Journal of Military Medicine
2026, Volume 28, Issue 3
Pages: 3291-3305
10.30491/jmm.2026.1007053.1474

Emerging and Re-emerging Viral Infections as a Biological Threat to National Security and Management and Control Strategies

Ali Salimi Jeda [1*], Fatemeh Salimi Jeda [2], Hadi Esmaeili Gurchin Ghale [1], Sina Mahdavi [1]

[1] *Applied Virology Research Center, Institute of Biomedical Technologies, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[2] *Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran*

Received: 19 February 2026 **Accepted:** 18 August 2026

Abstract

Since the beginning of the 21st century, the world has experienced numerous outbreaks of emerging and reemerging viral infections. In addition to threatening public health, these outbreaks have had profound economic, social, military, and security consequences and have challenged countries' stability and national security. This narrative review article aims to examine the threats posed by emerging and reemerging viruses to the main pillars of national security. By reviewing relevant documents and sources, this study first assesses the characteristics that transform emerging and reemerging viruses into security crises. Then, using case studies from recent viral epidemics, it infers and explains the impact of these threats on the four key pillars of national security (military, economic, social, and political). Studies show that characteristics such as high transmission rates, significant mortality, unpreparedness of health systems, and widespread fear have the potential to transform a viral epidemic into a security crisis. Case studies illustrate the devastating effects of these crises on reducing military preparedness, creating economic stagnation, widening social divisions, and undermining the rule of law. The difficulty of distinguishing between a natural outbreak and a bioterrorist attack also highlights the need to strengthen oversight and response mechanisms. In today's interconnected world, health security and national security are inextricably linked. Key actions suggested include adopting a "One Health" approach, investing in new detection and monitoring technologies, improving governance for effective and transparent responses, and strengthening international cooperation. Ignoring this connection and lacking comprehensive planning could lead to more serious security crises in the future.

Keywords: Emerging viruses, Re-emerging Viruses, National Security, Biological Threat, Pandemic, One Health.

[*]Corresponding author: **Ali Salimi Jeda,** Email: salimi.ali84@gmail.com

مجله طب نظامی
دوره ۲۸، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۴۰۵
صفحات: ۳۳۰۵-۳۲۹۱
10.30491/jmm.2026.1007053.1474

عفونت‌های ویروسی نوپدید و بازپدید به عنوان تهدید زیستی برای امنیت ملی و راهبردهای مدیریت و کنترل

علی سلیمی جدا[۱]*، فاطمه سلیمی جدا[۲]، هادی اسمعیلی گورچین قلعه[۱]، سینا مهدوی[۱]

[۱] مرکز تحقیقات ویروس شناسی کاربردی، پژوهشکده فناوری های زیست پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده

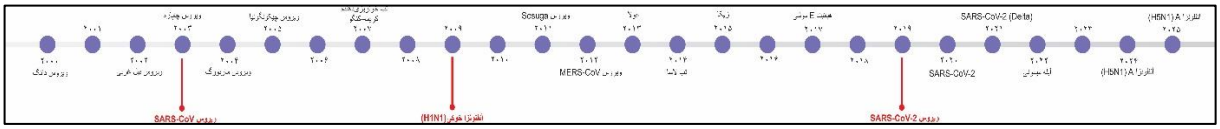
پس از آغاز قرن بیست‌ویکم، جهان شیوع عفونت‌های ویروسی نوپدید و بازپدید متعددی را تجربه کرده است. این شیوع‌ها علاوه بر تهدید سلامت عمومی، پیامدهای عمیق اقتصادی، اجتماعی، نظامی و امنیتی به همراه داشته و ثبات و امنیت ملی کشورها را با چالش‌هایی مواجه کرده‌اند. هدف این مقاله‌ی مروری روایتی، بررسی تهدیدهای ویروس‌های نوپدید و بازپدید بر ارکان اصلی امنیت ملی است. این مطالعه با بررسی اسناد و منابع مرتبط، ابتدا ویژگی‌هایی که ویروس‌های نوپدید و بازپدید را به بحرانی امنیتی تبدیل می‌کنند، مورد ارزیابی قرار داده است. سپس، با به‌کارگیری نمونه‌های موردی از همه‌گیری‌های ویروسی اخیر، تأثیر این تهدیدات را بر چهار رکن کلیدی امنیت ملی (نظامی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی) استنتاج و تبیین کرده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ویژگی‌هایی مانند سرعت انتشار بالا، مرگ‌ومیر قابل‌توجه، عدم‌آمادگی سیستم‌های بهداشتی و ایجاد ترس گسترده، توان تبدیل یک همه‌گیری ویروسی را به یک بحران امنیتی دارند. نمونه‌های موردی، تأثیرات مخرب این بحران‌ها را بر کاهش آمادگی نظامی، ایجاد رکود اقتصادی، تشدید شکاف‌های اجتماعی و تضعیف حاکمیت قانون به‌وضوح نشان می‌دهند. همچنین، دشواری تشخیص بین یک شیوع طبیعی و یک حمله بیوتروریستی، لزوم تقویت مکانیسم‌های نظارتی و پاسخ‌گویی را آشکار می‌سازد. در جهان به‌هم‌پیوسته‌ی امروز، امنیت سلامت و امنیت ملی ارتباطی ناگسستنی دارند. به‌کارگیری رویکرد «سلامت واحد»، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین تشخیص و پایش، بهبود حکمرانی برای پاسخ‌های مؤثر و شفاف، و تقویت همکاری‌های بین‌المللی از جمله اقدامات کلیدی پیشنهادی هستند. نادیده گرفتن این ارتباط و عدم برنامه‌ریزی جامع می‌تواند در آینده منجر به بحران‌های امنیتی جدی‌تری گردد.

کلیدواژه‌ها: ویروس‌های نوپدید، ویروس‌های بازپدید، امنیت ملی، تهدید بیولوژیک، همه‌گیری، سلامت واحد.

*نویسنده مسئول: **علی سلیمی جدا.** پست الکترونیک: salimi.ali84@gmail.com
دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰ پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۰۵/۲۷

مقدمه

در طول تاریخ، بیماری‌های همه‌گیر همواره زندگی انسان‌ها را تحت تاثیر قرار داده و گاهی هم منجر به تغییر مسیر تاریخ شده اند. با این حال، به علت پیشرفت‌های علمی قرن حاضر ، ماهیت این تهدید دچار تغییرات اساسی شده و انسان‌ها توانسته‌اند با بسیاری از این عوامل بیماری‌ها مقابله کنند. هرچند که عواملی مانند، فرآیندهای جهانی‌شدن، تغییرات محیطی و توسعه فناوری‌های دووجهی، زمینه‌ساز ایجاد چالش‌های زیادی شده است (۱). امروزه، یک ویروس نوپدید که ممکن است در نقطه‌ای دورافتاده از جنگلی بارانی سربرآورده باشد، به لطف شبکه‌های حمل‌ونقل سریع و پیچیده، می‌تواند در مدت زمانی کوتاه به کلان‌شهرهای مختلف جهان راه یابد (۲) این سرعت و گستردگی انتشار، باعث می‌شود پیامدهای یک همه‌گیری بیماری تنها محدود به آمار بیمارستان‌ها نمانده و به سرعت به عرصه‌های دیگری مانند اقتصاد کلان، زنجیره‌های تأمین بین‌المللی، روان‌شناسی جمعی و در نهایت، ثبات سیاسی– امنیتی کشورها نیز کشیده شود (۳). در شکل ۱ سیر زمانی بروز بیماری‌های نوپدید از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ نشان داده شده است.



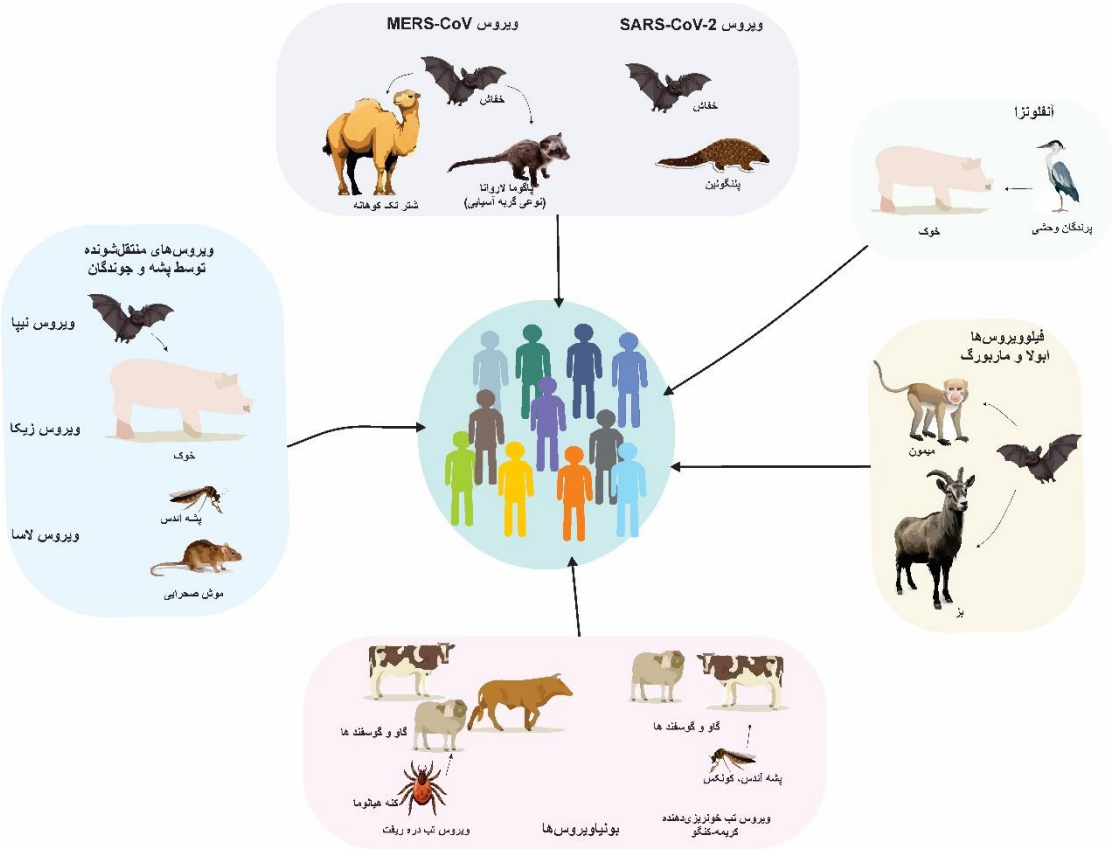
شکل–۱. خط زمانی بروز عفونت های ویروسی نوظهور از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵

بیماری های ویروسی نوپدید (emerging viral infections) به بیماری‌هایی گفته می‌شود که یا جدید هستند و برای اولین بار در انسان تشخیص داده شده‌اند یا بیماری‌های شناخته‌شده‌ای هستند که به طور ناگهانی گسترش یافته یا به میزبان جدیدی راه پیدا کرده‌اند (۴). ویروس‌هایی مانند SARS-CoV-2 (عامل بیماری کووید–۱۹) و ویروس نیپا (nipah virus) جزء این دسته از ویروس ها هستند. منشأ بیش از ۷۰ درصد ویروس‌های نوظهور حیوانات هستند (زئونوز) و جهش ژنی، نوترتیبی ژنتیکی یا شکسته شدن سد گونه‌ای بین حیوان و انسان، عامل اصلی پیدایش آن‌هاست (۵). در مقابل، بیماری‌های ویروسی بازپدید (re-emerging viral infections) به بیماری‌های شناخته‌شده‌ای گفته می شود که پس از دوره‌ای از کاهش بروز، دوباره با افزایش موارد عفونت روبرو می‌گردند یا در مناطق قبلا ریشه‌کن شده ظاهر می‌گردند (۶). بازگشت دوباره این بیماری‌ها معمولا نه به علت تغییر در خود ویروس، بلکه بعلت تغییر در میزبان یا محیط‌شان است. عواملی مانند عدم پوشش کامل واکسیناسیون (مثل سرخک در برخی جوامع)، مقاومت های دارویی، وقوع جنگ‌ها و تخریب زیرساخت‌های بهداشتی، تغییرات جغرافیایی که محدوده ناقلین ویروس را گسترش می‌دهد (مثل تب دنگی) و افزایش سفرهای بین‌المللی هوایی یا زمینی می‌توانند زمینه‌ساز بازپدید شدن یک بیماری ویروسی باشند (۷،۸). این تمایز از جهت تصمیم‌گیری‌های امنیتی نیز اهمیت دارد. تهدیدات ویروسی نوپدید معمولا با قطعیت نداشتن، عدم وجود درمان یا واکسن اختصاصی و نیاز به بکارگیری سریع منابع تحقیقاتی همراه هستند. در حالی که خطرات ویروس‌های بازپدید، به دلیل وجود زیرساخت‌های قبلی برای پیشگیری (مانند واکسن یا دارو)، ممکن است اهمیت داده نشود و غفلت از آن‌ها می‌تواند منجر به ایجاد بحران گردد (۹). در شکل ۲ بیماری‌های ویروسی نوپدید و بازپدید منتقله توسط پستانداران و پرندگان و ناقلین حشرات و بندپایان و جوندگان نشان داده شده است (شکل ۲).

هر ویروسی توانایی ایجاد بحران امنیتی را ندارد و به ترکیب خاصی از ویژگی‌های ویروس‌شناسی و اپیدمیولوژیک نیاز دارد. قابلیت انتقال انسان به انسان با کارآیی بالا، نرخ مرگ و میر یا نرخ بستری قابل ملاحظه، عدم وجود درمان یا واکسن موثر و در دسترس، ثبات محیطی نسبی و پتانسیل ایجاد ترس و اختلال اجتماعی از مهم‌ترین ویژگی‌های ویروس‌های پر خطر بر امنیت ملی محسوب می‌شوند (۱۰).

عوامل متعددی با فراهم کردن امکان تکامل عوامل ویروسی در مناطق اکولوژیکی مناسب، رسیدن و سازگاری با میزبانان آسیب‌پذیر و گسترش آسان‌تر در میان میزبانان، وقوع و انتقال عفونت‌های ویروسی نوپدید و باز پدید را تسریع می‌کنند. این عوامل شامل افزایش جمعیت انسانی، پیری جامعه، شهرنشینی، جهانی شدن، تغییرات آب و هوا، فقر و بی عدالتی اجتماعی، جنگ–ها، مهاجرت، تجارت و شکار و مصرف حیات وحش، تولید دام و طیور صنعتی، استفاده غیرکنترل شده از داروهای ضدمیکروبی و ایجاد مقاومت در انسان و دام، و همچنین نقض در اجرای اقدامات بهداشت عمومی، مانند برنامه‌های بهداشتی و واکسیناسیون، می‌شود (۱۱) (شکل ۳).

ویروس‌هایی که از طریق ذرات تنفسی ریز (آئروسل) منتقل می‌شوند (مانند آنفلوانزا، سرخک و SARS-CoV-2) می‌توانند به سرعت و پنهانی در جامعه گسترش یابند و کنترل آن‌ها بسیار دشوار باشد (۱۲). ویروس‌هایی مانند ابولا (با نرخ کشندگی تا ۹۰ درصد در برخی طغیان‌ها) یا حتی SARS-CoV-2 با نرخ کشندگی به مراتب کمتر اما حجم عظیم مبتلایان، می‌توانند به سرعت سیستم بهداشتی را اشباع و از پا درآورند (۱۳). عدم وجود ابزارهای پزشکی



شکل-۲. مسیرهای انتقال عوامل عفونی ویروسی با اولویت بالا به انسان.

شکل-۳. عواملی تسریع کننده وقوع و انتقال عفونت های ویروسی نوپدید و باز پدید (۱۱).

جدول-۱. ویژگی های اپیدمیولوژیکی و علایم بالینی بیماری‌های حاصل از مهمترین ویروس‌های نوپدید و بازپدید

ویروس	خانواده ویروس	اپیدمیولوژی	علایم بالینی و عوارض	نحوه تشخیص	منابع
دنگی (Dengue virus)	Flaviviridae (*Flavivirus*)	منتقل‌شونده توسط پشه *Aedes*؛ شایع در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری	تب ناگهانی، سردرد شدید (پشت چشم)، درد شدید عضلانی-مفصلی (تب استخوان‌شکن)، بثورات جلدی؛ موارد شدید: تب هموراژیک دنگی، شوک	RT-PCR، آنتی‌ژن NS1، IgM/IgG ELISA	(۱۷)
نیل غربی (West Nile virus)	Flaviviridae (*Flavivirus*)	چرخه پرندگان—پشه؛ انتقال توسط پشه *Culex*؛ انتشار در آفریقا، اروپا، آسیا و آمریکا	اغلب بدون علامت (۸۰٪)؛ تب شبه‌آنفلوانزا؛ در موارد عصبی: منتژیت، آنسفالیت، فلج شل حاد (به ویژه در سالمندان)	RT-PCR، IgM ELISA (سرم یا CSF) ، PRNT	(۱۸)
چاپاره (Chapare virus)	Arenaviridae (*Mammarenavirus*)	ویروس نادر؛ موارد محدود در بولیوی؛ احتمال انتقال از جوندگان و انتقال انسان به انسان	تب، سردرد شدید، درد شکم، استفراغ؛ خونریزی لثه و دستگاه گوارش؛ در موارد شدید: شوک هموراژیک و نارسایی ارگان‌ها (کشندگی بالا)	RT-PCR، توالی‌یابی ژنومی	(۱۹)
SARS-CoV	Coronaviridae (*Betacoronavirus*)	همه‌گیری ۲۰۰۲–۲۰۰۳؛ انتقال تنفسی؛ منشأ احتمالی خفاش و زباد	تب بالا، سرفه خشک، تنگی نفس؛ ذات‌الریه بینابینی و سندرم دیسترس حاد تنفسی (ARDS)؛ نارسایی تنفسی؛ مرگ‌ومیر حدود ۱۰ درصد	RT-PCR، توالی‌یابی، سرولوژی	(۲۰)
SARS-CoV-2	Coronaviridae (*Betacoronavirus*)	پاندمی جهانی از سال ۲۰۱۹؛ انتقال از طریق قطرات تنفسی و آئروسل	طیف گسترده (بدون علامت تا تب، سرفه، از دست دادن بویایی/چشایی، تنگی نفس)؛ ARDS، ترومبوز عروقی؛ لانگ کووید (خستگی، اختلال شناختی)	RT-PCR، تست آنتی‌ژن، توالی‌یابی، سرولوژی	(۲۱)
MERS-CoV	Coronaviridae (*Betacoronavirus*)	عمدتاً در خاورمیانه؛ مخزن شتر؛ انتقال محدود انسان به انسان	تب، سرفه، تنگی نفس؛ ذات‌الریه شدید و ARDS؛ نارسایی کلیوی؛ گاهی اسهال؛ مرگ‌ومیر بالا (~۳۵ درصد)	RT-PCR، توالی‌یابی، سرولوژی	(۲۲)
ماربورگ (Marburg virus)	Filoviridae	انتقال از خفاش‌های میوه‌خوار و تماس با مایعات بدن؛ شیوع در آفریقا	شروع ناگهانی تب شدید، سردرد، کسالت؛ روز ۵–۳: تهوع، استفراغ، اسهال آبکی؛ خونریزی شدید مخاطی و داخلی، شوک، نارسایی ارگان‌ها (کشندگی تا ۸۸ درصد)	RT-PCR، ELISA	(۲۳)
ابولا (Ebola virus)	Filoviridae	شیوع‌های مکرر در آفریقای مرکزی و غربی؛ انتقال از حیوانات و انسان به انسان	تب، خستگی، درد عضلانی، سردرد؛ سپس استفراغ، اسهال، بثورات جلدی؛ خونریزی داخلی و خارجی، نارسایی کلیوی و کبدی (کشندگی تا ۹۰ درصد)	RT-PCR، ELISA، توالی‌یابی	(۲۴)
لاسا (Lassa virus)	Arenaviridae (*Mammarenavirus*)	اندمیک غرب آفریقا؛ انتقال از جوندگان *Mastomys* و انسان به انسان	شروع تدریجی تب، سردرد، ضعف، گلودرد؛ موارد شدید: خونریزی لثه، ادم صورت، درد شکم، ناشنوایی (حسی-عصبی)؛ شوک	RT-PCR، ELISA، جداسازی ویروس	(۲۵)
چیکونگونیا (Chikungunya virus)	Togaviridae (*Alphavirus*)	انتقال توسط پشه‌های *Aedes*؛ اپیدمی در آفریقا، آسیا و آمریکا	تب ناگهانی، سردرد، بثورات جلدی؛ آرترالژی شدید و ناتوان‌کننده (درد مفاصل) که ماه‌ها تا سال‌ها طول می‌کشد	RT-PCR، IgM ELISA، PRNT	(۲۶)

کریمه–کنگو (CCHFV)	کریمه–کنگو (CCHFV)	انتقال توسط کنه *Hyalomma*، تماس با خون دام یا بیمار؛ اندمیک در آسیا، آفریقا و اروپا	شروع ناگهانی تب، سردرد، درد عضلانی، سرگیجه، حساسیت به نور؛ خونریزی شدید (پتشی، خونریزی لثه، خون‌ریزی داخلی)، هپاتیت، شوک (کشندگی ۱۰– ۴۰ درصد)	RT-PCR، ELISA (IgM/IgG)، جداسازی ویروس	(۲۷)
آنفلوانزای خوکی H1N1 (۲۰۰۹)	Orthomyxoviridae (*Influenza A virus*)	پاندمی ۲۰۰۹؛ انتقال تنفسی؛ اکنون به‌صورت فصلی در گردش است	تب، سرفه، گلودرد، آبریزش بینی، بدندرد، سردرد، خستگی؛ موارد شدید: تنگی نفس، ذات‌الریه، تشدید بیماری‌های زمینه‌ای	RT-PCR، تست آنتی‌ژن، کشت ویروس، توالی‌یابی	(۲۸)
زیکا (Zika virus)	Flaviviridae (*Flavivirus*)	انتقال توسط *Aedes*؛ همچنین انتقال جنسی و مادر به جنین؛	تب خفیف، بثورات جلدی (ماکولوپاپولر)، ورم ملتحمه، درد عضلانی و مفاصل، سردرد؛ عارضه جدی: میکروسفالی در نوزادان و سندرم گیلن–باره در بزرگسالان	RT-PCR، IgM ELISA، PRNT	(۲۹)
Sosuga virus	Paramyxoviridae (*Pararubulavirus*)	ویروس بسیار نادر؛ احتمال انتقال از خفاش‌ها؛ موارد انسانی محدود در آفریقا	تب، سردرد، خستگی، بثورات جلدی، بزرگی طحال و کبد (اسپلنومگالی و هپاتومگالی)، لنفادنوپاتی (شبیه سرخک یا مونونوکلئوز)	RT-PCR، توالی‌یابی ژنومی	(۳۰)
ویروس نیپا (Nipah virus)	Paramyxoviridae (Henipavirus)	شیوع در جنوب و جنوب شرق آسیا (بنگلادش، هند، مالزی)؛ مخزن خفاش‌های میوه‌خوار (Pteropus)؛ انتقال از طریق شیره خرما، میوه آلوده یا تماس نزدیک با بیمار (نرخ کشندگی ۴۰– ۷۵ درصد)	تب، سردرد، خواب‌آلودگی، سرگیجه، تهوع؛ موارد شدید: آنسفالیت سریع‌پیشرونده، تشنج، کما، ARDS (کشندگی ۴۰–۷۵ درصد)	RT-PCR (سرم، CSF، ادرار)، ELISA (IgM/IgG)، توالی‌یابی	(۳۱)
ام‌پاکس (آبله میمونی – Mpox virus)	Poxviridae (Orthopoxvirus)	اندمیک در آفریقای مرکزی و غربی؛ همه‌گیری جهانی ۲۰۲۲–۲۰۲۴؛ انتقال از جوندگان و تماس نزدیک انسان به انسان	تب، سردرد، درد عضلانی، خستگی؛ لنفادنوپاتی (علامت شاخص)؛ سپس بثورات جلدی (ماکول، پاپول، وزیکول، پوسچول، دلمه)؛ معمولاً از صورت شروع می‌شود	PCR، توالی‌یابی، سرولوژی (الایزا)	(۳۲)
تب دره ریفت (Rift Valley fever virus - RVFV)	Phenuiviridae (Phlebovirus)	اندمیک در آفریقا و شبه‌جزیره عربستان؛ منتقله توسط پشه‌ها (عمدتاً Aedes و Culex)؛ تماس با خون/بافت دام آلوده؛ شیوع پس از سیلاب	تب، ضعف، سردرد، درد عضلانی؛ موارد شدید: هپاتیت (یرقان)، سندرم خونریزی‌دهنده، آنسفالیت، آسیب شبکیه (کوری)؛ سقط جنین در دام	RT-PCR، ELISA (IgM/IgG)، جداسازی ویروس	(۳۳)
هانتاویروس‌ها (Hantaviruses – نظیر Sin Nombre، Andes)	Hantaviridae (Orthohantavirus)	اندمیک در آمریکا، اروپا و آسیا؛ مخزن جوندگان؛ انتقال از طریق استنشاق ذرات مدفوع/ادرار آلوده (سندرم ریوی و تب خونریزی‌دهنده کلیوی)	دو سندرم اصلی: ۱) HFRS (تب، کمردرد، خونریزی، نارسایی کلیوی)؛ ۲) HPS (تب، خستگی، درد عضلانی، سپس تنگی نفس شدید، ادم ریه، شوک کاردیوژنیک با کشندگی تا ۵۰ درصد)	RT-PCR، ELISA (IgM/IgG)، ایمونوهیستوشیمی	(۳۴)

متقابل (medical countermeasures) باعث می‌شود جامعه در برابر ویروس ها بی‌دفاع بماند و تنها راه‌کار، اقدامات سخت محدودکننده اجتماعی باشد که خود می‌تواند تبعات اقتصادی و اجتماعی شدیدی در پی داشته باشد (۱۴). ویروس‌هایی که می‌توانند

مدت زیادی روی سطوح یا در ذرات معلق در هوا زنده بمانند (مانند ویروس آبله)، خطر انتقال غیرمستقیم و آلودگی محیطی گسترده را افزایش می‌دهند (۱۵). برخی ویروس‌ها به دلیل ماهیت ترسناک علائم بالینی (مانند خونریزی در تب‌های خونریزی‌دهنده) یا ناشناخته بودن، می‌توانند موجی از ترس و اضطراب جمعی ایجاد کنند که مدیریت آن ممکن است از خود بیماری نیز دشوارتر باشد. ویروس SARS-CoV-2 به دلیل دارا بودن اکثر این ویژگی‌ها به یک بحران امنیتی چندوجهی تبدیل شد (۱۶). در جدول ۱ به برخی از مهمترین ویژگی‌های اپیدمیولوژیکی و علایم بالینی بیماری‌های حاصل از ویروس‌های نوپدید و بازپدید اشاره شده است.

علاوه بر ویژگی‌های ذاتی ویروس‌ها، مجموعه‌ای از عوامل انسانی و محیطی که حاصل شیوه زندگی و پیشرفت در عصر حاضر هستند، به طور فزاینده‌ای احتمال وقوع و تشدید بیماری‌های همه‌گیر را بالا می‌برند. تغییرات محیطی از طریق تخریب جنگل‌ها، توسعه کشاورزی و گسترش شهرها به حریم طبیعت، باعث افزایش تماس بین انسان، دام و حیات وحش می‌شود. این تماس نزدیک، احتمال «پرش» ویروس‌ها از میزبان طبیعی خود (معمولاً خفاش‌ها یا جوندگان) به انسان یا دام را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد (شکل ۴ الف) (۳۵). تغییرات اقلیمی مانند گرمایش جهانی می‌تواند موجب تغییر الگوی بارش، دما و رطوبت شود. این تغییرات، محدوده فعالیت ناقلین بیماری‌هایی مانند پشه (ناقل ویروس دنگی و زیکا) و کنه را گسترش داده و میلیون‌ها نفر جدید را در معرض بیماری قرار می‌دهد (۳۶). از طرفی زندگی در کلان‌شهرهای با تراکم جمعیتی بالا، به ویروس‌های منتقل شونده از طریق تنفسی این فرصت را می‌دهد که با سرعت زیادی در بین جمعیت منتشر شوند (۳۷). وابستگی اقتصادی متقابل و زنجیره تأمین جهانی نیز می‌تواند در صورت بروز اختلال، احتمال وقوع همه‌گیری‌های ویروسی را افزایش دهد (۳۸). همچنین دسترسی به فناوری‌های دووجهی مانند زیست‌شناسی مصنوعی (synthetic biology) و مهندسی ژنتیک برای تولید سریع واکسن در صورت سوءاستفاده، می توانند امکان دستورزی در عوامل بیماری‌زا و ایجاد تهدیدات جدید بیوتروریسم را فراهم آورند (۳۹).

با توجه به مباحث مطرح شده، هدف اصلی این مقاله، تحلیل نقش ویروس‌های نوپدید و بازپدید به عنوان یک تهدید زیستی علیه ابعاد مختلف امنیت ملی (نظامی، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی) و تبیین راهبردهای کلان برای افزایش اقدامات پیشگیرانه، آمادگی و تاب‌آوری در برابر این عوامل از طریق توسعه فناوری‌های نوین تشخیص و درمان، سیستم‌های نظارتی و رویکرد سلامت واحد است. همچنین در این مطالعه یک مدل زنجیره‌ای چهارسطحی برای تحلیل نظام‌مند تهدیدات ویروسی علیه امنیت ملی انجام شده که مسیر علی را از یک رویداد بیولوژیک تا بحران امنیتی به‌صورت شفاف نشان می‌دهد.

تاریخچه و الگوهای تهدیدات زیستی: از همه‌گیری‌های طبیعی تا بیوتروریسم

از ویژگی‌های که یک همه‌گیری‌های طبیعی (natural outbreaks) را از بیوتروریسم (bioterrorism) جدا می‌کند عبارتند از اینکه همه‌گیری‌ها معمولا خودبخودی ایجاد می‌شوند، اغلب زئونوز هستند، از االگوهای اپیمیولوژیکی پیروی می‌کنند و قابل پیش‌بینی فصلی هستند. نگاهی به گذشته تاریخی بیماری‌های همه‌گیر می‌تواند درک الگوهای تهدیدات آینده را فراهم کند. آنفولانزای اسپانیایی (۱۹۲۰–۱۹۱۸) با کشتن بیش از ۵۰ میلیون نفر، تلفاتی فراتر از یک جنگ گسترده ایجاد کرد (۴۰). همه‌گیری ویروس تنفسی نوپدید سارس (SARS) در سال ۲۰۰۳، از بازاری محلی در چین به سرعت به بیش از ۲۵ کشور جهان سرایت کرد و با توقف پروازها و میلیاردها دلار خسارت اقتصادی زنگ خطری جدی را برای جهان به صدا درآورد (۴۱). موفقیت نسبی در مهار سارس، تا حدی ناشی از همکاری بین‌المللی و همچنین ویژگی‌های اپیدمیولوژیک آن (انتقال عمدتاً پس از بروز علائم) بود. اما این موفقیت، احساس اطمینان کاذبی ایجاد کرد. طغیان‌های بعدی مانند آنفولانزایH1N1 در سال ۲۰۰۹ و مرس (MERS) از سال ۲۰۱۲، بار دیگر آسیب‌پذیری جهانی را نشان دادند، اما عمق این آسیب‌پذیری با ظهور SARS-CoV-2 در سال ۲۰۱۹ مشخص شد (شکل ۱). همه‌گیری کووید–۱۹ به یک آزمون بی‌سابقه برای تمامی جنبه‌های تمدن مدرن از علم و پزشکی گرفته تا اقتصاد، روان‌شناسی اجتماعی و امنیت ملی تبدیل شد (۴۲).

بیوتروریسم یک تهدید عمدی بوسیله عوامل زیستی است که سابقه‌ای به قدمت جنگ‌ها دارد، اما در عصر مدرن امروز پیچیدگی و خطر آن به مراتب افزایش یافته است. بیوتروریسم در واقع یک عمل هدفمند برای ایجاد آسیب، ترس یا از بین بردن است که اغلب بوسیله سویه‌های مهندسی ژنتیک شده از عوامل بیماری زئونوز هستند که برای بیشترین اثرگذاری هدفمند شده‌اند و تشخیص اولیه شان دشوار است. حادثه انتشار تصادفی اسپور سیاه‌زخم (آنتراکس) از یک مرکز نظامی در شهر سوردلوفسک شوروی سابق در سال ۱۹۷۹، نشان داد که حتی در غیاب یک حمله عمدی، مراکز تحقیقاتی دفاعی می‌توانند منشأ بروز تهدیدات زیستی باشند (۴۳). حملات نامه‌های حاوی اسپور سیاه‌زخم در ایالات متحده در سال ۲۰۰۱، با ایجاد موجی از ترس جمعی و اختلال در فعالیت‌های پستی و اداری، هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی بالایی داشت (۴۴). این رویدادها نشان می‌دهند که حتی یک حمله محدود بیولوژیکی نیز می‌تواند با ایجاد اختلال گسترده و تضعیف اعتماد عمومی، تأثیری به مراتب بیشتر از تلفات مستقیم داشته باشد. امروزه، با پیشرفت فناوری‌هایی مانند وکتورهای ویروسی، ویرایش ژنوم به وسیله سیستم CRISPR-Cas9 (clustered regularly interspaced short palindromic repeats) و کاهش

هزینه‌های توالی‌یابی و سنتز ژن، نگرانی‌ها در مورد بیوتروریسم افزایش یافته است (۴۵). امروزه مخاطرات امنیتی سنتی (مانند حملات نظامی) با مخاطرات غیر مرسوم و غیرقابل مشاهده مانند مخاطرات زیستی، سایبری و رسانه‌ای اطلاعاتی ترکیب شده‌اند و پاندمی‌ها و بیوتروریسم دیگر صرفا بحران بهداشتی عمومی نیستند بلکه مخاطرات موجودیتی برای از بین بردن پایداری کشورها، حیات اقتصادی و نظم اجتماعی هستند.

تحلیل تهدیدات امنیتی معاصر: از کووید-۱۹ تا ابولا و فراتر از آن

همه‌گیری کووید-۱۹: یک تشریح کامل از یک تهدید امنیتی چندبعدی

بیماری کووید-۱۹ را می‌توان یک مطالعه کامل و جامع از یک تهدید زیستی در عصر حاضر دانست. این ویروس، با بهره‌مندی از ویژگی‌های ذاتی خود و جهانی شدن، توانست تقریباً تمامی ابعاد امنیت ملی شامل بعد نظامی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را به چالش بکشد (۴۶). شیوع کووید-۱۹ در پایگاه‌ها و کشتی‌های نظامی، مانند ناو یواساس تئودور روزولت، با کاهش آمادگی عملیاتی نیروهای نظامی نشان داد که حتی پیشرفته‌ترین ارتش‌ها نیز در برابر ویروس ها آسیب‌پذیرند (بعد نظامی) (۴۷). لذا همه‌گیری بیماری‌های ویروسی می‌تواند از طریق کاهش نیروی انسانی، اخلال در آموزش، محدودیت جابجایی، فشار بر خدمات درمانی نظامی و کاهش هماهنگی عملیاتی، توان دفاعی کشور را تضعیف می‌کند.

در بعد اقتصادی نیز همه‌گیری‌ها می‌توانند از طریق تعطیلی‌های سراسری، ایجاد اختلال در زنجیره تأمین جهانی، کمبود دارو و لوازم پزشکی، افزایش هزینه‌های سلامت، افت بهره‌وری و فشار بر منابع عمومی توانست وابستگی متقابل اقتصاد جهانی را به وضوح آشکار کند. به طوری که طبق برآورد صندوق بین‌المللی پول خسارت اقتصادی این همه‌گیری تا سال ۲۰۲۴ از ۱۲/۵ تریلیون دلار فراتر رفته بود (بعد اقتصادی) (۴۸،۴۹). کووید-۱۹ در بسیاری از کشورها، اعتماد به نهادهای علمی و دولتی را کاهش داد و سیل اطلاعات نادرست (Infodemy) نیز هماهنگی جمعی برای اقدامات بهداشتی را تضعیف نمود. تعطیلی مدارس و مراکز تفریحی، افزایش قابل توجه در موارد اضطراب، افسردگی و خشونت‌های خانگی، تأثیر عمیقی بر سلامت روان جوامع گذاشت (بعد اجتماعی) (۵۰). مدیریت متفاوت کشورها و رقابت برای دسترسی به واکسن، دارو و لوازم محافظتی، به افزایش بحران در روابط بین المللی منجر شد و همکاری چندجانبه کشورها را تحت تاثیر قرار داد (بعد سیاسی) (۵۱).

ویروس نیپا و ابولا: نمونه‌هایی از تهدیدات ویروسی با کشندگی بالا

در حالی که عامل ویروسی بیماری کووید-۱۹ توجه همه را جلب کرد، ویروس‌های دیگری با نرخ کشندگی به مراتب بالاتر همچنان به عنوان تهدیداتی جدی در گوشه‌ای از جهان طغیان می‌کنند. ویروس نیپا، با نرخ مرگ‌ومیر ۴۰ تا ۷۵ درصد و قابلیت انتقال از طریق تماس مستقیم و احتمالاً ذرات تنفسی، یک نگرانی عمده برای سلامت عمومی و امنیت زیستی محسوب می‌شود. همه‌گیری‌های مکرر آن در بنگلادش و هند، اغلب با مصرف شیره خرما آلوده به ادرار یا بزاق خفاش‌های میوه‌خوار مرتبط است مهار این بیماری به دلیل دوره کمون نسبتاً طولانی (تا ۱۴ روز) و دشواری تشخیص سریع آن، پیچیده است (۵۲). به طور مشابه، ویروس ابولا، با نرخ کشندگی تا ۹۰ درصد، سیستم‌های بهداشتی ضعیف در غرب آفریقا را در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۶ در هم شکست. این طغیان نشان داد که چگونه فرسودگی زیرساخت‌ها، فقر و بی‌اعتمادی مقامات، می‌تواند یک طغیان بیماری را به یک بحران امنیتی انسانی تبدیل کند به طوری که نیاز به مداخله نظامی بین‌المللی برای ایجاد زیرساخت‌های قرنطینه و نظارت بر ورود و خروج کالا و محموله ها پیدا کند (۵۳).

تهدیدات عوامل ویروسی بازپدید به علت پوشش واکسیناسیون ناکافی

بازپدید شدن ویروس سرخک در جوامعی با پوشش واکسیناسیون ناکافی، نمونه‌ای کلاسیک از یک تهدید قابل پیشگیری است که می‌تواند به علت دشواری کنترل و بازگشت یا تداوم تهدید ویروس به بحران تبدیل شود (۵۴). نمونه آن ایالات متحده است که تا ۵ سال پیش ادعای ریشه‌کنی بیماری سرخک را می‌کرد ولی در سال ۲۰۲۵ هزاران نفر به این بیماری مبتلا شدند و محدودیت‌هایی مانند قرنطینه جهت جلوگیری از گسترش آن در برخی ایالت ها وضع گردیده است (۵۵). به همین ترتیب، گسترش جهانی ویروس‌های منتقله توسط پشه‌ها مانند دنگی و چیکونگونیا (chikungunya virus)، که با تغییرات اقلیمی و شهرنشینی تسهیل می‌شود، بار عظیمی بر سیستم‌های سلامت کشورهای در حال توسعه وارد می‌کند و ظرفیت آن‌ها را برای پاسخ به سایر تهدیدات کاهش می‌دهد (۵۶). تراکم بالای حیوانات در مزارع پرورش دام صنعتی، به عنوان ظرف های اختلاط مناسبی برای جهش و بازآرایی ویروس‌های آنفلوآنزای پرندگان عمل می‌کند و خطر ظهور سویه‌های جدید با پتانسیل همه‌گیری انسانی را افزایش می‌دهد. از طرفی هم بار مالی حاصل از تلفات دام و طیور می‌تواند بر امنیت ملی تاثیر بگذارد (۵۷). در همه‌گیری اخیر دام‌ها به ویروس تب برفکی در ایران کمبود شیر به دلیل کاهش شیردهی و تلفات دام-های آلوده منجر به گرانی شیر و گوشت گردید (۵۸) و موجبات نارضایتی عمومی به علت کمبود و گرانی شیر و محصولات لبنی گردید. هر چند علت دقیق آن در دست بررسی است ولی واردات دام‌های آلوده به سویه متفاوت ویروس و استفاده از واکسن‌های خارجی که سویه ویروس مورد نظر را پوشش نمی‌دادند گزارش شده است که این به وضوح نشان گر اهمیت و تاثیر امنیت سلامت بر امنیت ملی کشور است. بنابراین بیماری‌های نوظهور ویروسی

دامی نیز می‌توانند از مسیرهایی مانند تحت تاثیر قرار دادن امنیت غذایی، اختلال اقتصادی، تهدید معیشت یا احتمال انتقال بین گونه‌ای، به امنیت ملی مرتبط می‌شوند.

با توجه به آنچه که بیان گریده است، یک مدل زنجیره‌ای چهارسطحی برای تحلیل نظام‌مند تهدیدات ویروسی علیه امنیت ملی طراحی شده است که مسیر این تهدیدات را از یک رویداد بیولوژیک تا بحران امنیتی به‌صورت شفاف نشان می‌دهد. در این مدل ویژگی‌های ذاتی عامل ویروسی (سطح صفر) به‌عنوان محرک اولیه، پیامدهای فوری بر نظام سلامت و رفتار اجتماعی (سطح اول)، سپس اختلالات اقتصادی، اجتماعی و حکمرانی (سطح دوم) و نهایتاً پیامدهای نهایی بر ارکان چهارگانه امنیت ملی (سطح سوم) ترسیم شده و در نهایت به تهدید موجودیت‌زا منجر شده است (شکل ۴).

شکل-۴. مدل زنجیره‌ای چهارسطحی برای تحلیل نظام‌مند تهدیدات ویروسی علیه امنیت ملی

راهبردهای دفاعی علیه عفونت‌های ویروسی نوظهور: از نظارت هوشمند تا پاسخ یکپارچه

نظارت ژنومیک و سیستم‌های هشدار سریع پیشرفته

خط اول دفاع در برابر تهدیدهای ویروسی، شناسایی آن‌ها در ابتدایی ترین مرحله ممکن (earliest possible stage) است. رویکردهای سنتی نظارت که منتظر مراجعه بیماران به درمانگاه‌ها هستند، بسیار کند عمل می‌کنند. امروزه، فناوری‌های نوین، چارچوب نظارت را متحول ساخته‌اند. نظارت مبتنی بر فاضلاب (wastewater-based epidemiology) می‌تواند وجود ویروس‌هایی مانند SARS-CoV-2 یا فلج اطفال را در سطح یک شهر، هفته‌ها قبل از افزایش موارد بالینی، تشخیص دهد (۵۹). توالی‌یابی نسل جدید (NGS) و نظارت ژنومیک در مراکز تشخیصی، نه تنها به تأیید عامل بیماری‌زا می‌پردازند، بلکه سویه‌های جدید، الگوهای انتقال و احتمال منشأ آزمایشگاهی یا طبیعی بودن آن را پایش می‌کنند (۵۹). یکپارچه‌سازی این داده‌ها با مدل‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در نرم‌افزارهایی مانند پروژه‌های GISAID و Nextstrain، به محققان این امکان را می‌دهد که بتوانند نقشه‌ای نزدیک به واقعیت از تکامل و گسترش ویروس را ترسیم کنند (۶۰).

روش‌های نوین تشخیص سریع عوامل ویروسی نوپدید و بازپدید در محل بروز بیماری

توانایی تشخیص سریع و دقیق در محل بروز بیماری‌های ویروسی (مانند مرزها، بیمارستان‌های صحرایی، درمانگاه های دورافتاده) یک امر حیاتی است. تست‌های تشخیصی مولکولی هم دما (Isothermal) مانند LAMP (loop-mediated isothermal amplification) و RPA (recombinase polymerase amplification) که نیازی به دستگاه‌های ترموسایکلر گران‌قیمت ندارند، تحولی در این زمینه ایجاد کرده است (۶۱). این روش‌ها می‌توانند تشخیص را از لایه‌های پشتیبانی به خطوط مقدم منتقل کرده و زمان شناسایی عامل بیماری‌زا را از چند روز به کمتر از یک ساعت کاهش دهند؛ این تسریع، به‌طور مستقیم پنجره آسیب‌پذیری را کوتاه کرده و با امکان ایزوله‌سازی سریع موارد مشکوک، زنجیره انتقال را در همان حلقه‌های اولیه قطع می‌نمایند. همچنین، فناوری ویرایش ژنی CRISPR-Cas، در قالب ابزار هایی مانند SHERLOCK و DETECTR، برای تشخیص اختصاصی و حساس عوامل بیماری‌زا با استفاده از یک نوار کاغذی ساده به کار می‌رود (۶۲). این فناوری‌ها با دقت تفریقی سویه‌های نزدیک به هم و قابلیت تشخیص همزمان چندین عامل بیماری‌زا، نه‌تنها رهگیری مسیر انتقال را با وضوح اپیدمیولوژیک بالا ممکن می‌سازد، بلکه با شناسایی الگوهای غیرعادی ژنومی که حاکی از مهندسی عمدی یا انتشار غیرطبیعی است، در تمایز تهدیدات طبیعی از حملات بیوتروریستی نقش کلیدی دارند. توسعه حسگرهای زیستی (biosensors) پوشیدنی یا نصب‌شده در مکان‌های عمومی که قادر به ردیابی مداوم نشانگرهای زیستی ویروس در هوا و سطوح باشند، می‌تواند در آینده نزدیک به واقعیت بپیوندد (۶۳). تا با پایش برخط جهش‌ها و تغییرات الگوی شیوع و با ارائه هشدارهای پیش‌بالینی (پیش از بروز علائم)، دامنه بحران را در مرحله صفر مهار کرده و تاب‌آوری عملیاتی را حفظ نمایند. در مجموع، این فناوری‌ها از یک ابزار تشخیصی صرف به دارایی‌های چندمنظوره مدیریت بحران تبدیل شده‌اند که با تسریع شناسایی، رهگیری، پایش و تصمیم‌گیری لایه‌ای، از گسترش یک رویداد بهداشتی به یک فروپاشی امنیتی- عملیاتی جلوگیری می‌کنند.

رویکرد های نوین واکسن و داروهای ضدویروسی با طیف گسترده

تجربه موفق ساخت واکسن‌های mRNA علیه کووید-۱۹، تحولی نوین در رویکردهای واکسیناسیون ایجاد کرده است. این رویکرد این امکان را فراهم می‌سازد که تنها با مشخص کردن توالی ژنتیکی ویروس جدید، در عرض هفته‌ها نمونه اولیه واکسن تولید شود (۶۴). سرمایه‌گذاری در توسعه واکسن‌های جهانی (universal vaccines) برای خانواده‌های بزرگ ویروسی مانند کروناویروس‌ها یا ویروس‌های آنفلوآنزا، یک هدف راهبردی است که شاید بتواند به چرخه همیشه در حال تعقیب واریانت‌های جدید این ویروس‌ها پایان دهد (۶۵). پلتفرم‌های واکسن مبتنی بر mRNA با کاهش فاصله زمانی بین شناسایی توالی ژنتیکی یک ویروس نوپدید تا تولید نمونه اولیه به چند هفته، فاصله زمانی آسیب‌پذیری را به حداقل رسانده و با امکان به‌روزرسانی سریع علیه واریانت‌های جدید، پایش مستمر جهش‌ها را بدون نیاز به بازطراحی زیرساختی فراهم می‌آورند؛ این قابلیت، اجازه می‌دهد تا تصمیمات راهبردی واکسیناسیون مبتنی بر داده‌های آنی و نه پیش‌بینی‌های فصلی اتخاذ گردد و از کاهش آمادگی عملیاتی جلوگیری نمایند.

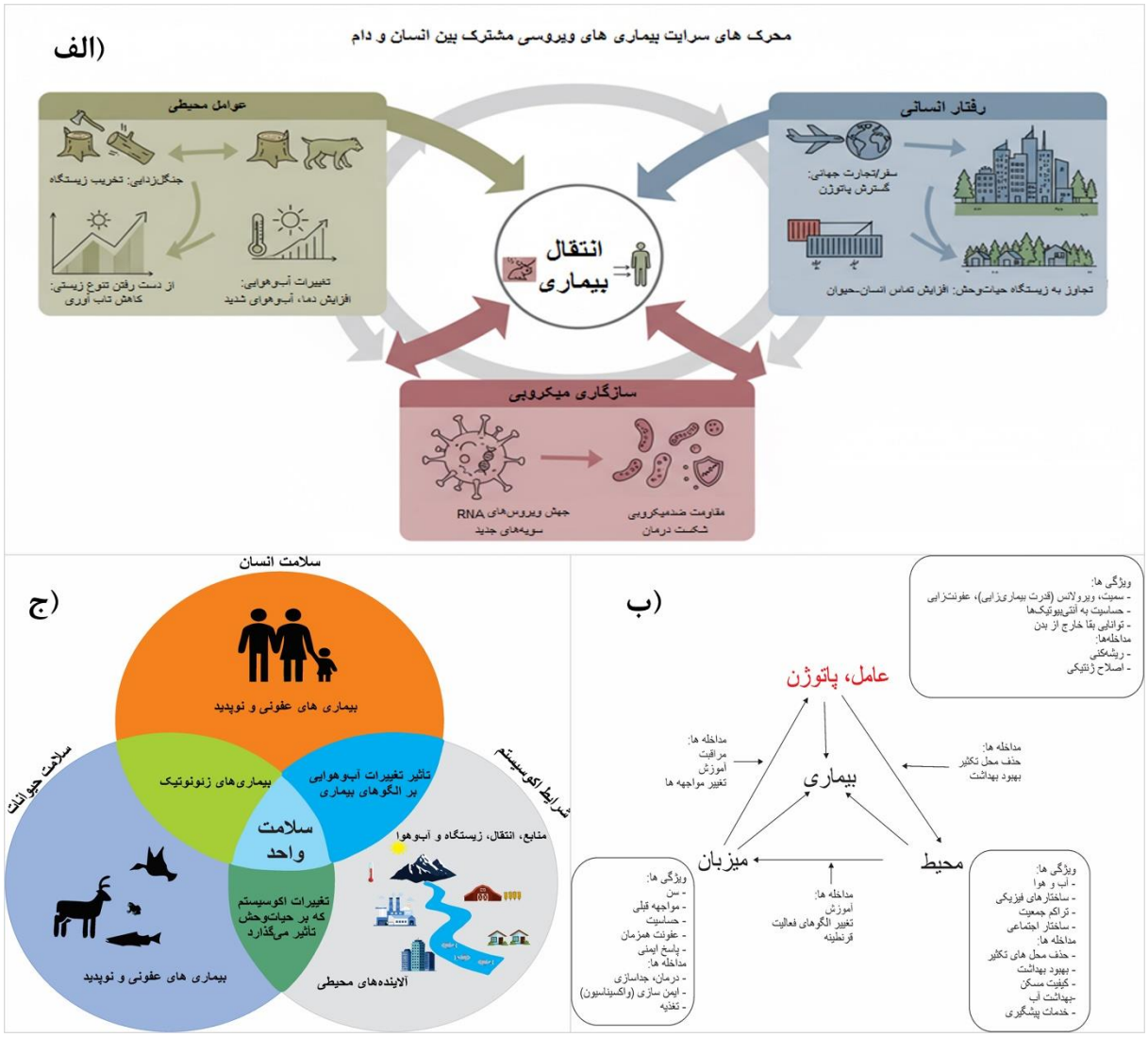
در بخش درمان نیز، تمرکز بر ساخت داروهای ضدویروسی با طیف اثر گسترده (broad-spectrum antivirals) که می‌توانند علیه کل خانواده‌هایی از ویروس‌ها عمل کند اهمیت بسزایی دارد. کشف داروهایی مانند رمدسیویر (که ابتدا برای ابولا ساخته شد) و مولنوپیراویر (molnupiravir)، اهمیت این رویکرد را نشان می‌دهد (۶۶). این داروها با حذف نیاز به شناسایی قطعی عامل بیماری‌زا در ساعات طلایی اولیه، فرآیند شناسایی عامل را تسهیل و به‌طور همزمان مسیر انتقال را در محیط‌های متراکم قطع کرده و از تبدیل موارد پراکنده به طغیان‌های غیرقابل کنترل پیشگیری می‌نمایند.

همچنین، آنتی‌بادی‌های مونوکلونال با اثر خنثی‌کنندگی قوی، هم به عنوان درمان و هم به عنوان عامل پیشگیری کننده پس از مواجهه (post-exposure prophylaxis) برای گروه‌های پرخطر (مانند پرسنل پزشکی) بسیار حیاتی هستند که می توانند با با محافظت از پرسنل کلیدی و کادر درمان در خط مقدم و افزایش تاب‌آوری، دامنه بحران را به شدت محدود ساخته و اختیار تصمیم‌گیری مدیران ارشد را برای ادامه مأموریت‌ها در شرایط

آلودگی زیستی حفظ نمایند (۶۷).

رویکرد سلامت واحد (One Health) به عنوان بنیان حکمرانی خردمندانه

تمامی راهبردهای فنی ذکر شده، بدون داشتن یک چارچوب حکمرانی یکپارچه موثر واقع نخواهند شد. رویکرد سلامت واحد که سلامت انسان، حیوانات (اهلی و وحشی) و محیط زیست را با یکدیگر پیوند می‌زند، تنها چارچوب واقع‌بینانه برای پیشگیری از بیماری‌های ویروسی نوپدید زئونوز است (شکل ۵) (۶۸). این راهبرد نیازمند همکاری ساختاری و تبادل اطلاعات بین وزارتخانه‌های بهداشت، کشاورزی، محیط زیست، دفاع و امور خارجه و سازمان اطلاعات و امنیت ملی است. برنامه‌هایی مانند نظارت یکپارچه بر بیماری‌های زئونوز و کاهش تجارت غیرقانونی حیات وحش، از عناصر کلیدی این رویکرد هستند (۶۹). تقویت امنیت زیستی در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی (Biosecurity) و ایمنی زیستی برای محافظت از کارکنان (Biosafety) نیز بخش جدایی‌ناپذیر این چارچوب هستند (۷۰).



شکل-۵. اثرات و نقش متقابل انسان، محیط و عامل ویروسی در بروز بیماری و سرایت آن، رویکرد سلامت واحد در نظارت و مداخله در هر بخش در جهت آمادگی برای مقابله با همه گیری های آینده. **الف)** محرک‌های سرایت بیماری‌های ویروسی مشترک بین انسان و دام؛ **ب)** رویکرد «سلامت واحد» که به ارتباط متقابل بین انسان‌ها، حیوانات، گیاهان و محیط مشترک آن‌ها می‌پردازد؛ **ج)** عوامل موثر در هر یک از بخش‌های انسان، محیط و عامل بیماری‌زا و روش‌های مداخله با آن‌ها در جهت آمادگی برای مقابله با همه‌گیری‌های آینده و فوریت‌های بهداشت عمومی.

چشم‌انداز آینده و توصیه‌های سیاستی کلان در حفظ امنیت ملی علیه ویروس‌های نوظهور

"امنیت سلامت" باید به صورت رسمی به عنوان یکی از ارکان اصلی "امنیت ملی" در اسناد راهبردی دولت‌ها قرار گیرد. این کار مشروعیت سیاسی و بودجه لازم برای اقدامات بلندمدت آینده را فراهم می‌سازد (۷۱). همچنین باید بخشی از بودجه دفاعی کشورها به آمادگی زیستی (شامل تحقیق و توسعه، ذخایر استراتژیک و تمرینات شبیه‌سازی)، سرمایه‌گذاری هوشمندانه‌ای با بازدهی بسیار بالا در هنگام بحران اختصاص داده شود (۷۲).

اگرچه از منظر آمادگی عملیاتی، پایش علائم و ضرورت پاسخ

سریع، همه‌گیری‌های طبیعی و حملات بیوتروریستی هم‌پوشانی‌های قابل‌توجهی دارند، اما تمایز بنیادین آن‌ها در سه محور اصلی: منشأ (جهش‌های تصادفی یا خروج ویروس از مخزن طبیعی در برابر انتشار برنامه‌ریزی‌شده و عمدی توسط عامل انسانی) (۳۶)، چارچوب تحلیل (مدل‌های همه‌گیرشناختی و اکولوژیک در مقابل ارزیابی تهدیدات اطلاعاتی– امنیتی و مهندسی هدفمند) (۷۳)، و نوع مداخله (اقدامات بهداشت عمومی، واکسیناسیون و درمان در مقابل عملیات شناسایی منبع، حفاظت فیزیکی از تأسیسات حساس، و مدیریت بحران‌های امنیتی– اجتماعی) (۷۴) برای تدوین پروتکل‌های واکنش متناسب با هر نوع رویداد باید همواره مد نظر قرار گیرد.

کنوانسیون منع سلاح‌های بیولوژیکی (the biological weapons convention) نیز نیازمند تقویت و توسعه یک سازوکار راستی‌آزمایی (verification protocol) معتبر و غیرسیاسی برای افزایش اعتماد بین کشورها است. به طوری که کشورهایی که عضو این کنوانسیون نیستند نیز باید تحت فشار دیگر کشورهای عضو به این کنوانسیون بپیوندند (۷۵). اجرای کامل مقررات بین‌المللی سلامت (IHR 2005) و تقویت اقتدار سازمان جهانی بهداشت در هشدار سریع و هماهنگی پاسخ نیز بسیارضروری است. از طرفی هم ایجاد یک صندوق جهانی برای آمادگی همه‌گیری تحت نظارت چندجانبه، می‌تواند منابع لازم برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بهداشتی کشورهای کم‌درآمد را فراهم سازد (۷۶). بحران کووید–۱۹ به وضوح نشان داد که تسریع در کشفیات علمی زمانی امکان پذیر است که داده‌های ژنومی، نتایج کارآزمایی‌های بالینی و دانش فنی به صورت باز و سریع (Open Science) به اشتراک گذاشته شود (۵۶). همکاری‌های پژوهشی بین‌المللی برای نظارت بر ویروس‌ها در حیات وحش، توسعه داروها و واکسن‌ها و تمرینات مشترک پاسخ به بحران، باید گسترش یابد. همچنین برای ایجاد تاب‌آوری اجتماعی و حفظ اعتماد عمومی در برابر همه‌گیری‌ها، سرمایه‌گذاری در آموزش عمومی سواد سلامت و سواد رسانه‌ای و مقابله با اطلاعات نامعتبر (اینفودمیک) ضروری است (۷۷).

نتیجه‌گیری

ویروس‌های نوپدید و بازپدید، در ترکیب با مشکلات و آسیب‌پذیری‌های جهان پیشرفته امروز، به یکی از پر چالش ترین و مخرب‌ترین تهدیدات برای امنیت ملی در قرن حاضر تبدیل شده‌اند. این تهدیدات هیچ حد و مرزی را نمی‌شناسند و می‌توانند همه ابعاد نظامی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی امنیت ملی را به طور همزمان مورد هدف قرار دهند. درس مهمی که از کووید–۱۹ و دیگر همه گیری‌ها می‌توان به دست آورد این است که هزینه پیشگیری و آمادگی در هر یک از این ابعاد، بسیار کمتر از هزینه واکنش و بازسازی است. آینده امنیت زیستی، وابسته به پذیرش این واقعیت است که سلامت انسان، حیوان و محیط زیست پیوندی ناگسستنی دارند. گذار از واکنش انفعالی به پیشگیری فعال، نیازمند اراده سیاسی راسخ، سرمایه‌گذاری پایدار در علم و فناوری، تقویت حکمرانی یکپارچه تحت چارچوب سلامت واحد، و تعهد پایدار به همکاری بین‌المللی است. آماده گی برای همه‌گیری‌های آینده باید از امروز آغاز شود؛ زیرا تاریخ نشان داده است که ویروس‌ها همیشه در حال تکامل هستند، و در زمان وقوع همه‌گیری فرصت مقابله و مدیریت اندک خواهد بود.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- استقرار سیستم‌های نظارت فعال و هشدار سریع مبتنی بر علائم در تمام یگان‌ها جهت گزارش فوری موارد مشکوک عفونت ویروسی و ایزوله کردن، قرنطینه و محدودیت تردد در کوتاه ترین زمان ممکن.
- تجهیز خط مقدم به کیت‌های تشخیصی مولکولی سریع، دقیق و قابل حمل (همانند کیت‌های تشخیص مولکولی هم‌دما LAMP و سنسورها و فناوری CRISPR) همراه با تضمین واکسیناسیون به‌موقع و دسترسی به پروتکل‌های پیش‌گیری پس از مواجهه (PEP) برای عوامل پرخطر.
- ایجاد ذخایر استراتژیک تجهیزات حفاظت فردی و داروها، تدوین طرح جایگزینی پرسنل کلیدی، و گنجاندن حمایت‌های روان‌شناختی در برنامه‌های آمادگی برای حفظ تاب‌آوری عملیاتی در شرایط همه‌گیری.
- پیاده‌سازی رویکرد «سلامت واحد» از طریق نظارت بر مخازن حیوانی و کنترل ناقلین، رعایت اصول امنیت زیستی در آزمایشگاه‌ها، و تقویت همکاری چندرشته‌ای میان پزشکان، دامپزشکان و فرماندهان.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Baker RE, Mahmud AS, Miller IF, Rajeev M, Rasambainarivo F, Rice BL, et al. Infectious disease in an era of global change. Nature Reviews Microbiology. 2022;20(4):193-205. doi:10.1038/s41579-021-00639-z
2. Bogoch II, Watts A, Thomas-Bachli A, Huber C, Kraemer MU, Khan K. Pneumonia of unknown aetiology in Wuhan, China: potential for international spread via commercial air travel. Journal of Travel Medicine. 2020;27(2):taaa008. doi:10.1093/jtm/taaa008
3. McKibbin W, Fernando R. The global economic

impacts of the COVID-19 pandemic. Economic Modelling. 2023;129:106551. doi:10.1016/j.econmod.2023.106551
4. Morens DM, Fauci AS. Emerging Pandemic Diseases: How We Got to COVID-19. Cell. 2020; 182(5):1077–92. doi:10.1016/j.cell.2020.08.021
5. Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, et al. Global trends in emerging infectious diseases. Nature. 2008;451(7181):990–3. doi:10.1038/nature06536
6. Woolhouse ME, Gowtage-Sequeria S. Host range and emerging and reemerging pathogens. Emerging Infectious Diseases. 2005;11(12):1842–7. doi:10.3201/eid1112.050997
7. Parums DV. A review of the resurgence of measles, a vaccine-preventable disease, as current concerns contrast with past hopes for measles elimination. Medical science monitor: international Medical Journal of Experimental and Clinical Research. 2024;30:e944436-1. doi:10.12659/MSM.944436
8. Segala FV, Guido G, Stroffolini G, Masini L, Cattaneo P, Moro L, et al. Insights into the ecological and climate crisis: Emerging infections threatening human health. Acta Tropica. 2025; 262:107531. doi:10.1016/j.actatropica.2025.107531
9. Heymann DL, Chen L, Takemi K, Fidler DP, Tappero JW, Thomas MJ, et al. Global health security: the wider lessons from the west African Ebola virus disease epidemic. Lancet. 2015;385 (9980):1884–901. doi:10.1016/s0140-6736(15)60858-3
10. Giangaspero M, Al Mahdhouri S, Al Bulushi S, Al-Ghafri MK, Turno P. Transboundary Diseases and One Health Approach Implications for Global Health Threats, with Particular Interest in Conservation and Bioterrorism. Pathogens. 2025; 14(12):1193.
11. Spernovasilis N, Tsiodras S, Poulakou G. Emerging and re-emerging infectious diseases: humankind's companions and competitors. Microorganisms. 2022;10(1):98. doi:10.3390/microorganisms10010098
12. Wang CC, Prather KA, Sznitman J, Jimenez JL, Lakdawala SS, Tufekci Z, et al. Airborne transmission of respiratory viruses. Science. 2021; 373(6558):eabd9149. doi:10.1097/mcp.0000000000000947
13. Rojek A, Fieggen J, Apiyo P, Caluwaerts S, Fowler RA, Kaleebu P, et al. Ebola disease: bridging scientific discoveries and clinical application. The Lancet Infectious Diseases. 2025;25(3):e165–e76. doi:10.1016/S1473-3099(24)00673-X
14. Bavel JJ, Baicker K, Boggio PS, Capraro V, Cichocka A, Cikara M, et al. Using social and behavioural science to support COVID-19 pandemic response. Nature Human Behaviour. 2020;4(5):460-71. doi:10.1038/s41562-020-0884-z
15. Ijaz MK, Sattar SA, Nims RW, Boone SA, McKinney J, Gerba CP. Environmental dissemination of respiratory viruses: dynamic interdependencies of respiratory droplets, aerosols, aerial particulates, environmental surfaces, and contribution of viral re-aerosolization. PeerJ. 2023;11:e16420. doi:10.7717/peerj.16420
16. Taylor S. The psychology of pandemics. Annual Review of Clinical Psychology. 2022;18(1):581-609. doi:10.1146/annurev-clinpsy-072720-020131
17. Iqbal G, Javed H, Raza FA, Gohar UF, Fatima W, Khurshid M. Diagnosis of Acute Dengue Virus Infection Using Enzyme-Linked Immunosorbent Assay and Real-Time PCR. Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology. 2023;2023(1):3995366. doi:10.1155/2023/3995366
18. Pauli G, Bauerfeind U, Blümel J, Burger R, Drosten C, Gröner A, et al. West nile virus. Transfusion Medicine and Hemotherapy. 2013;40(4):265-84. doi:10.1159/000353698
19. Sharmin S, Raj A, Zawad MA, Jahan A, Ahmed Z, Khair Fatema MU. Chapare Virus: A Re-Emerging Zoonotic Arenavirus With Limited Preparedness. Reviews in Medical Virology. 2026;36(2):e70111. doi:10.1002/rmv.70111
20. Wang LF, Eaton BT. Bats, civets and the emergence of SARS. Wildlife and emerging zoonotic diseases: the biology, circumstances and consequences of cross-species transmission. 2007:325-44. doi:10.1007/978-3-540-70962-6_13
21. Lauxmann MA, Santucci NE, Autrán-Gómez AM. The SARS-CoV-2 coronavirus and the COVID-19 outbreak. International Brazilian Journal of Urology. 2020;46(Suppl 1):6-18. doi:10.1590/s1677-5538.ibju.2020.s101
22. Mackay IM, Arden KE. MERS coronavirus: diagnostics, epidemiology and transmission. Virology Journal. 2015;12(1):222. doi:10.1186/s12985-015-0439-5
23. Uppala PK, Karanam SK, Kandra NV, Edhi S. Marburg virus disease: emerging threat, pathogenesis, and global public health strategies. World Journal of Virology. 2025;14(2):103576. doi:10.5501/wjv.v14.i2.103576
24. Muyembe-Tamfum J-J, Mulangu S, Masumu J, Kayembe J, Kemp A, Paweska JT. Ebola virus outbreaks in Africa: past and present. Onderstepoort Journal of Veterinary Research. 2012;79(2):06–13. doi:10.4102/ojvr.v79i2.451
25. Basinski AJ, Fichet-Calvet E, Sjodin AR, Varrelman TJ, Remien CH, Layman NC, et al. Bridging the gap: Using reservoir ecology and human serosurveys to estimate Lassa virus spillover in West Africa. PLoS Computational Biology. 2021;17(3):e1008811. doi:10.1371/journal.pcbi.1008811
26. Kumar S, Subhadra S, Pal N, Pattnaik R, Gosh D. Challenges in diagnosis and control of Chikungunya virus infection: A review. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 2025;18(10):431–42. doi:10.4103/apjtm.apjtm_525_25
27. Spengler JR, Bergeron É, Spiropoulou CF. Crimean-Congo hemorrhagic fever and expansion from endemic regions. Current Opinion in Virology. 2019;34:70–8. doi:10.1016/j.coviro.2018.12.002
28. Mansoor S, Maqbool I. Swine flu a seasonal pandemic, symptoms, diagnostics and prevention. Reviews and Research in Medical Microbiology. 2019;30(4):200–4. doi:10.1097/MRM.0000000000000183
29. Ferraz H, Akrami K, de Moraes L, Gusmão LC,

Coelho G, Freitas D, et al. Screening semen samples for Zika virus infection: role for serologic and RT-PCR testing. Frontiers in Tropical Diseases. 2025;5:1489647. doi:10.3389/fitd.2024.1489647
30. Amman BR, Albariño CG, Bird BH, Nyakarahuka L, Sealy TK, Balinandi S, et al. A recently discovered pathogenic paramyxovirus, Sosuga virus, is present in Rousettus aegyptiacus fruit bats at multiple locations in Uganda. The Journal of Wildlife Diseases. 2015;51(3):774–9. doi:10.7589/2015-02-044
31. Yadav PD, Baid K, Patil DY, Shirin T, Rahman MZ, Peel AJ, Epstein JH, et al. A One Health approach to understanding and managing Nipah virus outbreaks. Nature Microbiology. 2025;10(6):1272-81. doi:10.1038/s41564-025-02020-9
32. Li Y, Wang L, Chen S. An overview of the progress made in research into the Mpox virus. Medicinal Research Reviews. 2025;45(2):788-812. doi:10.1002/med.22085
33. Kivaria F, Mucheru G, Caudell M, Bebay C. Has the epidemiologic conundrum of Rift Valley fever changed?. Tropical Animal Health and Production. 2025;57(6):292. doi:10.1007/s11250-025-04531-3
34. Kamran M, Habib MB, Shahid A, Ahmar MA. Hantavirus: A Comprehensive Narrative Review of Virology, Epidemiology, Pathogenesis, Clinical Manifestations, Diagnostics, and Emerging Therapeutic Strategies. Reviews in Medical Virology. 2026; 36(4):e70190. doi:10.1002/rmv.70190
35. Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrelio C, Morse SS, Rondinini C, Di Marco M, et al. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. Nature Communications. 2017;8(1):1124. doi:10.1038/s41467-017-00923-8
36. Carlson CJ, Albery GF, Merow C, Trisos CH, Zipfel CM, Eskew EA, et al. Climate change increases cross-species viral transmission risk. Nature. 2022;607(7919):555–62. doi:10.1038/s41586-022-04788-w
37. Neiderud CJ. How urbanization affects the epidemiology of emerging infectious diseases. Infection Ecology & Epidemiology. 2015;5(1): 27060. doi:10.3402/iee.v5.27060
38. Guan D, Wang D, Hallegatte S, Davis SJ, Huo J, Li S, et al. Global supply-chain effects of COVID-19 control measures. Nature Human Behaviour. 2020;4(6):577–87. doi:10.1038/s41562-020-0896-8
39. DiEuliis D, Giordano J. Why gene editors like CRISPR/Cas may be a game-changer for neuroweapons. Health Security. 2017;15(3):296-302. doi:10.1089/hs.2016.0120
40. Johnson NP, Mueller J. Updating the accounts: global mortality of the 1918-1920" Spanish" influenza pandemic. Bulletin of the History of Medicine. 2002;76(1):105-15. doi:10.1353/bhm.2002.0022
41. Heymann DL. The international response to the outbreak of SARS in 2003. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2004;359(1447):1127-9. doi:10.1098/rstb.2004.1484
42. Sachs JD, Karim SS, Aknin L, Allen J, Brosbøl K, Colombo F, et al. The Lancet Commission on lessons for the future from the COVID-19 pandemic. The Lancet. 2022;400(10359):1224-80. doi:10.1016/s0140-6736(22)01585-9
43. Meselson M, Guillemin J, Hugh-Jones M, Langmuir A, Popova I, Shelokov A, et al. The Sverdlovsk anthrax outbreak of 1979. Science. 1994; 266(5188):1202–8. doi:10.1126/science.7973702
44. Jernigan DB, Raghunathan PL, Bell BP, Brechner R, Bresnitz EA, Butler JC, Cetron M, Cohen M, Doyle T, Fischer M, Greene C. Investigation of bioterrorism-related anthrax, United States, 2001: epidemiologic findings. Emerging Infectious Diseases. 2002;8(10):1019. doi:10.3201/eid0810.020353
45. Hassan N, Ali H, Hassan F, Ali H, Tawab A. Chapter 29 - Biosafety and biosecurity consideration in CRISPR-Cas. In: A Abd-Elsalam K, Ahmad A, Zhang B, editors. CRISPRized Horticulture Crops: Academic Press; 2024. pp. 507–20.
46. Khalatbari-Soltani S, Cumming RC, Delpierre C, Kelly-Irving M. Importance of collecting data on socioeconomic determinants from the early stage of the COVID-19 outbreak onwards. Journal of Epidemiology and Community Health. 2020; 74(8):620-3. doi:10.1136/jech-2020-214297
47. Payne DC, Smith-Jeffcoat SE, Nowak G, Chukwuma U, Geibe JR, Hawkins RJ, et al. SARS-CoV-2 infections and serologic responses from a sample of US Navy service members—USS Theodore Roosevelt, April 2020. MMWR. Morbidity and mortality weekly report. 2020; 69:714-21. doi:10.15585/mmwr.mm6923e4
48. Jin H, Xue J, Lin KL, Yang H, Zhu Z. Impact of supply chain disruptions on economic growth: Insights from a major public health crisis. INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing. 2024;61: 00469580241266402.
49. Klingsad R, Na Ayudhya BI. Impact of COVID-19 on Supply Chain Performance: A Case of Civil Railway Construction Projects. Procedia Computer Science. 2025;256:1445–50. doi:10.1016/j.procs.2025.02.277
50. Cullen W, Gulati G, Kelly BD. Mental health in the COVID-19 pandemic. QJM: An International Journal of Medicine. 2020;113(5):311-2. doi:10.1056/NEJMp2008017
51. Bollyky TJ, Bown CP. The tragedy of vaccine nationalism: only cooperation can end the pandemic. Foreign Aff.. 2020;99:96.
52. Wang L, Lu D, Yang M, Chai S, Du H, Jiang H. Nipah virus: Epidemiology, pathogenesis, treatment, and prevention. Frontiers of Medicine. 2024; 18(6):969-87. doi:10.1007/s11684-024-1078-2
53. Moon S, Sridhar D, Pate MA, Jha AK, Clinton C, Delaunay S, et al. Will Ebola change the game? Ten essential reforms before the next pandemic. The report of the Harvard-LSHTM Independent Panel on the Global Response to Ebola. The Lancet. 2015; 386(10009):2204-21. doi:10.1016/S0140-6736(15)00946-0
54. Patel MK, Goodson JL, Alexander Jr JP, Kretsinger K, Sodha SV, Steulet C, et al. Progress toward

regional measles elimination—worldwide, 2000–2019. MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report. 2020;69:1700-5. doi:10.15585/mmwr.mm6945a6
55. Branda F, Giovanetti M, Petrosillo N, Ahmed MM, Perra M, Sanna D, et al. Measles and public health: An integrative approach. Biology Direct. 2025; 20(1):103. doi:10.1186/s13062-025-00693-0
56. Wilder-Smith A, Gubler DJ, Weaver SC, Monath TP, Heymann DL, Scott TW. Epidemic arboviral diseases: priorities for research and public health. The Lancet Infectious Diseases. 2017;17(3):e101-6. doi:1016/s1473-3099(16)30518-7
57. Hosseinian SA, Hajati MH. A comprehensive review of the zoonotic potential of avian influenza viruses: a globally circulating threat to pandemic influenza in human. Journal of Zoonotic Diseases. 2024;8(4):592–602. doi:10.22034/jzd.2024.18318
58. Bijari M, Sadeghi-Sefidmazgi A, Ansari-Lari M, Ghaffari MH. Productivity, reproduction and economic losses due to foot-and-mouth disease (FMD) in Iranian Holstein cows. Preventive Veterinary Medicine. 2025;238:106471. doi:10.1016/j.prevetmed.2025.106471
59. Kitajima M, Ahmed W, Bibby K, Carducci A, Gerba CP, Hamilton KA, et al. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. Science of the Total Environment. 2020;739:139076. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139076
60. Salimi-Jeda A, Abbassi S, Mousavizadeh A, Esghaie M, Bokharaei-Salim F, Jeddi F, et al. SARS-CoV-2: Current trends in emerging variants, pathogenesis, immune responses, potential therapeutic, and vaccine development strategies. International Immunopharmacology. 2021;101:108232. doi:10.1016/j.intimp.2021.108232
61. Dao Thi VL, Herbst K, Boerner K, Meurer M, Kremer LP, Kirrmaier D, et al. A colorimetric RT-LAMP assay and LAMP-sequencing for detecting SARS-CoV-2 RNA in clinical samples. Science Translational Medicine. 2020;12(556):eabc7075. doi:10.1126/scitranslmed.abc7075
62. Kellner MJ, Koob JG, Gootenberg JS, Abudayyeh OO, Zhang F. SHERLOCK: nucleic acid detection with CRISPR nucleases. Nature Protocols. 2019;14(10):2986-3012. doi:10.1038/s41596-019-0210-2
63. Seo G, Lee G, Kim MJ, Baek SH, Choi M, Ku KB, et al. Rapid detection of COVID-19 causative virus (SARS-CoV-2) in human nasopharyngeal swab specimens using field-effect transistor-based biosensor. ACS Nano. 2020;14(4):5135-42. doi:10.1021/acsnano.0c02823
64. Verbeke R, Lentacker I, De Smedt SC, Dewitte H. The dawn of mRNA vaccines: The COVID-19 case. Journal of Controlled Release. 2021;333:511-20. doi:10.1016/j.jconrel.2021.03.043
65. Corbett KS, Edwards DK, Leist SR, Abiona OM, Boyoglu-Barnum S, Gillespie RA, et al. SARS-CoV-2 mRNA vaccine design enabled by prototype pathogen preparedness. Nature. 2020;586(7830):567–71. doi:10.1038/s41586-020-2622-0
66. Pantaleo G, Correia B, Fenwick C, Joo VS, Perez L. Antibodies to combat viral infections: development strategies and progress. Nature Reviews Drug Discovery. 2022;21(9):676–96. doi:10.1038/s41573-022-00495-3
67. Esposito S, Amirthalingam G, Bassetti M, Blasi F, De Rosa FG, Halasa NB, et al. Monoclonal antibodies for prophylaxis and therapy of respiratory syncytial virus, SARS-CoV-2, human immunodeficiency virus, rabies and bacterial infections: an update from the World Association of Infectious Diseases and Immunological Disorders and the Italian Society of Antinfective Therapy. Frontiers in Immunology. 2023;14:1162342. doi:10.3389/fimmu.2023.1162342
68. Destoumieux-Garzón D, Mavingui P, Boetsch G, Boissier J, Darriet F, Duboz P, et al. The one health concept: 10 years old and a long road ahead. Frontiers in Veterinary Science. 2018;5:14. doi:10.3389/fvets.2018.00014
69. Karesh WB, Dobson A, Lloyd-Smith JO, Lubroth J, Dixon MA, Bennett M, et al. Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. Lancet. 2012;380 (9857):1936–45. doi:10.1016/s0140-6736(12)61678-x
70. Jin A, Linkov I. Synthetic biology brings new challenges to managing biosecurity and biosafety. Emerging Threats of Synthetic Biology and Biotechnology: Addressing Security and Resilience Issues. 2021:117-29.
71. Aldis W. Health security as a public health concept: a critical analysis. Health Policy and Planning. 2008;23(6):369-75. doi:10.1093/heapol/czn030
72. Bardosh KL, de Vries DH, Abramowitz S, Thorlie A, Cremers L, Kinsman J, et al. Integrating the social sciences in epidemic preparedness and response: a strategic framework to strengthen capacities and improve global health security. Globalization and Health. 2020;16(1):120. doi:10.1186/s12992-020-00652-6
73. Trump BD FM, Perkins E, Linkov I, editors., Emerging threats of synthetic biology and biotechnology: addressing security and resilience issues.: Springer; 2021. doi:10.1007/978-94-024-2086-9
74. Okon MB, Ugwu OP, Ugwu CN, Ogenyi FC, Swase DT, Anyanwu CN, et al. From pandemics to preparedness: harnessing AI, CRISPR, and synthetic biology to counter biosecurity threats. Frontiers in Public Health. 2025;13:1711344. doi:10.3389/fpubh.2025.1711344
75. Cropper NR, Rath S, Teo RJ, Warmbrod KL, Lancaster MJ. A modular-incremental approach to improving compliance verification with the biological weapons convention. Health Security. 2023;21(5):421-7. doi:10.1089/hs.2023.0078
76. Dzau VJ, Halton J, Kaseya J, Oramah B, Røttingen JA, Lucera M, et al. Closing the deal: a G20 panel report on financing for pandemic threats. The Lancet. 2025;406(10517):2296-8. doi:10.1016/S0140-6736(25)02275-5
77. Van der Linden S, Maibach E, Cook J, Leiserowitz A, Lewandowsky S. Inoculating against misinformation. Science. 2017;358(6367):1141-2. doi:10.1126/science.aar4533