

浸大物理学者建立基础病毒传播模型评估 COVID-19 大流行遏制措施效力

2021 年 3 月 24 日

在 2020 年 1 月武汉爆发 COVID-19 大流行后的几週内，人们就逐渐意识到新冠肺炎不仅会通过有症状的患者传播，还可能经由症前或无症状病毒携带者传播。这种无症状或症前传播对该疾病在全球范围内的快速扩散起了重要作用。传播方式的隐蔽性对公共卫生当局采取有效的遏制措施以及普通公民的疫情应对带来了前所未有的挑战。在过去的一年里，科学界对新冠肺炎发病过程的认识及干预措施的研究中取得了长足的进步。但是人类复杂的社会行为使得无症状和症状前传播至今未受到全面控制，世界上大多数国家仍在与新冠肺炎大流行作斗争。

2020 年 2 月，物理系的汤雷翰教授和田亮博士联合其合作者以及曾就读于浸大的学生一起启动了新冠肺炎流行病学建模项目（图 1）。该项目的目的是从临床数据出发，确定受感人群中处于疾病不同阶段的人数比例，并评估每组人群的传播能力（图 2）。经过仔细校对后，模型便可以对各种防控措施进行定量评估，供决策者和公众参考。他们的研究主要结果于 2020 年 3 月 16 日通过预印本网站 arXiv.org 发布。该工作现已于 2021 年 2 月 19 日发表在《自然通讯》。通过国际合作，有关口罩功效的相关证据综述发表于 2021 年 1 月 26 日的《美国国家科学院院刊》上，其预印本吸引了全球范围内超过 385,000 次浏览和超过 90,000 次下载。

他们的工作引入了几项新颖的建模策略，通过 COVID-19 潜伏期和传播统计等真实数据对模型参数直接校准。这些特点使得他们的模型在发病基本进程的基础上，根据特定社区的传播特徵或突变菌株的致病率做相应调整。他们还运用了物理学中的微扰展开方法来简化模型中关键的数学表达式，从而使结果易于被理解。

在防疫措施的设计方面，他们的工作系统地讨论了密切接触者追踪、扩大筛检、社交距离、戴口罩、居家隔离等传播控制措施对基本再生数（ R_0 ）的影响。当这些干预措施组合实施时， R_0 值可被压到 1.0 以下，从而实现新增 COVID-19 病例的指数下降。例如，接触者快速追踪与公共场所戴口罩并行，可以立竿见影地扭转疫情增长。在现实中，政府往往不得不采取渐进式干预措施，以减轻其对经济和民生的影响。疾病传播模型可以为政策制定者提供具体的优化防控措施，应对错综复杂的疫情变化。

该工作自发布以来，引起了世界许多地区的广泛关注，相关研究成果被多个国家的卫生机构，科研机构以及新闻媒体转载及引用（图 3），对推动戴口罩防疫产生了实质性影响。他们的口罩模型被製作成介绍视频发佈于 YouTube 上并吸引了超过 130 万次观看（<https://www.youtube.com/watch?v=Y47t9qLc9I4>）。在世界各国逐渐从疫情中恢复的今天，该工作所提出的模型依然可以发挥重要作用。例如，通过追踪本地区疾病的实时传播情况，该模型可以帮助决策者动态评估其防疫隔离政策的有效性，根据疫情的近期表现制定客观科学的管控措施。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-021-21385-z>;
<https://www.pnas.org/content/118/4/e2014564118>.

图 1： 研究团队



图 2: 模型框架

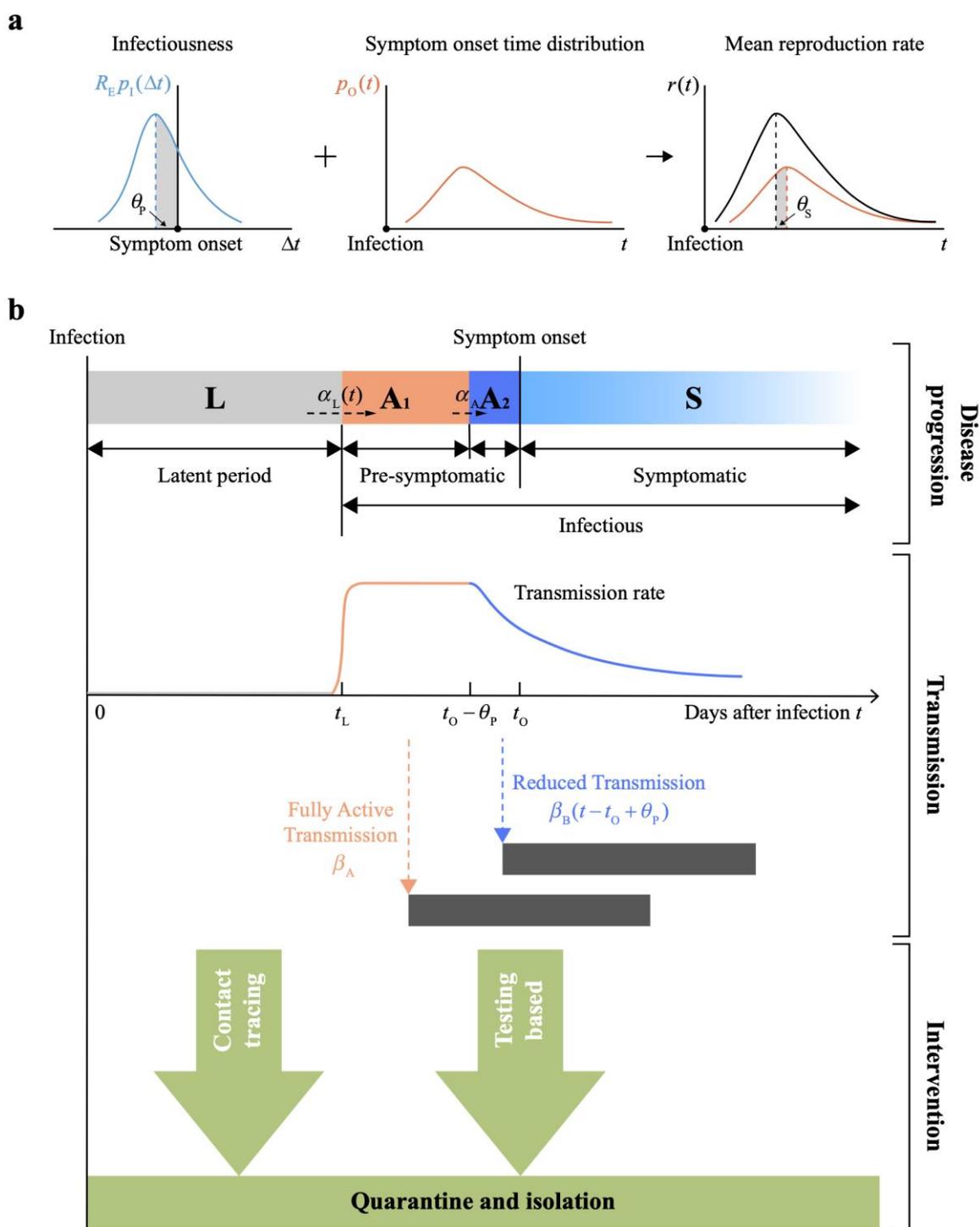
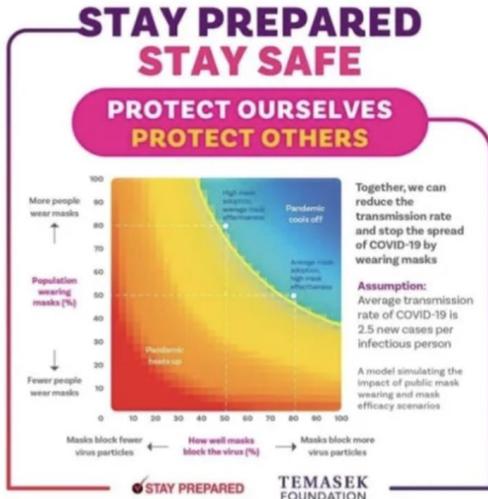


图 3: 新加坡和波兰媒体在公众戴口罩的宣传以及美国宾夕法尼亚州立大学 Frank Ritter 教授编撰的防疫手册对该工作结果的报导和引用

A Pair of Reusable Antimicrobial Masks Free to Every Singapore Resident

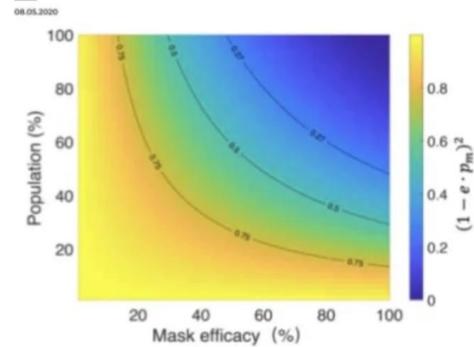
25 JUN 2020



⁴ Tian, Liang, et al., *Calibrated Intervention and Containment of the COVID-19 Pandemic*, 2020



Im więcej ludzi nosi maski, tym szybciej wygasa epidemia? O co chodzi w modelu matematycznym



Wpływ populacji masek oraz ich skuteczności na współczynnik reprodukcji epidemii R0 (Fotografia: Lian Tang) et al., "Calibrated Intervention and Containment of the COVID-19 Pandemic", kwiecień 2020

SKILLS TO OBSTRUCT PANDEMICS

How to protect yourself and your community from COVID-19 and similar infections

Frank E. Ritter, PhD
Amanda C. Clase, PhD
Stephanie Leigh Harvill, BFA MED
Martin K.-C. Yeh, PhD
Renuka E. Joseph, ScM
Jeffrey J. Oury, MD

Jacob D. Oury, BS
Edward J. Glantz, MBA PhD
Alexis Fenstermacher, BSN RN
Mathieu Brener, PhD
James J. James, MD DrPH MHA

With Compliments

Dear Professor,
thanks for permission to use your figure. Here's what came of it.
Sincerely
Liam Tang

Applied Cognitive Science Lab

309 East IST Building, University Park, PA 16802
+1 (814) 865-4455 (phone) +1 (814) 865-6462 (fax) acs.ist.post.edu/acs-lab

MASK WEARING AND MASK EFFICIENCY

MORE PEOPLE DOING BOTH EQUALS LESS SPREAD

Numbered circles and coloring show average spread from a single case. Note: Any number anything over 1 spreads exponentially.

Fig. 10.15 How mask wearing and mask efficiency reduce the spread. Based on figure 54 from Tian et al., used with permission. [310.23]

READ MORE

2020.20 Tian, Liang, Barfi LL, Qi QJ, Qian-Yuan Teng, Wade Tang, Jiang Liu, Zhiyuan Li et al. 2020. "Calibrated Intervention and Containment of the COVID-19 Pandemic." <https://doi.org/10.1101/2020.05.07.20101491>

2020.24 Masks help stop the spread of coronavirus - the science is simple and the use of 100 experts urging governments to require public mask-wearing. <https://www.bbc.com/news/health-55666666>

2020.26 At least 200 million people are wearing masks. <https://www.bbc.com/news/health-55666666>