

Review of Future Trends of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Epidemic Based on Developed Forecasting Models in the World

Kambiz Abachizadeh ^{1,2} 

1. Associate Professor of Community Medicine, Social Determinants of Health Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Associate Professor of Community Medicine, Department of community medicine, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

***Corresponding Author:** Kambiz Abachizadeh, Social Determinants of Health Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Email: k.abachizadeh@sbmu.ac.ir

Received: 4 March 2020

Accepted: 4 March 2020

Published: 9 March 2020

How to cite this article:

Abachizadeh A. Review of Future Trends of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Epidemic Based on Developed Forecasting Models in the World. *Salamat Ijtimai (Community Health)*. 2020; 7(Supple COVID-19):10-19. DOI: <http://doi.org/10.22037/ch.v7i2.29276>.

Abstract

Background and Objective: From the beginning of identification and spread of the new coronavirus disease in the early days of January 2020, there have been global attempts to provide an overview of the future trends. The objective of this study was to review the future trends of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic based on developed forecasting models in the world.

Materials and Methods: This study reviews all mathematical modeling studies which anticipated the future state of COVID-19. Seven studies were selected to be assessed. Key points on the peak of disease epidemic and the effectiveness of large-scale population interventions were extracted.

Results: The initial assessment demonstrated high probability of the global spread of COVID-19. It seems that peak of epidemic will be in early April 2020 in China and continue until the late April 2020. Measures aiming to limit transportation would not be effective to contain disease. Due to high probability of disease transmission before presentation of symptoms, it has been already shown that we would encounter epidemic wider than previous epidemics such as SARS and Ebola.

Conclusion: It seems probable that an epidemic pattern to that of Wuhan would take place in Iran with a few weeks delay. Along with large scale population interventions such as school closure and gathering restrictions, healthcare systems should be prepared to isolate patients and provide more intensive care beds. Consistent with the novel evidence in the future, suggestions must be updated.

Keywords: Coronavirus disease 2019, COVID-19, Forecast, Review, Trend.

Conflict of Interest: None of the authors has any conflict of interest to disclose.

Ethical publication statement: We confirm that we have read the Journal's position on issues involved in ethical publication and affirm that this report is consistent with those guidelines.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

مروری بر روند گسترش همه گیری بیماری کرونای جدید در ماه های آینده بر مبنای مدل سازی های انجام گرفته در جهان

کامبیز عباچی زاده^۱ ^۲

۱. دانشیار پزشکی اجتماعی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. دانشیار پزشکی اجتماعی، گروه بهداشت و پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: کامبیز عباچی زاده، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

Email: k.abachizadeh@sbmu.ac.ir

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸

چکیده

زمینه و هدف: با شروع شناسایی و گسترش بیماری کرونای جدید در اولین روزهای سال ۲۰۲۰، تلاش های جهانی برای ترسیم تصویری روشن از آنچه در پیش است، آغاز شد. مطالعه حاضر سعی دارد، پیش بینی های علمی انجام گرفته در این خصوص را مورد بررسی قرار دهد.

روش و مواد: مطالعه با رویکرد مروری، در ابتدا، سعی در یافتن کلیه مطالعاتی داشته که با مدلسازی های ریاضی در جهت پیش بینی روند آینده بیماری در جهان، اجرا و منتشر شده اند. در نهایت هفت مطالعه انتخاب و نکات کلیدی آنها بخصوص در مورد پیک بیماری در آینده و میزان تأثیر مداخلات جمعیتی بزرگ بررسی شد.

یافته ها: بررسی های اولیه بیانگر احتمال قابل ملاحظه وقوع یک همه گیری جهانی است. پیک اپیدمی در ایالات مختلف کشور چین، احتمالاً در اوایل آوریل ۲۰۲۰ رخ داده و ادامه آن تا اواخر ماه آوریل خواهد بود. اقدامات محدودکننده جابجایی در چین برای محدود کردن بیماری مؤثر نبوده است. با توجه به احتمال قابل ملاحظه انتقال قبل از شروع علائم در این بیماری، با اپیدمی گسترده تری در مقایسه با موارد مشابه مثل SARS یا Ebola روبرو خواهیم بود.

نتیجه گیری: الگوی مشابه همه گیری Wuhan، احتمالاً با چند هفته تأخیر در ایران رخ خواهد داد. در کنار اقدامات جمعیتی مانند تعطیلی اجتماعات، مدارس و محیط های کار، آمادگی نظام بیمارستانی کشور برای پذیرش بیماران نیازمند ایزولاسیون و تأمین تخت های مراقبت ویژه کافی توصیه می شود. با توجه به شفاف شدن بیشتر اطلاعات در آینده، لازم است توصیه ها بروز گردد.

واژگان کلیدی: بیماری کرونای جدید، کووید ۲۰۱۹، مدل سازی، مرور، همه گیری.

مقدمه

در ۳۱ دسامبر سال ۲۰۲۰ (۱۰ دی ۱۳۹۸)، طغیان نوعی پنومونی آتیپیک بر اثر ابتلا به ویروس جدید کرونا (COVID-19) در شهر Wuhan چین گزارش شد (۱). تا روز سوم مارس ۲۰۲۰ (۱۳ اسفند ۱۳۹۸)، براساس اعلام سازمان بهداشت جهانی، در بیش از ۸۰ کشور جهان، حدود ۹۰ هزار مورد جدید و سه هزار مرگ گزارش شده است (۲). بیشترین موارد ابتلا در کشورهای چین، کره جنوبی، ایتالیا، ایران و ژاپن بوده است (۲). تعداد موارد ابتلا و مرگ در ایران در تاریخ سوم مارس ۲۰۲۰ به ترتیب ۱۵۰۱ و ۶۶ نفر گزارش شده است (۲). با توجه به ماهیت جدید این عفونت و نشانه‌های اولیه مبنی بر احتمال وقوع همه‌گیری‌های چشمگیر که ممکن است نسبت به همه‌گیری‌های قبلی ناشی از ویروس‌هایی مانند SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) و MERS-CoV (Middle East Respiratory Syndrome) شدیدتر باشد، لازم است تحلیل کاملی در مورد نحوه گسترش بیماری به عمل آید (۳).

برای مقابله با همه‌گیری بیماری کرونای جدید، ضروری است که تصویر روشن از آنچه ممکن است اتفاق بیفتد، ترسیم گردد. یکی از ابزارها برای رسیدن به این هدف، مدلسازی‌های ریاضی جهت پیش‌بینی سناریوهای احتمالی آینده می‌باشد. در مدل‌های ریاضی، با استفاده از یک سری مفروضات، سناریوهای محتمل آینده تحلیل می‌گردد. ماهیت غیر قابل پیش‌بینی بیماری‌های عفونی، در کنار ترس جامعه از این نوع بیماری‌ها، لزوم پیش‌بینی روندهای آینده را مشخص می‌سازد (۴).

با توجه به تنوع بیماری‌های عفونی، مدلسازی‌های ریاضی، از حدود دهه پنجاه میلادی، توسعه یافته و مورد استفاده سیاست‌گذاران قرار گرفته است (۵). مسلماً، به علت وجود میزان‌های غیر قابل اجتنابی از عدم اطمینان (uncertainty) در مفروضات، بسیاری از پیش‌بینی‌ها ممکن است به وقوع نپیوندند و مثال‌های مربوط به پیش‌بینی‌های تحقق نیافته در گذشته بسیار زیاد بوده است (۵). علی‌رغم این، در موارد بسیاری نیز، کارایی این مدل‌ها تایید شده است. مثالی از کارایی مدلسازی‌های موجود، پیش‌بینی زمان دقیق وقوع آنفولانزای فصلی در آمریکا در سال ۲۰۱۸-۲۰۱۹ بود (۶). نکته مهم دیگر اینکه در مواردی مانند بیماری کرونای جدید، با گذشت زمان و آشکار شدن بسیاری از داده‌ها و کاهش عدم اطمینان، امکان پیش‌بینی‌های بهتری به وجود می‌آید.

پیش‌بینی وضعیت آینده در مورد بیماری کرونای جدید، برای پیش‌بینی زیرساخت‌های ضروری برای مدیریت بیماری بسیار کمک‌کننده خواهد بود. برای مثال با چنین تحلیل‌هایی، امکان برآورد امکانات لازم مانند میزان تخت‌های ایزوله، بخش‌های مراقبت ویژه و نیروی انسانی متناسب، فراهم می‌آید. هدف مطالعه حاضر، بررسی مدلسازی‌هایی است که از آغاز پدیدار شدن بیماری کرونای جدید، در موسسات معتبر علمی در سطح جهان با هدف پیش‌بینی روند آینده گسترش بیماری انجام شده است. مسلماً مطالعه این روندها، در مدیریت این بیماری در کشور ما نیز مؤثر خواهد بود.

روش و مواد

مطالعه حاضر با رویکرد مرور ساختارمند (Structured)، در ابتدا به دنبال یافتن مطالعات مربوط به مدلسازی بیماری کرونای جدید بوده است. بازه زمانی، از زمان شروع شناسایی بیماری (۳۱ دسامبر ۲۰۱۹) تا زمان تدوین مقاله (اول مارس ۲۰۲۰) بوده است. برای یافتن مطالعات هدف، از بانک‌های اطلاعاتی Google scholar و Medline استفاده شد. کلمات کلیدی مرتبط با پیش‌بینی روند شامل prediction, estimation, mathematical model, projection و کلمات مرتبط با ویروس کرونای جدید شامل COVID-2019, SARS-CoV-2, "new Corona disease" و COVID-19 بود. انتخاب مستندات براساس معیارهای زیر انجام گرفت:

- مدلسازی ریاضی و استفاده از روش استاندارد برای پیش‌بینی گسترش بیماری کرونای جدید
- داشتن مفروضات مشخص
- زبان انگلیسی مطالعه

در نهایت، هفت مطالعه به شرح زیر انتخاب شد.

- مطالعه مدل سازی در دانشگاه Ontario برای پیش بینی اپیدمی براساس یافته های اولیه در دو نسخه ۷ و ۲۷ ژانویه ۲۰۲۰ (۷ و ۸)
- مدل سازی دانشگاه هنگ کنگ منتشر شده در مجله Lancet در ۳۱ ژانویه ۲۰۲۰ (۹)
- مدل سازی کالج سلامت عمومی لندن منتشر شده در مجله "سلامت جهانی Lancet" (۱۰)
- مدل سازی انجام گرفته در دانشگاه Texas بر استفاده از تکنولوژی هوش مصنوعی (۱۱)
- پیش بینی بار بیماری کرونای جدید در ایران بر مبنای موارد شناسایی شده در کشورهای دیگر (۱۲)
- روند احتمالی ابتلا در آفریقا (۱۳)
- روند احتمالی خدمات مورد نیاز در چین برای مدیریت بیماری کرونای جدید (۱۴)

در مورد هر مطالعه انتخاب شده، سعی بر این بود که نکات کلیدی در مورد جمعیت شبیه سازی شده، مفروضات مدل، نتایج مهم، اعتبار سنجی مدل، محدودیت ها و پیشنهادات استخراج شود.

یافته ها

نتایج مهم به دست آمده از هفت مطالعه در ادامه آمده است.

*مدل سازی دانشگاه Ontario برای پیش بینی اپیدمی براساس برآوردهای اولیه (۷ و ۸)

این مدل سازی، در دو نسخه و در تاریخ های ۷ و ۲۷ ژانویه ۲۰۲۰ منتشر شده است. مطالعه بر اساس داده های تاریخ یک تا ۲۲ ژانویه ۲۰۲۰ کشور چین و کشور ها دیگر می باشد. مدل مورد استفاده، مدل SEIR (deterministic) بوده است. مدل SEIR بر مبنای موارد حساس، مواجهه یافته، عفونی و بهبود یافته بنا می شود. مهم ترین مفروضات در نظر گرفته شده، شامل این موارد بوده است:

- عدم در نظر گرفتن مداخلات کنترلی احتمالی و تغییر رفتارهای سلامتی مردم تا تاریخ انتشار مقاله: قابل ذکر است که مداخلات بزرگ جمعیتی مانند محدودیت های هوایی در تاریخ ۲۳ ژانویه در چین آغاز شد.
- فرض بر ادامه سفرهای هوایی
- نحوه انتقال فقط از انسان به انسان
- فاصله زمان مواجهه تا امکان سرایت (latent period) چهار روز در نظر گرفته شد که در نسخه دوم مقاله در ۲۷ ژانویه، به ۶ روز تغییر یافت.
- تخمین اولیه میزان (Reproductive number) R_0 برابر $\frac{3}{1}$ تا $\frac{4}{1}$ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد بود. شاخص R_0 متوسط تعداد افرادی است که دچار عفونت ثانویه از یک فرد مبتلا می شوند.

مهم ترین نتایج به شرح زیر به دست آمد:

- جهت توقف افزایش بیماری، ۵۸ تا ۷۶ درصد در کاهش انتقال، ضروری است.
- فقط حدود ۵٪ افراد در Wuhan چین شناسایی شده اند.
- در صورت عدم کنترل، تا ۲۹ ژانویه تعداد موارد آلوده شده در Wuhan به حدود صد هزار خواهد رسید. احتمال بالایی از بروز طغیان در شهرهای بزرگ چین است. احتمال انتقال از طریق سفرهای هوایی به کشورهایی مثل تایلند، ژاپن و ... زیاد است (ایران در فهرست کشورهای مذکور نبود).
- تعداد افراد آلوده شده در مناطق دیگر بجز Wuhan، ۲۳۷ نفر (۱۶۷ تا ۳۲۴ نفر با فاصله اطمینان ۹۵ درصد)، تا ۲۹ ژانویه خواهد بود. به همین دلیل هشدار به کشورهایی مانند تایلند، ژاپن، کره و ... برای انتقال از طریق مسافرین هوایی داده می شود.
- به نظر سرعت رشد طغیان این بیماری، بالاتر از SARS و MERS-CoV است. که نشان می دهد کنترل آن احتمالا سخت تر خواهد بود.

- پیشنهاد بدیهی این بود که با افزایش داده ها، مدل سازی باید بروز شود.
- مهم ترین محدودیت های مدلسازی به شرح زیر بود:
- مبدا یک ژانویه ۲۰۲۰، به عنوان نقطه شروع اپیدمی در نظر گرفته شده است. در حالی که ممکن است شروع طغیان، قبل از آن و انتقال از طریق سفرهای هوایی انجام گرفته باشد.
- پیش بینی R_0 براساس بازه زمانی محدودی بوده است و احتمالاً در روند ادامه گسترش بیماری، این شاخص کاهش پیدا خواهد کرد.
- تنها مسافرت های هوایی به عنوان نحوه انتشار مطرح شده است و مسافرت های زمینی در نظر گرفته نشده است.
- شروع مداخلات بزرگ جمعیتی و تأثیر احتمالی آن بر مدل، در نظر گرفته نشده است.
- پدیده تغییرات فصلی در رفتار بیماری (Seasonality) در نظر گرفته نشده است.

*مدلسازی دانشگاه هنگ کنگ منتشر شده در مجله Lancet در ۳۱ ژانویه ۲۰۲۰ (۹)

هدف مطالعه، پیش بینی گسترش جهانی طغیان ویروس کرونای جدید (nCoV-۲۰۱۹) می باشد. مطالعه از داده های تاریخ ۳۱ دسامبر تا ۲۸ ژانویه ۲۰۲۰، استفاده کرده است. در ضمن تأثیر قرنطینه شهر Wuhan در تاریخ ۲۳ و ۲۴ ژانویه بررسی شده است. مدل مورد استفاده، مدل SEIR بود.

مهم ترین نتایج به شرح زیر است:

- در سناریو پایه این مطالعه، شاخص R_0 معادل $2/68$ تا $2/47$ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد) در نظر گرفته شده است.
- زمان دو برابر شدن اپیدمی (Epidemic doubling time) معادل $6/4$ روز ($5/8$ تا $7/1$ روز با فاصله اطمینان ۹۵ درصد) می باشد.
- پنج شهر بزرگ چین، با فاصله یک تا دو هفته از طغیان در Wuhan، وارد فاز رشد تصاعدی اپیدمی شده اند.
- برآورد این مطالعه نشان می دهد، که کاهش ۵۰ درصدی در سفرهای داخل شهری در شهر Wuhan، تأثیر ناچیز بر پویایی این اپیدمی داشته است. در واقع این تأثیر ناچیز، باعث تأخیر یک تا دو هفته ای در رسیدن به پیک اپیدمی در Wuhan شده است که احتمالاً در ماه آوریل رخ خواهد داد.
- اگر سفرها در همه شهرهای سرزمین اصلی چین (بجز هنگ کنگ، تایوان و ماکائو)، ۲۵٪ کاهش می یافت، احتمالاً هم در میزان رشد و هم وسعت اپیدمی، کاسته می شد. بصورتی که پیک اپیدمی با یک ماه تأخیر و با نصف وسعت، ایجاد می شد.
- اگر ۵۰٪ کاهش در جابجایی ها ایجاد می شد، می توانست باعث رسیدن میزان R_0 به میزان $1/3$ و در نتیجه، رشد آرام اپیدمی و عدم ایجاد پیک در نیمه اول ۲۰۲۰ شود.
- شهرهای بزرگ خارج چین، با مرادوات بالا با چین، دچار طغیان بیماری خواهند شد، مگر با اقدامات بسیار شدید هم در سطح فرد و هم جامعه.
- برنامه های آمادگی با توجه به گسترش سریع در جهان باید اجرا شود.
- بطور کلی، ایجاد محدودیت حرکت در Wuhan، اثر ناچیزی بر گسترش اپیدمی داشته است. با توجه به ارتباطات با دیگر کشورها، اپیدمی بیماری در نیمه اول ۲۰۲۰ در کشورهای دیگر تجربه خواهد شد.
- با توجه به روند حاضر، این بیماری در حال تبدیل به یک همه گیری جهانی (پاندمی) است. برای موفقیت در کنترل انتشار بیماری، اقدامات اساسی و حتی اجبار قانونی برای محدود کردن حرکت جمعیت ها، مانند ممنوعیت تجمعات بزرگ، تعطیلی مدارس، و حتی محیط های کار توصیه می شود.

- اگر اقدامات جمعیتی، در کنترل اپیدمی ناتوان باشند، اقدامات قبلی که برای آنفولانزای پاندمیک، SARS یا MERS انجام شد، باید در دستور کار باشد.

*مدلسازی کالج سلامت عمومی لندن منتشر شده در مجله "سلامت جهانی Lancet" (۱۰)

این مدلسازی، در ۲۸ فوریه ۲۰۲۰ در مرکز مدلسازی ریاضی در دانشگاه لندن، انجام شده است. برای مدلسازی متد SEIR (stochastic) مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعه با هدف اصلی بررسی تأثیر تعقیب مؤثر تماس ها (tracing of contacts) و ایزوله کردن موارد بر اپیدمی بیماری طراحی شده است.

متغیرهای در نظر گرفته شده در سناریوهای مختلف شامل این موارد می باشند: (۱) موارد اولیه (initial cases)، (۲) شاخص R_0 ، (۳) فاصله زمانی بین شروع علائم تا ایزولاسیون، (۴) احتمال تعقیب تماس ها، (۵) احتمال انتقال قبل از شروع علائم و (۶) میزان موارد تحت بالینی (subclinical).

مهم ترین نتایج به شرح زیر بود:

- بدون تعقیب موارد تماس یافته با فرد بیمار، اپیدمی در صورتی قابل کنترل بود که R_0 معادل $1/5$ و احتمال انتقال قبل شروع علائم، صفر می بود.
- اگر R_0 معادل $1/5$ باشد، "فاصله بین شروع علائم و ایزولاسیون"، مهم ترین نقش را در کنترل اپیدمی خواهد داشت.
- اگر R_0 $2/5$ یا ۳ در نظر گرفته شود، و اگر ۴۰ مورد اولیه بیماری اتفاق افتاده باشد، تعقیب (tracing) مؤثر تماس ها و ایزوله کردن موارد وقتی مؤثر خواهد بود که کمتر از یک درصد انتقال قبل از شروع علائم اتفاق افتاده باشد. اگر R_0 $2/5$ باشد، ۷۰ درصد تعقیب تماس ها برای کنترل اپیدمی ضروری است. اگر R_0 $3/5$ باشد، ۹۰ درصد تعقیب تماس ها برای کنترل اپیدمی ضروری است.
- در بسیاری از سناریوهای مورد بررسی، تعقیب (tracing) مؤثر تماس ها و ایزوله کردن موارد برای پیشگیری از طغیان جدید، در سه ماه آینده مؤثر است. احتمال کنترل اپیدمی، بر اثر این عوامل کاهش می یابد: (۱) افزایش فاصله روزهای بین شروع علائم و ایزوله کردن، (۲) تعقیب تعداد کمتر موارد در تماس و (۳) افزایش احتمال انتقال بیماری قبل از شروع علائم. مسلماً این مدلسازی با توجه به یافته های جدید، بخصوص در مورد میزان های انتقال باید بروز شود.
- ایزولاسیون وقتی بسیار مؤثر است که احتمال انتقال در فرد قبل از بروز علائم، بسیار پایین باشد و نیز فاصله زمانی شروع علائم تا ایزولاسیون کوتاه باشد.
- از محدودیت های این مطالعه این است که نقش دیگر اقدامات بزرگ جمعیتی در کاهش میزان R_0 در نظر گرفته نشده است.
- در کل، در بسیاری از سناریوهای مطلوب، ایزولاسیون موارد و تعقیب موارد تماس به تنهایی برای کنترل طغیان، ناکافی است. این در شرایطی است که انجام ایزولاسیون و تعقیب کامل در بسیاری نظام های سلامت بسیار سخت انجام می گیرد.

*مدل سازی انجام گرفته در دانشگاه Texas با استفاده از هوش مصنوعی (۱۱)

مدلسازی انجام گرفته در دانشگاه Texas آمریکا، براساس بر مبنای داده های جمع آوری شده بین ۱۹ ژانویه تا ۱۶ فوریه سال ۲۰۲۰ توسط سازمان بهداشت جهانی می باشد. مدل مورد استفاده مدل SEIR می باشد. مفروضات به طور کامل ذکر نشده است ولی به نظر بسیار شبیه دو مدل سازی قبلی است. نکته قابل توجه، استفاده از تکنولوژی هوش مصنوعی با هدف پیش بینی بهنگام و در لحظه (real-time) بیماری کرونای جدید است. مدل در پی پیش بینی میزان گسترش بیماری در

چین از تاریخ ۲۰ ژانویه ۲۰۲۰ تا ۳۰ آوریل ۲۰۲۰ بوده است. این مدل‌سازی بدون در نظر گرفتن مداخلات جمعیتی بزرگ انجام گرفته شده است.

مهم‌ترین نتایج این مدل‌سازی به شرح زیر است:

- پیک موارد جدید در تاریخ ۵ فوریه و معادل ۳۹۰۸ مورد جدید خواهد بود.
- در ۲۳ آوریل، تعداد موارد جدید ثبت شده، به صفر خواهد رسید.
- براساس این مدل، اپیدمی در پایان آوریل (اوایل اردیبهشت) پایان خواهد یافت.
- زمان ورود ایالات مختلف چین، به فاز تثبیت (plateau) میزان موارد تجمعی، از ۱۰ فوریه تا ۲۰ آوریل خواهد بود.
- براین اساس کل میزان موارد تجمعی (accumulated cases) در میزان حداکثر خود، به حدود ۷۰ هزار در ۳ ژوئن ۲۰۲۰ خواهد شد.

*مدل سازی انجام گرفته در دانشگاه Toronto در مورد بار بیماری در ایران (۱۲)

این مدل سازی در تاریخ ۲۲ فوریه ۲۰۲۰ منتشر شده است. مطالعه، بدون مرور همتایان (peer-review)، چاپ شده است. به همین دلیل توصیه شده که برای طراحی گایدلاین‌های بالینی از آن استفاده نشود.

در فاصله ۱۹ تا ۲۳ فوریه، ایران گزارش ۴۳ مورد بیماری و ۸ مورد مرگ را داشته است. سه مورد بیماری کرونای جدید با منشأ ایران (exported)، در امارات متحده عربی، لبنان و کانادا شناسایی شده است. مطالعه در پی آن بوده است که با استفاده از این سه مورد خارج از ایران (ولی با منشأ ایران)، میزان گستردگی بیماری را در ایران تخمین بزند. مهم‌ترین مفروض مدل، داده‌های مسافرتی بوده که از آژانس هواپیمایی جهانی (یاتا) به دست آمده است. مدل مورد استفاده مدل فریزر (Fraser) و همکاران بوده است.

براساس این مطالعه، برآورد می‌شود که ۱۸۳۰۰ نفر (۳۷۷۰-۵۳۴۷۰ نفر با فاصله اطمینان ۹۵ درصد)، در ایران مبتلا بوده‌اند و اپیدمی حدود یک ماه و نیم قبل از مطالعه مذکور (۲۸ فوریه ۲۰۲۰)، در ایران شروع شده است. در بهترین سناریو، و با فرض شناسایی تمام موارد با منشأ ایران (exported) در فرودگاه‌های جهان، برآورد طغیان در ایران حدود ۱۸۲۰ مورد (۳۸۰ تا ۵۳۲۰ مورد با فاصله اطمینان ۹۵ درصد) می‌باشد. در حالی که با مشاهده موردی در کانادا به عنوان کشوری که در رتبه ۳۱ تعداد مسافر از ایران بوده است، می‌توان نتیجه گرفت که بسیاری از موارد با منشأ ایران در کشورهای دیگر شناسایی نمی‌شوند. نکته مهم اینکه احتمال مسافرت از ایران به کشورهای مثل عراق، آذربایجان، سوریه و ترکیه بسیار بیشتر است. در ضمن انتشار ویروس در کشورهای مجاور که نظام سلامت قدرتمندی ندارند باعث انتشار سریع‌تری خواهد شد.

*پیش‌بینی وضعیت در آفریقا (۱۳)

مطالعه‌ای در مجله Lancet در تاریخ ۱۹ فوریه ۲۰۲۰، با هدف پیش‌بینی وضعیت در آفریقا منتشر شده است. برای ارزیابی میزان خطر در کشورهای آفریقایی، مطالعه از شاخص‌های میزان آمادگی و آسیب‌پذیری برای مقابله با بیماری کرونای جدید بهره برده است. در این مطالعه آمده که اولین مورد بیماری کرونای جدید در مصر شناسایی شده است. کشورهایمانند مصر، الجزایر و آفریقای جنوبی با وجود آمادگی متوسط تا بالا، بیشترین احتمال ورود بیماری از چین را دارند. با توجه به میزان سفرها از چین، لزوم تخصیص منابع در آفریقا برای مقابله با بیماری ضروری است.

*پیش‌بینی بار بیماری کرونای جدید بر نظام خدمات سلامت (۱۴)

عنوان مطالعه انجام شده، بیانگر نگرانی از احتمال کمبودها و فشار بسیار بالا بر نظام ارائه خدمات سلامت، در پی گسترش بیماری کرونای جدید خواهد بود. مطالعه با استفاده از روش مدل‌سازی SIR و مقادیر موارد قطعی عفونت، بار خدمات بر روی

بخش های مراقبت های ویژه و بخش های بستری ایزوله را بررسی کرده است. برای برآورد مقادیر قطعی دو معیار در نظر گرفته شده است. اول اینکه میزان درصد تشخیص چه میزان خواهد بود و دوم اینکه میزان تأثیر اقدامات سلامت عمومی چقدر خواهد بود.

مهم ترین مفروضات به شرح زیر بود:

- میزان موارد آلوده (infected) در جمعیت (Acute infection rate) $0.13/0$ درصد
- احتمال نیاز به مراقبت ویژه در موارد تشخیص قطعی: ۱۸ درصد
- احتمال مرگ در صورت پذیرش در ICU: ۵ درصد
- متوسط روز بستری در صورت پذیرش در ICU: ۲۰ تا ۲۵ روز

برآورد می شود در صورت عدم اقدامات جامعه محور، میزان تشخیص ۵۰٪ خواهد بود. در این صورت، تعداد موارد حدود ۸۸ هزار برآورد می شود (تا ۳۱ ژانویه) که در نتیجه آن بار تحمیلی روی بخش آی سی یو و ایزوله، به ترتیب حدود ۹ و ۳۴ هزار خواهد بود. در صورت موفقیت ۷۰ درصدی اقدامات جمعیت محور، این بار بطور قابل ملاحظه ای خواهد کاست.

مطالعه توصیه می کند، که با توجه به بار احتمالی بسیار بالای بیماری بر نظام بیمارستانی، اقدامات کلان جمعیتی مانند تعطیلی مدارس، تعطیلی حمل و نقل عمومی، و حتی قرنطینه کردن شهرها و نیز اقدامات فردی مانند اجبار به مصرف ماسک توسط همه افراد انجام گردد. با انجام این اقدامات، احتمال کمبود ظرفیت بیمارستانی از نظر تخت ایزوله و مراقبت ویژه همچنان وجود دارد.

بحث

بررسی مدل سازی های انجام گرفته از زمان شروع طغیان بیماری کرونای جدید در Wuhan چین، بیانگر تهدید بسیار بالای بالقوه این بیماری در جهان است. رشد همه گیری در مقایسه با همه گیری های مشابه قبلی مانند SARS، MERS و Ebola چشمگیر است که به نظر مهم ترین علت آن، احتمال بالای "انتقال بیماری قبل از شروع علائم" است (۱۰).

ایزوله کردن بیماران و شناسایی زودرس احتمالاً به اندازه اپیدمی SARS در سال ۲۰۰۳ موفق نخواهد بود. بخاطر اینکه در مورد SARS و Ebola، عمدتاً انتقال بیماری، همزمان یا بعد از وقوع علائم اتفاق می افتاد (۱۵). در مورد بیماری کرونای جدید این شاخص تا حد زیادی نامشخص است. همچنین مدلسازی ها نشان می دهد برای توقف زنجیره انتقال، ایزولاسیون بیماران و تعقیب موارد تماسی باید به شکلی بسیار کارآمد انجام گردد (۹).

اکثر اقدامات جمعیتی سطح کلان، از گسترش و کاشته شدن (seeding) بیماری در نقاط دیگر ناتوان بوده اند و با احتمال زیاد، در اکثر مناطق با تبادل مسافرتی بالا با چین، شاهد طغیان های مشابه شهر Wuhan خواهیم بود. در چنین نقاطی احتمال پیک اپیدمی در ماه های آینده بالا خواهد بود. در کشور ما، به نظر می رسد با توجه به شروع احتمالی بیماری که حدوداً با دو یا سه هفته تأخیر در Wuhan بوده است، پیک احتمالی در فرودین اتفاق افتاده و تا پایان اردیبهشت و با احتمال کمتر، تا خرداد ۱۳۹۹ ادامه خواهد یافت.

دیگر نکته مهم اینکه، وضعیت "پدیده تغییرات فصلی" در رفتار ویروس (seasonality) که در اپیدمی های مشابه مانند آنفولانزا دیده می شود، در مورد ویروس کرونای جدید ناشناخته است (۱۶). در صورت بروز چنین رفتاری از ویروس، پیش بینی ها نیازمند تعدیل خواهد بود.

نحوه انتقال بیماری همچنان بطور دقیق ناشناخته است. بروز در خوشه هایی مانند یک خانواده، و نیز در یک گروه کارکنان بخش بیمارستانی، موید بر انتقال انسان به انسان است. با این وجود، احتمال انتقال از روش های دیگر مانند حیوان به انسان بطور کامل رد نشده است. این موضوع از این نظر دارای اهمیت است که مدلسازی های انجام گرفته، روش انتقال را فقط انسان به انسان در نظر گرفته شده است.

یکی از نکات و محدودیت های مهم ذکر شده در مدلسازی ها، این است که احتمال انتقال ثانویه (Secondary transmission)، صفر در نظر گرفته شده است. در صورت وجود احتمال انتقال ثانویه، مدلسازی ها نیازمند بازنگری خواهند بود.

به نظر می رسد، رفتار های گروهی مردم در اپیدمی بیماری کرونای جدید، در مقایسه با اپیدمی های قبلی مانند آنفلوآنزای پاندمیک سال ۲۰۰۹ و SARS در سال ۲۰۰۳ از برخی جهات تغییر یافته است. تبادل راحت تر اطلاعات بین افراد جامعه، تغییر در رفتار های گروهی را سریع تر ساخته است. این ارتباطات، فرصت انتقال سریع پیام و ایجاد اعتماد از سمت مسئولین نظام سلامت به جمعیت ها را فراهم ساخته که در نتیجه آن، تصمیم گیری های کلان سخت، امکانپذیر شده است. برای مثال قرنطینه شهر Wuhan در چین با وجود اینکه بزرگترین قرنطینه تاریخ قلمداد می شد، به نظر می رسد با تبعات منفی اجتماعی چندانی روبرو نبوده است.

نکته دیگر، در مدلسازی های اخیر توجه قابل ملاحظه به مراودات بین المللی بوده است. افزایش و تسهیل مسافرت های بین المللی و اتصال نزدیک تر کشورها، احتمال انتقال بیماری واگیر را افزایش داده است. برای مثال در یک کشتی تفریحی ژاپنی، ۶۱ مورد ابتلا ذکر شده است. به همین جهت در صورت استفاده از چنین مدلسازی هایی، به شرایط خاص کشورها مانند الگوی غالب زمینی جابجایی ها در برخی کشورها توجه گردد.

نتیجه گیری

هدف مطالعه حاضر ترسیم تصویری از وضعیت آینده بیماری جدید کرونا در جهان و کشور ما بوده است. شواهد نشان می دهد این همه گیری در نیمه اول سال ۲۰۲۰ در بسیاری کشورها اتفاق خواهد افتاد. توصیه می شود در کشور ما، در کنار اقدامات کلان جمعیتی و بهداشتی مانند محدودیت در جابجایی افراد و تجمع ها، نظام ارائه خدمت بخصوص نظام بیمارستانی تامین بخش های کافی ایزوله بیماران و تخت های مراقبت ویژه را مد نظر قرار دهد. ضمناً، با توجه به شفاف شدن بیشتر اطلاعات در مورد ویروس کرونای جدید در آینده، نیاز به بروز رسانی یافته های اخیر وجود دارد.

تعارض در منافع

نویسندگان اظهار می دارند هیچ گونه تعارض منافی در مورد این مقاله وجود ندارد.

REFERENCES

1. 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. *The Lancet*. 2020 Jan 31 (Published Online).
2. World health Organizations, Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report-43. 3 March. 2020.
3. Cao Z, Zhang Q, Lu X, Pfeiffer D, Jia Z, Song H, Zeng DD. Estimating the effective reproduction number of the 2019-nCoV in China. *medRxiv*. 2020 Jan 1.
4. Getz WM, Salter R, Muellerklein O, Yoon HS, Tallam K. Modeling epidemics: A primer and Numerus Model Builder implementation. *Epidemics*. 2018 Dec 1;25:9-19.
5. Choisy M, Guégan JF, Rohani P. Mathematical modeling of infectious diseases dynamics. *Encyclopedia of infectious diseases: modern methodologies*. 2007 Jul 17:379-404.
6. Morgan JJ, Wilson OC, Menon PG. The Wisdom of Crowds Approach to Influenza-Rate Forecasting. In *ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress and Exposition* 2018 Nov 9. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
7. Read JM, Bridgen JRE, Cummings DAT, Ho A, Jewell CP. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions. *medRxiv* 2020; published online Jan 24. DOI:10.1101/2020.01.23.20018549 (preprint).

8. Read JM, Bridgen JRE, Cummings DAT, Ho A, Jewell CP. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions. medRxiv. 2020 Jan 28 [Epub ahead of print]. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.01.23.20018549v2>.
9. 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. The Lancet. 2020 Jan 31.
10. Joel Hellewell, Sam Abbott*, Amy Gimma*, Nikos I Bosse, Christopher I Jarvis, Timothy W Russell, James D Munday, Adam J Kucharski, W John Edmunds, Feasibility of controlling COVID-19 outbreaks by isolation of cases and contacts. Lancet Glob Health 2020. Published Online February 28, 2020 [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30074-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30074-7).
11. Hu Z, Ge Q, Jin L, Xiong M. Artificial Intelligence Forecasting of Covid-19 in China. arXiv preprint arXiv:2002.07112. 2020 Feb 17.
12. Tuite AR, Bogoch I, Sherbo R, Watts A, Fisman DN, Khan K. Estimation of COVID-2019 burden and potential for international dissemination of infection from Iran. medRxiv. 2020 Feb 25.
13. Gilbert M, Pullano G, Pinotti F, Valdano E, Poletto C, Boëlle PY, D'Ortenzio E, Yazdanpanah Y, Eholie SP, Altmann M, Gutierrez B. Preparedness and vulnerability of African countries against importations of COVID-19: a modelling study. The Lancet. 2020 Feb 20.
14. Ming WK, Huang J, Zhang CJ. Breaking down of healthcare system: Mathematical modelling for controlling the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak in Wuhan, China. bioRxiv. 2020.
15. Read JM, Bridgen JR, Cummings DA, Ho A, Jewell CP. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions. medRxiv. 2020 Jan 1.
16. Lipsitch M, Swerdlow DL, Finelli L. Defining the Epidemiology of Covid-19—Studies Needed. New England Journal of Medicine. 2020 Feb 19.