ZHIVAR

ژیوار / هفته نامهٔ انجمن علمی زیست شناسی دانشگاه شاهد / شماره ۲۵/ نسخه‌ی اختصاصی بیوتروریسم

ژیوار

ژیوار، واژه ای ایرانی به معنای زندگی و حیات است...

صاحب امتیاز:
انجمن علمی زیست شناسی دانشگاه شاهد

مدیر مسئول و سردبیر:
سید علی حسینی
دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

مدیر فنی و صفحه آرا:
محمدصدرا محمدی
دانشجوی کارشناسی ارشد ژنتیک دانشگاه آزاد تهران مرکز

کارگروه ویراستاری:

محمد ابراهیمی آشتیانی
دانشجوی کارشناسی زیست‌شناسی سلولی موبکولی دانشگاه شاهد

دانیال یوسف‌بیگی
دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

سبحان جره‌ای شریف آبادی
دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

هیئت تحریریه:

فاطمه اسناوندی

دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

محمد مهدی آقائی

دانشجوی کارشناسی ارشد میکروارگانیسم های بیماری‌زا دانشگاه آزاد علوم تحقیقات

مهدیه حبیبی

دانشجوی دکتری تخصصی نانوشیمی دانشگاه تبریز

فاطمه سبزی

دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

آناهیتا جمالی

دانشجوی کارشناسی زیست شناسی جانوری دانشگاه فردوسی

انسیه نوروزی

دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

زهرا محبوبی

دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

دانیال یوسف‌بیگی

دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد

امیرحسین صدیقی

دانشجوی کارشناسی ارشد زیست‌شناسی سلولی مولکولی دانشگاه امام حسین (ع)

فهرست

بخش اول مبانی،تاریخچه و مفاهیم کلیدی بیوتروریسم

۷ تسلیحات بیولوژیک
۱۳ عوامل بیولوژیک و تهدیدات میکروبیولوژیک
۲۷ تفاوت عملکردی سلاح های بیولوژیکی، شیمیایی و هسته ای بر انسان

بخش دوم جنگ های بیولوژیک

۳۳ بیوتروریسم خاموش: راز هایی تاریک در دل تاریخ
۴۶ جنگ ویتنام و عامل نارنجی: زخم هایی که هنوز بازند...

بخش سوم بیوتروریست ها و تهدیدات پنهان

۵۱ ویروس به جای گلوله
۵۶ سلاح های بیولوژیکی قومی - نژادی: نسل کشی بدون صدای انفجار

بخش چهارم اخلاق، حقوق، امنیت و آینده

۶۱ از ژنو تا WHO: سنگر های قانونی علیه جنگ افزار های بیولوژیک
۶۵ آینده پژوهی و تکنیک های جدید جنگ های بیولوژیک

با سلام و احترام خدمت مخاطبین فرهیخته‌ی نشریه‌ی ژیوار،
در اثنای روزهای حساس جنگ دوازده‌روزه میان ایران و اسرائیل و حمله به مرکز تحقیقات علوم زیستی وایزمن، ضرورت بازنگری در رابطه‌ی میان علم زیست شناسی و کاربردهای نظامی بیش از پیش احساس شد. همین رخدادها ما را بر آن داشت تا در این ویژه‌نامه، با نگاهی ژرف‌تر و تحلیلی‌تر به تقاطع «زیست‌شناسی» و «جنگ» بپردازیم.

در این شماره از نشریه علمی-دانشجویی ژیوار، به بررسی گذشته، حال و آینده‌ی بیوتروریسم و تسلیحات بیولوژیک پرداخته‌ایم؛ از تاریخچه و نمونه‌های مستند گرفته تا فناوری‌های نوین، تهدیدهای نوظهور و مسیرهای پیش‌روی جامعه علمی و سیاست‌گذاری.

امید آن داریم که روزی فرا رسد که زیست‌شناسی تنها در خدمت حیات‌بخشی باشد؛ نه ابزاری در دست نظامیان برای تهدید حیات و امنیت انسان‌ها.

همواره از پیشنهادها و انتقادهای سازنده‌ی شما استقبال می‌کنیم.

با سپاس

مدیر مسئول و سردبیر نشریهٔ علمی ژیوار

۱

مبانی، تاریخچه و مفاهیم کلیدی بیوتروریسم

تسلیحات بیولوژیک

به قلم **فاطمه اسناوندی - دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد**

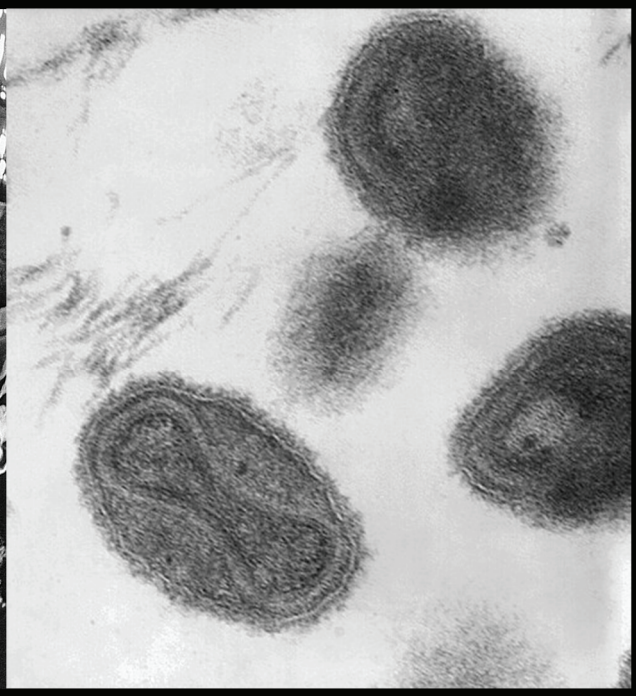
سلاح های بیولوژیک شامل استفاده عمدی از عوامل بیماری زایی است که هدف تروریستی و یا نظامی دارند و باعث ایجاد بیماری و یا مرگ در انسان ها،حیوانات و گیاهان می شوند. این سلاح ها کشندگی بالا و هزینه تولید نسبتا پایین دارند.

عوامل بیولوژیکی کلاسیک به **سه دسته** تقسیم می شوند:
۱- عوامل باکتریایی(مانند طاعون و سیاه زخم) ۲- عوامل ویروسی(مانند ابولا و آبله) ۳- سموم (مانند رایسین و بوتولینوم)
در سلاح های بیولوژیکی نوین از عوامل اصلاح شده ژنتیکی و عوامل هدف گیر اتنیکی استفاده می شود. استفاده از سلاح های بیولوژیک به عصر حاضر محدود نشده و ریشه های در تمدن های باستان و قرون وسطی دارد. تمدن‌های باستان: گزارش‌های تاریخی حاکی از آن است که در قرن6 قبل از میلاد، آشوریان از قارچ ارگوت (Ergot) بـرای مسموم کردن چاه‌های دشمن استفاده می کردند. همچنین، در جنگ‌های پلوپونزی (431-404 قبل از میلاد)، اسپارتیان با مسموم کردن منابع آب با گیاه شوکران (Hellebore)، سربازان آتنی را بیمار کردند.

اربابه‌های مرگ و طاعون:

منظور از اربابه های مرگ چیست؟

اربابه‌های مرگ به حاملان بیولوژیک گفته می شود که قادر به انتقال عوامل بیماری‌زا به میزبان‌های انسانی، حیوانی یا گیاهی هستند. این حاملان می‌توانند شامل حشرات، جوندگان، یا حتی ذرات هوابرد باشند . مشهورترین نمونه در قرون وسطی، محاصره شهر کافا (Caffa) در کریمه در سال 1346 میلادی توسط ارتش مغول تحت فرمانخانه «جانی‌بیگ خان» است. مغول‌ها اجساد سربازان مبتلا به طاعون سیاه را با منجنیق به داخل شهر پرتاب کردند که به گسترش بیماری و سقوط شهر انجامید. این رویداد به عنوان یکی از اولیه‌ترین نمونه‌های جنگ بیولوژیک ثبت شده است.



دوران استعمار: در خلال جنگ‌های فرانسویان و بومیان آمریکا در قرن 18، گزارش شده است که نیروهای بریتانیایی به رهبری ژنرال «جفری آمهرست»، پتوهای آلوده به ویروس آبله را به عنوان "هدیه" به قبایل بومی آمریکا دادند که منجر به شیوع ویرانگر بیماری در میان جمعیتی که فاقد مصونیت بودند، شد. این اتفاق نمادی از مفهوم استفاده از بیماری به عنوان سلاح است.

دوران مدرن و نظام‌مند شدن (1900-1945)

پیشرفت‌های علمی در میکروبیولوژی توسط دانشمندانی مانند لویی پاستور و رابرت کخ، درک بشر از عوامل بیماری‌زا را متحول کرد و متأسفانه راه را برای توسعه سیستماتیک سلاح‌های بیولوژیک هموار نمود.

جنگ جهانی اول:آلمان برنامه‌هایی برای استفاده مخفیانه از عوامل بیماری‌زای سیاه‌زخم و مشمشه برای آلوده کردن احشام و اسب‌های متفقین در آمریکا و رومانی داشت.

واحد ۷۳۱ ژاپن: بی‌تردید یکی از هولناک‌ترین و گسترده‌ترین برنامه‌های جنگ بیولوژیک در تاریخ، توسط ژاپن در خلال جنگ دوم چین و ژاپن و جنگ جهانی دوم تحت نظر شیرو ایشی (Shiro Ishii) و در "واحد 731" انجام شد. این واحد در منچوری واقع بود و در آن آزمایش‌های غیرانسانی گسترده ای بر روی اسیران جنگی و غیرنظامیان با عوامل بیماری‌زایی مانند طاعون، سیاه‌زخم، وبا و تب -hem orrhagic انجام می‌شد. ژاپنی‌ها به طور عملی از این سلاح‌ها استفاده کردند، از جمله پرتاب بمب های پر از کک‌های آلوده به طاعون بر روی شهرهای چین که منجر به شیوع بیماری و تلفات زیاد شد . تخمین زده می‌شود که بیش از 200,000 نفر در نتیجه این فعالیت‌ها کشته شده‌اند .پس از پایان جنگ جهانی دوم، برخی از افراد کلیدی واحد 731، از جمله iro Ishii، از مجازات‌های بین‌المللی فرار کردند. در ازای همکاری با آمریکا، آنها اطلاعات مربوط به آزمایش‌های بیولوژیکی و شیمیایی خود را در اختیار دولت ایالات متحده قرار دادند. این اقدام باعث شد که بسیاری از مسئولین این جنایات از مجازات‌های بین‌المللی مصون بمانند.

جنگ سرد و عصر طلایی تحقیقات(1945-1972)

پس از جنگ جهانی دوم، قدرت‌های بزرگ به طور گسترده‌ای به تحقیق و توسعه سلاح‌های بیـولوژیک پرداختند.برنامه‌های ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی:ایالات متحده برنامه‌ای محرمانه را تا زمان لغو آن در سال 1969 توسط ریچارد نیکسون ادامه داد. این برنامه شامل آزمایش های میدانی با عوامل غیرکشنده (مانند باکتری سرratella marcescens) در شهرها بدون اطلاع عموم بود. اتحاد جماهیر شوروی برنامه‌ای عظیم به نام "Biopreparat" را با 60,000 پـرسنل راه اندازی کرد که بزرگ‌ترین برنامه جنگ بیولوژیک در تاریخ بود.

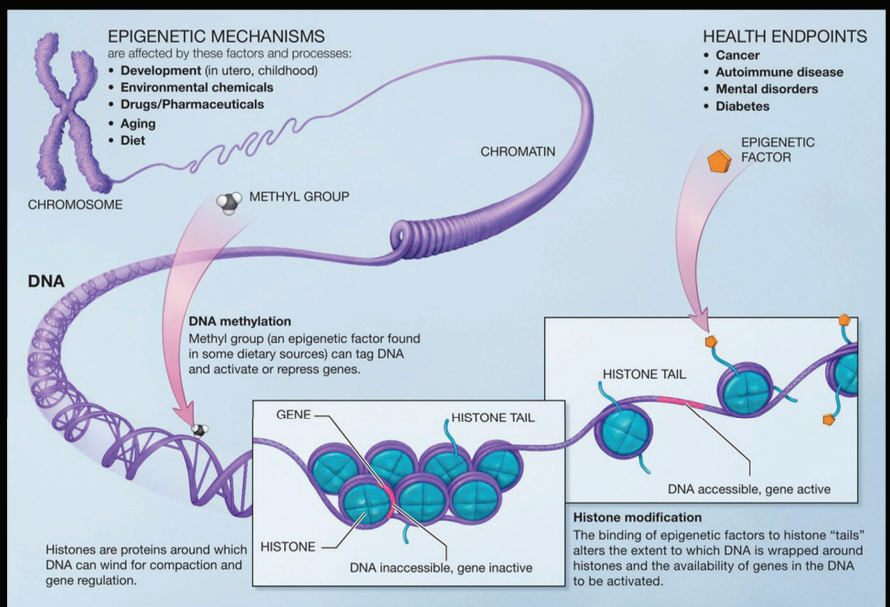
پیمان منع سلاح‌های بیولوژیکی (BWC):با افزایش نگرانی‌های بین‌المللی، «پیمان منع توسعه، تولید و ذخیره سلاح‌های میکروبی و سمی و نابودی آنها» در سال 1972 به امضا رسید و در 1975 لازم‌الاجرا شد. این پیمان استفاده از عوامل بیولوژیک را به عنوان سلاح ممنوع اعلام کرد. اما بسیاری از کشورها به توسعه برنامه‌های بیولوژیک خود ادامه داده‌اند.

دوران معاصر: بیوتروریسم و تهدیدات نوین

حادثه 2001:در سال 2001، نامه هایی حاوی اسپور سیاه زخم از طریق پست در ایالات متحده ارسال شد که منجر به کشته شدن 5 نفر و آلوده شدن 17 نفر شد. این حملات نشان داد که حتی حملات در مقیاس کوچک می‌توانند ترس گسترده و اختلال عمیق ایجاد کنند .

از سلاح های بیولوژیکی بسیار مخرب می‌توان به موشک های میکروبی اشاره کرد که در جنگ جهانی دوم استفاده شدند و در جنگ سرد توسعه یافتند. موشک‌های میکروبی به سامانه‌های پرتابی مجهز به کلاهک‌های حاوی عوامل بیولوژیک اطلاق می‌شوند. این موشک‌ها معمولاً دارای محفظه های ویژه‌ای برای نگهداری عوامل بیماری‌زا در شرایط مناسب هستند. مکانیسم پخش این موشک ها به صورت پخش هوابرد(آزاد کردن عوامل بیولوژیک در هوا به صورت ذرات آئروسل)، پخش سطحی(پوشاندن سطوح با عوامل بیماری‌زا) و پخش نقطه ای(آلوده کردن منابع آب و غذا)است.

در عصر حاضر از عوامل نسل جدید سلاح‌های بیولوژیک: عوامل اصلاح‌شده ژنتیکی و هدفگیر اتنیکی استفاده می شود.



عوامل اصلاح‌شده ژنتیکی (Genetically Modified Agents)

عوامل اصلاح‌شده ژنتیکی به پاتوژن‌هایی گفته می‌شود که با استفاده از فناوری‌های ویرایش ژن مانند CRISPR-Cas9، TALENs و Zinc Finger Nucleases دستکاری شده‌اند تا ویژگی‌های جدید و خطرناکی کسب کنند. این تغییرات می‌توانند شامل افزایش پاتوژنیسیته، مقاومت به دارو، فرار از سیستم ایمنی و پایداری محیطی باشند.

عوامل هدفگیر اتنیکی (Ethnically Targeted Agents)

عوامل هدفگیر اتنیکی به سلاح‌های بیولوژیکی اطلاق می‌شود که برای هدف قرار دادن جمعیت‌های خاص بر اساس ویژگی‌های ژنتیکی، نژادی یا قومی طراحی شده‌اند. این عوامل با بهره‌گیری از تفاوت های ژنتیکی در سیستم ایمنی، گیرنده‌های سلولی یا متابولیسم دارو عمل می‌کنند.

روندهای آینده که پیش بینی می شود در تولید سلاحهای زیستی از آن استفاده شود شامل استفاده از AI برای طراحی عوامل هدفمند و توسعه سیستم‌های نانویی برای تحویل دقیق است.

تاریخ استفاده از عوامل بیولوژیکی به عنوان سلاح، از روش‌های ابتدایی در باستان تا برنامه‌های تحقیقاتی پیچیده در قرن بیستم در جریان بوده است. ایجاد پیمان‌های بین‌المللی مانند BWC نشان‌دهنده تلاش جامعه جهانی برای مهار این سلاح‌ها است. در عصر حاضر، پیشرفت علوم زیستی و پدیده بیوتروریسم، چالش‌های امنیتی جدیدی را ایجاد کرده است.

منابع:

1- Wheelis, M. (2002). Biological Warfare at the 1346 Siege of Caffa. *Emerging Infectious Diseases*, *8*(9), 971–975. DOI: [10.3201/eid0809.010536](https://doi.org/10.3201/eid0809.010536)

2- Riedel, S. (2004). Biological warfare and bioterrorism: a historical review. *Baylor University Medical Center Proceedings*, *17*(4), 400–406. DOI: [10.1080/08998280.2004.11928002](https://doi.org/10.1080/08998280.2004.11928002)

3- Christopher, G. W., Cieslak, T. J., Pavlin, J. A., & Eitzen, E. M. (1997). Biological warfare: a historical perspective. *JAMA*, *278*(5), 412–417. DOI: [10.1001/jama.1997.03550050074036](https://doi.org/10.1001/jama.1997.03550050074036)

4- Alibek, K., & Handelman, S. (1999). *Biohazard: The Chilling True Story of the Largest Covert Biological Weapons Program in the World—Told from the Inside by the Man Who Ran It*. New York: Random House.

5- United Nations Office for Disarmament Affairs (UNODA). (n.d.). *The Biological Weapons Convention*. Retrieved September 13, 2025, from https://www.un.org/disarmament/biological-weapons/

6- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (n.d.). *Emergency Preparedness and Response: Bioterrorism*. Retrieved September 13, 2025, from https://emergency.cdc.gov/bioterrorism/

7- World Health Organization (WHO). (n.d.). *Biological weapons*. Retrieved September 13, 2025, from https://www.who.int/health-topics/biological-weapons

عوامل بیولوژیک و تهدیدات میکروبیولوژیک

به قلم **محمدمهدی آقائی - دانشجوی کارشناسی ارشد میکروبیولوژی دانشگاه علوم تحقیقات**

چکیده

سلاح‌های بیولوژیک (Biological Weapons) ابـزارهایی هستند که با بهره‌گیری از میکروارگانیسم های بیماری‌زا یا سموم طبیعی، توانایی ایجاد بیماری و مرگ گسترده در انسان، حیوان یا گیاهان را دارند. این سلاح‌ها به دلیل قابلیت پنهان بودن، انتشار گسترده و اثرات دیرهنگام، یکی از خطرناک ترین ابزارهای جنگی و تروریستی محسوب می‌شوند. این مقاله مروری جامع بر عوامل بیولوژیک شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها و توکسین‌ها، مکانیزم‌های میکروبیولوژیک آن‌ها، روش‌های شناسایی اپیدمی و نمونه‌های تاریخی سوءاستفاده مانند عملیاتCast The Bread، حملات آنتراکس در آمریکا (2001) و ترور خالد مشعل (1997) ارائه می‌دهد. پیشرفت‌های بیوتکنولوژی و مطالعات ژنوم، امکان شناسایی سریع پاتوژن‌ها، طراحی واکسن‌ها و داروهای ضدمیکروبی و راه‌اندازی سامانه‌های هشداردهنده اولیه را فراهم کرده است. این ابزارها نقش کلیدی در آمادگی و پاسخ مؤثر به بیوتروریسم دارند و فهم دقیق خطرات و راهبردهای مقابله‌ای، برای ارتقای امنیت زیستی و تاب‌آوری سلامت عمومی ضروری است.

کلیدواژه‌ها: بیـوتروریسم، سلاح بیولوژیک، آنتراکس، توکسین، ژنوم انسان، مهندسی ژنتیک، نظارت سندرومی، واکسن

مقدمه

تهدید بیوتروریسم باتوجه‌به امکان سوءاستفاده از میکروارگانیسم‌ها و توکسین‌ها در حملات عمدی، توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است. عوامل بیولوژیک، شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها و توکسین‌ها، به دلیل پایداری در محیط، قابلیت انتشار گسترده و توانایی ایجاد اپیدمی، تهدیداتی مهم برای سلامت عمومی و امنیت ملی محسوب می‌شوند. نمونه‌های تاریخی استفاده از این عوامل نشان‌دهنده پیامدهای واقعی بیوتروریسم و ضرورت تشخیص زودهنگام، نظارت و آمادگی است. پیشرفت‌های مدرن در بیوتکنولوژی، مطالعات ژنوم و مهندسی ژنتیک، توانایی شناسایی سریع پاتوژن‌ها، طراحی واکسن‌ها و داروهای درمانی و اجرای راهبردهای پاسخ سریع را ارتقا داده است. هدف این مقاله، ارائه مروری جامع بر سلاح‌های بیولوژیک، مکانیزم اثر، نمونه‌های تاریخی و راهبردهای مقابله‌ای مبتنی بر فناوری‌های نوین است.

طبقه‌بندی سلاح‌های بیولوژیک

عوامل میکروبی بیماری‌زا

تیفوس و آنتراکس نمونه‌هایی از سلاح‌های باکتریایی هستند. تیفوس، ناشی از باکتری Rickettsia prowazekii، در طول تاریخ به‌عنوان ابزار بیولوژیک به‌کاررفته است؛ نمونه تاریخی آن عملیاتCast The Bread توسط گروه شبه‌نظامی هگانا است. آنتراکس، ناشی از باکتری Bacillus anthracis، به دلیل تولید اسپور مقاوم و پایداری بالا در محیط، یکی از پرکاربردترین عوامل بیولوژیک محسوب می شود. نمونه مشهور استفاده از آن، نامه‌های آلوده به آنتراکس در آمریکا در سال 2001 است که

موجب ابتلا و مرگ چند نفر شد. این عوامل معمولاً تشخیص دشواری دارند و می‌توانند باعث تب، ضعف، نارسایی اندام‌ها و مرگ شوند.

ویروس‌ها

ویـروس‌ها فاقد ساختار سلولی مستقل هستند و برای تکثیر به سلول میزبان نیاز دارند. برخی ویروس‌ها مانند Variola major (آبله) از دیرباز به‌عنوان ابزار جنگی در نظر گرفته شده‌اند، زیرا تنها انسان را آلوده می‌کنند، مرگ‌ومیر بالایی دارند و انتقال فردبه‌فرد در آن‌ها امکان‌پذیر است. همچنین ویروس‌های عامل تب‌های خونریزی دهنده مانند ابولا، ماربورگ و لاسا، به دلیل اثرات شدید بالینی و ایجاد وحشت عمومی، در دسته عوامل با ریسک بالا قرار دارند.

توکسین‌های طبیعی

این گروه شامل سموم پروتئینی یا شیمیایی است که توسط میکروارگانیسم‌ها یا گیاهان تولید می شوند. سم بوتولینوم (Clostridium botulinum) قوی‌ترین سم شناخته‌شده است و در مقادیر نانوگرمی می‌تواند فلج تنفسی و مرگ ایجاد کند. رایسین، پروتئینی استخراج شده از گیاه Ricinus communis، با اتصال به ریبوزوم‌ها سنتز پروتئین سلولی را مختل کرده و موجب مرگ سلول می شود. مسیر دگرگشتی ری‌سین شامل ورود به سلول از طریق RTB (Ricin Toxin B chain) و انتقال RTA (Ricin Toxin A chain) به سیتوزول است و اثرات بالینی آن شامل تهوع، استفراغ، اسهال، اختلالات تنفسی و نارسایی چنداندامی است.

مکانیزم اثر و میکروبیولوژی عوامل بیولوژیک

باکتری‌ها، ویروس‌ها و توکسین‌ها می‌توانند با تکثیر در بدن میزبان سامانه ایمنی را مختل کرده و باعث آسیب بافتی شوند. اسپورها و فرم‌های مقاوم برخی باکتری‌ها مانند Bacillus anthracis در محیط پایدار مانده و سال‌ها باقی می‌مانند. توکسین‌ها مانند بوتولینوم نوروکسین اثرات عصبی و مرگبار دارند. ویروس‌های گروه Filoviridae و Arenaviridae باعث تب‌های خونریزی دهنده می شوند و از تماس با مایعات بدن یا آئروسل منتقل می‌شوند.

عوامل بیوتروریسم (Category A & B & C)

آنتراکس (Anthrax)

آنتراکس یک بیماری عفونی مشترک انسان و حیوان با توزیع جهانی است که توسط باکتری اسپورزا و گرم مثبت Bacillus anthracis ایجاد می‌شود. این بیماری عمدتاً حیوانات علفخوار را درگیر می کند، اما در انسان نیز می‌تواند باعث بیماری شدید و گاه مرگ شود. فرم پوستی شایع‌ترین نوع ابتلا است، اما فرم استنشاقی به دلیل مرگ‌ومیر بالاتر و قابلیت انتشار آسان، نگرانی اصلی در بیـوتروریسم محسوب می‌شود. دوره کمون میانگین چهار روز است، اما ممکن است تا دو ماه نیز طول بکشد. علائم اولیه استنشاقی شامل تب، لرز، ضعف و سرفه است و تشخیص اولیه ممکن است با پنومونی یا آنفلوانزا فصلی اشتباه گرفته شود. تشخیص با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی مانند PCR، Gram stain و کشت باکتری انجام می‌شود. درمان شامل آنتی‌بیوتیک‌ها، آنتی‌توکسین‌ها و آنتی‌بادی‌های مونوکلونال (obiltoxaximab، raxibacumab و Anthrasil) است. در مواجهه با اسپورهای آئروسل، پروفیلاکسی پس از مواجهه به مدت ۶۰ روز همراه با سه دوز واکسن توصیه می‌شود.

تصویر اول - ضایعه پوستی سیاه زخم

آبله (Smallpox)

آبله بیماری ویروسی ناشی از ویروس Variola major و minor است که در قرن گذشته موجب مرگ حدود 300 میلیون نفر شد و در سال 1979 توسط سازمان جهانی بهداشت منقرض اعلام گردید. فرم major کشنده‌تر و فرم minor خفیف‌تر است. انتقال عمدتاً از طریق راه تنفسی و بین انسان ها رخ می‌دهد. دوره کمون 12-14 روز و علائم اولیه شامل تب، استفراغ، سردرد و درد عضلانی است که پس از آن ضایعات پوستی مشخص روی صورت، دست‌ها، کف پاها و مخاط دهان ظاهر می شود. تشخیص باید در آزمایشگاه‌های معتبر CDC با استفاده از PCR تأیید شود. درمان شامل واکسن پیشگیرانه قبل از ظهور علائم و داروهای ضدویروس مانند-cido ،(TPOXX) tecovirimat fovir و brincidofovir است. زنان باردار باید در صورت مواجهه درمان مشابه دریافت کنند، زیرا واکسیناسیون در دوران بارداری محدودیت دارد.

تصویر دوم - ضایعات پوستی آبله روی ساعد

تصویر سوم - ضایعات پوستی آبله روی تنه

طاعون (Plague)

طاعون توسط باکتری گرم منفی Yersinia pestis ایجاد می‌شود. شایع‌ترین فرم، طاعون بادکنکی (bubonic) است که پس از گزش کک آلوده رخ می‌دهد و با تب و تورم دردناک غدد لنفاوی (bu-boes) همراه است. فرم پنومونیک کمتر شایع ولی بسیار واگیر است و از فردی به فرد دیگر منتقل می‌شود. بدون درمان مناسب، نرخ مرگ در این فرم نزدیک به 100٪ است. سرفه تولیدکننده خلط خونی نشانه فرم پنومونیک است که از نظر بیوتروریسم بیشترین تهدید را دارد، زیرا انتشار آئروسل آن می‌تواند موارد زیادی از طاعون اولیه پنومونیک ایجاد کند. دوره کمون معمولاً یک تا شش روز است. باکتری را می‌توان از کشیدن مایع چرکی از غده لنفاوی متورم (آسپیراسیون بوبو)، خلط، مکش ترشحات یا مایع از نای (آسپیراسیون تراکئال) یا خون جدا کرد. روش‌های تشخیصی شامل PCR و کشت باکتری است. پس از قرارگیری در معرض عامل طاعون، پیشگیری پس از تماس با دوره هفت روزه آنتی‌بیوتیک‌ها توصیه می‌شود. درمان کامل بیماری نیز با آنتی‌بیوتیک‌ها مؤثر است.

تولارمی (Tularemia)

تولارمی یک بیماری مشترک انسان و حیوان است که توسط Francisella tularensis ایجاد می‌شود و در آمریکای شمالی گسترده است. خرگوش‌های خانگی مهم‌ترین منبع ابتلای انسانی از طریق تماس مستقیم هستند. فرم پنومونیک این بیماری بیشترین تهدید را در بیوتروریسم دارد، زیرا انتشار آئروسل می‌تواند موارد گسترده‌ای ایجاد کند. تشخیص با تست آنتی‌بادی فلورسانس، رنگ آمیزی ایمونوهیستوشیمی یا PCR تأیید می‌شود.

درمان با استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های انتخابی انجام می‌شود و به‌طور معمول قرنطینه ضروری نیست، زیرا انتقال انسان به انسان محدود است. کارکنان آزمایشگاه باید در صورت مواجهه یا شک به بیماری هشدار داده شوند.

بوتولیسم (Botulism)

بوتولیسم توسط توکسین Clostridium botulinum ایجاد می‌شود که یک باکتری اسپورزا در خاک است. این توکسین اثرات نوروپارالیتیک قوی دارد و شناخته‌شده‌ترین سم به لحاظ سمیت جرمی است. علائم شامل فلج پیش‌رونده و نزولی عضلات، شروع با اختلالات عصبی جمجمه‌ای مانند دوبینی، دیسفاژی و دیس‌آرتری است و در نهایت منجر به نارسایی تنفسی و مرگ می‌شود. اغلب موارد طبیعی به دلیل نگهداری نادرست غذا یا مصرف غذای نیم‌پز ایجاد می‌شوند. سناریوهای محتمل بیوتروریسم شامل آلوده‌سازی عمدی مواد غذایی یا آئروسل‌سازی است.

استفاده از آنتی‌توکسین هپتالنت (A-G) توصیه می‌شود که پیشرفت بیماری را متوقف می‌کند؛ اما فلج ایجاد شده را برنمی‌گرداند. شروع درمان زودهنگام حیاتی است و دسترسی به آنتی‌توکسین از طریق مقامات بهداشتی و CDC انجام می‌شود، بدون آنکه انتظار تأیید رسمی بیماری مانعی برای اقدام باشد.

دیگر عوامل ویروسی و توکسین‌ها

ویـروس‌های تب خونریزی دهنده مانند ابولا، لاسا، ماربورگ و ماچوپو، و آنسفالیت‌های ویروسی (EEE، VEE، WEE) نیز در دسته عوامل با خطر بالا قرار دارند.

تصویر چهارم- تصویر میکروسکوپ الکترونی از ویروس ابولا

تب کیو (Coxiella burnetii)

Coxiella burnetii یک باکتری داخل سلولی است که Q fever، بیماری مشترک انسان و حیوان، ایجاد می‌کند. این باکتری مقاوم به فشار محیطی، نور UV و گرماست و در محیط، مدت طولانی زنده می‌ماند. انسان به آن حساس است و کمتر از ده باکتری می‌تواند از طریق استنشاق باعث عفونت شود. انتقال می‌تواند از طریق غذا صورت گیرد و به دلیل دوره نهفتگی طولانی و مرگ‌ومیر پایین، اغلب به‌عنوان عامل ناتوان‌کننده استفاده می‌شود. بیماری می‌تواند بدون علامت، حاد یا مزمن باشد و علائم شامل تب، سردرد، لرز، سرفه، درد مفاصل، هپاتیت و در موارد نادر منتژیت یا اندوکاردیت است. درمان شامل آنتی‌بیوتیک‌ها مانند داکسی‌سایکلین و واکسن Q-Vax است.

انتروتوکسین استافیلوکوک B

SEB، توکسین S. aureus، یک ابرآنتی‌ژن است که می‌تواند باعث بیماری شدید در انسان شود. استنشاق آن تب، درد عضلانی، لرز و مشکلات تنفسی ایجاد می‌کند و در موارد شدید منجر به ادم ریـوی یا ARDS می‌شود. مصرف خوراکی معمولاً منجر به سندرم خود محدود شونده می‌شود. مدیریت عمدتاً حمایتی است و واکسن انسانی تأیید شده‌ای وجود ندارد.

توکسین اپسیلون (Clostridium perfringens)

Epsilon Toxin توسط باکتری Clostridium perfringens نوع B و D تولید می‌شود و پروتئینی است که با آسیب به غشای سلول، نفوذپذیری سلولی را تغییر می‌دهد. این توکسین موجب اِدم در مغز، ریه‌ها، قلب و کلیه‌ها می‌شود. درمان عمدتاً حمایتی است و واکسن انسانی تأیید شده‌ای وجود ندارد.

رایسین

رایسین توکسین حاصل از دانه‌های گیاه کرچک است. این توکسین از طریق خوراکی، تزریق یا استنشاق می‌تواند باعث مرگ شود. رایسین ساختاری با دو زیرواحد دارد که مانع سنتز پروتئین در سلول‌ها می‌شود و سلول‌ها را می‌کشد. علائم بسته به مسیر ورود متفاوت هستند و درمان دشوار است، اما واکسن‌های جدید در مراحل اولیه آزمایش‌های بالینی امن تشخیص داده شده‌اند.

آبرین

Abrin، توکسین گیاه Abrus precatorius، شبیه رایسین است؛ اما سمیت بیشتری دارد. علائم و مدیریت آن مشابه رایسین است و منجر به نارسایی اندامی می‌شود.

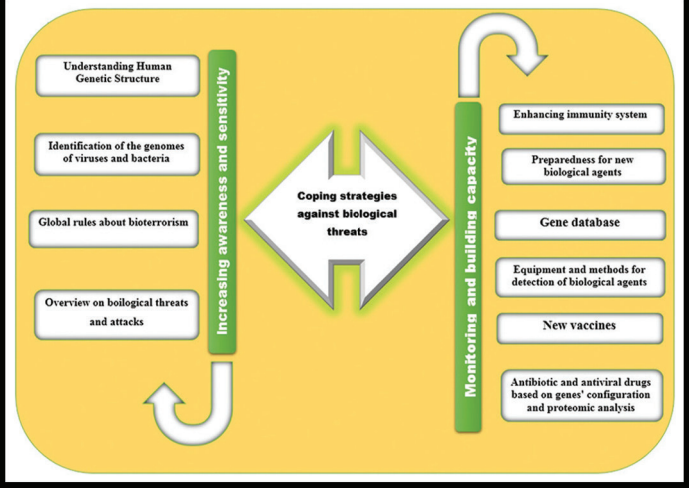
مایکوتوکسین تریسوتسن

ایـن توکسین‌ها توسط قارچ‌هایی مانند Fusarium و Stachybotrys تولید می‌شوند و می‌توانند باعث آسیب پوستی، مسمومیت شدید و مرگ شوند. آنها از طریق استنشاق یا بلع جذب می‌شوند و بـر سیستم ایمنی، سیستم عصبی و گوارش اثر می‌گذارند. درمان حمایتی است و استفاده از پیشگیری مانند ویتامین‌ها و ترکیبات محافظتی می‌تواند اثرات مسمومیت را کاهش دهد.

دسته C شامل عوامل نوظهور هستند که قابلیت تولید و انتشار بالایی دارند و می‌توانند موجب مرگ‌ومیر و بیماری قابل‌توجه شوند. این عوامل شامل ویروس‌های هانتا، سل مقاوم به چند دارو، ویـروس Nipah و ویـروس‌های تب هموراژیک منتقل شونده توسط کنه و تب زرد هستند. آمادگی برای این عوامل نیازمند تحقیق برای پیشگیری، تشخیص و درمان به کمک فناوری‌های نوین است.

دسته‌بندی CDC

دسته‌ها	باکتریایی	ویروسی	سموم
A بیشترین نگرانی را برای امنیت ملی و بهداشت عمومی ایجاد می‌کند، به دلیل سهولت انتشار، قابلیت انتقال بین افراد، نرخ بالای مرگ‌ومیر و پتانسیل ایجاد وحشت؛ برنامه‌ریزی گسترده‌ای برای آمادگی بهداشت عمومی لازم است.	Anthrax:Bacillus anthracis Plague:Yersinia pestis Tularemia:Francisella tularensis	Smallpox: variola major Viral hemorrhagic fevers: Ebola, Lassa, Machupo, Marburg	Botulism:Clostridium botulinum
B نسبت به عوامل دسته A ، نرخ مرگ‌ومیر پایین‌تری دارند؛ انتشار نسبتا آسان و مرگ‌ومیر متوسط؛ نیازمند منابع ویژه برای پایش و تشخیص هستند.	Brucellosis:Brucella species Salmonella Escherichia coli O157:H7 Shigella mallei Glanders:Burkholderia Melioidosis:Burkholderia pseudomallei Psittacosis:Chlamydia psittaci Q fever:Coxiella burnetii Typhus fever:Rickettsia prowazekii Vibrio cholerae Cryptosporidium parvum	Viral encephalitis: Eastern equine encephalitis Venezuelan equine encephalitis Western equine encephalitis	Epsilon:Clostridium perfringens Ricin toxin (castor beans) Staphylococcal enterotoxin B
C شامل هر پاتوژن نوظهوری است که می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد.	هر پاتوژن نوظهور	هر پاتوژن نوظهور	هر پاتوژن نوظهور



تصویر پنجم - راهبردهای مقابله با تهدیدات بیولوژیکی

مدیریت و پیشگیری در برابر عوامل بیولوژیک دسته A

مدیریت بالینی

در مواجهه با هر یک از عوامل بیولوژیک دسته A، شناسایی سریع و اقدامات درمانی فوری حیاتی است. پزشکان مراقبت‌های اولیه می‌توانند اولین افرادی باشند که بیماری ناشی از حمله بیولوژیک را تشخیص می‌دهند، باتوجه‌به الگوهای غیرمعمول بیماری، محل شیوع، شدت و زمان‌بندی آن. تشخیص سریع به کمک آزمایش‌های میکروبیولوژیک، PCR و کشت‌های اختصاصی امکان‌پذیر است.

قرنطینه و واپایش عفونت

جداسازی بیماران مشکوک، استفاده از تجهیزات حفاظت شخصی شامل دستکش، ماسک N95، لباس محافظ و محافظ چشم ضروری است. برای عوامل منتشرشونده از طریق هوا مانند آبله یا آنتراکس استنشاقی، اتاق‌های فشار منفی توصیه می‌شوند. در موارد تب‌های خونریزی دهنده ویروسی، ایزولاسیون و درمان حمایتی ضروری است.

واکسیناسیون و پیشگیری دارویی

واکسیناسیون برای جمعیت عمومی معمول نیست و تنها به گروه‌های پرخطر مانند کارکنان نظامی و کارکنان آزمایشگاهی توصیه می‌شود. هیچ واکسنی برای تولارمی، طاعون یا بوتولیسم در ایالات متحده در دسترس عمومی نیست. پیشگیری دارویی پس از تماس با عوامل بیولوژیک، با آنتی بیوتیک‌ها و در موارد خاص با آنتی‌توکسین‌ها انجام می‌شود.

آمادگی و پاسخ اضطراری

سامانه‌های پاسخ اضطراری، از جمله CDC و FEMA، با بیمارستان‌ها و مراکز پزشکی همکاری می کنند تا ظرفیت پاسخ به بلایای بزرگ و حملات بیولوژیک افزایش یابد. آموزش پزشکان و کارکنان بهداشت عمومی و ایجاد پروتکل‌های پاسخ به بحران از مهم‌ترین اقدامات است. اطلاع‌رسانی سریع به مقامات بهداشت عمومی و هماهنگی با مراکز محلی، منطقه‌ای و فدرال برای مدیریت مناسب بحران ضروری است.

خطرات بیولوژیک بودن

عوامل بیولوژیک نسبت به سلاح‌های متعارف چند ویژگی بالقوه دارند. تولید و تکثیر میکروب‌ها یا سموم در آزمایشگاه نسبتاً آسان است و حمل و مخفی‌کردن آن‌ها نیز ساده است. این عوامل می توانند به شکل ذرات معلق در هوا یا محلول در آب منتشر شوند و مساحت وسیعی را آلوده کنند. برخی از آن‌ها قابلیت انتقال بین انسان‌ها را دارند و اثرات اپیدمی آن‌ها معمولاً بازگشت‌ناپذیر است و سامانه‌های بهداشتی را به‌سرعت تحت‌فشار قرار می‌دهد. به‌علاوه، شیوع ناگهانی و مرگ‌ومیر بالا می‌تواند ترس و وحشت عمومی ایجاد کرده و موجب بی‌ثباتی اجتماعی شود.

شناسایی اپیدمی‌های مرتبط با بیوتروریسم

با افزایش نگرانی‌ها درباره احتمال حملات بیوتروریسم، بخش‌های بهداشت عمومی در حال سرمایه گذاری روی سامانه‌های نظارتی جدید هستند که علائم اولیه بیماری‌های مرتبط با بیوتروریسم را شناسایی می‌کنند. این سامانه‌ها، معروف به «نظارت سندرومی»، شامل پایش سندروم‌های بالینی یا رویدادهایی مانند خرید غیرمعمول داروها هستند که ممکن است پیش نشانه بیماری‌های بیـوتروریسم باشند. هدف این سامانه‌ها، تشخیص زودهنگام اپیدمی و واکنش سریع بهداشت عمومی پیش از ظهور خوشه‌های بیماری یا گزارش تشخیص‌های بالینی به مقامات است. بااین حال، تأثیر واقعی این سامانه‌ها بر شناسایی سریع‌تر اپیدمی‌ها نسبت به گزارش‌های پزشکان هنوز نامشخص است و به ویژگی‌های جمعیت، دسترسی به خدمات درمانی، نوع عامل بیوتروریسم، مشخصات اپیدمیولوژیک بیماری‌ها، روش‌های نظارت و ظرفیت پاسخگویی بخش‌های بهداشت عمومی بستگی دارد.

مسیرهای تشخیص اپیدمی

تشخیص از طریق نظارت سندرومی

در بیماری‌هایی مانند آنتراکس استنشاقی، علائم اولیه غیراختصاصی ممکن است چند روز ادامه یابد تا بیماری شدید شود. بیمارانی که به مراکز سرپایی مراجعه می‌کنند، ممکن است تشخیص‌های عمومی مانند «سندروم ویروسی» دریافت کنند. داده‌های بیماران طبق معیارهای سندرومی به بخش بهداشت منتقل می‌شود و روندهای غیرعادی بررسی می‌شوند. درصورتی‌که آستانه آماری عبور کند، اقدامات اولیه و نمونه‌گیری‌های تشخیصی انجام شده و ممکن است ظرف 18 ساعت، تشخیص قطعی آنتراکس حاصل شود.

تشخیص از طریق گزارش پزشکان

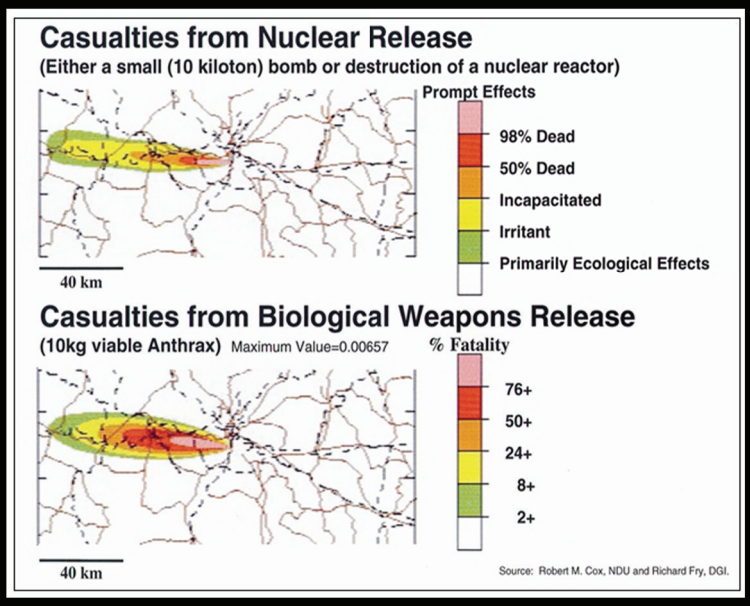
بـرخی بیماران با دوره کمون کوتاه‌تر سریعاً علائم شدید پیدا می‌کنند و بستری می‌شوند. اقدامات روتین مانند کشت خون می‌تواند منجر به تشخیص سریع شود و پزشک بیمار را به بخش بهداشت اطلاع دهد. تجربه شیوع آنتراکس در آمریکا در سال 2001 نشان داد که سرعت تشخیص به عوامل متعددی مانند دسترسی به مراقبت، استفاده از آنتی‌بیوتیک پیش از نمونه‌گیری و سطح آگاهی پزشکان بستگی دارد.

عوامل مؤثر بر شناسایی اپیدمی

عوامل مؤثر شامل اندازه اپیدمی است، زیرا اپیدمی‌های کوچک ممکن است توسط سامانه‌های نظارت سندرومی شناسایی نشوند؛ پراکندگی جمعیت که مشخص می‌کند بیماری در یک منطقه متمرکز یا گسترده رخ دهد؛ دسترسی و آگاهی ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی، زیرا آشنایی با عوامل بیوتروریسم و روش‌های تشخیص و گزارش سریع، احتمال شناسایی زودهنگام را افزایش می‌دهد؛ ویژگی‌های نظارت سندرومی، شامل منابع داده، سرعت پردازش اطلاعات، تعریف سندروم ها، آستانه‌های آماری و منابع پیگیری که بر کارایی سامانه تأثیر دارند؛ و در نهایت فصل‌گرایی، زیرا شیوع بیماری در زمان اوج فصلی بیماری‌های طبیعی می‌تواند تشخیص را دشوارتر کند.

چرا تروریسم بیولوژیک؟

عوامل بیولوژیک ویژگی‌هایی دارند که آن‌ها را برای تروریست‌ها جذاب‌تر از مواد منفجره، سلاح‌های شیمیایی یا هسته‌ای می‌کند. این عوامل حتی در مقادیر بسیار کم می‌توانند خسارت گسترده ایجاد کنند و شناسایی آن‌ها دشوار است. دوره کمون طولانی، مراجعه بیماران به مراکز درمانی مختلف و محدودیت منابع انسانی و دارویی، از جمله چالش‌های عملی مقابله با حملات بیولوژیک است. بیماری‌های قابل‌انتقال بین انسان‌ها نیازمند قرنطینه بیماران و استفاده از تجهیزات ویژه مانند فیلترهای HEPA هستند که در مقیاس وسیع، مدیریت آن‌ها چالش‌برانگیز است.



تصویر ششم - اثرات انتشار سلاح‌های هسته‌ای و بیولوژیکی

بخش اورژانس به‌عنوان خط مقدم پزشکی نقش کلیدی در نظارت، شناسایی زودهنگام و مدیریت بحران دارد. سامانه‌های نظارت سندرومی و پایش مستمر اطلاعات بیماران می‌توانند به شناسایی اولیه بیماری‌ها کمک کنند، هرچند تشخیص قطعی معمولاً از طریق آزمایش‌های میکروبیولوژیک صورت می‌گیرد. پزشکان موظف‌اند همیشه مراقب علائم غیرعادی باشند و موارد مشکوک را به مقامات بهداشت عمومی گزارش دهند.

راهبردهای مقابله‌ای با استفاده از بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک

شناخت ژنوم انسان

پـروژه شناسایی ژنوم انسان تحقیقات زیست مولکولی را سرعت بخشیده و فهم فرایندهای پیچیده حیات را ممکن کرده است. شناسایی ژن‌های ناشناخته، امکان طراحی واکسن‌ها و داروهای ضدمیکروبی را فراهم می‌کند. هرچند برخی نظریه‌ها درباره هدف‌گیری گروه‌های قومی مطرح شده، شواهد ژنتیکی نشان می‌دهد تنوع ژنتیکی بین گروه‌ها بسیار کم و بیشتر تنوع‌ها در داخل گروه‌ها رخ می‌دهد.

شناسایی ژنوم ویروس‌ها و باکتری‌ها

شناخت ژنوم میکروارگانیسم‌ها به تعیین ویژگی‌هایی مانند پاتوژنیتی و مقاومت دارویی کمک می کند. برای مثال، E. coli می‌تواند برای تولید اینترفرون و سایر پروتئین‌های ضدویروسی مهندسی شود. بااین‌حال، امکان تولید ویروس‌های محرمانه و فعال شونده وجود دارد که می‌توانند بیماری یا مرگ برنامه‌ریزی‌شده ایجاد کنند. پیشرفت فناوری سنتز DNA باعث شده محدودکردن دسترسی به پاتوژن‌ها به‌تنهایی امنیت کافی ایجاد نکند، زیرا ژنوم می‌تواند بدون نمونه فیزیکی سنتز شود. نظارت بر پایگاه‌های داده ژنی به‌عنوان ابزار مهمی برای پیشگیری و واپایش تهدیدات بیولوژیک ضروری است.

قوانین جهانی علیه بیوتروریسم

استفاده از عوامل بیولوژیک در میدان جنگ توسط کنوانسیون‌های بین‌المللی ممنوع شده است، اما اجرای آن محدودیت‌هایی دارد. نمونه آن، فعالیت‌های غیرقانونی عراق پس از امضای کنوانسیون سلاح‌های بیولوژیک 1972 است.

آمادگی در برابر عوامل بیولوژیک جدید

پیشرفت‌های بیوتکنولوژی امکان تولید عوامل بیولوژیک ناشناخته را فراهم کرده که پیشینه‌ای ندارند و می‌توانند به تخریب مواد یا اهداف صنعتی و نظامی منجر شوند. تنوع ژنتیکی پاتوژن‌های کلاسیک تنها بخشی از آن چیزی است که تکنیک‌های جدید بیومدیکال ایجاد کرده‌اند. استفاده از زیست‌فناوری برای توسعه میکروارگانیسم‌هایی که قادر به تخریب مواد مانند پلاستیک، لاستیک، فلزات و مواد شیمیایی هستند، از دیگر راهبردهای بالقوه محسوب می‌شود.

واقعیت‌های کنونی جهان ایجاب می‌کند که افراد و سازمان‌ها برای مواجهه با بیوتروریسم آماده باشند، زیرا وقوع حمله می‌تواند موجی از بیماران را به سامانه‌های درمانی وارد کند و بخش اورژانس اولین نقاط مواجهه خواهند بود. تخصص پزشکان اورژانس و بیماری‌های عفونی در برنامه‌ریزی و اجرای پاسخ مؤثر حیاتی است. اقدامات اولیه شامل شناسایی عامل بیماری‌زا، واپایش عفونت، حفاظت کارکنان درمانی، افزایش ظرفیت بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها و در صورت لزوم، واکسیناسیون و توزیع آنتی‌بیوتیک‌های پیشگیرانه در مقیاس بزرگ است.

آموزش کارکنان اورژانس و پزشکان بیماری‌های عفونی، ایجاد زیرساخت‌های پاسخ سریع، هماهنگی با مقامات بهداشت عمومی، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، ایزولاسیون مناسب بیماران و پیگیری تماس‌ها از اصول کلیدی مدیریت بحران به شمار می‌رود. منابع ملی و بین‌المللی مانند CDC، WHO ابـزارهای آموزشی و راهنمایی برای آماده‌سازی و نظارت بر تهدیدات بیوتروریسم ارائه

می‌دهند. توجه ویژه به کودکان و زنان باردار نیز در برنامه‌ریزی و مدیریت بحران ضروری است.

تقویت سیستم ایمنی و تولید واکسن‌ها

شناسایی ژنوم انسان و پاتوژن‌ها، امکان طراحی واکسن‌ها و داروهای ضدویروسی را فراهم می‌کند. استفاده از آنتی‌ژن‌های مختلف در واکسن‌ها می‌تواند ایمنی گسترده‌ای ایجاد کند و شناسایی کامل ژنوم پاتوژن‌ها ارزشمند است، هرچند هنوز موفقیت کامل حاصل نشده است. واکسیناسیون روتین باید مطابق دستورالعمل‌های CDC ادامه یابد و علاوه‌برآن، واکسیناسیون هدفمند برای افراد پـرخطر، از جمله گروه‌های در معرض آنتراکس، آبله و Ebola Zaire توصیه می‌شود. در مقابل، واکسیناسیون برای بیماری‌هایی مانند تولارمی، بوتولیسم و طاعون در ایالات متحده در دسترس نیست. استفاده از پایگاه‌های داده ژنوم و تجهیزات تشخیص سریع، از جمله میکروچیپ‌ها و حسگرهای بیولوژیک، نقش حیاتی در شناسایی زودهنگام و پیشگیری از تهدیدات بیولوژیک دارد.

پایگاه‌داده‌های ژنی و تجهیزات تشخیص

پایگاه‌داده‌های ژنی ابزار مهمی برای پژوهشگران است، اما انتشار عمومی آن‌ها می‌تواند سوءاستفاده ایجاد کند. تجهیزات تشخیص سریع و خودکار با میکروچیپ‌ها و حسگرهای زیستی، شناسایی سریع عوامل بیماری‌زا و ویژگی‌های آن‌ها، از جمله مقاومت دارویی یا ترکیبات مصنوعی، را ممکن می‌سازد.

داروهای ضدباکتری و ضدویروسی مبتنی بر ژنوم

پیشرفت در شناسایی ژنوم میکروارگانیسم‌ها، امکان طراحی داروهای هدفمند ضدباکتری و ضدویروسی را فراهم کرده است. تحلیل پروتئومیک ژن‌های مؤثر در پاتوژنز و مقاومت دارویی را شناسایی کرده و سرعت تولیددارو‌های نوین را افزایش می‌دهد. این داده‌ها در پیشگیری و درمان بیماری‌ها و واپایش تهدیدات بیولوژیک کاربرد دارند.

نمونه‌های تاریخی استفاده

عملیات Cast The Bread (1948)

عملیات Cast Thy Bread در جریان جنگ 1948 اعراب و رژیم صهیونیستی عمدتاً شامل آلوده‌کردن منابع آب آشامیدنی با Salmonella enterica serovar Typhi و احتمالاً سایر باکتری‌های پاتوژنیک مانند Shigella یا Enterotoxigenic E. coli بـود. ایـن میکروارگانیسم‌ها به دلیل قابلیت انتقال از طریق آب و غذا، دوره کمون 7-14 روزه، توانایی ایجاد بیماری‌های سیستمیک شامل تب، ضعف، اسهال و در موارد شدید شوک سپتیک، و مقاومت نسبی در محیط‌های آبی با بار آلی بالا، امکان انتشار خاموش و مخفیانه در جمعیت هدف را داشتند. آلوده کردن چاه‌ها و سفره‌های آب موجب ورود مستقیم میکروارگانیسم‌ها به روده میزبان، ایجاد آلودگی محیطی طولانی‌مدت و گسترش تدریجی بیماری شد. از دیدگاه اپیدمیولوژیک، چنین اقداماتی می‌توانست منجر به بروز موارد متعدد تیفوئید در جمعیت‌های محلی و حتی اپیدمی محدود شود و چرخه آلودگی را از طریق خاک، گیاهان و منابع غذایی حفظ کند. این تجربه نشان‌دهنده پتانسیل عوامل روده‌ای به عنوان ابزار استراتژیک میکروبی و مسیر توسعه ظرفیت‌های بیولوژیک در موسسه Israel Institute for Bio-logical Research بـود، ضمن آنکه نمونه‌ای از چالش‌های اخلاقی، زیستی و امنیتی ناشی از کاربرد

سلاح‌های میکروبی ارائه می‌کند. عملیات Cast Thy Bread در حافظه تاریخی فلسطینیان به عنوان نَکبا و در تاریخ‌نگاری رژیم صهیونیستی به عنوان جنگ استقلال شناخته می‌شود. پس از تصویب طرح تقسیم فلسطین توسط سازمان ملل و خروج نیروهای بریتانیا، خشونت بین جوامع یهودی و عرب آغاز شد. این درگیری‌ها منجر به تغییرات گسترده سرزمینی، آوارگی بیش از 700 هزار فلسطینی و شکل‌گیری بحران پناهندگان شد که تا امروز ادامه دارد.

در این شرایط بحرانی، عملیات یک اقدام محرمانه بیولوژیک توسط رژیم صهیونیستی بود که هدف آن تضعیف مقاومت و مختل کردن از طریق آلوده کردن منابع آب بود. اهداف شامل چاه‌ها و سفره های آب در روستاهای فلسطینی و مناطقی مانند عکا، غزه و بخش‌هایی از کریدور قدس بود. اهداف عملیاتی دوگانه بودند، غیرقابل سکونت کردن مناطق تحت کنترل عرب‌ها و جلوگیری از بازگشت آوارگان فلسطینی با آلوده کردن مناطقی که ممکن بود دوباره سکونت داده شوند.

اطلاعات مربوط به عملیات از اسناد آرشیو استخراج شده که شامل دستورات عملیاتی، ارزیابی‌های اطلاعاتی و مکاتبات داخلی رهبران سیاسی و نظامی ارشد است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عملیات به صورت هماهنگ و در سطح دولت اجرا شد و شامل مراحل برنامه‌ریزی لجستیکی، تدارک میکروارگانیسم‌ها و گزارش‌های میدانی بوده است.
ایـن عملیات صرفاً ابتکار فرماندهان محلی نبود، بلکه به تأیید و نظارت رهبران ارشد، از جمله نخست‌وزیر داوید بن‌گوریون و فرمانده نظامی موشه دایان، رسید. بن‌گوریون آماده بود اقدامات غیرمتعارف را برای حفظ امنیت ملی تأیید کند و دایان، به عنوان یکی از چهره‌های اصلی برنامه‌ریزی نظامی، در اجرای تاکتیک‌های بیولوژیک نقش داشت. این اقدامات در چارچوب ضرورت استراتژیک در شرایط خطر وجودی ملی ارزیابی می‌شد.
عملیات Cast Thy Bread نمونه‌ای بارز از تقابل بین بقا و اخلاق در جنگ است. هدف‌گیری زیـرساخت‌های حیاتی و جمعیت غیرنظامی نقض هنجارهای بشردوستانه و اصول تمایز و تناسب در منازعات مسلحانه محسوب می‌شود و یادآور تجربه‌های تاریک جهانی در زمینه جنگ‌های شیمیایی و بیولوژیک پس از جنگ جهانی دوم است.

تجربه آنتراکس در آمریکا (2001)

پیش از حملات آنتراکس پس از 11 سپتامبر، بزرگ‌ترین حمله بیوتروریستی در ایالات متحده در سال 1984 رخ داد، زمانی که یک فرقه مذهبی به‌طور عمدی سالادهای رستوران‌های سلف‌سرویس در شهر The Dalles، اورگان را با Salmonella typhimurium آلوده کرد. هدف این گروه جلوگیری از مشارکت مردم در انتخابات محلی بود. این شیوع حداقل 751 نفر را مبتلا کرد و با وجود تحقیقات گسترده، منبع عامل بیش از یک سال پس از وقوع شناسایی شد. بررسی‌ها نشان داد که سویه اپیدمی با یک نمونه آزمایشگاهی کمون مطابقت دارد. نمونه‌ای دیگر در سال 1996 در مرکز پزشکی تگزاس رخ داد، زمانی که 12 کارمند آزمایشگاه پس از مصرف مافین و دونات‌های ناشناس دچار بیماری شدید گوارشی شدند. منبع عامل به احتمال زیاد یک فرهنگ آزمایشگاهی Shigella dysenteriae بـود. موارد مشابهی در بیمارستان‌های ژاپن نیز در دهه 1960 گزارش شده بود که توسط کارکنان بیمارستان موجب آلودگی و بیماری شده بودند. با وقوع حملات تروریستی 11 سپتامبر 2001، CDC هشدار درباره احتمال حمله بیوتروریستی را صادر کرد. اوایل اکتبر همان سال، یک مورد آنتراکس تنفسی در مردی در فلوریدا شناسایی شد. باب استیونز، کارمند American Media، با علائم منتژیت بستری شد و مقادیر زیادی Bacillus anthracis در مایع مغزی-نخاعی او یافت شد. این مورد مرگبار بود. پس از آن، پاکت‌هایی حاوی اسپور B. anthracis از طریق سرویس پستی ایالات متحده به نیویورک و واشنگتن دی‌سی ارسال شد. این نامه‌ها به افراد رسانه‌ای و سناتورهای آمریکا فرستاده شده بودند. شایعات درباره پودرهای بی‌ضرر و یادداشت‌های تهدیدآمیز، مشکلات محققان و جامعه پزشکی را تشدید کرد و هیستری عمومی نیز شرایط را پیچیده‌تر ساخت. این حملات منجر به 22 مورد ابتلا و 5 مورد فوت شد و حوزه سلامت عمومی را تحت تأثیر جدی قرار داد.
ایـن حوادث نشان داد که ارتباط سریع داده‌های اپیدمیولوژیک با پزشکان خط مقدم ضروری است. بیش از 30,000 نفر تحت پیشگیری دارویی قرار گرفتند و تخمین زده شد که این اقدامات از 10-28 مورد آنتراکس تنفسی جلوگیری کرده است. سرویس پستی نیز با اعمال اقدامات امنیتی، از جمله تابش پرتوهای الکترونی، تلاش کرد خطر انتشار اسپورها را کاهش دهد.این تجربه اهمیت همکاری

میان پزشکان، میکروبیولوژیست‌ها و مقامات بهداشت عمومی را به‌وضوح نشان داد و به توسعه سامانه‌های هشداردهنده اولیه، آموزش متخصصان و تقویت زیرساخت‌های پاسخ به بحران منجر شد. هرچند حمله محدود بود و انتقال وسیع رخ نداد، اما ضرورت آموزش کارکنان بهداشتی، اطلاع رسانی عمومی و همکاری بین‌رشته‌ای را برجسته کرد و پایه‌ای برای آمادگی در برابر تهدیدات بیوتروریسم و بیماری‌های نوظهور فراهم آورد.

ترور خالد مشعل (1997)

در یک حمله تروریستی در اردن، گروه موساد با افشانه یک سم مرموز، خالد مشعل (رهبر سیاسی حماس) را هدف قرارداد. هرچند نوع دقیق سم مشخص نشد، این اقدام نشان‌دهنده کاربرد توکسین‌های قوی به‌عنوان سلاح بیولوژیک است. مشعل به‌شدت بیمار شد؛ اما نجات یافت و این نمونه اهمیت پتانسیل توکسین‌ها در تهدیدهای بیولوژیک را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

سلاح‌های بیولوژیک با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود، تهدیدی پیچیده و دیرپذیر برای سلامت عمومی ایجاد می‌کنند. نمونه‌های تاریخی نشان می‌دهند که حتی حملات محدود می‌توانند تأثیرات جدی بر سامانه‌های بهداشتی و امنیت اجتماعی داشته باشند. پیشرفت‌های بیوتکنولوژی و شناخت ژنوم انسان و پاتوژن‌ها، ابزارهای مؤثری برای مقابله با این تهدیدات فراهم کرده‌اند. تشخیص سریع، واکسیناسیون، داروهای هدفمند و آمادگی سامانه‌های بهداشتی، ستون‌های اصلی پاسخ به بیوتروریسم هستند. هم‌زمان، نظارت دقیق بر پایگاه‌های داده ژنی و واپایش دسترسی به فناوری‌ها، نقش مهمی در کاهش سوءاستفاده‌های احتمالی ایفا می‌کند. به طور خلاصه، ترکیب دانش میکروبیولوژیک، فناوری‌های نوین و آمادگی عملیاتی، امکان کاهش تهدیدات بیولوژیک و افزایش تاب‌آوری سلامت عمومی را فراهم می‌کند.

منابع:

1. Atlas RM. Bioterrorism: from threat to reality. Annual Reviews in Microbiology. 2002 Oct;56(1):167-85.

2. Balali-Mood M, Moshiri M, Etemad L. Medical aspects of bio-terrorism. Toxicon. 2013 Jul 1;69:131-42.

3. Brunka Z, Ryl J, Brushtulli P, Gromala D, Walczak G, Zięba S, Pieśniak D, Sein Anand J, Wiergowski M. Selected political criminal poisonings in the years 1978–2020: detection and treatment. Toxics. 2022 Aug 12;10(8):468.

4. Buehler JW, Berkelman RL, Hartley DM, Peters CJ. Syndromic surveillance and bioterrorism-related epidemics. Emerging infectious diseases. 2003 Oct;9(10):1197.

5. Hosseini-Shokouh SJ, Sheikhi RA, Hosseini SM, Moradimajd P. The biological weapons threats and coping strategies for health promotion. Journal of Education and Health Promotion. 2021 Jan 1;10(1):127.

6. Hughes JM, Gerberding JL. Anthrax bioterrorism: lessons learned and future directions. Emerging Infectious Diseases. 2002 Oct;8(10):1013.

7. Moran GJ, Talan DA, Abrahamian FM. Biological terrorism. Infectious disease clinics of North America. 2008 Mar 1;22(1):145-87.

8. Rathjen NA, Shahbodaghi SD. Bioterrorism. American Family Physician. 2021 Oct;104(4):376-85.

9. Siegrist DW. The threat of biological attack: why concern now?. Emerging infectious diseases. 1999 Jul;5(4):505.

10. Youvan DC. Bioweapons, Operation Cast Thy Bread, and the Israel Institute for Biological Research: Unveiling Israel's Covert Biological Warfare Legacy.

تفاوت عملکردی سلاح‌های بیولوژیکی، شیمیایی و هسته‌ای بر انسان

به قلم **مهدیه حبیبی - دانشجوی دکتری تخصصی نانوشیمی دانشگاه تبریز**

مقدمه

سلاح‌های کشتار جمعی به عنوان یکی از مخرب‌ترین ابزارهای جنگی، با هدف نابودی گسترده منابع انسانی، زیرساخت‌های حیاتی و ایجاد فشار روانی شدید بر جوامع طراحی شده‌اند. این سلاح‌ها به سه دسته اصلی بیولوژیکی، شیمیایی و هسته‌ای تقسیم می‌شوند که هر یک با مکانیسم اثر خاص خود، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و ثبات اجتماعی-سیاسی محسوب می‌گردند. سلاح‌های بیولوژیکی از عوامل بیماری‌زا بهره می‌گیرند، سلاح‌های شیمیایی عملکرد سلولی و عصبی را مختل می کنند و سلاح‌های هسته‌ای با انفجار و تابش، تخریبی فراگیر ایجاد می‌کنند. تفاوت‌های عمیق میان این سلاح‌ها نه‌تنها در ساختار و شیوه انتقال، بلکه در نحوه تأثیرگذاری بر ارگان‌های بدن، مدت‌زمان بـروز علائم، میزان کشندگی و گستره آسیب‌پذیری جمعیت نیز نمایان است. درک این تفاوت‌ها نقشی کلیدی در تدوین سیاست‌های دفاع غیرعامل، آموزش نیروی انسانی، تولید تجهیزات ایمنی و توسعه توان پاسخ‌گویی نظام سلامت ایفا می‌کند و می‌تواند در کاهش تلفات انسانی و پیامدهای اجتماعی چنین تهدیداتی مؤثر واقع شود [1].

سلاح‌های بیولوژیکی

سلاح‌های بیولوژیکی ابزارهایی هستند که با بهره‌گیری از موجودات زنده میکروسکوپی یا فرآورده های آنها، نظیر ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها یا سموم زیستی، به‌منظور ایجاد بیماری‌های حاد، ناتوانی گسترده یا مرگ در انسان طراحی و به‌کار گرفته می‌شوند. این عوامل می‌توانند از طریق مسیرهای مختلفی همچون تنفس، بلع، تماس پوستی یا ورود از طریق زخم‌ها وارد بدن شوند و اغلب پس از طی یک دوره نهفتگی، علائم بالینی خود را ظاهر می‌کنند. از نظر فیزیولوژیکی، این عوامل با آسیب مستقیم به سلول‌ها، اختلال در عملکرد اندام‌ها و تحریک پاسخ‌های التهابی شدید، می‌توانند طیف وسیعی از نارسایی‌های حیاتی را در بدن ایجاد کنند. برای نمونه، ویروس ابولا با هدف قرار دادن سلول‌های اندوتلیال عروقی، موجب افزایش نفوذپذیری عروق، خونریزی داخلی گسترده و در نهایت نارسایی چندعضوی می‌شود. یا باکتری باسیلوس آنتراسیس (عامل سیاه‌زخم) با ترشح توکسین‌های بسیار فعال، منجر به مرگ سلولی سریع و پاسخ ایمنی التهابی کشنده می گردد. آنچه سلاح‌های بیولوژیکی را به‌ویژه خطرناک می‌کند، قدرت تکثیر و سرایت برخی عوامل آن

است؛ به‌طوری که حتی انتشار محدود می‌تواند به شیوعی گسترده و کنترل‌ناپذیر منتهی شود. علاوه بر آن، تشخیص اولیه این حملات بسیار دشوار است، زیرا علائم بیماری‌زا ممکن است با عفونت‌های طبیعی اشتباه گرفته شوند. ماهیت پنهان این سلاح‌ها، امکان انتشار خاموش و استفاده به‌صورت جنگ‌افزارهای نامتقارن را فراهم می‌آورد و همین امر آنها را به تهدیدی بالقوه جدی در عرصه جنگ‌های بیولوژیکی و تروریسم زیستی تبدیل کرده است.

سلاح‌های شیمیایی

سلاح‌های شیمیایی شامل مجموعه‌ای از ترکیبات مصنوعی یا نیمه‌طبیعی هستند که با تأثیر بر سامانه‌های حیاتی بدن انسان، عملکرد طبیعی سلول‌ها و اندام‌ها را از طریق ایجاد واکنش‌های بیوشیمیایی مخرب مختل می‌سازند. این مواد می‌توانند به شکل گاز، مایع یا ذرات ریز جامد منتشر شوند و عمدتاً از طریق استنشاق، جذب پوستی یا تماس مخاطی وارد بدن شوند. از منظر عملکردی، سلاح‌های شیمیایی به چند دسته تقسیم می‌شوند: عوامل عصبی، عوامل تاول‌زا، خفه‌کننده‌ها، و عوامل اشک‌آور یا تحریک‌کننده. عوامل عصبی نظیر گاز سارین با مهار آنزیم استیل‌کولین‌استراز در سیناپس‌های عصبی، باعث انباشت استیل‌کولین و در نتیجه انقباض مداوم عضلات، فلج تنفسی، تشنج و نهایتاً مرگ می‌شوند. از سوی دیگر، گاز خردل به‌عنوان یک عامل تاول‌زا، موجب تخریب بافت‌های پوست و ریه می‌گردد و اغلب با تأخیر چند ساعته علائم آن ظاهر می‌شود، اما آسیب‌های آن می‌توانند ماندگار و دردناک باشند. ویژگی برجسته سلاح‌های شیمیایی، سرعت نسبتاً بالای اثرگذاری آن‌ها است؛ به‌گونه‌ای که آثار فیزیولوژیکی آنها ممکن است ظرف چند دقیقه تا چند ساعت پس از تماس بروز یابند. با این حال، بسیاری از این عوامل در محیط از پایداری کمی برخوردارند و اثرگذاری آنها به شرایط محیطی نظیر دما، رطوبت و سرعت باد وابسته است. همین ویژگی، به‌ویژه در فضای باز، میزان پخش و میزان مرگ‌بار بودن آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. استفاده از سلاح‌های شیمیایی نه‌تنها خطرات فیزیکی مستقیم برای انسان به همراه دارد، بلکه پیامدهای روانی، اضطراب جمعی و ایجاد فلج تصمیم‌گیری در میان نیروهای نظامی و غیرنظامیان را نیز به دنبال دارد. لذا مقابله با چنین سلاح‌هایی نیازمند تجهیزات حفاظتی تخصصی، آموزش‌های دقیق و واکنش اضطراری سریع است تا از تلفات و آسیب‌های گسترده جلوگیری شود.

سلاح‌های هسته‌ای

سلاح‌های هسته‌ای از طریق واکنش‌های هسته‌ای شامل شکافت یا هم‌جوشی درون‌اتمی، انرژی عظیمی آزاد می‌کنند که به صورت موج انفجار، حرارت شدید، و تابش یونیزان انتشار می‌یابد. این انرژی ویرانگر در مدت‌زمانی بسیار کوتاه آزاد می‌شود و در کسری از ثانیه، می‌تواند یک شهر را با خاک یکسان کرده و هزاران نفر را به کام مرگ بفرستد. از منظر فیزیولوژیکی، تأثیر اولیه انفجار می‌تواند موجب له‌شدگی بافت‌ها، سوختگی‌های درجه بالا، پارگی اندام‌ها و مرگ فوری شود. اما بخش نگران کننده‌تر، آثار ثانویه ناشی از تابش رادیواکتیو است که پس از انفجار در محیط باقی می‌ماند. این تابش با تخریب ساختار DNA سلول‌ها، زمینه را برای بروز سرطان‌ها، ناهنجاری‌های مادرزادی، ناباروری، و بیماری‌های مزمن فراهم می‌کند. اثرات روانی ناشی از استفاده یا حتی تهدید به استفاده از این سلاح‌ها نیز قابل توجه است؛ احساس ترس دائمی از نابودی کامل، اضطراب جمعی، و بحران های اجتماعی از پیامدهای نامرئی اما عمیق آن هستند. از سوی دیگر، ماندگاری ذرات رادیواکتیو در

خاک، آب، هوا و زنجیره غذایی، اثرات زیست‌محیطی این سلاح را به دهه‌ها یا حتی قرن‌ها پس از انفجار گسترش می‌دهد. آلودگی ناشی از مواد پرتوزا نه‌تنها سلامت انسان را تهدید می‌کند، بلکه اکوسیستم‌ها را نیز دچار اختلالات شدید و جبران‌ناپذیر می‌سازد [2].

مقایسه تطبیقی عملکرد سلاح‌ها

هر یک از انواع سلاح‌های کشتار جمعی، بیولوژیکی، شیمیایی و هسته‌ای ویژگی‌های متمایزی از نظر ماهیت اثرگذاری، سرعت بروز علائم، پایداری در محیط، میزان کشندگی، و تأثیرات روانی و اجتماعی دارند. بررسی این تفاوت‌ها از منظر علمی و راهبردی اهمیت بسزایی در مدیریت بحران، آمادگی دفاع غیرعامل و طراحی پاسخ‌های پزشکی و حفاظتی دارد. سلاح‌های بیولوژیکی بر پایه استفاده از میکروارگانیسم‌های زنده یا سموم تولید شده توسط آن‌ها طراحی شده‌اند. ویژگی اصلی آن‌ها پنهان کاری، تأخیر در بروز علائم و قابلیت سرایت میان انسان‌هاست. این عوامل معمولاً بدون هشدار قبلی و در ظاهر یک بیماری طبیعی گسترش می‌یابند و همین ویژگی، تشخیص اولیه و کنترل سریع آن‌ها را دشوار می‌سازد. در برخی موارد، یک عامل بیولوژیکی می‌تواند به‌راحتی منجر به همه‌گیری جهانی شود و نظام سلامت، اقتصاد و ساختارهای اجتماعی را با فروپاشی مواجه کند. همچنین تولید و انتشار این عوامل در مقایسه با دیگر سلاح‌ها ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است، که تهدید استفاده آنها توسط گروه‌های تروریستی را دوچندان می‌کند. در نقطه مقابل، سلاح‌های شیمیایی اثرات خود را در بازه زمانی بسیار کوتاه‌تری نشان می‌دهند و غالباً به‌صورت گاز یا مایع در محیط منتشر می‌شوند. این نوع سلاح‌ها با حمله مستقیم به ارگان‌های حیاتی بدن مانند سیستم عصبی، دستگاه تنفس یا پوست، آسیب‌های فوری و شدید ایجاد می‌کنند. گرچه بسیاری از عوامل شیمیایی در محیط ناپایدار هستند و با گذشت زمان یا شرایط جوی تجزیه می‌شوند، اما در مدت زمان کوتاه پس از انتشار، می‌توانند صدها یا هزاران نفر را دچار آسیب جدی یا مرگ کنند. علاوه بر آثار جسمی، پیامدهای روانی ناشی از احساس خفگی، سوختگی یا از بین رفتن چهره و بینایی در بازماندگان، تا مدت‌ها باقی می‌ماند و زندگی فردی و اجتماعی آنان را دچار اختلال می‌کند. سلاح‌های هسته‌ای، پیچیده‌ترین و در عین حال فاجعه‌بارترین نوع از سلاح‌های کشتار جمعی هستند. برخلاف دو نوع دیگر که تأثیرات موضعی‌تری دارند، سلاح هسته‌ای با آزادسازی انرژی مهیب ناشی از شکافت یا هم جوشی هسته‌ای، می‌تواند در لحظه انفجار، هزاران یا میلیون‌ها نفر را نابود کند. موج انفجار، حرارت شدید و تابش‌های اولیه و ثانویه، هر یک به‌تنهایی قادر به ایجاد تلفات گسترده هستند. تابش های یونیزان با نفوذ در بدن انسان، باعث تخریب ساختار ژنتیکی سلول‌ها و بروز سرطان، ناهنجاری های جنینی، ناباروری و مرگ تدریجی می‌شوند. همچنین مواد رادیواکتیو می‌توانند دهه‌ها در محیط باقی بمانند و خاک، آب، هوا و زنجیره غذایی را آلوده سازند. حتی مناطقی که مستقیماً تحت انفجار قرار نگرفته‌اند، ممکن است از طریق بارش رادیواکتیو یا گردوغبار هسته‌ای آسیب ببینند. از منظر مقایسه‌ای، سلاح‌های بیولوژیکی بیشترین خطر را از لحاظ گسترش خاموش و همه‌گیر دارند، سلاح های شیمیایی با سرعت بالا و شدت عمل، تهدیدات آنی و شدید وارد می‌کنند، و سلاح‌های هسته ای با ایجاد ویرانی گسترده و ماندگاری طولانی در محیط زیست، ابعادی فراتر از تلفات انسانی ایجاد می‌کنند. به عبارتی، سلاح‌های بیولوژیکی دشمنی نامرئی، سلاح‌های شیمیایی دشمنی سریع‌الاثر، و سلاح‌های هسته‌ای دشمنی آخرالزمانی هستند. از این‌رو، هرچند تمامی این سلاح‌ها به‌عنوان

تهدیدات راهبردی طبقه‌بندی می‌شوند، اما تفاوت در عملکرد و پیامدهای آنها ایجاب می‌کند که سیاست‌گذاران، پژوهشگران و نهادهای امدادی به‌طور تخصصی و متناسب با نوع تهدید، سامانه های پیشگیری، هشدار سریع، درمان و بازیابی را طراحی و توسعه دهند [3].

نتیجه‌گیری

مطالعه تطبیقی میان سلاح‌های بیولوژیکی، شیمیایی و هسته‌ای نشان می‌دهد که هرچند این سه گروه از سلاح‌ها همگی در زمره ابزارهای کشتار جمعی قرار می‌گیرند و هدف مشترک آن‌ها ایجاد تلفات گسترده، برهم زدن ثبات روانی و اجتماعی، و تحمیل فشار بر ساختارهای دفاعی و درمانی کشورهاست، اما تفاوت‌های بنیادی در شیوه اثرگذاری آن‌ها بر بدن انسان، گستره و مدت زمان اثر، و نحوه مقابله با آن‌ها وجود دارد که شناخت دقیق آن‌ها برای آمادگی مؤثر در برابر تهدیدات حیاتی است. سلاح‌های بیولوژیکی به دلیل ماهیت زنده و قابلیت تکثیر عوامل بیماری‌زا، بیش از هر نوع دیگر، تهدیدی خاموش اما پرخطر محسوب می‌شوند. انتقال سریع از فرد به فرد، دشواری در تشخیص اولیه، و امکان پنهان‌سازی در حمل و انتشار، نیازمند نظام‌هایی پیشرفته برای ردیابی، واکسیناسیون، قرنطینه و مدیریت اپیدمی است. در نقطه مقابل، سلاح‌های شیمیایی با تأثیر فوری و شدید خود، مستلزم واکنش اضطراری، تجهیزات حفاظت فردی، سامانه‌های تشخیص سریع و درمان‌های اختصاصی هستند. نوع تهدید در این سلاح‌ها آشکارتر است، اما زمان بسیار محدودی بـرای نجات قربانیان و جلوگیری از گسترش آسیب‌ها وجود دارد. سلاح‌های هسته‌ای نیز به دلیل ماهیت ترکیبی خود، از جمله انفجار فیزیکی، حرارت و تابش رادیواکتیو، چالشی پیچیده و چندلایه ایجاد می‌کنند که فراتر از پاسخ‌های اضطراری کوتاه‌مدت است. این سلاح‌ها نه تنها در لحظه انفجار، بلکه در دهه‌های بعد با اثرات ژنتیکی، سرطان‌زا، روانی و زیست‌محیطی باقی خواهند ماند. بنابراین، مدیریت بحران ناشی از حمله هسته‌ای نیازمند برنامه‌ریزی جامع و طولانی‌مدت در حوزه های سلامت عمومی، محیط‌زیست، زیرساخت‌های شهری و بازسازی اجتماعی است. در نهایت، درک تفاوت‌های عملکردی این سلاح‌ها می‌تواند به تصمیم‌سازان، نظامیان، متخصصان سلامت و امدادگران کمک کند تا برای هر نوع تهدید، راهبردهای تخصصی، مؤثر و متناسب طراحی و اجرا کنند. همچنین، تلاش‌های جهانی برای منع گسترش، تولید و استفاده از سلاح‌های کشتار جمعی همچنان باید به عنوان یک اولویت راهبردی در سطح دیپلماسی و حقوق بین‌الملل دنبال شود تا خطرات انسانی و زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها به حداقل برسد.

منابع:

[1] Yassif JM, Korol S, Kane A. Guarding against catastrophic biological risks: preventing state biological weapon development and use by shaping intentions. Health security. 2023;21:258-65.

[2] Tin D, Cheng L, Shin H, Hata R, Granholm F, Braitberg G, et al. A descriptive analysis of the use of chemical, biological, radiological, and nuclear weapons by violent non-state actors and the modern-day environment of threat. Prehospital and disaster medicine. 2023;38:395-400.

[3] Ahmed DR, Al Diab Al Azzawi M. The current global threat of weapons of mass destruction to humanity and public health. Discover Public Health. 2024;21:37.

۲

جنگ های بیولوژیک

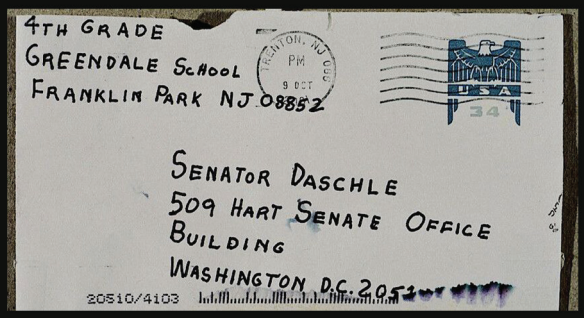
بیوتروریسم خاموش: رازهایی تاریک در دل تاریخ

به قلم **فاطمه سبزی - دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد**

مقدمه

چند روز بعد از ۱۱ سپتامبر سال 2001 میلادی، در حالی که مردم آمریکا در شُک بزرگی فرو رفته اند، این بار خبری عجیب، ترس و وحشت را در بین مردم دنیا به راه می اندازد. بسته هایی مشکوک در پـوشش نامه؛ در بین ادارات دولتی، رسانه ها و افراد برجسته آمریکا و حتی مردم پخش می شود. چندین نفر در نیویورک و واشنگتن، با علائم مشابه جان خود را از دست می دهند و برخی دیگر هم در وضعیت وخیمی به سر می برند. تنها چیزی که بین تمام قربانیان مشترک بود، بسته هایی بود که در این چند روز به دست آنها رسیده بود. بسته هایی آلوده به اسپور های باکتری آنتراکس ، عامل بیماری سیاه زخم! [1] دستگاه های امنیتی آمریکا تحقیقات خود را آغازکردند و زمزمه هایی درباره وقوع یک پروژه بیوتروریستی در آمریکا شکل گرفت. پروژه ای که برخلاف سقوط برج های دوقلو، هیچ کس حتی گمان هم نمی برد که کار چه کسی خواهد بود. همین موضوع بار دیگر مردم جهان را به فکر واداشت. به فکر درباره اینکه پروژه بعدی با چه شدتی و توسط چه کسی انجام خواهد گرفت؟ آیا عوامل همه این نوع ترورها مشخص می شوند؟ و در نهایت، بیوتروریسم در عصر معاصر به چه معناست؟

تصویر اول - یک کارگر در اکتبر 2001 که نمونه ها را از دفاتر شرکت رسانه ای آمریکایی در فلوریدا جمع آوری می کند



تصویر دوم - پاکت نامه حاوی اسپور آنتراکس که برای سناتور پاتریک جی.لیهی فرستاده شده بود

درادبیات علمی، به طور کلی بیوتروریسم را استفاده عمدی از عوامل بیولوژیکی(باکتری، ویروس قارچ ها یا سموم) برای ایجاد مرگ، بیماری، اختلال یا ترس گسترده به منظور تهدید، ترساندن یا تحت فشار قرار دادن یک جمعیت انسانی برای رسیدن به اهداف سیاسی، اجتماعی و یا اقتصادی معنا می کنند.[2]

اما مفهوم بیوتروریسم را نمی توان تنها یک تعریف داده شده از سازمانی مشخص مطرح کرد. از آنجایی که در طول تاریخ، بیوتروریسم بیشتر در بستر جنگ ها اتفاق افتاده است، این مفهوم را نمی توان تنها با بعد پزشکی و اپیدمیولوژیک بررسی کرد و بعدهای علمی دیگر مثل سیاست، فعالیت های نظامی و جنگی، رسانه، روانشناسی اجتماعی و... را نیز در بر می گیرد.

در قرن معاصر و بعد از انقلاب صنعتی و با ظهور رسانه، روز به روز بر پیچیدگی ها و رموز مقوله بیوتروریسم افزوده می شود. از ابهام در تشخیص شیوع طبیعی بیماری یا حمله بیولوژیکی و پنهان کاری دولت ها در طول جنگ های متعدد گرفته تا مشکلات قانونی برای اثبات قصد و نیت افراد از فعالیت های زیستی، همه و همه سبب ایجاد مفهومی به نام "بیوتروریسم خاموش" شده اند. مفهومی پیچیده و غیر قطعی، که با بررسی و مطالعه تاریخ، می توان تکه های پازل آن را کنار هم گذاشت و به درکی بهتر از آینده بیوتروریسم دست پیدا کرد؛ چرا که تاریخ همواره تکرار می شود.

حال سوال پیش می آید تعریف بیوتروریسم خاموش چیست؟ چه نمونه جنگ هایی از این نوع بیـوتروریسم بهره بردند؟ آینده این حوزه از بیوتروریسم به کجا خواهد رفت و مردم دربرابر این تهدید خاموش و گسترده باید چه اقداماتی انجام دهند؟

بیوتروریسم خاموش چیست؟

به طور کلی بیوتروریسم خاموش را از دو منظر می توان تعریف کرد:

- **منظر روانشناختی و راهبردی_سیاسی/ نظامی:**

از ایــن منظر اقدامات غیر مستقیم، از جمله نابودی یا مختل کردن زیرساخت های بهداشتی به منظور شیوع بیماری، تحمیل قحطی یا گسترش بیماری از طریق شرایط جنگی بدون استفاده مستقیم از سلاح بیولوژیک، که پیامد های مشابهی با حمله عمدی و مستقیم دارند و همچنین استفاده از عامل زیستی برای ایجاد ترس و بی ثباتی در جامعه مخاطب بدون لزوما ایجاد مرگ و میرگسترده، می توانند معنایی از بیوتروریسم خاموش را دارا باشند. اهداف این منظر از بیوتروریسم، طولانی مدت بوده و برای فروپاشی اقتصادی یا سیاسی و یا فلج کردن زیر ساخت های یک کشور انجام می شود.[3, 4]

- **منظر اپیدمولوژیک و پزشکی:**

از ایــن منظر عوامل بیماری زا یا سمی به گونه ای به کار می روند که آثار آن ها به صورت تدریجی، غیرقابل تشخیص در مراحل اولیه و فاقد علامت های آشکار، ظاهر شود. این حملات با هدف عبور از سامانه های پایش سلامت و ایجاد گسترش خاموش برخی بیماری یا آسیب طراحی می شوند. در واقع این حملات از لحاظ بیولوژیکی، می تواند به یک واقعه یا یک بیماری همه گیر طبیعی شباهت داشته باشد و به همین دلیل تشخیص آن بسیار سخت خواهد بود. [3]

در نتیجه، ویژگی های مشترکی که می توان برای بیوتروریسم خاموش در نظر گرفت، اقدامات پنهان

یا تدریجی با استفاده از سلاح های بیولوژیکی و زیستی می باشد که بدون بروز علامت های آشکار یا شواهد قابل اثبات فوری، آسیب بیولوژیکی وزیست محیطی، روانی و یا سیاسی و اجتماعی دریک جامعه مخاطب بوجود می آید و در خیلی از موارد نتیجه آنها می تواند با یک واقعه طبیعی و یا تصادفی اشتباه گرفته شود. چیزی که در اکثر جنگ ها در طول تاریخ می توان شاهد آن بود.

بررسی تاریخچه بیوتروریسم خاموش در تاریخ جنگ ها

بیـوتروریسم را از منظر تاریخی می توان به سه بخش دوران باستان، دوران مدرن و دوره معاصر تقسیم بندی کرد.

"دوران باستان"

ایـن دوره، گرچه فعالیت های بیوتروریسم خاموش بیشتر به صورت سنتی انجام می گرفت اما شالوده و ایده استفاده از این روش در جنگ ها، در این دوران پدیدار شد. در ادامه به نمونه هایی از کاربرد بیوتروریسم خاموش در این دوره میپردازیم.

- **جنگ بیتینیه و پرگامون : مارهایی که جنگ روانی راه می اندازند**

در حدود 200 سال پیش از میلاد، در پی رقابت سیاسی که بین دو پادشاهی پرگامون که از متحدان رومی ها بود و پادشاهی بیتینیه وجود داشت، نبردی دریایی میان این دو پادشاهی شکل گرفت. در ایـن نبرد دریایی، هانیبال بارکا ، ژنرال کارتاژی که به عنوان مشاور نظامی و فرمانده نیروی دریایی ارتش بیتینه حضور داشت، دستور داد تا ظروفی سفالی را از مارهای سمی زنده پر کنند و با منجیق آنها را به به عرشه کشتی دشمن پرتاب کنند. مارها آشوب و وحشتی را در میان افراد پرگامون بـوجود آوردند که موجب پیروزی ارتش بیتینیه شد. در واقع مارها، نه تنها برای نابودی و از بین بـردن فیزیکی افراد دشمن استفاده می شد؛ بلکه هدف اصلی این کار،ایجاد تنشی روانی دربدنه ارتش پرگامون و از بین بردن تسلط آنها بر جنگ بود. حیله ای ماهرانه که میتوان آن را یکی از اولین نمونه های حوزه روان شناختی بیوتروریسم خاموش در عصر باستان دانست.[5, 6]

- امپراتوری هیتی : گوسفندان مبتلا به تولارمی

در حدود سال 1320 قبل از میلاد، امپراطوری هیتی ها برای مقابله با دشمنان خود، گوسفندان مبتلا به بیماری تولارمی (تب خرگوشی) را تحت پوشش دام سالم به میان دشمنان خود می فرستادند و موجب شیوع این بیماری در بین آنها می شدند.

عامل این بیماری باکتریایی به نام فرانسیسلا تولارنسیس می باشد که امکان انتقال از حیوانات آلوده و نیش حشرات به انسان را دارد و در بخش های مختلف بدن موجب ایجاد التهاب، تورم و زخم های پوستی می شود.

از آنجایی که این اقدام هیتی ها، پنهانی و تحت پوشش دام انجام گرفته بود، نیروهای دشمن از وجود این بیماری تا زمان شیوع آن در بین افراد خود نشده بودند؛ از این رو می توان آن را یکی از اولین اقدام های بیوترویسم خاموش از منظر اپیدمولوژیک در نظر گرفت.[7]

- **مذاکره ای برای صلح : اپیدمی آبله در سرخپوستان**

در سال 1767 میلادی، جفری امهرست فرمانده ارتش انگلیسی، پس از شکست فرانسه از انگلیس و به تصرف درآوردن آمریکای شمالی، به عنوان فرمانده کل قوا ، برای سرکوب قیام سرخپوستان که علیه سیاست های انگلستان بود، وارد عمل شد. در ژوئن سال 1763 دو قبیله سرخپوستان به نام های دلور و شانی ، دژ نظامی فورت پیت را محاصره کردند. سران این قبایل برای مذاکره و کاهش تنش با انگلیس ها، به سمت دژ آمدند. پیش از ورود آنها، درون دژ اپیدمی آبله شروع شده بود و فرمانده دژ، کاپیتان سیمن اکویر از بیماری خبر داشت و آن را در گزارش روزانه خود ثبت کرده بود. در جریان این دیدار اکویر و ویلیام ترنت که فرمانده شبه نظامیان محلی و مسئول دفتر تدارکات بود، از این فرصت برای انتقال بیماری به قبایل دشمن استفاده کردند و به عنوان وعده های صلح طلبانه و با هدف فریب دادن سرخپوستان، پتو و البسه های آلوده به بیماری آبله که توسط ویروس واریـولا از انسان به انسان منتقل می شود را به عنوان هدیه به سران این قبایل دادند و طولی نکشید که اپیدمی آبله بین جمعیت گسترده ای از سرخپوستان پخش و منجر به مرگ 90 درصد از آنها شد. مستنداتی از یادداشت های روزانه ویلیام ترنت و همچنین مکاتبه جفری امهرست با سرهنگ هنری بوکت که در همان بازه زمانی پیشنهادی مشابهی داد، در وجود دارد.

- بخشی از یادداشت روزانه برنت:
"بـرای نشان دادن احترامان به آن ها، دو پتو و یک دستمال از بیمارستان آبله به ایشان دادیم. امیدواریم اثر مطلوب را داشته باشد."

- بخشی از مکاتبه و صحبت های جفری امهرست با هنری بوکت:
"شما کار خوبی می کنید اگر بتوانید سرخپوستان را از طریق پتوها آلوده کنید، همچنین هر روش دیگری که بتواند این نژاد منفور را نابود کند، امتحان کنید."

تمام این اسناد نشان دهنده شیوع یک اپیدمی برای نابودی یک نژاد آن هم بدون آگاهی سرخپوستان از منشا آن صورت گرفت و می تواند به عنوان نمونه ای از بیوتروریسم خاموش در نظر گرفته شود.[8] [9] [6] [10]

تصویر سوم - یک سرخپوست، با سرهنگ هنری بوکت روبرو می‌شود که پس از مذاکرات صلح در سال 1764 به افسران خود اجازه داده بود تا با آلوده کردن پتوها، آبله را در میان بومیان آمریکا پخش کنند.

"دوران نوین"

در دوران نوین، که حدود سال های 1900- 1945میلادی را شامل می شود، در پی جنگ جهانی اول و دوم، پروژه های بیوتروریسم و تولید سلاح های زیستی در حین جنگ، بیشتر به صورت روش های آشکار و اقدامات نظامی واضح ضورت می گرفت و عموما در ادبیات امنیتی، بیشتر پروژه های بیوتروریسمی در این دوران را از نوع بیوتروریسم آشکار در نظر می گیرند. گرچه اکثر این جنگ ها با ظاهری آشکار بودند، اما برخی از پروژه های زیستی این برهه تاریخی را می توان به بیوتروریسم خاموش مرتبط دانست.

- **واحد 731: جنایتی خاموش علیه بشریت**

در بازه سال 1936- 1945 و در زیرپوست وقایع جنگ جهانی دوم، درمنطقه پینگ فانگ شهرهاربین در منچوری، شمال شرق چین که توسط ژاپن اشغال شده بود، واحدی با عنوان "سازمان پیشگیری از بیماری های همه گیر و تامین آب" توسط ژنرال شیرو ایشی ، پزشک نظامی ژاپنی و کارشناس ایمونولوژی از دانشگاه کیوتو، تاسیس شد.

ایشی باور داشت که "هر آنچه ممنوع می شود، موثر است حتی اگر منجر به تولید سلاحی کشنده باشد".

با همین تفکر بود که او با حمایت ارتش ژاپن، واحدی را برای گسترش آزمایشات بیولوژیکی و انسانی ایجاد کرد. این واحد که گرچه در زیر نام" سازمان پیشگیری" پنهان شده بود، بعدها به "واحد 731" معروف شد و تبدیل به محلی برای وحشتناک ترین آزمایش های انسانی قرن بیستم شد.

در ایـن مرکز، آزمایشات دودمانی گونه بر روی زندانیان نژاد های چینی، کره ای و یا روسی انجام می گرفت. از آزمایش یخ زدگی (آزمایشی که در آن زندانیان را در آب یخ فرو می بردند تا زمان یخ زدگی و روش های انجماد را ثبت کنند)، تزریق بیماری هایی مانند وبا، طاعون و سیاه حصبه به آنها برای بـررسی مسیر بیماری ها در بدن انسان، انتشارهوایی عوامل بیماری زا برای مطالعه نحوه ایجاد اپیدمی؛ تا جراحی بدن زنده انسان برای مطالعه اندام ها در حالت هوشیاری ، همگی در این مرکز و تحت نظارت شیرو ایشی و ارتش ژاپن برای تولید سلاح های زیستی انجام می شد درطول سال های فعالیت این واحد، حدود 10 هزار نفر از زندانیان تنها به طور مستقیم تحت این آزمایشات کشته شدند و مجموعا حدود200-300 هزار نفر از مردم آن منطقه تحت آزمایشات میکروبی در مقیاس میدانی(رهاسازی موش های حاوی طاعون و عوامل باکتریایی) از بین رفتند. این در حالی بود که انجام این جنایات زیر سایه جنگ جهانی دوم، کاملا مخفی مانده بود و حتی تعداد کمی از سران ژاپنی از آن اطلاع داشتند. در ظاهر همه چیز طبیعی پیش می رفت؛ تا اینکه در اوت 1945 و در پایان جنگ جهانی دوم، طی اطلاعاتی که از این واحد به مقامات شوروی درز کرد، ارتش ژاپن دستور تخریب این واحد را صادر کرد و بیشتر مدارک حاصل از این فعالیت ها در همان جا سوزانده شد. در دسامبر سال 1949، شوروی افراد این واحد از جمله ایشی را در محاکمه ای در خاباروفسک به جای حکم اعدام، به کار اردوگاه کار اجباری محکوم کرد. (برخی احتمال می دهند که هدف شوروری از این کار استخراج اطلاعات زیستی سران واحد 731 بـوده است) محاکمه ای که به سرانجام نرسید؛ زیرا در همان سال، به دلیل جنگ سرد و رقابتی که بین بلوک شرق وغرب، با محوریت آمریکا و شوروی شکل گرفته بود، آمریکا برای دست یابی به اطلاعات این آزمایش های انسانی، تصمیم گرفت اطلاعات را به قیمت سکوت بخرد. او با ژاپنی ها معامله کرد تا در ازای داده های تجربی آنها، به اعضای واحد731 از جمله شیرو ایشی، مصونیت قضایی بدهد و علیرغم اطلاعاتی که مقامات

آمریکایی به فرماندهی ژنرال داگلاس مک آرتور، از این آزمایشات بدست آوردند، آن ها را به دادگاه ارائه ندادند و ایشی و بسیاری از پزشکان واحد731 بدون هیچ مجازاتی با عنوان اینکه در آنجا مشغول به فعالیت پژوهشی بودند تبرئه شدند و حتی پس از آن اجازه یافتند تا در فعالیت های پزشکی و تحقیقاتی ژاپن فعالیت کنند.
تا حدود 40 سال بعد، هیچ خبری به صورت رسمی در بین مردم پخش نشد؛ گرچه گاهی به صورت محدود و مخفی برخی روزنامه نگاران و تاریخ نگاران ژاپنی در طی یادداشت هایی منتشر می کردند اما هیچ پوشش گسترده ای نداشت. در سطح بین المللی نیز؛ گاها اخبار به شکل پراکنده و از طریق مدارک شوروی مطرح می شد، اما عملا در اکثر کشورها(بخصوص کشورهای غربی) برچسب"پروپاگاندای شوروی" بر آن خورده می شد. در نتیجه تا دهه 1970 و 1980 مردم از جنایات واحد 731، بـی خبر ماندند، تا زمانی که برخی از بازماندگان و محققان ژاپنی شروع به انتشار مصاحبه ها و اسناد کردند و مردم جهان بعد از حدود 40 سال بی خبری، با حقیقت مواجه شدند.
از آنجایی که نحوه تحقیقات این مرکز بسیار پنهانی و مخفی بود و آسیب های بلندمدت روانی و نژادی بر مردم وارد کرد، می توان آن را نمونه ای خوف برانگیز از کاربرد بیوتروریسم خاموش، در دوران مدرن دانست.[11] [12, 13]

تصویر چهارم - سربازان ژاپنی در حال نگهبانی از زندانیان چینی در طول حمله به منچوری، سپتامبر 1931. بسیاری از اسرای جنگی و همچنین غیرنظامیان به عنوان سوژه در آزمایش‌های وحشتناک مورد استفاده قرار گرفتند

تصویر پنجم - کودکان چینی در معرض آزمایش های پیشگیری از پلاک دندانی توسط واحد731. آزمایش های دیگر شامل تیفوس، سیاه زخم، وبا، سل، آنفسفالیت و موارد دیگر بود

تصویر ششم - پرسنل واحد731، یک آزمایش میکروبیولوژیکی را بر روی یک فرد آزمایشی در شهرستان نونگ آن، واقع در استان جیلین در شمال شرق چین انجام می دهند، نوامبر1940

تصویر هفتم - پرسنل ژاپنی با لباس های محافظ، در جریان آزمایش های جنگ میکروبی واحد 731، یک برانکارد از میان شهر یی وو در چین حمل می کنند، ژوئن 1942

تصویر هشتم - شیرو ایشی در حال انجام کالبدشکافی زنده بر روی یکی از زندانیان واحد731

"دوره معاصر"

از سال 1945 تا ورود به قرن بیست و یکم میلادی، با پیشرفت تکنولوژی و حضور پررنگ تر ژنتیک در پیشرفت آزمایشات زیستی، گرچه دسترسی به درمان بیماری ها و نتایج علمی بیشتر و بهترمی شود، اما این سکه روی دیگری هم دارد و آن ایجاد توانایی انجام پروژه های بیوتروریسم به صورت حرفه ای تر و مخفی تر خواهد بود. با ورود به قرن جدید، "بیوتروریسم خاموش" جلوه بیشتری از خود نشان می دهد و مردم دنیا همواره در این ابهام باقی می مانند که واقعیت چیست و چه کسی راست می گوید؟

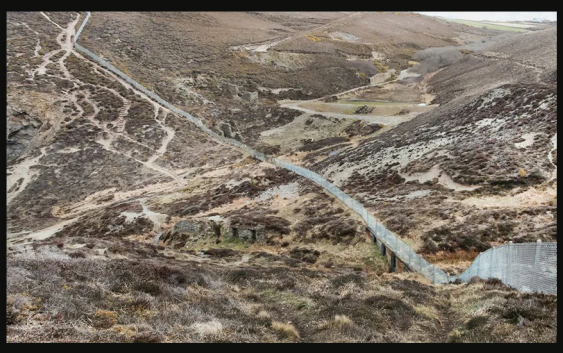
- **پورتون داون : برنامه بیولوژیکی بریتانیا در جنگ سرد**

در حدود سالهای 1945 و پس از آن، بریتانیا از ترس حمله زیستی از سوی رقیبان جدید خود(به ویـژه شوروی)، در آزمایشگاهی مخفی، به نام Porton Down در زمینه جنگ افزارهای بیولوژیک احداث کرد. در این مرکز تحقیقاتی بر روی سم های میکروبی، تولید سلاح هایی با استفاده از باکتری آنتراکس وهمچنین تحقیقات میدانی انجام شد.

در بیـن سال های 1950-1970، بـریتانیا به منظور بررسی رفتار پخش آئروسول ها (ذرات یا قطرات بسیار ریز که در هوا معلق می مانند و در بحث های زیستی، این ذرات می توانند حاوی باکتری، ویروس یا سموم باشند که برای انتقال این بیماری ها استفاده می شوند) در فضای باز، ذرات شبیه ساز مثل (ZCS)و یا باکتری های بی خطر مثل باسیلوس سابتیلیس ، را به طور محرمانه و از طریق هواپیما و کشتی ها بین جمعیت منتشر کردند که تاثیر زیست محیطی قابل توجهی برجای گذاشت.

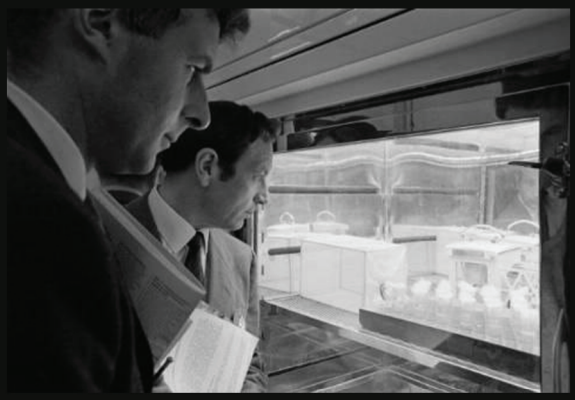
ایـن آزمایشات، تنها به همین موارد محدود نشد. آزمایش های مخفی دریایی مانند Operation Cauldron، که در آن عوامل بیماری زا مانند طاعون و تب های مختلف بر روی حیوانات (عمدتا میمون ها و خوکچه ها) تست می شد. اما خطرناک ترین این آزمایش ها، آزمایش سابون سارین و مطالعه گازهای اعصاب، بر روی بیش از 20 هزار سرباز داوطلب در طول جنگ سرد بود. به گفته این سربازان آنها به درستی در جریان آزمایشات و خطرات آن قرار نگرفته بودند.

سری آزمایش های Porton Down، از آنجایی می تواند در حوزه بیوتروریسم خاموش قرار گیرد که ایـن برنامه دولتی در پوشش یک پژوهش دفاعی، عوامل بیماری زا و آزمایش های زیستی بسیاری را بر روی شهروندان زیادی انجام داد بی آنکه آنها بدانند در معرض این آزمایش ها قرار گرفتند. در واقع فعالیت های پروژه با پنهان کاری انتشار عوامل بیولوژیکی همراه بود و اثرات بلند مدتی بر محیط زیست و انسان ها بر جای گذاشت.[14] [15]

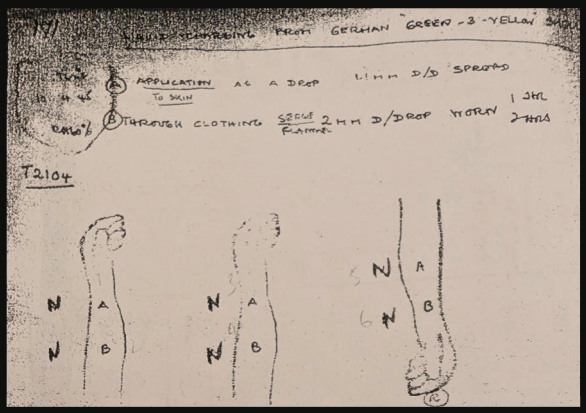


تصویر نهم - حصار کشی در نانسیکوکه، عملیات Operation Cauldron که درآن عوامل بیولوژیک را در سواحل جزیره لوئیس رها کردند و اثرات آن را روی 3500 خوکچه هندی و میمون در قفس آزمایش کردند

تصویر دهم - یک داوطلب در حال آزمایش جدیدترین دستگاه تنفس مصنوعی S6 و لباس محافظ برای پرسنل نظامی در آزمایشگاه‌های دولتی پورتون داون، 13 مه 1964



تصویر یازدهم - مقامات در حال مشاهده یک آزمایش در آزمایشگاه علوم و فناوری دفاعی وزارت دفاع در پورتون داون، 23 اکتبر 19681964



تصویر دوازدهم - تصویری از صفحه‌ای در یکی از کتاب‌های آزمایش که اولین آزمایش عامل اعصاب برای تابون در 10 آوریل 1945 در آن ثبت شده است

- **اپیدمی های مشکوک در جنگ های معاصر: ابولا در جمهوری دموکراتیک کنگو(DRC)**

در جریان جنگ های داخلی جمهوری دموکراتیک کنگو، شیوع های مکرر ابولا از دهه 1970 تا امروز رخ داده اند.

ویـروس ابـولا، ویـروسی با نرخ کشندگی بالاست که شرایط انتقال مستقیم از طریق مایعات بدن را دارد. این ویروس عامل تب های خون ریزی دهنده است و عوامل هم خانواده ابولا(تب های خون ریزی دهنده ویروسی) را در دسته A بیوتروریسم قرار می دهند و به علت کشندگی بالا می تواند به عنوان یک اسلحه زیستی خطرناک به کار گرفته شود. از این رو در مناطق جنگ زده ای مانند کنگو، ایـن شیوع های مکرر نگرانی هایی را درباره ایجاد اپیدمی به عنوان بیوتروریسم بوجود آورده است. از آنجایی که تشخیص اینکه عامل بوجود آورنده این شیوع های مکرر با احتمال خیلی کمی می تواند عاملی طبیعی باشد، می تواند فرضیه بیوتروریسم خاموش را در این زمینه مطرح کرد.[16]

تصویر سیزدهم -ویروس ابولا

تصویر چهاردهم -صحبت اعضای یونیسف با کودکان درباره ویروس ابولا در کنگو

• **در جستجوی DNA بن لادن: پروژه واکیسناسیون جعلی CIA در پاکستان**

در بهار سال 2011، حدود چندین سال بعد از واقعه 11 سپتامبر،CIA در تلاش برای شناسایی محل اختفای اسامه بن لادن (به عنوان عامل تروریستی 11 سپتامبر شناخته می شود) در پاکستان است. همزمان در پاکستان، ویروس فلج اطفال به شدت شیوع پیداکرده بود و کمپین های واکسیناسیون برای تزریق واکسن فلج اطفال به این کشور و مناطق و کشور های حاشیه آن مانند افغانستان، اعزام می شدند. دیدگاه عموم مردم در پاکستان، نسبت به این کمپین های واکسیناسیون، زیاد جالب به نظر نمی رسید؛ گرچه هنوز تزریق واکسن ها صورت می گرفت. در همان زمان، CIA آمریکا با همکاری یک پزشک پاکستانی به نام دکتر شکیل آفریدی ، یک کمپین واکسن هپاتیت B در شهر ابوتاباد پاکستان به را انداخته انداختند. در ظاهر همه چیز عادی و طبیعی به نظر می آمد؛ اما این یک کمپین پوششی برای جمع آوری نمونه های DNA از کودکان ساکن آن منطقه بود که احتمال می رفت به خانواده بن لادن نزدیک باشند!

اجرای این عملیات جدای از جمع آوری محتوای ژنتیکی پنهانی از افراد یک کشور که نقض حقوق آنها است و خود می تواند احتمال بیوتروریسم خاموش را قوی کند (هرچند CIA ادعایی دیگر در هدف از انجام این کار کرده باشد)؛ به وسیله آن، اعتماد عمومی مردم پاکستان به برنامه های واکسیناسیون تا حدی شکسته شد که طالبان و بسیاری ازمحلی ها، واکسیناتورها را "جاسوس" دانستند و همین امر تاثیر عمیق، ماندگار و بلندمدتی را بر سلامت مردم پاکستان و افغانستان گذاشت به طوری که در سال های بعد، بیش از 70 واکیسناتور به قتل رسیدند وموارد فلج اطفال روز به روز بیشتر شد. [17]

• **نان خود را بر روی آب بینداز ، بذر مرگ را بر انسان: سرمایه گذاری خاموش اسرائیل برای بستن دروازه های فلسطین**

شاید بتوان گفت یکی از نزدیکترین پروژه های مخفی بیوتروریسم به مفهوم "بیوتروریسم خاموش"، در آوریــل 1948 و در جریان جنگ فلسطین و اسرائیل رخ داد. در جریان این جنگ، سازمان هگانا - سازمان شبه نظامی صهیونیست که در سازماندهی مهاجرت غیرقانونی یهودیان از اروپا به فلسطین نقش داشت و نقش آن در شکل گیری اسرائیل بسیار حیاتی بود و پس از آن هسته اصلی ارتش دفاعی اسرائیل(IDF) را تشکیل داد. با دستور دیوید بین گوریون نخست وزیر آینده اسرائیل، عملیات سری " Cast Thy Bread" را آغازکرد.

از آنجایی که هگانا بعد از داستان هلوکاست، با حمایت از بریتانیا و با هدف تشکیل یک "وطن ملی بـرای یـهودیان در فلسطین"، شروع به کار کرد؛ برای پیشبرد سرمایه گذاری های خود این عملیات را طرح ریزی کرد. هدف این عملیات، استفاده از سلاح بیولوژیکی برای ایجاد وحشت در میان در جمعیت فلسطینی و جلوگیری از بازگشت آنها به روستاهای محل زندگی آنها بود.

در ایـن راستا، هگانا با استفاده از باکتری تیفوئید ،(سالمونلا تایفی) منابع آشامیدنی در روستاهای فلسطینی را به صورت پنهان آلوده کرد که منجر به شیوع بیماری و مرگ و میر در میان ساکنان شد. این عملیات درماه های پایانی جنگ، نقش بسزایی در تشکیل دولت اسرائیل و تلاش برای گسترش آن در خارج از مرزهای فلسطین داشت؛ به طوریکه بعد از اعلام استقلال اسرائیل توسط بن گوریون، اسرائیل دستور گسترش این کمپ بیولوژیک به کشورهای همسایه عربی مانند مصر، لبنان و سوریه را صادر کرد. حال، معنای "Cast Thy Bread" چیست و به چه چیزی اشاره دارد؟ عبارت"Cast Thy Bread"، برگرفته از یک ضرب المثل مذهبی است که مفهوم عمیق و جالبی دارد. این عبارت از کتاب جامعه در عهد عتیق گرفته شده است که معنای تحت اللفظی آن "نان خود را بر روی آب

بینداز" می باشد. مفهوم این ضرب المثل ایمان و اعتقاد به پاداش در آینده و سرمایه گذاری بر روی آن است، حتی اگر نتیجه فوری و مشخصی وجود نداشته باشد. در واقع نام گذاری این پروژه با توجه به شرایط حساس یهودیان که بعد از قضایای هلوکاست به دنبال ایجاد یک کشور مستقل بـودند و به دنبال آن مهاجرت یهودیان صهیونیست به اسرائیل، بسیار معنادار و زیرکانه بود. در واقع این عنوان دو معنا در یک جمله بود که با هم ارتباط خاصی داشتند:

یـهودیانی که با امید و ایمان قلبی، برای ساختن یک "کشور ملی"، نان های خود را بر آب می انداختند. برای تصرف فلسطین سرمایه گذاری می کردند حتی اگر در کوتاه مدت با موانع زیادی روبه رو بودند. نان هایی که بذر مرگ و وحشت را درمنابع آبی خانه های فلسطینیان انداختند.

تنها چهارسال بعد ازعملیات "Cast Thy Bread"، موسسه تحقیقات بیولوژیک اسرائیل (IIBR) تاسیس شد. در مقاله ای با عنوان" جنگ افزارهای زیستی، عملیات نان خود را به آب ها بیفکن و موسسه تحقیقات زیستی اسرائیل: پرده برداری از میراث پنهان جنگ بیولوژیک اسرائیل" منتشر شده در سال 2023، دکتر داگلاس سی.یووان دانشمند آمریکایی حوزه بیوتکنولوژی و پژوهشگر جنگ افزارهای بیولوژیکی، مطرح می کند که عملیات " Cast Thy Bread" به اسرائیل نشان داد که استفاده از سلاح های بیولوژیکی می تواند در استراتژی نظامی اسرائیل نقش داشته باشد و پتانسیل آن را برای رهبران نظامی آشکار کرد.

همچنین او در این مقاله مطرح می کند که موسسه تحقیقات بیولوژیک اسرائیل(IIBR)، با اهداف دوگانه (تحقیقات پزشکی و توسعه تسلیحات زیستی) ایجاد شد تا توانایی هایی را که به صورت پنهان در سال 1948 به کارگرفته شده بود، به شکل یک برنامه دولتی و سیستماتیک ادامه دهد.

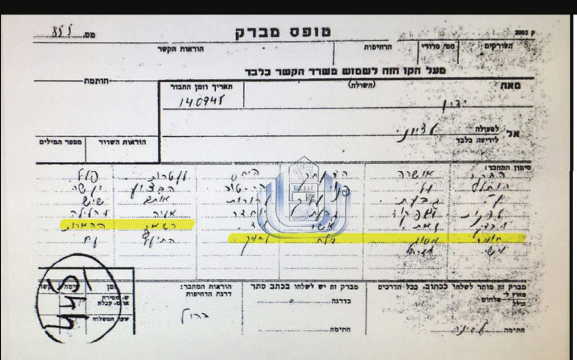
در نتیجه، فعالیت های بیولوژیکی برای تولید سلاح زیستی، هنوز هم به طور خاموش می تواند در آن جریان داشته باشد. با توجه به مطالب گفته شده، پروژه " Cast Thy Bread"، با اینکه یکی از پـروژه هایی بود که در تاریخ کمتر به آن می پردازند، ولی با کمی دقت درعنوان و پیامد های حاصل از آن در تاریخ، می توان متوجه شد که این پروژه، از هر دو منظر بیوتروریسم خاموش(چه امنیتی-سیاسی و چه اپیدمولوژیک) قابل تعریف است و برخلاف بیشتر جنگ های تاریخ که آشکار رخ می دادند و عموما تنها هدف و شیوه پنهانی داشتند (ازمنظر امنیتی- سیاسی به طور خاص در دسته بندی بیوتروریسم خاموش قرار نمی گرفتند)، تمامی مولفه های بیوتروریسم خاموش از هر دو منظر را دارا است.

عملیات بیولوژیکی پنهانی، برای رسیدن به یک هدف سیاسی که به صورت رخدادی طبیعی نمود پیدا می کند و کمتر کسی آن را متوجه می شود.

عملیاتی که هدف آن، هم ایجاد جنگ روانی است؛ هم بیماری و هم مرگ گسترده انسان ها...

[18]، [19]، [20]، [21]

تصویر پانزدهم و شانزدهم - اسنادی از بایگانی نیروهای نظامی اسرائیل که استفاده نیروهای دفاعی اسرائیل از سلاح های بیولوژیکی را در جنگ استقلال نشان می دهد.



سخن پایانی

تروریسم که بیوتروریسم زیر مجموعه آن است_در درطول سالیان دراز، از همان زمان که طمع دست یابی به قدرت در انسان شکل گرفت، وجود داشت. از همان زمان که انسان به این نتیجه رسید که راه رسیدن به قدرت، از قربانی کردن خود "انسان" بوجود می آید. حال چه قربانی کردن با سلاح های زیستی و شیمیایی باشد، چه با سلاح های ذهنی.

و "بیوتروریسم خاموش" مجموعه ای مهم از انواع قربانی کردن هاست.

سلاحی که می تواند بازیگران پشت جنایت های تاریخ را پنهان سازد؛ شیوع بیماری های مختلف در جنگ ها را عاملی طبیعی جلوه دهد و یا مرگ و شکنجه ده هزار انسان در آزمایشگاه های انسانی را، با پوشش نام "تحقیقات علمی" و با استفاده از پروپاگاندای رسانه ای، برای سال هایی طولانی انکار کند. پروژه هایی که شاید همین الان که این متن را می خوانید با تکنیک های جدیدتر و هوشمندتر در حال انجام باشند، اما ما از آنها اطلاعی نداشته باشیم!

حال برای مقابله با این سلاح چه باید کرد؟

برای ما انسان های قرن بیست و یکم که با موجی از اطلاعات درست و غلط رو به رو هستیم، یکی از ایـن راه ها همین مطالعه تاریخ و افزایش آگاهی است. بررسی وقایع و حقیقت های پشت آنها در طول تاریخ، می تواند راه روشن تری برای درک اتفاقات آینده به ما نشان بدهد. مطالعه جنگ ها از دیدگاه های متفاوت، روند پژوهش های علمی در طول تاریخ و بررسی آینده آنها، مطالعه الگوهای شیوع خاص و غیرعادی بیماری ها در جهان، حفاظت از سلامت بدن و روح دربرابرعوامل بیماری زا و در نهایت هوشیاری نسبت به روند اتفاقات اطرافمان و آگاهی دادن به اطرافیان، می توانند زره های خوبی دربرابراین سلاح مخوف باشند و از بروز دوباره جنایات تاریخی جلوگیری کنند.

منابع:

1. FBI. Amerithrax or Anthrax Investigation. FBI
2. Das, S. and V.K. Kataria, Bioterrorism : A Public Health Perspective. Med J Armed Forces India, 2010. 66(3): p. 255-60.
3. Blackburn, C.C., Lenze Pe, Jr., and R.P. Casey, Conflict and Cholera: Yemen's Man-Made Public Health Crisis and the Global Implications of Weaponizing Health. Health Secur, 2020. 18(2): p. 125-131.
4. Carus, S., Bioterrorism and Biocrimes The Illicit Use of Biological Agents Since 1900. 2001.
5. editors, E.B. Hannibal. Encyclopedia Britannica 20 May. 2025;.
6. Edmond Hooker, M., DrPH. Biological Warfare. Available from:
7. wired. 'Rabbit Fever' May Be First Bio-Weapon. wired Nov 26, 2007;
8. Britannica, E. Jeffery Amherst, 1st Baron Amherst. The Editors of Encyclopaedia Britannica 30 Jul. 2025;
9. John P. Cunha, D., FACOEP Smallpox. e medicine health;
10. Fenn, E., Biological Warfare in Eighteenth-Century North America: Beyond Jeffery Amherst. Journal of American history (Bloomington, Ind.), 2000. 86: p. 1552-80.
11. Harris, S.H., Factories of death: Japanese biological warfare, 1932-45, and the American cover-up. 1995: Routledge.
12. Barrett, D.D. Japan's Hellish Unit 731. Warfare history network Fall 2018;
13. Brody, H., et al., U.S. responses to Japanese wartime inhuman experimentation after World War II. Camb Q Healthc Ethics, 2014. 23(2): p. 220-30.
14. Schmidt, U., Cold war at Porton Down: informed consent in Britain's biological and chemical warfare experiments. Camb Q Healthc Ethics, 2006. 15(4): p. 366-80.
15. Gaurdian, T. Millions were in germ war tests. The Gaurdian Sun 21 Apr 2002;.
16. Staff, G.B. Ebola as a Bioweapon: Rethinking Preparedness in an Age of Converging Threats. Global Biodefense June 18, 2025;
17. McGirk, T. and J. Motlagh. How the Bin Laden Raid Put Vaccinators Under the Gun in Pakistan. Pulitzer center;
18. Pappe, I., The Ethnic Cleansing of Palestine.
19. Britannica, E. Haganah. 11 Aug. 2025;.
20. Morris, B., 1948: the first Arab-Israeli war.
21. Youvan, D., Bioweapons, Operation Cast Thy Bread, and the Israel Institute for Biological Research: Unveiling Israel's Covert Biological Warfare Legacy. 2025.

جنگ ویتنام و عامل نارنجی: زخم‌هایی که هنوز بازند...

به قلم **آناهیتا جمالی - دانشجوی کارشناسی زیست شناسی جانوری دانشگاه فردوسی**

جنگ‌ها روزی آغاز می‌شوند و روزی، دست‌کم روی کاغذ، به پایان می‌رسند. اما همه‌ی جنگ‌ها پایان پذیر نیستند. برخی از آن‌ها، نه در میدان نبرد، که در سلول‌های بدن انسان، در رگ‌های خاک و در حافظه‌ی نسل‌ها ادامه می‌یابند. جنگ ویتنام یکی از این نمونه‌هاست؛ نبردی که با بمب و گلوله آغاز شد و با بارانی از سموم شیمیایی، به زخم‌هایی بدل شد که زمان نتوانست مرهمی بر آن‌ها باشد. عامل نارنجی، یکی از مخوف‌ترین سلاح‌های شیمیایی آن دوران، نه‌تنها جنگل‌ها و روستاها را سوزاند، که ژن‌ها را، زیست‌بوم‌ها را و آینده‌ی هزاران انسان را در هم پیچید. در تقاطع جنگ و زیست شناسی، به بررسی آثار مخرب و مرگبار این ماده شیمیایی بر روی ژنتیک انسان‌ها و جنگل ها و سایر بازماندگان طبیعی جنوب شرق آسیا می پردازیم.

عامل نارنجی: سلاحی برای نابودی، نه برای جنگ!

در میانه‌ی نبردی فرسایشی و بی‌پایان، جایی در دل جنگل‌های بارانی ویتنام، ارتش ایالات متحده در تلاش برای بریدن ریشه‌ی پنهان سربازان ویت‌کنگ، به سلاحی متوسل شد که اثراتش فراتر از مرزهای جغرافیا و زمان گسترده شد. عامل نارنجی (Agent Orange) نام یکی از مجموعه عوامل شیمیایی بود که برای جنگل‌زدایی و از بین بردن منابع غذایی دشمن طراحی شده بود. این ترکیب، که در اصل مخلوطی از دو علف‌کش 2,4-(2,4-dichlorophenoxyacetic acid) D و 2,4,5 -T (2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid) بـود، به‌تنهایی آن‌چنان نبود. اما آنچه این ماده را به فاجعه‌ای جهانی تبدیل کرد، آلاینده‌ای همراه در فرآیند تولید آن بود. این آلاینده TCDD (2,3,7,8-Terachlorodibenzo-p-dioxin) یکی از سمی‌ترین ترکیبات شناخته شده برای انسان است. [1] [2] TCDD نه یک سلاح شیمیاییِ برنامه‌ریزی‌شده، بلکه محصول جانبی ناخواسته‌ای در فرآیند ساخت T-2,4,5 بود. اما همین آلاینده، با دوزهای بسیار پایین هم می‌تواند موجب اختلالات هورمونی، تغییرات اپی‌ژنتیکی، سرطان و نقایص مادرزادی شدید شود. میزان بالای این دی‌اکسین

در نمونه‌های پاشیده‌شده در ویتنام، عامل اصلی بخش بزرگی از فجایع انسانی و زیستی بعد از جنگ شناخته شده است. [3] بین سال‌های 1961 تا 1971، بیش از 75 میلیون لیتر از این ماده بر خاک و آسمان ویتنام، لائوس و کامبوج پاشیده شد. مناطق جنگلی به دشت‌هایی سوخته بدل شدند و زمین‌هایی که روزی منبع حیات بودند، به بستر مرگ و جهش ژنتیکی تبدیل شدند. اما واقعیت غم‌انگیز این بود: آنچه با عنوان "عامل نارنجی" رها شد، نه فقط طبیعت، که نسل انسان را نیز هدف گرفته بود.

از گیرنده تا ژن: مکانیسم مرگ آفرین TCDD

عامل نارنجی برخلاف دیگر سلاح های جنگی نه تنها بدن را می سوزاند بلکه رویکرد سلول های بدن را از درون بازنویسی می‌کند. TCDD دی اکسینی درون این سم مهلک بود که با شلیک گلوله بلکه با سکوت سلولی، آینده ناخوشی را برای نسل‌های متوالی رقم زد.

ابتدا با گیرنده ای خاموش در بدن آشنا می شویم، گیرنده آریل هیدروکربن (AhR) پروتئینی که در حالت عادی در سیتوپلاسم سلول شناور است. اما این گیرنده در انتظار ترکیبی شبیه به دی اکسین است تا فعالیت خود را شروع کند.

با ورود TCDD، شکل فضایی AhR تغییر می‌کند و باعث جدایی از کمپلکس نگهدارنده خود یعنی دیگر مواد و پروتئین های موجود در سلول می‌شود، این تغییر شکل به پروتئین اجازه می دهد تا وارد هسته شود. این پروتئین درون هسته سلول با پروتئینی به نام ARNT (AhR Nuclear Translocator) دایمر تشکیل می‌دهد. این دایمر به توالی های خاصی از DNA به نام XRE (Xeno-biotic Response Elements) متصل می‌شود و باعث ایجاد رونویسی‌های متفاوت و مخربی از ژن می‌شود. ژن‌هایی که با این مسیر فعال می‌شوند شامل آنزیم‌های متابولیکی به نام CYP1A1 هستند. این آنزیم ها علاوه بر تجزیه مواد خارجی گاهی در تولید مواد سرطان زا نیز دخیل اند. این تغییرات ژنی می تواند در چرخه سلولی، تقسیم، تمایز و حتی مرگ برنامه‌ریزی شده سلول (apopto-sis) اختلال ایجاد کند. [3][4][5] اما فراتر از آن بر هم خوردن نظم رونویسی ژن ها می تواند به جهش، تمایز غیرطبیعی سلول ها و اختلالات رشدی منجر شود؛ اختلالاتی که در جنین ها و کودکان نمود شدیدتری دارند. مطالعات متعدد (از جمله تحقیقاتی که توسط WHO و دانشگاه هاروارد) نشان داده‌اند که مواجهه جنینی با TCDD میتواند منجر به: نقص در جمجمه و مغز، شکاف کام و لب، ناهنجاری اندام تناسلی، اختلالات تیروئید و ناباروری در بزرگسالی شود. [6] اما تأثیرات TCDD تنها به یک فرد محدود نمی‌ماند. یافته‌های جدیدتر در حوزه‌ی اپی‌ژنتیک نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند تغییراتی در متیلاسیون DNA، ساختار کروماتین و بیان microRNAها ایجاد کند؛ تغییراتی که بدون ایجاد جهش ژنی، اما از طریق تنظیم بیان ژن‌ها، قابل انتقال به نسل‌های بعد هستند. [7][8] این یعنی، نوزادی که در ویتنام امروز با نقص مادرزادی به دنیا می‌آید، شاید نه خودش، بلکه ژنوم پدر یا مادرش در دهه‌های گذشته با TCDD تماس داشته است. این نوع از انتقال اثر، نه از طریق DNA، بلکه از طریق حافظه‌ی زیستی سلول‌هاست و دقیقاً همین‌جاست که جنگ به یک فاجعه بین‌نسلی تبدیل می‌شود. اما این فاجعه در اینجا

به پایان نمی‌رسد، TCDD به دلیل خاصیت لیپوفیلیک (چربی دوستی) در بافت های چربی بدن تجمع پیدا می کند و به سختی دفع می‌شود. نیمه‌عمر آن در بدن انسان بین 7 تا 11 سال گزارش شده و این یعنی مقادیر اندک آن نیز میتواند اثرات بلندمدت و چندنسلی بر جای بگذارد. [3][9] در نتیجه بدن انسان دچار طیفی از اختلالات نظیر: سرطان های کبد، لنفوم و پوست، ناباروری، اختلالات غدد درون ریز، نقص‌های مادرزادی و تضعیف سیستم ایمنی بدن می‌شود.
TCDD گلوله‌ای نبود که با پایان جنگ از تن مردمان زخمی بیرون کشیده شود، این ماده خطرناک سالیان سال بی‌صدا و بی‌رحم، برنامه ژنتیکی انسان ها را بازنویسی می‌کرد. بین سال‌های 1961 تا 1971، ارتش ایالات متحده بیش از 75 میلیون لیتر علف‌کش آلوده به TCDD را بـر خاک و آسمان ویتنام، لائوس و کامبوج پاشید. هدف اولیه، جنگل‌زدایی برای کشف مواضع ویت‌کنگ‌ها بود؛ اما زمین، قربانی بی‌صدای این نبرد شد. [2] TCDD، برخلاف بسیاری از آلاینده‌های آلی، ترکیبی است با پایداری شیمیایی بسیار بالا. این دی‌اکسین چربی‌دوست، به‌سادگی در محیط تجزیه نمی‌شود. نه با نور خورشید، نه با میکروارگانیسم‌های خاک، و نه با باران‌های موسمی. در عوض، به ذرات آلی خاک می‌چسبد و سال‌ها در آن باقی می‌ماند. امروزه، در بیش از 2800 منطقه در ویتنام، سطح آلودگی خاک از حد مجاز جهانی فراتر است. [10] اما خاک، فقط زمین نیست. درخت، گیاه، دام، ماهی و در نهایت انسان، همه در زنجیره‌ای به هم پیوسته‌اند. وقتی خاک آلوده باشد، گیاهانی که از آن می رویند،TCDD را جذب می‌کنند. حیواناتی که آن گیاهان را می‌خورند، ماده‌ی سمی را در بافت‌های چرب خود ذخیره می‌کنند. و در نهایت، انسان‌ها با خوردن شیر، گوشت، یا حتی آب، وارد همین چرخه‌ی آلوده می‌شوند. در مطالعات انجام‌شده بر مناطق آلوده به عامل نارنجی، سطح دی‌اکسین در شیر مادران، چربی حیوانات، و حتی جلبک‌های خوراکی، چند برابر حد مجاز بوده است. [10][11]
تأثیر دیگر، اما کمتر دیده‌شده‌ی عامل نارنجی، نابودی گسترده‌ی اکوسیستم‌ها بود. جنگل‌های استوایی که طی هزاران سال رشد کرده بودند، طی چند روز بی‌برگ و بی‌ریشه شدند. گونه‌هایی از جانوران، پرندگان و حشرات برای همیشه از بین رفتند. بسیاری از مناطق برای دهه‌ها پس از جنگ، از کشاورزی، سکونت یا حیات طبیعی بازماندند. حتی با وجود گذشت چندین دهه از این جنگ هولناک، بازسازی مناطق آلوده دشوار است. چرا که TCDD هنوز در لایه‌های خاک و آب‌های زیـرزمینی باقی‌مانده است. پروژه‌های پاکسازی، که توسط دولت آمریکا و برنامه‌های سازمان ملل انجام می‌شوند، پرهزینه و کند هستند. در بعضی مناطق، لازم است لایه‌ی خاک برداشته شود یا با تکنولوژی‌های سوزاندن و تخریب حرارتی، دی‌اکسین‌ها نابود شوند، اما همه‌ی مناطق هنوز پاک سازی نشده‌اند. عامل نارنجی فقط خاک را مسموم نکرد. بلکه رابطه‌ی طبیعت با انسان را با چالشی مرگبار مواجه کرد. طبیعتی که زمانی پناه بود، امروز هنوز زخمی‌ست؛ زخمی که با هر تولد جدید، با هر گیاه روییده‌شده، و با هر قطره‌ی نوشیده‌شده، یادآوری می‌شود.

ژن‌های زخمی، نسل‌های درگیر!

وقتی از اعداد فاصله بگیریم و از منظر ذهن‌ها و روایت‌ها به تاریخ نگاه کنیم، میلیون‌ها لیتر Agent Orange و میلیون‌ها قربانی داریم. اما آنچه عمق تراژدی را نشان می‌دهد، داستان زندگی های انسان‌هایی‌ست که همان سم بی‌صدا، حتی پس از جنگ، بر جسم و روح‌شان سنگینی می کند. جان کالاهان، سرباز آمریکایی که از سال 1965 به‌عنوان اپراتور رادیویی در عملیات «رینچ هند» خدمت کرد، امروز در 79 سالگی با دیابت مزمن و سیروز پیش‌رونده‌ی کبدی دست‌به‌گریبان است. او تبدیل شده است به نمادی از اثرات دیرهنگام عامل نارنجی که گاهی تنها پس از نیم‌قرن

نمایان می‌شود. تا امروز، حدود 844,000 کهنه‌سرباز وضعیت مرتبط با Agent Orange دارند. [3]

میراثی از رنج، درسی برای مسئولیت و آینده‌ای عاری از تکرار

پایداری طولانی مدت دی‌اکسین‌ها در بافت‌های چربی بدن و خاک، شواهد به روشنی می‌گویند که اثرات این مواجهه نه حاد و گذرا، بلکه مزمن و میان‌نسلی است. روایت رنج بازماندگان چه در جوامع جنوب‌شرق آسیا و چه در میان کهنه‌سربازان یادآور می‌شود که خسارت‌ها تنها عدد و نمودار نیستند؛ آن‌ها با کیفیت زندگی، کرامت انسانی و عدالت بین‌نسلی گره خورده‌اند. این پایان، در واقع دعوتی است به حافظه و مسئولیت تا با علم دقیق، سیاست‌گذاری عادلانه و همدلی انسانی، زخم های باز را به امکانِ بهبود نزدیک کنیم.

منابع:

1. Buckingham, W. A. (1982). Operation Ranch Hand: The Air Force and herbicides in Southeast Asia, 1961–1971. Washington, DC: Office of Air Force History.

2. Stellman, J. M., Stellman, S. D., Christian, R., Weber, T., & Tomasallo, C. (2003). The extent and patterns of usage of Agent Orange and other herbicides in Vietnam. Nature, 422(6933), 681–687.
https://doi.org/10.1038/nature01537

3. Schecter, A., Pavuk, M., Papke, O., Ryan, J. J., Birnbaum, L., & Rosen, R. (2003). Recent developments in the evaluation of exposure of humans to dioxins and related compounds. Environmental Health Perspectives, 111(9), 1209–1215. https://doi.org/10.1289/ehp.6118

4. Nebert, D. W., & Dalton, T. P. (2006). The role of the Ah receptor in the toxicity of dioxin-like compounds and regulation of gene expression. Biochemical Pharmacology, 72(6), 947–956.
https://doi.org/10.1016/j.bcp.2006.07.001

5. Esser, C., & Rannug, A. (2015). The aryl hydrocarbon receptor in barrier organ physiology, immunology, and toxicology. Pharmacological Reviews, 67(2), 259–279.
https://doi.org/10.1124/pr.114.009100

6. Harvard School of Public Health. (2010). Effects of Agent Orange exposure on reproductive and developmental health. Cambridge, MA: Harvard University.
7. Baccarelli, A., & Mocarelli, P. (2014). Epigenetics and environmental exposures: Dioxins and health outcomes. Epigenomics, 6(5), 541–553. https://doi.org/10.2217/epi.14.38

8. Kashima, S. (2019). Long-term transgenerational effects of Agent Orange exposure in Vietnam. Journal of Environmental Sciences, 88, 23–35.

9. World Health Organization (WHO). (1989). Dioxins and their effects on human health. Geneva: World Health Organization.

10. United Nations Environment Programme (UNEP). (2016). Assessment of dioxin contamination in Vietnam: Environmental and health risks. Nairobi: UNEP.

11. United States Agency for International Development (USAID). (2018). Agent Orange remediation in Vietnam: Da Nang and Bien Hoa projects. Washington, DC: USAID.

۳

بیوتروریست ها و تهدیدات پنهان

ویروس به جای گلوله

به قلم **انسیه نوروزی - دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد**

مقدمه

زمستان 2001، در یکی از خیابان های واشنگتن دی سی، زنی پاکتی بی فرستنده را از صندوق پستی خانه اش بیرون می کشد. رنگ پاکت مانند هزاران نامه ی معمولی دیگر است. او پاکت را باز می کند، پودر سفیدرنگی از میان کاغذ بیرون می ریزد و روی پوست انگشتانش می نشیند، در ابتدا چند سرفه ی بی اهمیت، کمی عطسه، چیزی که تنها یک آلرژی ساده بنظر می رسید. چند روز بعد با تب و تنگی نفس همراه می شود و سرانجام تشخیص، او به سیاه زخم مبتلا شده بود. نامه های مشابه به دفاتر سناتور ها و روزنامه نگاران هم ارسال شده بود. پودر سفید رنگی که در نگاه اول بی ضرر به نظر می رسید، مرگ را در خود پنهان کرده بود. 5 نفر جان باختند ، ده ها نفر بیمار شدند و میلیون ها آمریکایی دچار وحشت و بی اعتمادی.

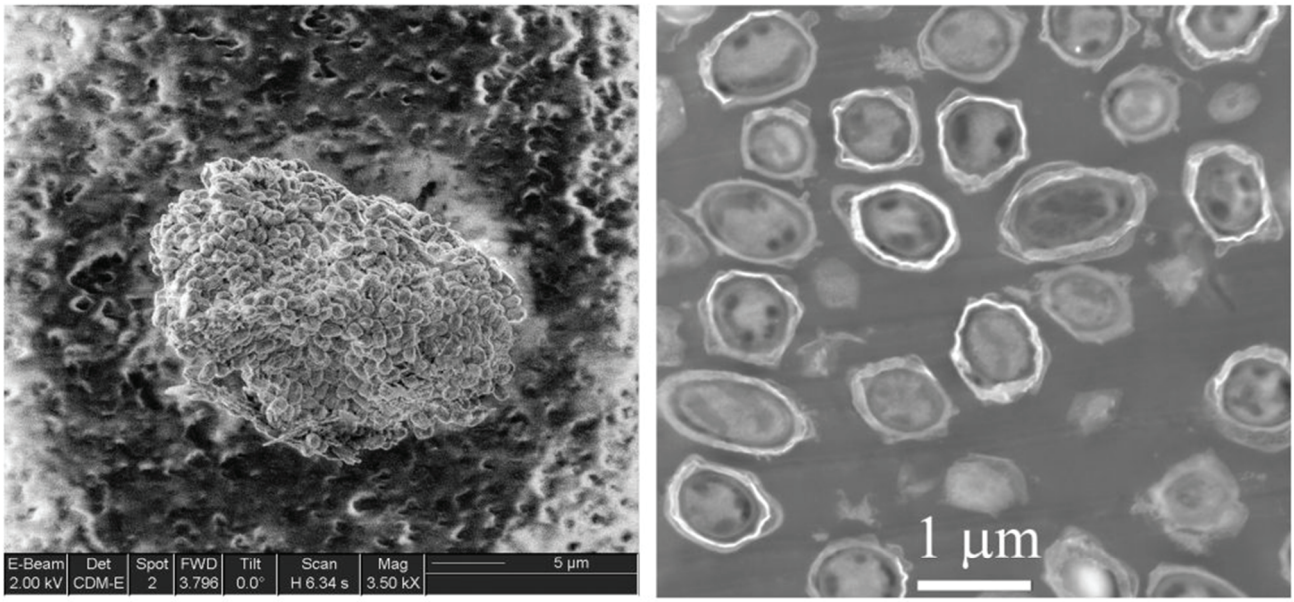
بیوتروریسم چیست؟

بیـوتروریسم به معنای استفاده ی عمدی یا تهدید به استفاده از عوامل زیستی مانند ویروس ها، باکتری ها ، قارچ ها یا سموم آن ها نیز می باشد که می تواند سبب بیماری یا مرگ در انسان ها، حیوانات و حتی نابودی محصولات کشاورزی شود. هدف اصلی از چنین اقدامی ایجاد ترس ، بی ثباتی اجتماعی و فشار دولت ها برای رسیدن به مقاصد سیاسی یا ایدئولوژیک است. اهمیت بیوتروریسم در سلامت عمومی به دلیل ویژگی های منحصر به فرد عوامل بیولوژیک بسیار بالاست. این عوامل اغلب دارای دوره ی نهفتگی هستند؛ در ابتدا بدون علامت گسترش می یابند به گونه ای که شناسایی و مهار آنها دشوار است. علاوه بر این قابلیت انتقال سریع، نرخ مرگ و میر بالا وتوانایی ایجاد اپیدمی های گسترده، این تهدید را به یکی از جدی ترین چالش های نظام های بهداشتی و امنیتی جهان تبدیل کرده است. یک حمله بیولوژیک موفق می تواند باعث ایجاد بحران های بـهداشتی ، فشار شدید بر سیستم درمانی، برهم زدن نظم اجتماعی و خسارات اقتصادی سنگین شود. به همین دلیل تقویت نظام، مراقبت اپیدمیولوژیک، آمادگی آزمایشگاه ها، آموزش نیروهای متخصص و افزایش آگاهی عمومی نقش کلیدی در مقابله با پیامدهای احتمالی بیوتروریسم دارد.

تاریخچه بیوتروریسم

استفاده از عوامل زیستی به‌عنوان سلاح، سابقه‌ای طولانی در تاریخ بشریت دارد و به قرن‌ها پیش بازمی‌گردد. یکی از نخستین نمونه‌های ثبت‌شده به قرن ششم پیش از میلاد نسبت داده می‌شود، زمانی که از قارچ Claviceps purpurea بـرای آلوده‌سازی غلات و ایجاد بیماری در دشمن استفاده شد. در قرون وسطی نیز شواهدی از بهره‌گیری نظامی از عوامل بیماری‌زا وجود دارد؛ به‌طور مثال در سال 1346 میلادی، هنگام محاصره شهر کافا در دریای سیاه، اجساد قربانیان طاعون به درون شهر پـرتاب شد که منجر به شیوع گسترده بیماری گردید. با گذر زمان، استفاده هدفمند از عوامل میکروبی در جنگ‌ها و منازعات گسترش یافت. در قرن هجدهم میلادی، گزارش‌هایی از به‌کارگیری عمدی آبله برای آلوده‌سازی جمعیت بومیان آمریکا توسط نیروهای استعماری موجود است. این

اقدامات نشان می‌دهد که سلاح‌های زیستی نه‌تنها در سطح نظامی، بلکه به‌عنوان ابزاری برای کنترل و تضعیف جوامع انسانی نیز به‌کار گرفته شده‌اند.در قرن بیستم، توجه جدی‌تر به بیـوتروریسم شکل گرفت. جنگ جهانی اول و دوم عرصه‌هایی بودند که در آن تلاش‌های سازمان یافته برای توسعه سلاح‌های میکروبی به وقوع پیوست. پس از آن، به‌ویژه در دوران جنگ سرد، بـرنامه‌های گسترده‌ای در برخی کشورها برای تولید و آزمایش عوامل بیولوژیک دنبال شد. این تاریخچه نشان می‌دهد که تهدید ناشی از بیوتروریسم، پدیده‌ای صرفاً تاریخی نبوده و همچنان به عنوان خطری واقعی برای بهداشت عمومی و امنیت جهانی مطرح می باشد. نمونه‌ای معاصر از این تهدید، حملات بیوتروریستی سال 2001 در ایالات متحده است؛ در این حادثه، نامه‌هایی آلوده به اسپورهای Bacillus anthracis عامل بیماری سیاه‌زخم به دفاتر رسانه‌ای و سناتورها ارسال شد که منجر به مرگ چندین نفر و ایجاد هراس گسترده در جامعه گردید.



bacillus anthracis spores as viewed in SEM (left) and TEM (right) (Photo courtesy of Sandia National Laboratories)

ماهیت تهدید عوامل بیولوژیک

عوامل بیولوژیک مانند سیاه‌زخم، آبله، طاعون و ویروس‌های تنفسی جدید مانند آنفلوانزای پـرندگان H5N1 و ویـروس نیپا به دلیل قدرت بیماری‌زایی و قابلیت انتشار گسترده، از مهم‌ترین تهدیدهای بیوتروریسم محسوب می‌شوند. این عوامل می‌توانند با ایجاد بیماری‌های شدید و گاه مرگبار، فشار سنگینی بر نظام سلامت وارد کنند و هم‌زمان موجب هراس اجتماعی و اختلال اقتصادی شوند. ویژگی اصلی این عوامل، سهولت در تولید، امکان انتشار از طریق هوا، آب یا غذا، و دشواری شناسایی زودهنگام است. همچنین دوره نهفتگی پنهان برخی از آن‌ها، مانند ویروس‌های تنفسی، سبب می‌شود بیماری زمانی آشکار گردد که فرصت برای مهار اولیه از دست رفته است.به همین دلیل، بیوتروریسم نه فقط یک تهدید بهداشتی بلکه چالشی برای امنیت ملی و ثبات اجتماعی نیز به شمار می‌رود. تقویت نظام‌های مراقبتی و آمادگی برای پاسخ سریع، شرط اساسی در

کاهش پیامدهای چنین تهدیدهایی است.

طبقه بندی عوامل بیولوژیک

عوامل بیولوژیک با توجه به شدت بیماری‌زایی، قابلیت انتشار و تأثیر بر سلامت عمومی در سه رده اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: رده A، رده B و رده C. این تقسیم‌بندی به کارشناسان سلامت عمومی و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا میزان خطر را بهتر درک کرده و برای مقابله با تهدیدهای احتمالی آماده شوند.

Table 1

Classification of agents of bioterrorism

Category A	Category B	Category C
High priority agents include organisms that pose a risk to national security because they are: • Easily disseminated • Cause high mortality • Cause public panic and social disruption • Require special action for public health preparedness.	Second highest priority agents include those that are: • Moderately easy to disseminate • Cause moderate morbidity • Require enhanced disease surveillance and public health diagnostic capacity	Third highest priority agents include emerging pathogens: • That could be engineered for mass dissemination in the future • Have potential for high morbidity, mortality and major health impact

توضیح تصویر طبقه بندی عوامل بیوتروریسم

رده A شامل خطرناک‌ترین عوامل است که می‌توانند به سرعت منتشر شوند و میزان مرگ‌ومیر بالایی ایجاد کنند. نمونه‌های شناخته‌شده این دسته عبارت‌اند از: سیاه‌زخم (Bacillus anthracis)، آبله، طاعون (Yersinia pestis)، بوتولیسم (Clostridium botulinum) و ویروس‌های کشنده‌ای همچون ابولا و ماربورگ. این عوامل به دلیل قدرت بیماری‌زایی شدید، همواره در اولویت بالای تهدیدهای بیولوژیک قرار دارند.

رده B به عواملی اطلاق می‌شود که گرچه مرگ‌ومیر کمتری نسبت به گروه A دارند، اما همچنان می توانند به‌طور گسترده موجب بیماری شوند و فشار زیادی بر نظام سلامت وارد کنند. سالمونلا، بروسلوز، ریسین (سم گیاه کرچک) و برخی ویروس‌های انسفالیت از جمله عوامل این گروه هستند.

رده C شامل پاتوژن‌های نوظهور یا بازپدید است که هنوز استفاده گسترده‌ای از آن‌ها گزارش نشده، اما به دلیل قابلیت جهش و احتمال انتشار سریع، تهدیدی بالقوه در آینده به شمار می‌روند. ویروس نیپا، هانتا و برخی ویروس‌های جدید تنفسی نمونه‌هایی از این گروه هستند.این طبقه بندی نشان می‌دهد که بیوتروریسم صرفاً محدود به عوامل شناخته‌شده تاریخی مانند طاعون یا آبله نیست، بلکه تهدیدهای نوپدید نیز می‌توانند در آینده به بحران‌های بهداشتی جهانی تبدیل شوند. از این‌رو، نظام‌های بهداشتی باید همواره علاوه بر کنترل عوامل کلاسیک، بر پایش و شناسایی زودهنگام عوامل نوظهور نیز تمرکز داشته باشند.

Table 2

Agents of Bioterrorism

Category A agents	Category B agents	Category C agents
• Bacillus anthracis (anthrax) • Clostridium botulinum toxin (botulism) • Francisella tularensis (tularemia) • Variola major (smallpox) • Yersinia pestis (plague) • Filo viruses • Ebola virus (Ebola hemorrhagic fever) • Marburg virus (Marburg haemorrhagic fever) • Arena viruses • Junin virus (Argentinian haemorrhagic fever) and related viruses • Lassa virus (Lassa fever)	• Alpha viruses • Eastern and western equine encephalomyelitis viruses (EEE, WEE) • Venezuelan equine encephalomyelitis virus (VEE) • Brucella species (brucellosis) • Burkholderia mallei (glanders) • Coxiella burnetii (Q fever) • Epsilon toxin of Clostridium perfringens • Ricin toxin from Ricinus communis • Staphylococcal enterotoxin B A subset of Category B agents includes pathogens that are food or waterborne. These pathogens include but are not limited to: • Cryptosporidium parvum • Escherichia coli O157:H7 • Salmonella species • Shigella dysenteriae • Vibrio cholerae	• Hanta viruses • Multidrug-resistant tuberculosis • Nipah virus • Tickborne encephalitis viruses • Tickborne haemorrhagic fever viruses • Yellow fever

ابزار های تروریسم زیستی

روش‌های انتشار عوامل بیولوژیک

عوامل بیماری‌زایی که می‌توانند در بیوتروریسم استفاده شوند، از چند مسیر اصلی وارد بدن انسان می‌شوند. مهم‌ترین راه‌ها تنفس ذرات آلوده در هوا، تماس با پوست یا مخاط، و بلع از طریق دستگاه گوارش است. همین مسیرها باعث می‌شود یک عامل میکروبی بتواند در مدت کوتاه افراد زیادی را درگیر کند و شناسایی اولیه هم سخت شود.یکی از رایج‌ترین روش‌ها انتشار هوابرد است؛ یعنی پخش کردن عامل به صورت ذرات ریز یا آئروسل در فضا. این کار می‌تواند با اسپری‌های مخصوص، مخازن پاشنده یا حتی بمب‌های کوچک انجام شود و منطقه وسیعی را آلوده کند. برای مثال اسپور آنتراکس، باکتری طاعون، بروسلوز، ویروس آبله و برخی ویروس‌های تب‌های خونریزی دهنده قابلیت پخش شدن از این طریق را دارند.روش دیگر ارسال از طریق پست یا تماس مستقیم است. در این حالت عامل بیماری‌زا در نامه‌ها، بسته‌ها یا اجسام معمولی قرار داده می‌شود و بدون تجهیزات پیچیده منتقل می‌گردد. حملات آنتراکس در آمریکا در سال 2001 نمونه شناخته‌شده این شیوع است که نشان داد حتی آلودگی محدود هم می‌تواند ترس زیادی ایجاد کند.همچنین آلوده کردن آب یا مواد غذایی راه دیگری است که می‌تواند باعث شیوع گسترده شود. باکتری‌هایی مثل Salmonella یا Shigella توانایی دارند زنجیره غذایی یا منابع آب آشامیدنی را آلوده کنند. حتی انتقال از طریق حیوانات آلوده یا حشرات ناقل هم می‌تواند نقش مهمی داشته باشد.با توجه به پیشرفت فناوری‌های زیستی و جابه‌جایی سریع بین کشورها، این روش‌ها از همیشه عملی‌تر شده اند. به همین دلیل، تقویت سیستم‌های هشدار سریع، پایش دقیق آب و غذا و آموزش نیروهای بهداشتی برای تشخیص به‌موقع، از اقدامات ضروری برای مقابله با انتشار عمدی عوامل بیولوژیک است.

پیشگیری و پاسخ به حملات بیوتروریسمی

حملات بیوتروریستی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدات علیه سلامت عمومی و امنیت جوامع، به دلیل ویژگی‌هایی نظیر سرعت تکثیر عوامل بیماری‌زا، دشواری تشخیص اولیه و قابلیت ایجاد ترس و آشفتگی گسترده، توجه روزافزون نظام‌های بهداشتی و مدیریتی را به خود جلب کرده است. مدیریت مؤثر چنین بحران‌هایی مستلزم ترکیبی از اقدامات پیشگیرانه و واکنش مرحله‌ای و هماهنگ است. در حوزه پیشگیری، ارتقای آمادگی نظام سلامت از طریق آموزش مداوم نیروهای درمانی و امدادی، ایجاد و تقویت شبکه‌های مراقبتی و آزمایشگاهی برای شناسایی زودهنگام عوامل مشکوک، ذخیره‌سازی داروها، واکسن‌ها و تجهیزات ضروری و همچنین افزایش آگاهی عمومی جامعه اهمیت زیادی دارد. این اقدامات نه تنها زمینه واکنش سریع‌تر را فراهم می‌کنند بلکه موجب کاهش آسیب‌پذیری در برابر شایعات و اضطراب اجتماعی می‌شوند. در صورت وقوع حمله بیولوژیک، واکنش باید به‌صورت مرحله‌ای و بر اساس برنامه‌های از پیش طراحی‌شده انجام گیرد. مرحله نخست با شناسایی سریع، اطلاع‌رسانی فوری و فعال‌سازی تیم‌های واکنش سریع آغاز می‌شود. در ادامه، کمیته‌های اضطراری و تیم‌های تخصصی به منطقه اعزام شده و ضمن ارزیابی ابعاد حادثه، منابع درمانی موردنیاز را تأمین می‌کنند. پس از آن، مرحله عملیات فوری شامل ایزوله کردن بیماران، قرنطینه افراد در تماس نزدیک، راه‌اندازی درمانگاه‌های موقت برای مدیریت حجم بالای بیماران، ضدعفونی محیط‌های آلوده و ارائه درمان یا واکسیناسیون پیشگیرانه به افراد در معرض خطر اجرا می‌شود. همزمان، اطلاع‌رسانی علمی و شفاف به جامعه برای پیشگیری از شایعات و حفظ آرامش عمومی ضرورت دارد و همکاری سازمان‌های بهداشتی، امنیتی، امدادی و رسانه‌ای بـرای ایجاد هماهنگی ملی اجتناب‌ناپذیر است. در نهایت، مرحله بازتوانی با تمرکز بر مراقبت‌های روانی از بازماندگان و کادر درمان، بازسازی زیرساخت‌های بهداشتی آسیب‌دیده و مستندسازی تجربیات جهت ارتقای برنامه‌های آینده دنبال می‌شود. به طور کلی، مقابله با حملات بیوتروریستی نیازمند نگرشی جامع و علمی است که هم جنبه‌های بهداشتی و درمانی و هم ابعاد روانی و اجتماعی بحران را در بر گیرد.

نتیجه‌گیری:

بیـوتروریسم به‌عنوان تهدیدی نوین علیه سلامت عمومی، امنیت ملی و ثبات اجتماعی، واقعیتی انکارناپذیر است. مرور شواهد تاریخی و رخدادهای معاصر، از محاصره کافا در قرن چهاردهم تا نامه های آلوده به آنتراکس در سال 2001، نشان می‌دهد که استفاده عمدی از عوامل میکروبی می‌تواند با پیامدهای گسترده و مخرب همراه باشد. ویژگی‌هایی همچون قابلیت انتشار آسان، مرگ‌ومیر بالا، دشواری شناسایی زودهنگام و کمبود درمان یا واکسن مؤثر، اهمیت آمادگی نظام سلامت و همکاری بیـن‌بخشی را دوچندان می‌کند.بنابراین، توسعه سامانه‌های پایش و هشدار سریع، تقویت توان آزمایشگاهی، آموزش نیروهای درمانی، و تدوین برنامه‌های جامع واکنش اضطراری، راهبردهای کلیدی برای کاهش خطر و پیامدهای احتمالی حملات بیوتروریستی است. آگاهی عمومی و اطلاع رسانی دقیق نیز نقشی محوری در پیشگیری از وحشت اجتماعی و مدیریت بحران ایفا می‌کند.

منابع:

1. Das S, Kataria VK. Bioterrorism : A Public Health Perspective. Med J Armed Forces India. 2010;66(3):255-60.

سلاح های بیولوژیکی قومی -نژادی: نسل کشی بدون صدای انفجار

به قلم **زهرا محبوبی - دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد**

مقدمه

در گذشته، سلاح‌های بیولوژیکی ابزارهای خامی بودند، بدون تبعیض، بدون هدف، و به همان اندازه که برای دشمنانشان خطرناک بودند، برای دارندگانشان نیز خطرناک بودند. امروزه، این وضعیت تغییر کرده است. همگرایی هوش مصنوعی، زیست‌شناسی مصنوعی و داده‌های ژنومی در مقیاس جمعیت، یک امکان جدید نهفته است: ویروس‌هایی که برای هدف قرار دادن اجداد ژنتیکی خاص طراحی شده‌اند. AI اکنون قادر به شبیه‌سازی تعاملات میزبان-پاتوژن با دقت فوق‌العاده است و بیان ژن مرتبط با اجداد، تنوع ایمنی و نشانگرهای اپی‌ژنتیک را در مدل‌های بیولوژیکی کامل سیستم گنجانیده است. مهندسی عامل بیماری زا روی یک ژن خاص بر علیه نژاد خاص به معنی، افزایش کشندگی در یک گروه در حالی که گروه دیگر آسیب چندانی نمی‌بیند. این قابلیت اکنون در دسترس دولت‌هایی قرار دارد که مجهز به داده‌های زیست‌بانک در مقیاس بزرگ، ابزارهای CRISPR و پلتفرم های پیشرفته یادگیری ماشین هستند. ابزارهای امروزی مبارزه بیولوژیکی که دیگر محدود به عوامل بیماری‌زای خام و بی‌هدف نیستند، ممکن است به زودی قادر به دقت فوق‌العاده‌ای شوند. نه تنها ملت‌ها یا جمعیت‌ها، بلکه ژنوم‌ها را نیز هدف قرار دهند. با استفاده از پلتفرم‌های شبیه سازی مبتنی بر هوش مصنوعی و ذخایر عظیم داده‌های ژنتیکی انسان، شاهد ظهور خاموش دسته جدیدی از سلاح‌ها هستیم.

تنوع ژنومی و امکان پاسخ متفاوت به بیماری

یکی از شناخته‌شده‌ترین مثال‌ها از همه‌گیری کووید-19، گیرنده ACE2 است. SARS-CoV-2 از ACE2 بـرای ورود به سلول‌های انسانی استفاده می‌کند و این کار را با کمک سرین پروتئاز TM-PRSS2 انجام می‌دهد که پروتئین اسپایک آن را آماده می‌کند. سطح بیان و پلی‌مرفیسم‌های ساختاری این گیرنده‌ها بسته به نژاد، جنس، سن و نوع بافت متغیر است. به عنوان مثال، واریانت Lys26Arg ACE2 که بیشتر در جمعیت‌های یهودی آشتکنازی یافت می‌شود، ممکن است تمایل به اتصال ویروسی را کاهش دهد. بیان TMPRSS2 در مردان و در برخی از جمعیت‌های شرق آسیایی بیشتر است که می‌تواند بر هر دو جنبه susceptibility و transmissibility تأثیر بگذارد. بیان NRP1 با عوارض عروقی و عصبی مرتبط است، که شدت آن ممکن است در جمعیت‌های مختلف متفاوت باشد. عوامل تسهیل کننده ورودی اضافی شامل نوروتیپین-1 (NRP1) است که عفونت زایـی را در بافت های تنفسی و بویایی افزایش می دهد و همچنین CD147، یک پروتئین غشایی دیگر که ممکن است به عنوان یک مسیر ورودی جایگزین عمل کند. یک پاتوژن که به طور خاص برای بهره‌برداری یا اجتناب از برخی پیکربندی‌های گیرنده طراحی شده یا انتخاب شده باشد، می‌تواند به این ترتیب قابلیت عفونت و شدت را در میان گروه‌های ژنتیکی مختلف تعدیل کند. تنوع ژنتیکی در ژن‌های پاسخ ایمنی (HLA، اینترفرون‌ها، سیتوکین‌ها) وجود دارد و زمانی که یک ویروس وارد

بدن میزبان می‌شود، سرنوشت آن معمولاً به پاسخ‌های ایمنی مادرزاد و سازگاری بستگی دارد. این ها نیز تحت تأثیر ژنتیک خاص جمعیت قرار دارند. سایر واسطه‌های التهابی بر خطر طوفان‌های سیتوکینی و خستگی ایمنی تأثیر می‌گذارند که از عوامل کلیدی مرگ و میر در بیماری‌هایی مانند COVID-19، ابولا و آنفولانزا هستند. تنوع مرتبط با نیاکان در این ژن‌ها به این معنی است که یک ویروس می‌تواند نه تنها بین افراد، بلکه بین کل نژادهای ژنتیکی به‌طور متفاوتی عمل کند. اکنون هوش مصنوعی می‌تواند این تفاوت‌ها را با دقت نگران‌کننده‌ای مدل‌سازی کند. مثال های تاریخی از نتایج بیماری وابسته به جمعیت (به عنوان مثال، CCR5 و HIV، آنتی‌ژن دافی و مالاریا) نشان می دهد، این تصور که بیماری‌ها بر جمعیت‌ها به طور متفاوتی تأثیر می‌گذارند، خیالی نیست. نکته‌ی مهمی از این موارد مشخص می‌شود: ژنوم یک قلمرو خنثی نیست. بلکه چشم‌اندازی است که توسط بیماری، انتخاب و سازگاری شکل گرفته است. و اکنون، در حال تبدیل شدن به یک میدان نبرد بالقوه است.

نقش هوش مصنوعی و فرایند بیولوژیکی

بزرگترین قدرت هوش مصنوعی در یافتن الگوها در میان لایه‌های پیچیدگی است. سیستم‌های زیستی به طور ذاتی چند بعدی هستند: DNA ژن‌ها را رمزگذاری می‌کند، اما بیان ژن بسته به بافت، محیط و تنظیمات اپی‌ژنتیکی متفاوت است. پاسخ‌های ایمنی توسط دینامیک پروتئین، سیگنال دهی سلولی و حتی اکوسیستم‌های میکروبی درون بدن تنظیم می‌شوند. آنچه به عنوان شبیه سازی آغاز می‌شود، می‌تواند به سلاح‌سازی تبدیل شود. و آنچه که به عنوان بازدارندگی آغاز می‌شود، ممکن است به عنوان نسل‌کشیِ نوشته‌شده در کد، بهینه‌سازی‌شده توسط AI، و رهاشده در جهانی که برای عواقب آن آماده نیست، پایان یابد. زیرساخت ملی هوش مصنوعی با پتانسیل استفاده دوگانه (چین، ایالات متحده، اسرائیل، روسیه) همه اینها در حد تئوری نیست. کشورها در حال ساخت و تأمین مالی زیرساخت‌های عظیم ادغام هوش مصنوعی و زیست‌شناسی هستند.

چین: از طریق بانک ملی ژن و نظارت جمعیتی در مقیاس بزرگ، چین ژنومیک را با ابزارهای هوش مصنوعی ترکیب کرده است که نگرانی‌های بین‌المللی را در مورد قابلیت‌های هدف‌گذاری قومی، به ویژه در مناطق مانند سین‌کیانگ، برانگیخته است. نهادهایی مانند BGI و آزمایشگاه‌های هوش مصنوعی هوآوی در مدل‌سازی میزبان-پاتوژن همکاری می‌کنند.

ایالات متحده: دفتر فناوری‌های زیستی دارپا، پروژه‌هایی را در زمینه طراحی واکسن مبتنی بر هوش مصنوعی، شبیه‌سازی پاتوژن و درمان‌های مبتنی بر میزبان تأمین مالی می‌کند. برنامه‌های Bridge2AI NIH و ADEPT وزارت دفاع، از ادغام اومیکس‌های جمعیتی در مدل‌های سلامت جنگجویان پشتیبانی می‌کنند.

اسرائیل: مؤسسه تحقیقات بیولوژیکی اسرائیل (IIBR) تحقیقات پیشرفته‌ای در مورد عوامل بیماری زا انجام می‌دهد و گزارش شده است که قابلیت‌هایی در شبیه‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی و ویروس‌شناسی با کاربرد دوگانه دارد. ادغام تنگاتنگ آن با دفاع نظامی و بیوتکنولوژی ملی، آن را به گزینه‌ای برای بازدارندگی بیواستراتژیک تبدیل می‌کند.

روسیه: در زمینه زیست‌شناسی مصنوعی و همگرایی سایبری-بیولوژیکی فعالیت دارد، اما شفافیت کمتری در ملاء عام دارد، در مدل‌های هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری کرده است که شبیه‌سازی‌های شیمیایی، رادیولوژیکی و بیولوژیکی را با همپوشانی قوی نظامی-سایبری ترکیب می‌کنند.

ایــن زیــرساخت‌ها نشان‌دهنده همگرایی قدرت دولتی، ضرورت راهبردی و جاه‌طلبی تکنولوژیکی بدون محدودیت هستند. هر یک از آنها پتانسیل طراحی پاتوژن‌ها را نه فقط برای بهداشت عمومی یا دفاع، بلکه برای تسلط هدفمند یا بازدارندگی فاجعه بار دارند . زیرا قوانین اخلاقی کاملی برای فناوری های زیستی وضع نشده و نظارت براعمال دولت ها وجود ندارد.

جنگ خاموش به وسیله سلاح های زیستی جدید

با انتشار چنین ویروسی،کشف حقیقت مشکل خواهد بود چرا که از طرفی ترکیب ژنومیک دیپ فیک اطلاعات نادرست الگوریتمی و از طرف دیگر پیچیدگی ذاتی سیستم های بیولوژیکی،شرایط ایده آلی برای تحریکات زیستی قابل انکار ایجاد میکند.در چنین دنیایی حقیقت ، بعد رسیدن به پیک بیماری تبدیل به تلفات می‌شود و تلافی ممکن است بر پایه سوءظن باشد.

بــرخلاف سلاح هسته ای و شیمیایی،ردیابی سلاح زیستی مثل ویروس دستکاری شده به دلیل جهش یافتن ویروس و همچنین تغییر و تکامل برای سازگاری آن با محیط دشوار است.

همچنین هوش مصنوعی با سازوکارهایی چون:

- بهینه سازی ناقص کدون برای پنهان کردن منشا مصنوعی و دستکاری شده
- محو کردن شبکه و دودمان ویروس با ادغام ماژول های نوترکیبی
- تضمین پراکنده شدن ویروس قبل از تشخیص با انتقال از طریق حامل های بدون علامت

ممکن است ویروس در سطح جهانی گسترش بیابد و فقط به کسانی که مشخصات ژنتیکی یا اپی ژنتیکی آنها با مشخصه از قبل انتخاب شده یکسان باشد،آسیب برساند ولی برای ناظران بیرونی مرگ و میر طبیعی ،تصادفی ومنتسب به نابرابری بهداشتی بنظر برسد. اگرچه دارنده ویروس تباری که برای آن مهندسی شده را هدف قرار میدهد، اما جهش های پی در پی آن ممکن است به ژن های دستکاری و اضافه شده غلبه کند و حتی برای خود پدید آورنده سلاح ،تبدیل به تهدید شود. پارادوکس کار اینجاست که هرچه سلاح دقیق تر برای هدف قرار دادن یک گروه خاص دستکاری شود،در طبیعت شکننده تر می شود و جهش های پی در پی آن ممکن است آن را تبدیل به خطری برای کل بشریت کند.

چشم انداز آینده: زندگی امنیت و آرامش در گروحفاظت از ذخیره ژنی

پیشرفت هوش مصنوعی و بیوتکنولوژی امکان بررسی بسیاری از مشکلات بشریت و حل آنها نوید می دهد. مثل اکثر فناوری ها، امکان استفاده‌ی غلط از این دو هم وجود دارد. نخستین کاری که در جهت محافظت از خود، خانواده و مردم ایران باید انجام بدهیم حفاظت از ذخایر ژنتیکی و اطلاعات آنهاست. در این راستا، با غنی کردن ذخایر اطلاعات ژنی و استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری عمیق، الگو های مضر را پیدا می‌کنیم.

منابع:

1. Youvan DC. SIMULATING GENOCIDE: AL-GUIDED HOST- PATHOGEN MODELING AND THE RISE OF ANCESTRY-BASED BIOWARFARE. 2025:48.
2. Jakubowski M. National Security In The Context Of The Development Of Genetically Ingineered Bioweapons. 2023.
3. Lentzos F. HOW TO PROTECT THE WORLD FROM ULTRA-TARGETED BIOLOGICAL WEAPONS. 2020.

۴

اخلاق، حقوق، امنیت و آینده

از ژنو تا WHO: سنگرهای قانونی علیه جنگ افزار های بیولوژیک

به قلم **دانیال یوسف‌بیگی - دانشجوی کارشناسی بیوتکنولوژی دانشگاه شاهد**

مقدمه

تسلیحات بیولوژیکی از جمله خطرناک ترین انواع جنگ افزار های کشتار جمعی هستند که با بهره گیری از عوامل زنده، مانند ویروس ها، باکتری ها یا توکسین ها (Toxin) می توانند موجب تلفات گسترده انسانی، تخریب محیط زیست و ایجاد اختلال در زیر ساخت های بهداشتی و اقتصادی شوند. این تسلیحات به دلیل ماهیت پنهان و دشواری در ردیابی و کنترل، تهدیدی جدی برای امنیت بین المللی به شمار می روند. اثرات بالقوه بیماری های مسری بر روی مردم و نیروهای نظامی، از 600 سال قبل از میلاد شناخته شده بود. استفاده از قربانیان طاعون به عنوان سلاح در جنگ های قرون وسطی و توسعه آبله بر ضد بومیان در آغاز کشف قاره آمریکا، توسعه جنگ افزار های بیولوژیکی در جریان جنگ جهانی اول، دوم و دوران جنگ سرد و حتی در آغاز هزاره سوم، همگی نشان از اهمیت استراتژیک قدرت بازدارندگی میکروارگانیسم های (Microorganism) بیماری زا برای برتری جویی بعضی دولت و فرقه ها داشته و دارد. تلاش های تاریخی در استفاده از بیماری های عفونی به عنوان جنگ افزار بیولوژیکی نشان می دهد که تمایز بین رخداد طبیعی اپیدمی (Epidemic) یک بیماری عفونی و وقوع آن در نتیجه یک حمله بیولوژیکی عمدی بسیار مشکل است؛ همین ویژگی، به کارگیری آن را برای اهداف برتری جویی میسر ساخته است. جامعه جهانی برای مقابله با این تهدید، در دهه های گذشته تلاش هایی در قالب معاهدات و نهاد های نظارتی انجام داده است که از مهم ترین آنها می توان به پروتکل ژنو، کنوانسیون سلاح های بیولوژیکی(BWC) و نقش آفرینی سازمان ملل و WHO(World Health Organization) اشاره کرد.

1. پروتکل ژنو(1925): پایه های اولیه ممنوعیت تسلیحات بیولوژیکی

پروتکل ژنو که پس از جنگ جهانی اول و در واکنش به استفاده گسترده از گاز های سمی در میدان نبرد تدوین شد، نخستین سند بین المللی است که استفاده از سلاح های شیمیایی و بیولوژیکی را در جنگ ها ممنوع اعلام می کند.

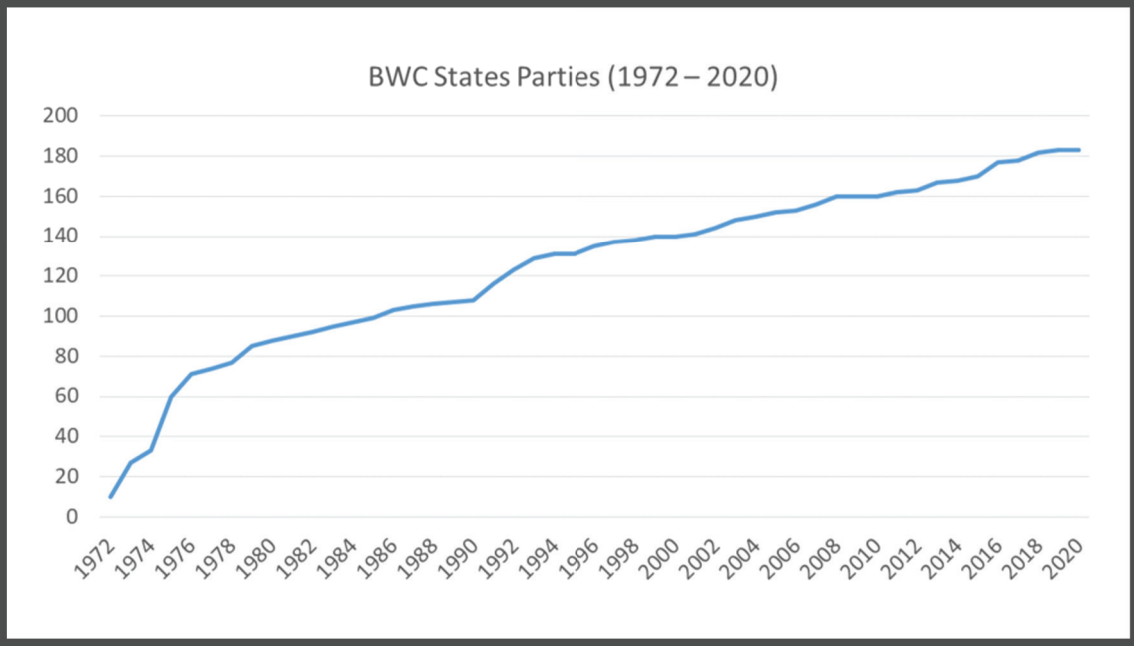
ویژگی ها و محدودیت ها:

با وجود ممنوعیت، پروتکل ژنو تنها به استفاده از تسلیحات می پردازد و تولید، توسعه یا نگهداری آنها را منع نمی کند. همچنین، ضمانت اجرایی قوی برای رسیدگی به تخلفات در آن پیش بینی نشده است. با این حال، این پروتکل سنگ بنای مهمی برای شکل گیری توافقات بعدی بود. شایان ذکر است با وجود امضای گسترده، برخی کشور ها مفاد آن را نادیده گرفته اند.

2. کنوانسیون سلاح های بیولوژیکی(BWC) - 1972

در سال 1972، کنوانسیون منع گسترش تسلیحات بیولوژیکی و سمی با هدف گسترش ممنوعیت

و ایجاد تعهدات دقیق تر برای کشور ها تدوین و تصویب شد. این کنوانسیون از سال 1975 لازم الاجرا گردید و تاکنون بیش از 180 کشور به آن پیوسته اند.



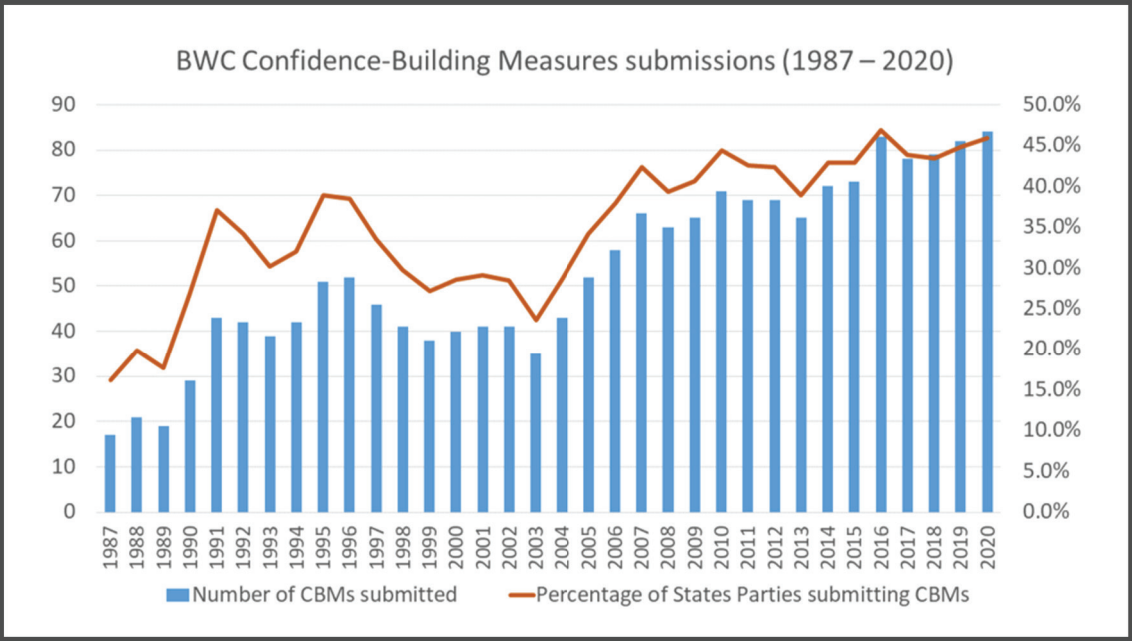
تعداد عضو کنوانسیون های بیولوژیکی از سال 1972 تا 2020

مفاد اصلی کنوانسیون:

- ممنوعیت تولید، توسعه، ذخیره سازی و انتقال سلاح های بیولوژیکی
- تعهد به نابودی تسلیحات و تجهیزات موجود
- اجازه همکاری علمی فنی میان کشور ها، مشروط به کاربرد صلح آمیز
- همکاری بین المللی در امور تحقیقاتی صلح آمیز بیولوژیک
- ارائه گزارش های شفاف و تبادل اطلاعات میان کشور ها

نقاط قوت:

- نخستین معاهده ای که تسلیحات بیولوژیکی را بطور کامل غیرقانونی اعلام می کند.
- ابزاری برای ارتقاء اعتمادسازی بین المللی در حوزه بیوتکنولوژی
- عضویت 183 کشور(تا سال 2024)که نشان دهنده اجماع گسترده جهانی است.
- تقویت هنجار های ضد سلاح های بیولوژیکی در حقوق بین الملل



تعداد و درصد اعتمادسازی ارائه شده توسط کنوانسیون سلاح های بیولوژیکی از سال 1987 تا 2020

چالش ها و کاستی ها:

• نبود سازوکار بازرسی الزام آور: برخلاف معاهده منع گسترش سلاح های هسته ای (NPT) ، کنوانسیونBWC فاقد نهاد مستقل نظارتی و سامانه بازرسی منظم است.

• گزارش دهی داوطلبانه: بسیاری از کشور ها اطلاعات لازم را به صورت ناقص یا با تاخیر ارائه می دهند.

• فناوری های نوین: ظهور تکنیک هایی مانند CRISPR، زیست چاپ و هوش مصنوعی در مهندسی زیستی، تهدیدات جدیدی را پدید آورده اند که چارچوب های فعلی BWC بـرای آن کافی نیست.

3. نقش سازمان ملل متحد و سازمان جهانی بهداشت(WHO):

الف. سازمان ملل متحد(UN):

سازمان ملل از طریق نهاد هایی مانند دفتر امور خلع سلاح (UNODA) و شورای امنیت، نقش نظارتی و پشتیبانی از اجرای کنوانسیون BWC را ایفا می کند. این نهاد ها در صورت وقوع حمله بیـولوژیکی می توانند، تحقیقات رسمی بین المللی را آغاز کرده و اقدامات مقابله ای از جمله اعمال تحریم یا مداخله را پیشنهاد دهد. همچنین، مجمع عمومی سازمان ملل بستری برای گفتگو های چند جانبه فراهم می کند.

ب. سازمان جهانی بهداشت(WHO):

WHO به عنوان نهاد تخصصي سازمان ملل در حوزه سلامت عمومي، مسئوليت پاسخ به همه گيري هاي بيولوژيكي، از جمله موارد مشكوك به حمله عمدي را بر عهده دارد.

نقش هاي كليدي WHO عبارت اند از:

- ایجاد و پشتیبانی از شبکه های هشدار سریع جهانی
- تدوین دستورالعمل های پاسخ اضطراری
- آموزش نیرو های مقابله با تهدیدات زیستی
- همکاری با کشور ها برای تقویت نظام مراقبت اپیدمیولوژیک (Epidemiological)

بررسی اثربخشی و چالش ها:

با وجود گام های موثر برداشته شده، سیستم مقابله جهانی با تهدیدات بیولوژیکی همچنان با چالش های مهمی مواجه است:

- فقدان بازرسی مستقل و شفاف: عدم وجود نهاد نظارتی مستقل درBWC باعث شده تخلفات احتمالی

کشورها به درستی ردیابی نشود.

- استفاده دوگانه از فناوری های نوین: ابزار های زیست فناورانه می توانند کاربرد دوگانه (صلح آمیز و نظامی) داشته باشند.
- عدم همکاری برخی کشور ها: برخی دولت ها بدلیل نگرانی های امنیتی، اطلاعات دقیق را به نهاد بین المللی ارائه نمی کنند.
- نبود پاسخ سریع جهانی: هنگام وقوع بحران هماهنگی میان سازمان های بین المللی، دولت ها و نهاد های سلامت ملی به کندی صورت می گیرد.

نتیجه گیری

تسلیحات بیولوژیکی تهدیداتی خاموش اما واقعی برای بشریت هستند. جامعه جهانی با ایجاد معاهداتی مانند پروتکل ژنو و کنوانسیونBWC گام هایی موثر در جهت کنترل این سلاح ها برداشته است، اما این اقدامات برای مقابله با تهدیدات جدید کافی نیست.

تـقویت سازوکار های اجرایی، ایجاد نهاد بازرسی مستقل، بروزرسانی معاهدات براساس پیشرفت های علمی و افزایش شفافیت اطلاعات از الزامات اساسی برای ساخت آینده ای امن تر هستند. نقش هماهنگ کننده سازمان ملل و پاسخ سریع سازمان جهانی بهداشت، بیش از گذشته اهمیت دارد.

منابع:

1. Revill, J. (2024). How the Biological Weapons Convention could verify treaty compliance. Bulletin of the Atomic Scientists.
2. Littlewood, J., & Lentzos, F. (2024). Strengthening the Biological Weapons Convention. Arms Control Today.
3. Krasny, J. (2024). The Biological Weapons Convention: Challenges and Opportunities. GCSP Policy Brief.
4. Inglesby, T. V., & Relman, D. A. (2022). Guarding against catastrophic biological risks by shaping intentions. Health Security, 20(4), 189–195.
5. Shang, L., Wu, C., Zhang, Y., & Chen, B. (2022). Meeting the Challenges of Chemical and Biological Weapons: Toward a More Effective International Regime. Frontiers in Political Science, 4, Article 805426.
6. United Nations Office for Disarmament Affairs. (n.d.). Biological weapons convention. United Nations.
7. Opinio Juris. (2025). The Biological Weapons Convention at Fifty.
8. National Research Council. (2004). Biotechnology research in an age of terrorism. National Academies Press.
9. Zare Bidaki, M., & Balalimood, M. (2015). Bioterrorism and biological warfare, from past to the present: A classic review. Journal of Birjand University of Medical

آینده پژوهی و تکنیک های جدید جنگ های بیولوژیک

به قلم امیرحسین صدیقی - دانشجوی کارشناسی ارشد زیست شناسی سلولی مولکولی دانشگاه امام حسین (ع)

علم در خدمت جنگ، جنگ در خدمت علم

جنگ با وجود ماهیت خود، همیشه جزء جدایی ناپذیری از زندگی و تاریخ انسان‌ها بوده و به همین دلیل تلاش برای کسب دست بالاتر و پیروزی منجر به استفاده از هرگونه وسیله‌ای شده و هنوز هم می‌شود، به اصطلاح هدف وسیله را توجیه کرده است. حال این وسیله‌ها چه هستند و چگونه به دست می‌آیند؟ از سنگ و چوب تا بمب اتم و هوش مصنوعی. ابتدایی ترین تا پیچیده ترین این وسیله ها به دانش برای کشف، ساخت و استفاده نیاز دارند. علم وسیله مناسبی به نظر می‌رسد. به دنبال پدیده های جدید، علم همواره در حال پیشرفت است و با سرمایه گذاری پول و زمان می تواند سودمند و قابل اطمینان باشد؛ پس همیشه در مسیر پیشرفت خود با افراد، سازمان‌ها و دولت‌هایی مواجه شده که برای کسب برتری در جنگ از آن استفاده کنند. البته این مسیر همیشه یکطرفه نبوده و نمی‌توان ظرفیت‌های علمی که در زمان جنگ کشف و شکوفا شده را نادیده گرفت، مثال بارز آن استفاده وسیع از آنتی بیوتیک پنی سیلین در جنگ جهانی دوم است. جنگ بیولوژیکی هم دچار این تئوری شده و با اینکه قدمتی دیرینه دارد، اما کاربرد آن در دوران مدرن شدت گرفت و شکل های جدید پیدا کرد. استفاده از این شیوه در میدان نبرد به دلیل قوانین وضع شده، غیرقابل پیش‌بینی بودن، احتمال واکنش متقابل و اثربخشی نامشخص آن محدود شده است.

سلاح یا موجود زنده ؟؟

ایـن جنگ بیشتر با عنوان جنگ میکروبی شناخته می‌شود که هدف آن کشتن، آسیب زدن، ناتوان کردن انسان‌ها، حیوانات و گیاهان است پس می‌تواند کشنده یا غیر کشنده باشد. سلاح های تولیدی از این روش جزو سلاح های نامتعارف هستند و در صورت مخفی بودن توسعه آن‌ها به عنوان بیوتروریسم شناخته می‌شوند. هزینه یک سلاح بیولوژیکی حدود 05/0 % هزینه یک سلاح متعارف تخمین زده می‌شود تا تعداد تلفات جمعی مشابهی را در هر کیلومتر مربع ایجاد کند، که یکی از دلایل مهم توسعه این نوع سلاح‌ها است. [3] اینگونه نیست که فقط انسان جنگ بیولوژیک را کشف و استفاده کرده باشد، بلکه به صورت های متفاوت و پیچیده در طبیعت و توسط عوامل مختلف در جریان است. اتفاقا باکتری‌ها در جنگ بیولوژیک بسیار مهارت دارند. اما چرا به جنگ میکروبی معروف شده‌اند؟ احتمالا می‌دانید که بعضی باکتری‌ها پروتئین‌های سمی معروف به باکتریوسین را برای کشتن خویشاوندان خود سنتز می‌کنند، زیرا احتمال رقابت سویه های نزدیک به هم باکتری بیشتر است. حال انسان با استفاده از این ویژگی و ایجاد تغییراتی می‌تواند آن را به سلاح علیه انسان های دیگر تبدیل کند که تنها یکی از شیوه های این جنگ است. [1]

هر موجود یا عاملی که به عنوان سلاح بیولوژیک علیه انسان استفاده می‌شود باید بتواند ویژگی های ایده‌آلی از جمله عفونت‌زایی بالا، حدت بیماری‌زایی بالا و در دسترس بودن یک سیستم انتقال

مؤثر و کارآمد را داشته باشد. از انواع این عامل‌های مورد استفاده می‌توان به باکتری‌ها، ویروس‌ها، حشرات و قارچ‌ها اشاره کرد. پایداری عامل سلاح‌سازی شده یعنی توانایی عامل در حفظ عفونت‌زایی و حدت بیماری‌زایی خود پس از مدت طولانی ذخیره‌سازی و کنترل انتشار آن عامل، یکی دیگر از ویـژگی‌های مورد نظر می‌باشد. مشکل اصلی تولید عامل بیولوژیکی نیست، زیرا بسیاری از عوامل بیـولوژیکی مورد استفاده در سلاح‌ها را می‌توان نسبتاً سریع، ارزان و آسان تولید کرد. بلکه، ذخیره سازی و انتقال آن در یک وسیله مؤثر برای رسیدن به یک هدف آسیب‌پذیر است که مشکلات قابل توجهی را ایجاد می‌کند. به عنوان مثال باسیلوس آنتراسیس (Bacillus anthracis) به دلایل مختلف یک عامل مؤثر در نظر گرفته می‌شود. هاگ‌های مقاومی تشکیل می‌دهد که برای پراکندگی آئروسل‌ها عالی هستند و این ارگانیسم از فردی به فرد دیگر قابل انتقال نیست و بنابراین به ندرت یا هرگز باعث عفونت‌های ثانویه می‌شود. میزان مرگ و میر عفونت سیاه‌زخم ریوی در بیماران درمان نشده 90٪ یا بیشتر است.[1]

سرگذشت تاریخی

اشکال ابتدایی جنگ بیولوژیکی از دوران باستان مورد استفاده بوده است. اولین حادثه مستند که استفاده هدفمند از سلاح‌های بیولوژیکی را نشان می‌دهد در متون هیتی‌ها مربوط به 1200 تا 1500 سال قبل از میلاد ثبت شده است که در آن قربانیان نوعی طاعون (Plague) به سرزمین‌های دشمن رانده و باعث یک همه‌گیری شدند. آشوریان چاه‌های دشمن را با قارچ ارگوت (Ergot) مسموم می‌کردند. کمانداران تیرهای خود و سربازان رومی شمشیرها را در مدفوع و اجساد فرو می کردند، قربانیان معمولاً به کزاز مبتلا می‌شدند. اجساد جنگجویان مغول که بر اثر طاعون جان باخته بودند از روی دیوارهای شهر پرتاب می‌شدند. [2]

سواره نظام ایالات متحده آمریکا پتو های آلوده به آبله را در بین سرخپوستان یک اردوگاه توزیع و منجر به همه گیری شدند. در سال 1900 میلادی نظریه میکروبی و پیشرفت در باکتری‌شناسی، سطح جدیدی از پیچیدگی را به تکنیک‌های استفاده احتمالی از عوامل زیستی در جنگ وارد کرد. فردریک بانتینگ (Frederick Banting)، کاشف انسولین و برنده جایزه نوبل چیزی را که می‌توان اولین مرکز تحقیقات سلاح‌های بیولوژیکی خصوصی نامید، در سال 1940 با کمک حامیان مالی ایجاد کرد. موارد ابتدایی تولید شده دامنه کنترل پایینی داشتند و تمایزی برای اثر گذاری روی هدف نشان نمی‌دادند.[2]

مدارک جنگی نشان می‌دهد در طول جنگ جهانی اول حملات بیولوژیکی به شکل سیاه‌زخم و مشمشه از طرف دولت امپراتوری آلمان انجام شد. پس از تجربیات جنگ جهانی اول، در جنگ جهانی دوم بـریتانیا یک برنامه جنگ بیولوژیکی تدوین و موسساتی را تأسیس کرد. این تحقیق توسط وینستون چرچیل حمایت شد و به زودی سیاه زخم، تب مالت و سم بوتولیسم به طور مؤثر به سلاح تبدیل شدند. در طول جنگ جهانی دوم، ارتش ژاپن بیش از 1000 چاه آب را در روستاهای چین مسموم کرد تا شیوع وبا و تیفوس را بررسی کند. واحد مخفی ارتش امپراتوری ژاپن آزمایش‌های انسانی اغلب مرگباری را روی زندانیان انجام می‌داد و سلاح‌های بیولوژیکی را برای استفاده در جنگ تولید می‌کرد. بسیاری از عملیات‌های استفاده از این سلاح‌ها به دلیل سیستم‌های ناکارآمد رساندن عامل به هدف بی‌اثر بودند.[5]

روش‌های جدید برای سلاح‌های ویرانگر جمعی

پیشرفت‌ها در بیوتکنولوژی و پزشکی قرن جدید و همچنین در زمینه بیوانفورماتیک منجر به جهش ها و دستاوردهای بزرگی در دست‌ورزی باکتری، ویروس و حیوانات شده است. علاوه بر این انتظار می‌رود روش‌های پیشرفته‌ای که امروزه برای دست‌ورزی و تولید عوامل بیماری‌زا شناخته شده‌اند تا سال 2030 ارزان‌تر، آسان‌تر و احتمالاً گسترده‌تر شوند. این بستگی دارد که آیا در آینده مقررات قوی تری در این زمینه وجود خواهد داشت یا خیر. با این حال با احتمال بسیار بالا تحقیقات غیرنظامی و پایگاه‌های داده ژنوم عوامل بیماری‌زا که به صورت رایگان در اینترنت موجود هستند گسترش یابند و همچنان مورد سوءاستفاده قرار گیرند. اینترنت همچنین استخدام و ارتباط بین گروه های غیر دولتی و امکان برقراری ارتباط و حمایت از توسعه یا استقرار تروریستی سلاح‌های بیولوژیکی را صرف نظر از مکان آن فراهم خواهد کرد. [1]

استفاده از ناقل حشره در عملیات انجام شده توسط ژاپنی‌ها در طول جنگ جهانی دوم با هدف ایجاد آلودگی علیه انسان‌ها بسیار مؤثر بود، اما در روزگار حاضر و یا آینده چنین استفاده‌ای در مقیاس وسیع به دلیل دامنه کنترل پایین بعید به نظر میرسد. رویکرد جدید در استفاده از این نوع ناقل به منظور آلودگی مزارع، محصولات کشاورزی منابع غذایی محتمل تر به نظر میرسد. سایر عوامل بیولوژیکی که قبلاً در گذشته استفاده می‌شدند، مانند سیاه‌زخم نیز ممکن است در آینده دوباره مورد استفاده قرار گیرند.

یک پیشرفت جدید که می‌تواند بر سلاح‌های شیمیایی و بیولوژیکی تأثیر بگذارد، میکروراکتورها به شکل یک راکتور جریان پیوسته هستند. ایده این است که واکنش‌های شیمیایی در یک دستگاه بسیار کوچک انجام شوند. مزایای آن در مقایسه با راکتورهای بزرگ شامل مقیاس‌پذیری، تولید در محل و بر اساس تقاضا و همچنین بازده واکنش بالا است. راکتورهای کوچک را می‌توان تقریباً به هر اندازه‌ای توسعه داد و دیگر نیازی به امکانات گران قیمت، بزرگ و پیچیده در طراحی راکتور نیست. با این حال استفاده از میکروراکتورها برای تولید سلاح‌های شیمیایی محدود است. با این وجود، پیشرفت‌های تکنولوژیکی آینده ممکن است طیف وسیع‌تری از عوامل جنگی را امکان‌پذیر سازد. همچنین انتظار می‌رود پیشرفت‌هایی در راکتورهای میکروآنزیمی در حوزه زیست‌شناسی رخ دهد. این امر می‌تواند به کشورها یا گروه های غیر دولتی آینده کمک کند تا مقادیر کمی از عوامل سمی را تقریباً در هر نقطه از جهان تولید کنند، بدون اینکه خود را در حین تولید در معرض خطر قرار دهند. اگرچه پیامدهای آن هنوز به خوبی درک نشده است، اما در کشت عوامل بیماری‌زا نیز می‌تواند از این فناوری بهره‌مند شد. [3]

مفهوم ویروس‌های پنهان در طبیعت عنوان جدیدی نیست. ویروسی که در ابتدا بیماری‌زایی ندارد و مورد توجه قرار نمی‌گیرد، می‌تواند وارد سلول‌های انسانی شده و منتظر یک سیگنال خارجی یا داخلی بماند. به عنوان یک مثال مرتبط از این شیوه، انکوژن‌ها که ژن‌های جهش‌یافته‌ای هستند و به محض فعال شدن باعث سرطان می‌شوند. برخی از ویروس‌ها بخش‌هایی از DNA دارند که انکوژن‌ها را تقلید می‌کنند. سایر مواد شامل تنظیم‌کننده‌های زیستی، فرآیندهای فیزیکی یا تأثیرات خارجی مانند نور ماوراء بنفش می‌توانند ویروس را فعال کنند. به این مفهوم به اصطلاح سلاح‌های بیولوژیکی دوتایی می‌گویند. شیوه دیگری از این روش به صورتی است که یک باکتری میزبان بی‌ضرر و یک پلاسمید بدخیم به طور جداگانه جدا شده و به هدف وارد می‌شوند، سپس برای ایجاد اثر خود با هم تعامل می‌کنند. [1]

مهم‌ترین فناوری‌های آینده این حوزه شامل مهندسی ژنتیک، زیست‌شناسی مصنوعی و بیوشیمی می‌شود. مهندسی ژنتیک دستکاری مستقیم ژنوم موجودات زنده است، از جمله ویرایش ژن با CRISPR که یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های علمی دوران اخیر است. این تکنیک اکنون آنقدر ارزان و به طور گسترده در دسترس است که دانشمندان می‌ترسند آماتورها شروع به آزمایش با آنها کنند. در این تکنیک یک توالی DNA بریده شده و با یک توالی جدید مورد نظر جایگزین می‌شود. به ویژه در زمینه ساخت سلاح‌های بیولوژیکی توسط کشورها و گروه‌های غیر دولتی، این روشی است که می‌تواند با عواقب جدی مورد سوءاستفاده قرار بگیرد. مزیت ویژه‌ی این روش، افزودن یا حذف آسان‌تر، ارزان‌تر و دقیق‌تری از ژنوم را در حالی که موجود زنده است فراهم می‌کند. بنابراین تبدیل باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، گیاهان و انسان‌ها به موجودات اصلاح‌شده ژنتیکی به طور معقولی آسان خواهد بود همچنین به صورت اختصاصی در زمینه های، مقاوم کردن باکتری‌ها در برابر آنتی بیـوتیک و برنامه‌ریزی میکروب‌ها به گونه‌ای که به آرامی افراد را از طریق متابولیسم خود مسموم کنند توسط این روش سهولت بخشیده شدند. این حوزه به طور کلی با جدیت خوبی مورد تحقیق قرار گرفته است و نشریات زیادی نیز در دسترس هستند، زیرا به عنوان مثال، واکسن‌ها نیز با استفاده از روش‌های مشابهی در حال توسعه‌اند. اعتقاد بر این است که با وجود نگرانی‌های اخلاقی، تلاش برای تنظیم مقررات نظارتی، سیاسی و تحقیقاتی همچنان به پیشرفت خود ادامه خواهند داد. [2]

تولید سلول‌های مصنوعی به عنوان روشی نوآورانه که پس از کشف در دست توسعه است، ظرفیت خوبی برای استفاده در جنگ بیولوژیک دارد. در سال 2019 بـرای اولین بار یک باکتری از یک توالی مصنوعی ژنوم ایجاد شد. به این ترتیب حتی باکتری‌های بسیار خطرناک نیز می‌توانند از نظر تئوری دست‌ورزی و برای رسیدن به هدف خاص تغییر داده شوند. در حال حاضر تحقیقاتی در این زمینه با هدف تولید یک پلتفرم تحویل دارو در حال انجام است. ویروس‌ها می‌توانند توسط باکتری‌های مصنوعی منتقل و توزیع شوند، پیشرفت‌ها در ویروس‌شناسی مصنوعی به این مطالعه مرتبط هستند. انتظار می‌رود با توسعه این روش‌ها هر ویروسی که DNA/RNA آن در دسترس باشد، قابلیت مهندسی معکوس شدن را داشته باشد و ویروس‌هایی که از بین جوامع انسانی ریشه‌کن شده‌اند را دوباره بازگردانند. در حال حاضر یک پایگاه داده اینترنتی بزرگ به نام NCBI Virus (مرکز ملی اطلاعات بیوتکنولوژی ویروس) شامل، داده‌های ژنتیکی تقریباً همه ویروس‌های شناخته شده و همچنین سایر میکروارگانیسم‌ها و پستانداران موجود است. [3]

در آینده می‌توان عوامل بیماری‌زای مناسبی را برای یک الگوی بیماری خاص ایجاد کرد. به عنوان مثال خاموش کردن موقت سیستم ایمنی یا القای مرگ سلولی در سلول‌های خاص. تحقیقات نشان می دهد، فرآیندهای متابولیسم در سلول‌ها، مولکول‌های سیگنال یا آنزیم‌ها در حوزه بیوشیمی بر سلاح‌های بیولوژیکی تاثیر گذار هستند. [3]

تغییرات اقلیمی به عنوان یک روند کلان، تأثیر قابل توجهی بر تهدیدات بیولوژیکی آینده دارد. مدت هاست که مشخص شده است که تغییرات اقلیمی منجر به گسترش جغرافیایی بیشتر و همچنین موجب افزایش خالص انتقال بیماری‌های عفونی خواهد شد. با توجه به اینکه 72 ٪ از بیماری‌های عفونی نوظهور که در دهه‌های اخیر شیوع پیدا کرده‌اند، بیماری‌های مشترک بین انسان و دام بوده اند منطقی است که فرض کنیم حیات وحش همچنان منبع عوامل بیماری‌زای جدید برای انسان و منبع بالقوه سلاح‌های بیولوژیکی خواهد بود. [4]

روش‌های جدید برای سلاح‌های ویرانگر جمعی

پیشرفت‌ها در بیوتکنولوژی و پزشکی قرن جدید و همچنین در زمینه بیوانفورماتیک منجر به جهش ها و دستاوردهای بزرگی در دست‌ورزی باکتری، ویروس و حیوانات شده است. علاوه بر این انتظار می‌رود روش‌های پیشرفته‌ای که امروزه برای دست‌ورزی و تولید عوامل بیماری‌زا شناخته شده‌اند تا سال 2030 ارزان‌تر، آسان‌تر و احتمالاً گسترده‌تر شوند. این بستگی دارد که آیا در آینده مقررات قوی تری در این زمینه وجود خواهد داشت یا خیر. با این حال با احتمال بسیار بالا تحقیقات غیرنظامی و پایگاه‌های داده ژنوم عوامل بیماری‌زا که به صورت رایگان در اینترنت موجود هستند گسترش یابند و همچنان مورد سوءاستفاده قرار گیرند. اینترنت همچنین استخدام و ارتباط بین گروه های غیر دولتی و امکان برقراری ارتباط و حمایت از توسعه یا استقرار تروریستی سلاح‌های بیولوژیکی را صرف نظر از مکان آن فراهم خواهد کرد. [1]

استفاده از ناقل حشره در عملیات انجام شده توسط ژاپنی‌ها در طول جنگ جهانی دوم با هدف ایجاد آلودگی علیه انسان‌ها بسیار مؤثر بود، اما در روزگار حاضر و یا آینده چنین استفاده‌ای در مقیاس وسیع به دلیل دامنه کنترل پایین بعید به نظر میرسد. رویکرد جدید در استفاده از این نوع ناقل به منظور آلودگی مزارع، محصولات کشاورزی منابع غذایی محتمل تر به نظر میرسد. سایر عوامل بیولوژیکی که قبلاً در گذشته استفاده می‌شدند، مانند سیاه‌زخم نیز ممکن است در آینده دوباره مورد استفاده قرار گیرند.

یک پیشرفت جدید که می‌تواند بر سلاح‌های شیمیایی و بیولوژیکی تأثیر بگذارد، میکروراکتورها به شکل یک راکتور جریان پیوسته هستند. ایده این است که واکنش‌های شیمیایی در یک دستگاه بسیار کوچک انجام شوند. مزایای آن در مقایسه با راکتورهای بزرگ شامل مقیاس‌پذیری، تولید در محل و بر اساس تقاضا و همچنین بازده واکنش بالا است. راکتورهای کوچک را می‌توان تقریباً به هر اندازه‌ای توسعه داد و دیگر نیازی به امکانات گران قیمت، بزرگ و پیچیده در طراحی راکتور نیست. با این حال استفاده از میکروراکتورها برای تولید سلاح‌های شیمیایی محدود است. با این وجود، پیشرفت‌های تکنولوژیکی آینده ممکن است طیف وسیع‌تری از عوامل جنگی را امکان‌پذیر سازد. همچنین انتظار می‌رود پیشرفت‌هایی در راکتورهای میکروآنزیمی در حوزه زیست‌شناسی رخ دهد. این امر می‌تواند به کشورها یا گروه های غیر دولتی آینده کمک کند تا مقادیر کمی از عوامل سمی را تقریباً در هر نقطه از جهان تولید کنند، بدون اینکه خود را در حین تولید در معرض خطر قرار دهند. اگرچه پیامدهای آن هنوز به خوبی درک نشده است، اما در کشت عوامل بیماری‌زا نیز می‌تواند از این فناوری بهره‌مند شد. [3]

مفهوم ویروس‌های پنهان در طبیعت عنوان جدیدی نیست. ویروسی که در ابتدا بیماری‌زایی ندارد و مورد توجه قرار نمی‌گیرد، می‌تواند وارد سلول‌های انسانی شده و منتظر یک سیگنال خارجی یا داخلی بماند. به عنوان یک مثال مرتبط از این شیوه، انکوژن‌ها که ژن‌های جهش‌یافته‌ای هستند و به محض فعال شدن باعث سرطان می‌شوند. برخی از ویروس‌ها بخش‌هایی از DNA دارند که انکوژن‌ها را تقلید می‌کنند. سایر مواد شامل تنظیم‌کننده‌های زیستی، فرآیندهای فیزیکی یا تأثیرات خارجی مانند نور ماوراء بنفش می‌توانند ویروس را فعال کنند. به این مفهوم به اصطلاح سلاح‌های بیولوژیکی دوتایی می‌گویند. شیوه دیگری از این روش به صورتی است که یک باکتری میزبان بی‌ضرر و یک پلاسمید بدخیم به طور جداگانه جدا شده و به هدف وارد می‌شوند، سپس برای ایجاد اثر خود با هم تعامل می‌کنند. [1]

منابع:

1) Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. (2015). Biological warfare: infectious disease and bioterrorism. In Bio/Technology (pp. 687–719).

2) Gisselsson, D. (2022). Next-Generation biowarfare: small in scale, sensational in nature? Health Security, 20(2), 182–186.

3) Juling, D. (2023). Future Bioterror and Biowarfare Threats for NATO's Armed Forces until 2030. Journal of Advanced Military Studies, 14(1), 118–143.

4) Casadevall, A. (2012). The future of biological warfare. Microbial Biotechnology, 5(5), 584–587.

5) Frischknecht, F. (2003). The history of biological warfare. EMBO Reports, 4(S1).

پـل هـای ارتباطی :

Zhivarpr@gmail.com | Shahedbiology