异质性传染病传播模型 [J]. 大连理工大学学报, 2013, 53(6): 908-914.
Tan XX, Dai QW, Shi PY, et al. Cellular automata based individual mobile heterogeneous infectious disease transmission model [J]. Journal of Dalian University of Technology, 2013, 53(6): 908-914.

[12] 游爱丽. 基于元胞自动机的 SIR 传染病模型 [D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2010.
You AL. Cellular automata based SIR infectious disease model [D]. Urumqi: Xinjiang University,

2010.

[13] Chen W, Peter WH, Frederick GH, et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern [J]. The Lancet, 2020, 395(10223): 470-473.

[14] Al MA, Ambani Z. Narrative review of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) infection: updates and implications for practice [J]. The Journal of International Medical Research, 2020, 48(1): 300060519858030.

[15] Han Q, Lin Q, Jin S, et al. Recent insights into 2019-nCoV: a brief but comprehensive review [J]. The Journal of Infection, 2020, https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.02.010.

[16] Du Z, Wang L, Cauchemez S, et al. Risk of 2019 novel coronavirus importations throughout China prior to the Wuhan quarantine [J]. Emerging Infectious Diseases, 2020, 26(5): 1049-10529.

[17] Zhang C, Chen C, Shen W, et al. Impact of population movement on the spread of 2019-nCoV in China [J]. Emerging Microbes & Infections, 2020, 9(1).

[18] Benvenuto D, Giovanetti M, Ciccozzi A, et al. The 2019-new coronavirus epidemic: evidence for virus evolution [J]. Journal of Medical Virology, 2020, 92(4): 455-459.

[19] Catrin S, Zaid A, Niamh O, et al. Corrigendum to "World Health Organization declares Global Emergency: a review of the 2019 Novel Coronavirus (COVID-19)" [J]. International Journal of Surgery, 2020, (76): 71-76.

[20] 张济, 耿兴义, 曹若明, 等. 全球新型冠状病毒感染的研究进展 [J]. 山东大学学报(医学版), 2013, 51(4): 108-112.

Zhang J, Geng XY, Cao RM, et al. Research progress of global New Coronavirus infection [J]. Journal of Shandong University (Health Sciences), 2013, 51(4): 108-112.

[21] Jokandan AS, Asgharnezhad H, Jokandan SS, et al. An uncertainty-aware transfer learning-based framework for COVID-19 diagnosis [Z/OL]. arXiv Preprint, arXiv: 2007.14846, 2020.

[22] Zhang ZJ, Zheng LN, Weng J, et al. A new varying-parameter recurrent neural-network for online solution of time-varying Sylvester equation [J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2018, 48(11): 3135-3148.

[23] Lai CC, Shih TP, Ko WC, et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): the epidemic and the challenges [J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2020, 55(3).

[24] Millanonate J, Rodriguezmorales AJ, Camachomoreno G, et al. A new emerging zoonotic virus of concern: the 2019 novel coronavirus (COVID-19) [J]. Infection, 2020, 24(3).

[25] Hemmati DF, Saedi S, Hemmati DM, et al. Mysterious virus: a review on behavior and treatment approaches of the novel coronavirus, 2019-nCoV [J]. Archives of Medical Research, 2020, 51(5): 375-383.

[26] Rothan HA, Byrareddy SN. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak [J]. Journal of Autoimmunity, 2020, 109: 102433.

[27] Al-Tawfiq JA. Asymptomatic coronavirus infection: MERS-CoV and SARS-CoV-2 (COVID-19) [J]. Travel Medicine and Infectious Disease, 2020: 101608.

[28] Bai Y, Yao LS, Wei T, et al. Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19 [J]. JAMA, 2020, 323(14): 1406-1407.

[29] World Health Organization. Infection prevention and control during health care when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected: interim guidance [EB/OL]. (2020-01-25)[2021-07-29]. https://www.who.int/publications/i/item/10665-

331495.

[30] Salim B, Ziad A, Memish. MERS-CoV as an emerging respiratory illness: a review of prevention methods [J]. Travel Medicine and Infectious Disease, 2019: 101520.

[31] Li JY, You Z, Wang Q, et al. The epidemic of 2019-novel-coronavirus (2019-nCoV) pneumonia and insights for emerging infectious diseases in the future [J]. Microbes and Infection, 2020, 22(2): 80-85.

[32] David LH, Nahoko S. COVID-19: what is next for public health? [J]. The Lancet, 2020, 395(10224): 542-545.

[33] David SH, Esam IA, Tariq AM, et al. The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global health——the latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China [J]. International Journal of Infectious Diseases, 2020, 91: 264-266.

[34] Read JM, Bridgen JR, Cummings DA, et al. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions [Z/OL]. 2020, https://doi.org/10.1101/2020.01.23.20018549.

[35] 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]. Journal of Clinical Medicine, 2020, 9(2): 462.

[36] Joseph TW, Kathy L, Gabriel ML. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study [J]. The Lancet, 2020, 395(10225): 689-697.

[37] Ali M, Shah STH, Imran M, et al. The role of asymptomatic class, quarantine and isolation in the transmission of COVID-19 [J]. Journal of Biological Dynamics, 2020, 14(1): 389-408.

[38] 中国政府网宣传司. 2020 年 4 月 21 日新闻发布会文字实录 [EB/OL]. (2020-04-21)[2020-05-05]. http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3574/202004/3e16b2976000411da737c70523e05522.shtml.
Publicity Department of China Government Network. Transcript of press conference on April 21, 2020 [EB/OL]. (2020-04-21)[2020-05-05]. http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3574/202004/3e16b2976000411da737c70523e05522.shtml.

[39] GBD 2016 Healthcare Access and Quality Collaborators. Measuring performance on the Healthcare Access and Quality Index for 195 countries and territories and selected subnational locations: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. The Lancet, 2018, 391(10136): 2236-2271.

[40] 湖北省卫生健康委员会. 新华网: 武汉已启用 7 座方舱医院, 定点医疗机构超过 40 家 [EB/OL]. (2020-02-13)[2020-05-04]. http://wjw.hubei.gov.cn/bmdt/ztzl/fkxxgzbdgrfyyq/fkdt/202002/t202002132025647.shtml.
Hubei Provincial Health Commission. Xinhuanet: Wuhan has opened 7 makeshift hospitals and more than 40 designated medical institutions [EB/OL]. (2020-02-13)[2020-05-04]. http://wjw.hubei.gov.cn/bmdt/ztzl/fkxxgzbdgrfyyq/fkdt/202002/t202002132025647.shtml.

[41] 黄邓军, 李玢慧, 谷磊, 等. 基于“治未病”思想探讨中医传统功法在新冠肺炎预防及康复中的应用 [J]. 湖南中医药大学学报, 2020, 40(10): 1261-1265.
Huang DJ, Li FH, Gu L, et al. Novel coronavirus pneumonia in prevention and rehabilitation of new coronapneumonia based on the idea of “Preventive Treatment of Disease” [J]. Journal of Hunan University of Traditional Chinese Medicine, 2020, 40(10): 1261-1265.

[42] 吴二利, 雷根平, 董盛, 等. 新型冠状病毒肺炎中医防治研究概述 [J]. 现代中西医结合杂志, 2020,

29(23): 2509-2513＋2535.
Wu EL, Lei GP, Dong S, et al. Overview of Chinese Medicine Prevention and treatment of New Coronavirus pneumonia [J]. Journal of Modern Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2020, 29(23): 2509-2513＋2535.

[43] 武汉人大. 武汉市人民代表大会常务委员会关于依法全力打赢新冠肺炎疫情防控武汉保卫战的决定 [EB/OL]. (2020-02-18)[2020-05-04]. http://www.whrd.gov.cn/html/ggl/2020/0218/17082.shtml.
Wuhan people's Congress. Novel coronavirus pneumonia of Wuhan City People's Congress Standing Committee on the decision to win the new corona pneumonia epidemic prevention and control of Wuhan's defense [EB/OL]. (2020-02-18)[2020-05-04]. http://www.whrd.gov.cn/html/ggl/2020/0218/17082.shtml.

[44] 环球网. 中央指导组成员、国务院副秘书长丁向阳: 新冠肺炎疫情防控工作有五个突出特点 [EB/OL]. (2020-03-06)[2020-05-04]. https://baijiahao.baidu.com/s?id=1660407326066652964&wfr=spider&for=pc.
Global network. "The novel coronavirus pneumonia epidemic prevention and control work has five outstanding characteristics" Ding Xiangyang, member of the central steering group and Deputy Secretary General of the State Council [EB/OL]. (2020-03-06)[2020-05-04]. https://baijiahao.baidu.com/s?id=1660407326066652964&wfr=spider&for=pc.

[45] Luo H, Tang QL, Shang YX, et al. Can Chinese medicine be used for prevention of corona virus disease 2019 (COVID-19)? A review of historical classics, research evidence and current prevention programs [J]. Chinese Journal of Integrative Medicine, 2020, 26: 245-250.

[46] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 国务院联防联控机制 2021 年 4 月 11 日新闻发布会文字实录 [EB/OL]. (2021-04-11)[2021-04-11]. http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=d279e3354a5645828b671bf8bd15cbdb.
State Health Commission of the People's Republic of China. Transcript of the press conference of the joint prevention and control mechanism of the State Council on April 11, 2021 [EB/OL]. (2021-04-11)[2021-04-11]. http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=d279e3354a5645828b671bf8bd15cbdb.

[47] 秦宇龙. 清肺排毒汤是新冠肺炎特效药 [N]. 中国中医药报, 2020-4-20(01).
Qin YL. QingfeipaiduSoup is a new special medicine for pneumonia [N]. China Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020-4-20(01).

[48] 赖慧, 殷文贤, 赵福兰, 等. 自研"新冠 0 号""新冠 1 号"防治新型冠状病毒肺炎效果与分析 [J]. 中国药业, 2020, 29(7): 9-11.
Lai H, Yin WX, Zhao FL, et al. Effect and analysis of self-developed "Xin Guan 0" and "Xin Guan No. 1" in preventing and treating New Coronavirus pneumonia [J]. China Pharmaceuticals, 2020, 29(7): 9-11.

[49] 朱雪, 戴景超, 沈宁, 等. 中药汤剂对新型冠状病毒肺炎患者密切接触者预防作用的单臂研究 [J]. 中医杂志, 2020, 61(20): 1762-1766.
Zhu X, Dai JC, Shen N, et al. Single arm study on the preventive effect of Chinese medicine on close contacts of New Coronavirus pneumonia patients [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020, 61(20): 1762-1766.

[50] 郑立夫, 郑碧云, 唐纯志. 从脏腑致病角度分析导引在新冠肺炎防治中的应用 [J]. 中医学报, 2020, 35(5): 916-919.
Zheng LF, Zheng BY, Tang CZ. Application of guidance in novel coronavirus pneumonia

prevention and treatment from the perspective of Zang Fu Theory [J]. ACTA Chinese Medicine, 2020, 35(5): 916-919.

[51] 张晋, 宋昌梅, 杲春阳, 等. 中药香囊辟瘟囊预防新型冠状病毒肺炎应用探讨 [J]. 北京中医药, 2020, 39(2): 131-133.
Zhang J, Song CM, Gao CY, et al. Application of Chinese medicine sachet pouch to prevent New Coronavirus pneumonia [J]. Beijing Traditional Chinese Medicine, 2020, 39(2): 131-133.

[52] 黎黎, 龚普阳, 封玥, 等. 中药在抗新型冠状病毒肺炎(COVID-19)引起的细胞因子风暴中的应用分析 [J]. 中草药, 2020, 51(6): 1375-1385.
Li L, Gong PY, Feng Y, et al. Application of Chinese medicine in cytokine storm caused by New Coronavirus pneumonia (COVID-19) [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2020, 51(6): 1375-1385.

[53] 刘明杰, 陶杨, 万鹏, 等. 薛氏扶阳逐湿汤化裁治 36 例核酸转阴困难新型冠状病毒肺炎患者的临床观察 [N]. 西南大学学报(自然科学版), 2020-05-02(1-5).
Liu MJ, Tao Y, Wan P, et al. Clinical observation on 36 cases of nucleic acid conversion to negative deficiency treated by “Xue’s Fu Yang Zhu Shi Tang” [N]. Journal of Southwest University Natural Science Edition, 2020-05-02(1-5).

[54] 王琦, 李英帅, 李玲孺, 等. 针对复工复产复学后新型冠状病毒肺炎聚集性传染隐患的中医药防控 [J]. 中医杂志, 2020, 61(21): 1841-1845.
Wang Q, Li YS, Li LR, et al. Chinese medicine prevention and control for New Coronavirus pneumonia’s clustering infectious risk after resumption of labor and rehabilitation [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020, 61(21): 1841-1845.