



Research  
Coronavirus Disease 2019—Article

为有效防控新冠病毒肺炎争取时间——抗疫假期政策对疫情传播的影响

陈思邈<sup>a,b,#</sup>, 陈秋实<sup>c,#</sup>, 杨维中<sup>b</sup>, 薛澜<sup>d</sup>, 刘远立<sup>b</sup>, 杨俊涛<sup>e,\*</sup>, 王辰<sup>b,e,f,g,\*</sup>, Till Bärnighausen<sup>a,b,h,i</sup>

<sup>a</sup> Heidelberg Institute of Global Health (HIGH), Faculty of Medicine and University Hospital, Heidelberg University, Heidelberg 69117, Germany

<sup>b</sup> Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

<sup>c</sup> The Harold and Inge Marcus Department of Industrial and Manufacturing Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA

<sup>d</sup> School of Public Policy, Tsinghua University, Beijing 100084, China

<sup>e</sup> State Key Laboratory of Medical Molecular Biology, Institute of Basic Medical Sciences, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

<sup>f</sup> Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China

<sup>g</sup> The National Center for Respiratory Medicine, Beijing 100029, China

<sup>h</sup> Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Center of Respiratory Medicine, China–Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

<sup>i</sup> Department of Global Health and Population, Harvard School of Public Health, Boston, MA 02115-5810, USA

ARTICLE INFO

摘要

Article history:

Received 7 May 2020

Revised 4 July 2020

Accepted 13 July 2020

Available online 20 September 2020

关键词

新冠病毒肺炎

模型

春节假期

延长

保持社交距离

在新发突发传染病的早期阶段，快速应对对于疫情防控至关重要。用于控制疫情的公共假期能为大规模、迅速地进行社会隔离和其他举措提供关键的时间窗口期。本研究的目的是探讨抗疫假期的起始时间节点和持续时间对中国早期新冠病毒肺炎疫情传播的影响。我们开发了一个房室模型来模拟从2020年1月开始中国新冠病毒肺炎疫情的动态传播；预测并比较了春节期间在有抗疫假期和没有抗疫假期下的疫情传播；考虑了抗疫假期在不同持续时间、不同起始时间节点，以及在关于病毒传播率的不同假设下的多种情况；估计了在不同情况下达到某些感染阈值所需的天数延迟。结果表明，中国的抗疫假期使新冠病毒肺炎疫情的传播停滞了许多天。与不设抗疫假期的场景相比，基础场景的抗疫假期（湖北省为21 d，中国所有其他省为10 d）可使确诊感染100 000例的时间延迟7.54 d。持续时间更长的抗疫假期会对疫情防控产生更大的影响。为期21 d的全国性抗疫假期可使确诊感染100 000例的时间延迟近10 d。此外，研究发现，在新发突发传染病较早阶段实施抗疫假期比较晚阶段实施对遏制疫情蔓延更有效，抗疫假期期间采取额外的控制措施可以增强疫情控制效果。总之，抗疫假期能够通过有效地减少人群的社交接触频率及范围，从而减缓疫情的传播。抗疫假期使得新冠病毒肺炎传播暂时停滞，为疫情防控争取了时间，科学家可用争取的时间来发现传播途径并确定有效的公共卫生干预措施，政府可用争取的时间来完善基础设施、调配医疗用品、培训和部署专业人力资源，从而为长期防控做好准备。

© 2020 THE AUTHORS. Published by Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. 引言

2019年年末暴发的新冠病毒肺炎（简称新冠肺炎，COVID-19）疫情正在迅速蔓延，中国湖北省是疫情暴发初期的“震中”[1]。研究表明，与严重急性呼吸综

合征（SARS）冠状病毒相比，新冠病毒的传染能力更强[2]。在疫情初期，由于传播途径尚未彻底明确，相关的预防和筛查、诊断和治疗方法并不成熟，公共卫生部门缺乏循证方法和方案，新冠肺炎疫情防控面临着重大挑战。

\* Corresponding author.

E-mail address: [wangchen@pumc.edu.cn](mailto:wangchen@pumc.edu.cn) (C. Wang), [yangjt@pumc.edu.cn](mailto:yangjt@pumc.edu.cn) (J. Yang).

# These authors contributed equally to this work.

在应对新发突发传染病的最初阶段，旨在改变人们行为的社会政策，能够为减缓疾病传播发挥巨大作用。此次新冠肺炎疫情暴发之初正值中国农历新年假期，中国政府举全国之力迅速开展疫情防控[1,3]。在此期间，中国政府拉响了一级响应警报以应对疫情，并果断采取了一系列社会政策措施，如限制出行、保持社交距离、主动追踪接触者、隔离检疫以及加强宣传和教育[1]。例如，中国政府鼓励人们非必要不出行，减少人员聚集，并在此期间，关闭了学校、政府机构、工厂、图书馆和博物馆[4-10]。

过去，为控制疫情而设立的公共假期（以下简称抗疫假期）曾被用作一项公共卫生政策。例如，墨西哥曾在2009年设立抗疫假期来遏制H1N1病毒的传播，学校和工厂在此期间全部关闭，居民被要求尽量避免外出[11]。这些抗疫假期为人群保持社交距离提供了便利。人们在此期间不上班或居家办公，与亲朋好友的联系也很有限。因此，保持足够的社交距离有助于减少人群的社交接触频率及范围，从而减缓疫情的传播[12-16]。抗疫假期作为一种疫情应对策略，为迅速减少人群接触提供了关键的时间窗口期，从而能够有效遏制多种途径造成的传播与感染，包括直接和间接的身体接触、飞沫传播和空气传播等。当新型传染病突然暴发，缺乏足够证据去彻底明确并阻断一种新病原体的传播途径时，这一策略尤其有效[17-21]。

在中国，虽已有几项研究分析了限制出行和保持社交距离等举措在防止新冠病毒传播中的效果，但总体而言，疫情如何随不同情况的抗疫假期变化尚不明确[22,23]。本文将以中国的抗疫假期为例回答以下问题：抗疫假期对新冠肺炎疫情有何影响？这种影响又会随着抗疫假期的持续时间、实施节点以及其他同期政策的有效性如何变化？从而为未来决策提供参考。了解不同形式的抗疫假期对疫情扩散的影响，能够为目前以及未来可能的突发传染病防控提供重要的政策建议。

## 2. 方法

### 2.1. 模型描述

我们使用了一种常用的建模方法——房室模型（compartment model）（见附录A中的图S1）来模拟新冠肺炎疫情在中国的蔓延情况，并评估干预措施对传染病传播的影响[24,25]。该模型按照新冠肺炎感染状况将人群分为多个亚组，其中包括易感人群、潜伏性感染人群、

活动性感染人群、确诊人群以及治疗和康复人群。为了解该疾病在各省市区之间的传播情况，进一步将人群分为两个区域：一个处于疫情“震中”的湖北省；另一个处于中国其他地区。为了解民众跨省出行而造成的病毒传播情况，模型还考虑了易感人群和潜伏性感染人群在湖北省和中国所有其他地区之间的迁移情况。感染力与未治疗感染的发生率（包括处于潜伏性和症状性感染阶段的人群）成正比。我们做了以下假设：第一，假设接受治疗的人群（虽仍未康复）是在隔离环境中接受治疗，他们不会造成更多感染；第二，由于康复人群已获得免疫，而且人数相对较少，因此没有考虑康复人群的再次感染。模型开发和统计分析是在R语言环境（version 3.6.3, Austria）中进行。

模型考虑了会对传播动态产生影响的几种情况，模拟了自2020年1月10日正式确认新冠病毒以来的疾病传播情况。根据2019年春运期间的日客流量，假设湖北省的出行人数为100 000人。鉴于湖北省许多城市已在2020年1月23日实行封闭管理[9]，因此，假设自那时起湖北省就中断了与其他省份的往来。我们修正了抗疫假期之前及期间的病毒传播率，以评估其对疫情动态的影响。我们假设抗疫假期后的病毒传播率再次达到了假期之前的水平（有关模型的更多信息参见附录A中的S1部分）。

### 2.2. 数据源、参数估计和校准

主要数据源是国家及各省卫生健康委员会每日发布的新冠肺炎疫情数据，其中包括全国和湖北省的累计确诊人数、死亡人数和治愈人数[26,27]。在模型中，使用平均潜伏期来表示潜伏性感染期的持续时间[28]。利用模型校准，评估其他模型参数的值和初始疫情状况[29,30]。校准目标包括2020年1月20日至31日，湖北省和中国所有其他省份的每日新增确诊人数、累计死亡人数和累计治愈人数。使用直接搜索算法[29]来识别模型参数值，从而实现预测结果和校准目标之间的最佳匹配。考虑到模型参数的不确定性，重复1000次校准过程，并收集总校准误差不大于最小误差20%的一组校准参数。有关模型描述的更多信息参见附录A中的S2部分。校准期间，校准后的模型在获取确诊人数、死亡人数和治愈人数的总体趋势方面表现良好（见附录A中的图S2）。校准结果表明，就湖北省和中国所有其他省份而言，抗疫假期期间的病毒传播率分别只有假期之前的55%和45%。

## 2.3. 预测场景

### 2.3.1. 不同持续时间下公共假期对疫情控制的影响

我们估算了以下抗疫假期场景下的累计确诊人数和总感染人数：①基础场景——湖北省设立21 d的抗疫假期，中国所有其他省份设立10 d的抗疫假期，均从2020年1月24日开始[5,31]；②不设抗疫假期；③7 d抗疫假期——从2020年1月24日开始，为期7 d，与中国春节假期的长度相同；④10 d抗疫假期——从2020年1月24日开始，为期10 d；⑤21 d抗疫假期——从2020年1月24日开始，为期21 d。

### 2.3.2. 不同时间起点下公共假期对疫情控制的影响

此外，我们估算了基础场景中，不同时间起点下的累计确诊人数和总感染人数：①在基础场景下提前5 d开始；②在基础场景下推迟5 d开始。

### 2.3.3. 在同时实施其他政策以进一步降低病毒传播率的情况下，公共假期对疫情控制的影响

最后，我们估算了抗疫假期期间，不同疫情控制政策及效果下的累计确诊人数和总感染人数：与基础场景相比，抗疫假期期间的病毒传播率分别降低了50%和90%。

## 2.4. “争取时间”——抗疫假期能够延缓疫情传播多少天

我们进一步估计了不同政策场景下，新冠肺炎疫情达到特定传播水平所需天数：①确诊10 000例、50 000例和100 000例所需天数；②总感染人数（包括确诊/诊断、未确诊和潜伏性感染）达到50 000例和100 000例

所需天数。将各种抗疫假期场景下的这些数字与不设抗疫假期的场景进行比较，以量化基础场景及各种变体场景下疫情传播的天数。

## 2.5. 资金来源的作用

这项研究的资助者在研究设计、数据收集、数据分析、数据解释或报告撰写中未发挥任何作用。

## 3. 结果

### 3.1. 不同持续时间下公共假期对疫情控制的影响

图1显示了在中国大陆地区，抗疫假期在不同持续时间下对疫情控制的影响。垂直虚线表示基础场景中抗疫假期的时间起点，即2020年1月24日。圆点代表每日的累计确诊人数[27]。与不设抗疫假期的场景相比，设立抗疫假期能够大幅减少感染人数。抗疫假期的影响随着持续时间的增加而增强。由于新冠病毒的潜伏期相对较长，并且疫情正处在早期控制阶段，因此抗疫假期开始后，确诊人数并没有迅速减少[图1(a)]。从长期来看，抗疫假期能够很快减少各种感染[图1(b)]，并延缓疫情传播。附录A中的S3部分分别展示了抗疫假期对湖北省以及中国所有其他省份的影响。

与不设抗疫假期的场景相比，基础场景可使确诊感染50 000例和100 000例的时间分别延迟6.19 d和7.54 d。总感染人数达到100 000例的时间延迟幅度与此相似(表1)。延迟达到特定传播水平的速度，会随着假期时间的增加而增多。比如，为期7 d的全国性抗疫假期可使确诊感染100 000例的时间再多延迟4.36 d，而为期21 d的全国性抗疫假期会让这种延迟再增加近10 d。

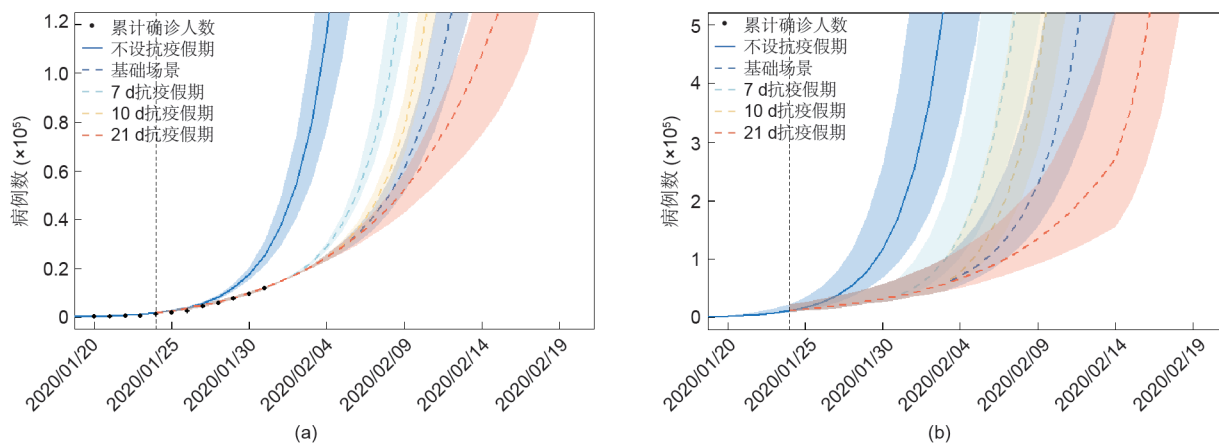


图1. 抗疫假期在不同持续时间下对疫情控制的影响。(a) 累计确诊人数；(b) 累计感染（包括潜伏期感染和活跃感染）人数。实线表示不设抗疫假期的场景，虚线表示不同持续时间的抗疫假期。阴影表示模型输出的95%的不确定区间。



### 3.2. 公共假期在不同时间起点下对疫情控制的影响

图2显示了抗疫假期在不同时间起点下对疫情控制的影响。时间起点越早,政策影响越大;但随着疫情的不不断发展,这种影响会逐渐减弱。在基础场景中,如果抗疫假期提前5 d实施,则确诊感染达到10 000例的时间将会再延迟5.14 d。但是,提前实施这一政策只能使确诊感染达到100 000例的时间多延迟1.47 d。在基础场景中,如果抗疫假期推迟5 d实施,抗疫假期的影

响将会大幅减弱(图2)。

### 3.3. 传播率进一步降低的情况下公共假期对疫情控制的影响

图3显示了在同时实施其他政策以进一步降低传播率的情况下,抗疫假期对疫情控制的影响。此类干预措施可大幅增强政策的影响力。与基础场景中抗疫假期当前的传播率校准降低的情况相比,病毒传播率降低50%

表1 抗疫假期对新冠肺炎疫情达到不同传播水平所需天数的影响

场景	抗疫假期对达到不同传播水平所需天数的影响 <sup>a</sup>				
	确诊感染人数			总感染人数 <sup>b</sup>	
	10 000例	50 000例	100 000例	50 000例	100 000例
持续时间					
不设抗疫假期(参考)	—	—	—	—	—
基础场景 <sup>c</sup>	1.48 (1.18, 1.80)	6.19 (5.00, 7.45)	7.54 (6.22, 9.06)	5.09 (3.07, 6.73)	6.92 (5.65, 8.30)
7 d抗疫假期	1.48 (1.18, 1.80)	4.09 (3.44, 4.73)	4.36 (3.65, 5.04)	4.00 (3.04, 4.69)	4.34 (3.66, 5.02)
10 d抗疫假期	1.48 (1.18, 1.80)	5.53 (4.58, 6.54)	6.10 (5.09, 7.11)	5.08 (3.07, 6.47)	6.08 (5.06, 7.10)
21 d抗疫假期	1.48 (1.18, 1.80)	6.89 (5.42, 8.96)	9.95 (7.66, 13.26)	5.11 (3.07, 7.01)	8.21 (5.85, 11.59)
起始时间					
不设抗疫假期(参考)	—	—	—	—	—
抗疫假期提前5 d	5.14 (3.87, 6.48)	2.46 (1.80, 3.05)	1.47 (1.02, 1.85)	3.26 (2.35, 5.20)	1.96 (1.28, 2.63)
抗疫假期推迟5 d	-1.48 (-1.80, -1.18)	-5.19 (-6.53, -3.87)	-4.90 (-6.71, -3.58)	-5.09 (-6.73, -3.07)	-5.99 (-8.04, -4.22)
传播率的降低					
基础场景(参考)	—	—	—	—	—
抗疫假期,传播率降低50%	1.69 (0.89, 2.21)	5.57 (3.81, 7.28)	4.98 (3.45, 6.80)	6.33 (5.01, 7.72)	5.46 (3.89, 7.21)
抗疫假期,传播率降低90%	6.00 (1.96, 8.54)	9.12 (6.65, 11.88)	8.19 (5.96, 11.02)	10.14 (8.06, 12.53)	8.76 (6.63, 11.47)

<sup>a</sup>表格中的数值代表抗疫假期场景与对比场景二者在达到特定传播水平所需天数方面的区别。

<sup>b</sup>总感染人数包括确诊/诊断、未确诊和潜伏性感染人数。

<sup>c</sup>基础场景代表抗疫假期在湖北省的持续时间为21 d,在中国所有其他省份的持续时间为10 d[5,31]。

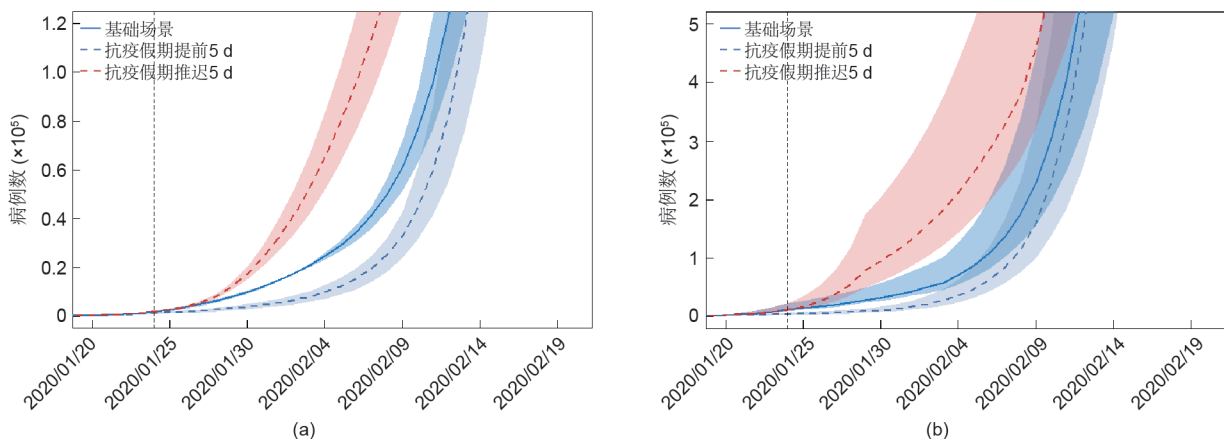


图2. 抗疫假期在不同时间起点下对疫情控制的影响。(a) 累计确诊人数; (b) 累计感染(包括潜伏期感染和活跃感染)人数。实线表示基础场景(湖北省为21 d,中国所有其他省份为10 d,均于2020年1月24日开始),虚线表示在基础场景中,抗疫假期提前或延后5 d实施的情况。阴影表示模型输出的95%的不确定区间。

和90%，会使确诊感染10 000例的时间分别再延迟1.69 d和6.00 d。

## 4. 讨论

中国在新冠肺炎疫情暴发初期就设立了抗疫假期，为有效应对疫情争取了大量时间。模型显示，春节假期及其后延长的3 d明显抑制了新冠病毒的蔓延。根据校准结果，抗疫假期迅速并大幅降低了新冠病毒的传播率：湖北省降到了假期前的55%，中国所有其他省份降到了假期前的45%。抗疫假期的核心策略是大幅减少人群社会聚集，从而防止无症状感染者传播病毒。与此相反，如果没有在假期期间实施疫情控制策略，那么旨在刺激消费和提振国内需求的正常度假政策将可能加剧疫情扩散。抗疫假期期间，由于人们足不出户，因此没有引发病毒在社区传播。政府要求居民尽量呆在家中，并关闭了公共场所，这些措施对阻止病毒跨省传播发挥了极大效力[1]。抗疫假期推迟了中国各地的群体性活动，并减少了春节期间湖北省民众通过走亲访友的方式将病毒传播给其他省份的机会。

我们分析的基础场景是国务院在疫情初期发布的抗疫假期：湖北省为21 d，中国所有其他省份为10 d。此外，我们还分别量化了这一总体影响的几个重要成因：中国春节假期历时7 d；全国统一将春节假期延长3 d；湖北省假期额外延长11 d（这样，湖北省的假期总时长达到21 d）。实际上各地延迟假期的天数要比基础场景中的还要长。春节假期所产生的影响大约占整个抗疫假期影响的一半，湖北省额外延长的假期政策影响大约占总

体政策影响的1/5。因此，与新冠肺炎疫情同时开启的春节假期是整个抗疫假期影响的主要驱动力。之所以将春节假期包括在总体政策影响的估算中，是因为即使这一传统节日不与疫情暴发的时间同步，中国政府也会在这一时刻启动抗疫假期的政策。此外，抗疫假期对控制疫情传播的关键影响机制——保持社交距离——与传统假期或公共卫生政策毫无关系。对于未来使用春节这一传统假期来遏制新发突发传染病的传播，类似巧合不太可能再次出现，因此将春节假期计入总体政策影响最为合适。

第二个主要发现：抗疫假期实施得越早、持续时间越长，就越能有效延缓疫情的传播。春节假期虽然与新冠肺炎疫情暴发时间吻合，但中国政府仍迅速决定延长抗疫假期，而处在疫情“震中”的湖北省更是规定了更长的闭户时间。这些发现对未来应对新发突发传染病具有一定的指导意义，政府应在传染病暴发的最初阶段，就考虑抗疫假期并综合考虑是否采取延长的策略。进行此类决策时，政府需要权衡抗疫假期对疫情控制及其他社会发展的影响，而本研究并未对此进行分析。抗疫假期确实在短时期内会阻碍经济增长[32]。未来的研究应进一步着眼于抗疫假期产生的多重结果，同时量化政策变量的不同影响，比如在不同地方、不同时间实施抗疫假期政策。

第三个主要发现：如果其他干预措施进一步降低了假期期间的病毒传播率，则抗疫假期在延缓疫情蔓延方面的效力将会大幅增强。此类干预措施包括追踪接触者、密切接触者居家隔离以及环境消毒和通风等。

本研究的目的是不是复制中国在新冠肺炎疫情期间的

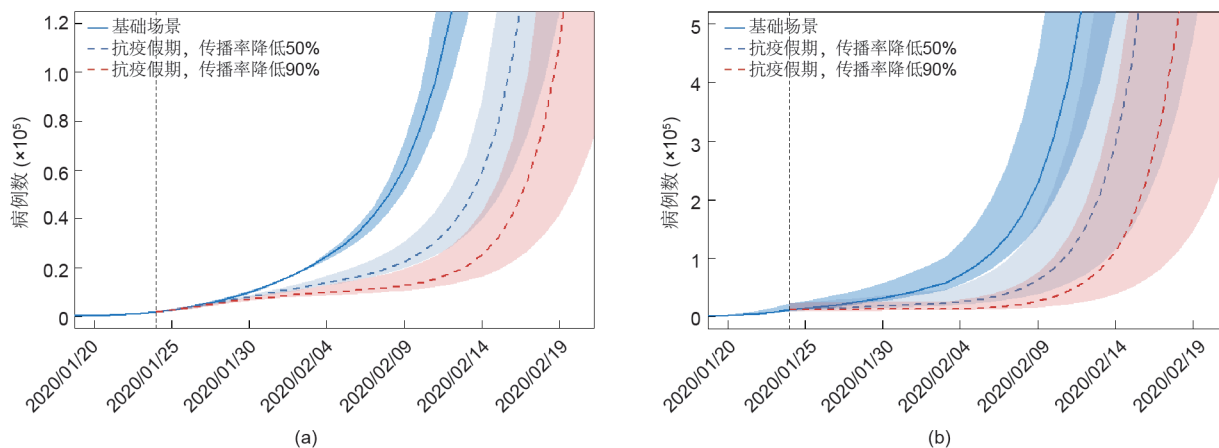


图3. 不同传播率下抗疫假期对疫情控制的影响。(a) 累计确诊人数；(b) 累计感染（包括潜伏期感染和活跃感染）人数。实线表示基础场景（湖北省为21 d，中国所有其他省份为10 d，均于2020年1月24日开始），虚线表示病毒传播率分别降低50%和90%的抗疫假期场景。阴影表示模型输出的95%的不确定区间。

整个感染轨迹和防控举措，而是探索疫情暴发初期以保持社交距离为主要目的的抗疫假期所产生的影响，及其持续时间和开始时间对疾病传播速度的总体影响。政府几乎可以立即实施抗疫假期，因为该政策不需要部署新的基础设施或体系，只需要宣布和发布该假期。

相反，其他的疫情防控策略和方法需要更长时间的计划和实施，因为需要部署新的基础设施或体系。我们使用了传染病初期的流行病学数据（即在2020年1月31日之前的正常农历春节期间）来校准新冠疫情传播的动态模型。这种选择使我们能够将抗疫假期的影响与后来实施的政策和方法区分开。后期实施的政策和方法包括“应收尽收、应治尽治”（leave no patient unattended or untreated）的防疫措施，大规模开展快速检测，一旦发现感染者便会进行隔离和治疗[33]。该策略需要部署新的基础设施。例如，中国政府于2020年2月在湖北省武汉市开设了新的医院（火神山和雷神山医院）对新冠肺炎患者进行治疗和隔离，并使用方舱医院对轻症或中症新冠肺炎患者实施集中机构隔离[33]。该策略还需要时间为大规模检测和集中机构隔离建立广泛的社会支持[34]。早期抗疫假期和后期政策的综合影响是，到2020年3月，武汉市和中国其他地区已控制了新冠肺炎疫情[23]。

结果表明，倘若未在抗疫假期结束后继续采取其他措施（正如本研究中所假设的那样），那么新冠肺炎疫情便会恢复到假期之前的指数级增长轨迹。也就是说，以在一定期限保持社交距离为主要目的的抗疫假期不应被视为新冠肺炎疫情的“治愈剂”，它只是减缓了病毒的传播速度，或者说是在理想情况下将其增速保持在可控范围，以便医疗系统及时应对。这表明当抗疫假期结束并重启经济时，如不采取预防措施，疫情仍有可能死灰复燃或出现第二波疫情[35]。为防止产生严重后果，各国在重启经济后仍应采取一系列措施来保持社交距离，其中包括减少人员接触、限制民众聚集以及鼓励员工居家办公（如果条件允许的话）。

通过设立公共抗疫假期，政府能争取更多时间来制定所缺失的有效应对措施。首先，国家可利用抗疫假期来完善基础设施，如方舱医院。其次，抗疫假期有助于国家调配筛查、诊断和治疗新冠肺炎患者所需的医疗用品，培训和部署包括住院医生和感染控制专家在内的专业人力资源来应对长期疫情。最后，抗疫假期能够减缓疫情传播，从而为积累知识争取更多时间，这对于改善疫情应对的长期影响和具体情况至关重要[36–41]。抗

疫假期期间，中国在识别和诊断新冠病毒[42,43]、研究病毒的起源和传播途径[17,18,41]、分析流行病学模式[28,44,45]以及探寻治疗方案[46–48]等方面都取得了实质性进展。但目前对新冠病毒传播途径的了解仍不全面，仍未找到有效的抗病毒疗法及疫苗[46,49]。

研究仍存在一些局限性。首先，我们对中国在抗疫假期期间为鼓励保持社交距离而采取的早期疫情应对政策（如暂停办公、关闭公共场所、封闭社区、主动追踪接触者和加强教育）的综合影响进行了建模。政府部门未来在参考调查结果进行政策决策时，不应笼统地认同抗疫假期的总体效力，还应考虑假期期间采取的各种综合措施。实际上，我们的模型通过对湖北省与中国所有其他省份的病毒传播率和减少量分别进行校准，说明了疾病传播和疫情控制效果可能存在不同模式。未来的实证研究应剖析抗疫假期中各种重要措施的影响，从而为决策提供更明确的支持。其次，我们仅估计了抗疫假期对疫情控制的影响，没有量化其对社会和经济发展的影响。未来的研究应剖析抗疫假期对一系列问题的影响，有原则地相互权衡（如进行成本效益分析）。再次，我们没有在模型中明确表述诊断能力的极限。为了简化模型结构，我们只假设了感染者出现症状后的总体诊断延误情况，并根据报告的确诊病例进行了校准。除了抗疫假期期间采取的防控措施外，随着疫情后期检测能力的大幅提升（虽未被模型捕获），诊断延误的减少有助于进一步控制确诊和收治（或隔离）之前的病毒传播，这可能会导致确诊病例短期内快速增多，但长远来看，检测收治能力上升后，新增感染将会放缓。最后，我们仅估算了抗疫假期对疾病传播的影响，而没有量化其对社会和经济的影响。未来的研究应确定抗疫假期对一系列结果的影响，并使用如成本效益分析等方法进行权衡。

以中国为例，我们发现抗疫假期可极大地抑制新冠病毒的传播。但是，如果疫情未在抗疫假期期间得到有效控制（即社区仍存在未被发现的病例），假期之后也未采取其他防控措施，那么病例将会激增并最终攀升至假期之前的水平，这说明重启经济后仍需继续保持社交距离。本研究强调疫情防控需要长期策略，即使人们在假期后重返工作岗位，该策略也能有效防控疫情。因此，抗疫假期的主要好处在于能通过延缓病毒传播为政府提供重要的时间窗口，以便完善基础设施、制定公共卫生防治措施、积累有关病毒的科学知识，从而为长期防控做好准备。



## 致谢

本研究受比尔及梅琳达·盖茨基金会（INV-006261）“COVID-19：中国公共卫生治理和服务供应体系研究”（2020—2022）及德国洪堡基金会资助。

## Compliance with ethics guidelines

Simiao Chen, Qiushi Chen, Weizhong Yang, Lan Xue, Yuanli Liu, Juntao Yang, Chen Wang and Till Bärnighausen declare that they have no conflict of interest or financial conflicts to disclose.

## Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.07.018>.

## References

- [1] Chen S, Yang J, Yang W, Wang C, Bärnighausen T. COVID-19 control in China during mass population movements at New Year. *Lancet* 2020;395(10226):764–6.
- [2] Liu Y, Gayle AA, Wilder-Smith A, Rocklöv J. The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *J Travel Med* 2020;27(2):1–4.
- [3] Yin D. China indefinitely shuts schools, extends holiday in effort to control outbreak [Internet]. Beijing: Caixin Global Limited; c2019 [updated 2020 Jan 27; cited 2020 Jan 28]. Available from: <https://www.caixinglobal.com/2020-01-27/china-indefinitely-shuts-schools-extends-holiday-in-effort-to-control-outbreak-101508893.html>.
- [4] The State Council of the People's Republic of China. The state council's announcement on the arrangement of public holidays in 2020 [Internet]. Beijing: The State Council of the People's Republic of China; 2019 Nov 21 [cited 2020 Feb 3]. Available from: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-11/21/content\\_5454164.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-11/21/content_5454164.htm). Chinese.
- [5] The State Council of the People's Republic of China. The state council's announcement on extending the New Year holiday in 2020 [Internet]. Beijing: The State Council of the People's Republic of China; 2020 Jan 27 [cited 2020 Jan 31]. Available from: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-01/27/content\\_5472352.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-01/27/content_5472352.htm). Chinese.
- [6] National Health Commission of the People's Republic of China. Transcript of the press conference on Jan 26, 2020 [Internet]. Beijing: National Health Commission of the People's Republic of China; 2020 Jan 26 [cited 2020 Jan 31]. Available from: <http://www.nhc.gov.cn/xcs/fkdt/202001/12ec9062d5d041f38e210e8b69b6d7ef.shtml>. Chinese.
- [7] Liu W, Yue X-G, Tchounwou PB. Response to the COVID-19 epidemic: the Chinese experience and implications for other countries. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(7):2304–9.
- [8] Viner RM, Russell SJ, Croker H, Packer J, Ward J, Stansfield C, et al. School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *Lancet Child Adolesc Health* 2020;4(5):397–404.
- [9] Wuhan's Headquarter on the Novel Coronavirus Prevention and Control. The announcement from Wuhan's headquarter on the novel coronavirus prevention and control [Internet]. Wuhan: General Office of Hubei Provincial People's Government; 2020 Jan 23 [cited 2020 Jan 31]. Available from: [http://www.hubei.gov.cn/zhuanti/2020/gzxxgzbd/zxtb/202001/t20200123\\_2014402.shtml](http://www.hubei.gov.cn/zhuanti/2020/gzxxgzbd/zxtb/202001/t20200123_2014402.shtml). Chinese.
- [10] Zhang J, Litvinova M, Liang Y, Wang Y, Wang W, Zhao S, et al. Changes in contact patterns shape the dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *Science* 2020;368(6498):1481–6.
- [11] Stern AM, Markel H. What Mexico taught the world about pandemic influenza preparedness and community mitigation strategies. *JAMA* 2009;302(11):1221–2.
- [12] Poletti P, Caprile B, Ajelli M, Pugliese A, Merler S. Spontaneous behavioural changes in response to epidemics. *J Theor Biol* 2009;260(1):31–40.
- [13] Hatchett RJ, Mecher CE, Lipsitch M. Public health interventions and epidemic intensity during the 1918 influenza pandemic. *PNAS* 2007;104(18):7582–7.
- [14] Ahmed F, Zviedrite N, Uzicanin A. Effectiveness of workplace social distancing measures in reducing influenza transmission: a systematic review. *BMC Public Health* 2018;18(1):518.
- [15] Ferguson NM, Cummings DAT, Cauchemez S, Fraser C, Riley S, Meeyai A, et al. Strategies for containing an emerging influenza pandemic in Southeast Asia. *Nature* 2005;437(7056):209–14.
- [16] Glass R, Glass L, Beyeler W, Min H. Targeted social distancing designs for pandemic influenza. *Emerg Infect Dis* 2006;12(11):1671–81.
- [17] Phan LT, Nguyen TV, Luong QC, Nguyen TV, Nguyen HT, Le HQ, et al. Importation and human-to-human transmission of a novel coronavirus in Vietnam. *N Engl J Med* 2020;382(9):872–4.
- [18] Chan J-W, Yuan S, Kok K-H, To K-W, Chu H, Yang J, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet* 2020;395(10223):514–23.
- [19] Wang C, Horby PW, Hayden FG, Gao GF. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet* 2020;395(10223):470–3.
- [20] United Nations. Coronavirus emergency: here's what we know so far [Internet]. New York: United Nations; 2020 Feb 3 [cited 2020 Feb 4]. Available from: <https://news.un.org/en/story/2020/02/1056562>.
- [21] Burki TK. Coronavirus in China. *Lancet Respir Med* 2020;8(3):238.
- [22] Tian H, Liu Y, Li Y, Wu C-H, Chen B, Kraemer MUG, et al. An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China. *Science* 2020;368(6491):638–42.
- [23] Pan An, Liu Li, Wang C, Guo H, Hao X, Wang Qi, et al. Association of public health interventions with the epidemiology of the COVID-19 outbreak in Wuhan, China. *JAMA* 2020;323(19):1915–23.
- [24] Brauer F, van den Driessche P, Wu J. *Mathematical epidemiology*. Berlin: Springer; 2008.
- [25] Martcheva M. *An introduction to mathematical epidemiology*. Berlin: Springer; 2015.
- [26] Updates on the epidemic [Internet]. Wuhan: Health Commission of Hubei Province; [cited 2020 Jan 31]. Available from: <http://wjw.hubei.gov.cn/fbjd/tzgg/>. Chinese.
- [27] Updates on the epidemic [Internet]. Beijing: National Health Commission of the People's Republic of China; [cited 2020 Feb 22]. Available from: [http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/list\\_gzbd.shtml](http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/list_gzbd.shtml). Chinese.
- [28] Li Q, Guan X, Wu P, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *N Engl J Med* 2020;382(13):1199–207.
- [29] Stout NK, Knudsen AB, Kong CY, McMahon PM, Gazelle GS. Calibration methods used in cancer simulation models and suggested reporting guidelines. *PharmacoEconomics* 2009;27(7):533–45.
- [30] Kong CY, McMahon PM, Gazelle GS. Calibration of disease simulation model using an engineering approach. *Value Health* 2009;12(4):521–9.
- [31] Xinhua Net. Hubei announced to extend Lunar New Year holiday until Feb 13 (in Chinese). Feb 1, 2020. [http://www.xinhuanet.com/local/2020-02/01/c\\_1125520350.htm](http://www.xinhuanet.com/local/2020-02/01/c_1125520350.htm) (accessed Aug 10 2020).
- [32] Lin J-L, Liu T-S. Modeling lunar calendar holiday effects in Taiwan. *Taiwan Econ Forecast Policy* 2002;33(2):1–37.
- [33] Chen S, Zhang Z, Yang J, Wang J, Zhai X, Bärnighausen T, et al. Fangcang shelter hospitals: a novel concept for responding to public health emergencies. *Lancet* 2020;395(10232):1305–14.
- [34] Li Z, Chen Q, Feng L, Rodewald L, Xia Y, Yu H, et al. Active case finding with case management: the key to tackling the COVID-19 pandemic. *Lancet* 2020;396(10243):63–70.
- [35] Maxouris C, Levenson E, Waldrop T. Some US states return to previous restrictions to slow surge of coronavirus cases [Internet]. Atlanta: Cable News Network; c2020 [updated 2020 June 30; cited 2020 Jul 1]. Available from: <https://edition.cnn.com/2020/06/29/health/us-coronavirus-monday/index.html>.
- [36] Horton R. Offline: 2019-nCoV outbreak—early lessons. *Lancet* 2020;395(10221):322.
- [37] Heymann DL. Data sharing and outbreaks: best practice exemplified. *Lancet* 2020;395(10223):469–70.
- [38] The Lancet. Emerging understandings of 2019-nCoV. *Lancet* 2020;395(10221):311.
- [39] Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Yi, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020;395(10223):497–506.
- [40] Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet* 2020;395(10223):507–13.
- [41] Lu R, Zhao X, Li J, Niu P, Yang Bo, Wu H, et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* 2020;395(10224):565–74.

- [42] Zhu Na, Zhang D, Wang W, Li X, Yang Bo, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med* 2020;382(8):727–33.
- [43] Zhou P, Yang X-L, Wang X-G, Hu B, Zhang L, Zhang W, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature* 2020;579(7798):270–3.
- [44] Epidemiology Working Group for NCIP Epidemic Response of the Chinese Center for Disease Control and Prevention. The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) in China. *Chin J Epidemiol* 2020;41(2):145–51. Chinese.
- [45] Guan W, Ni Z, Hu Y, Liang W, Ou C, He J, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med* 2020;382:1708–20.
- [46] Richardson P, Griffin I, Tucker C, Smitha D, Oechslea O, Phelan A, et al. Baricitinib as potential treatment for 2019-nCoV acute respiratory disease. *Lancet* 2020;395(10223):e30–1.
- [47] Cao B, Wang Y, Wen D, Liu W, Wang J, Fan G, et al. A trial of lopinavir–ritonavir in adults hospitalized with severe Covid-19. *N Engl J Med* 2020;382:1787–99.
- [48] Wang Y, Zhang D, Du G, Du R, Zhao J, Jin Y, et al. Remdesivir in adults with severe COVID-19: a randomised, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial. *Lancet* 2020;395(10236):1569–78.
- [49] Wang F-S, Zhang C. What to do next to control the 2019-nCoV epidemic?. *Lancet* 2020;395(10222):391–3.