

نسل آینده عوامل بیولوژیک و ضرورت پایش علمی آنها

علی کرمی Ph.D.، سیدرضا حسینی دوست Ph.D.، مسعود حاجیا Ph.D. و سعید مروتی Ph.D.

آدرس مکاتبه: دانشگاه علوم پزشکی بقیه...^{عج} - پژوهشکده طب رزمی - مرکز تحقیقات بیولوژی ملکولی - تهران - ایران

خلاصه

گسترش عرصه های علمی مانند شناسایی مشخصات ملکولی سلول ها، تعیین ردیف ژنوم موجودات زنده، از جمله عوامل عفونی، کشف فرآیندهای ملکولی سیستم دفاعی بدن همراه با فناوری نوترکیبی ژن ها سبب تحول در عرصه های مختلف تحقیقاتی، پیشگیری، تشخیص و درمان شده است. همانند سایر پیشرفت های علمی این فناوری ها نیز می تواند جهت کاربردهای غیر صلح آمیز نظامی مورد سوء استفاده واقع شود.

در دو دهه گذشته توجه به تهدیدات بیولوژیک و شیمیایی گسترش یافته و مراکز تحقیقات متعددی در کشورهای توسعه یافته مشغول فعالیت هستند تا از آخرین فناوری های علوم مختلف بیولوژی برای تهیه عوامل جدید شیمیایی و بیولوژیک بهره برداری نمایند. اغلب این عوامل نوین تهدیدی برای سلامت بشر محسوب می گردند. دستکاری ژنتیکی ویروس آبله موشی و تولید ویروسی بسیار خطرناک تر از نوع وحشی آن، سنتز آزمایشگاهی ویروس فلج اطفال، تهیه باکتری های جدید با استفاده از فناوری و اطلاعات ژنوم و همچنین دستکاری ژنوم ویروس آبله و سایر عوامل بسیار خطرناک دیگر از جمله مواردی است که در نشریات معتبر علمی منتشر شده است. توسعه و تولید عوامل بیولوژیک به شدت بیماری زا، عوامل مقاوم به چند دارو، تولید عوامل نژادی و یا ژنتیکی، افزایش قدرت بیماریزایی عوامل بیولوژیک باکتریال و ویروسی و همچنین تهیه عوامل جدید بیوشیمیایی خطرناک توسط دو کنوانسیون خلع سلاح بیولوژیک و شیمیایی منع گردیده است.

واژه های کلیدی: عوامل نوین ژنومیک، مهندسی ژنتیک، تهدیدات، بیولوژیک

مقدمه

واکسن ها و ارتقاء سطح رفاهی بهداشتی و دانش پزشکی عوامل عفونی از فهرست عوامل نگران کننده بشر حذف خواهند شد. ریشه کنی آبله یکی از دستاوردهای مهم بشر در مقابله با ویروس های کشنده بود. امروزه مسئله مقاوم شدن میکروب ها به آنتی بیوتیک ها،

بیماری های عفونی و همه گیری های منطقه ای و فرامنطقه ای ناشی از آنها در طول تاریخ عامل تهدید کننده جوامع انسانی بوده اند. در گذشته چنین تصور می شد که با کشف آنتی بیوتیک ها، تهیه انواع

مربوط به این موضوع نشده‌اند. سازماندهی اعتراضات جهانی نسبت به وجود سلاح‌های کشتار جمعی در عراق، کره شمالی و بعضی کشورهای دیگر نه برای رفع تهدید از کل جهان، بلکه بیشتر برای ممانعت برای دسترسی دیگران به این تسلیحات و داشتن دست برتر در معادلات جهانی است.

با تحولاتی که در دو دهه گذشته رخ داده است از نظر استراتژیست‌های نظامی و امنیتی سطح تهدید به کارگیری عمدی این عوامل از بالقوه به بالفعل تبدیل شده و به جای تردیدهای ذکر شده در حال حاضر سؤالاتی چون چه عاملی؟ در چه زمانی؟ توسط چه کسانی؟ در کجا؟ و چگونه (روش پخش عامل) مسئولین دفاعی، امنیتی و بهداشتی در کشورهای مختلف را جهت برنامه‌ریزی مقابله با این تهدیدات نگران کرده است. در عین حال تحولات علمی چهره و نوع این تهدیدات را جدی و غامض‌تر نموده است.

کشفیات علمی چون انقلاب ژنومی و تعیین ردیف ژن‌های مسئول بیماری‌زایی میکروب‌های خطرناکی چون آبله، سیاه‌زخم، طاعون، وبا، و ده‌ها میکروب دیگر با وجود فن‌آوری‌های پیشرفته نوترکیبی و مهندسی ژنتیک احتمال ساخت میکروب‌های جدید و خطرناک‌تر را فراهم ساخته است که می‌تواند تهدیدی جدی بر علیه امنیت و سلامت جهان باشد.

در ۲۰ ساله گذشته به‌ویژه از سال ۱۹۹۴ تاکنون حجم بانک‌های اطلاعات ژنوم جهانی به‌طور حیرت‌انگیزی افزایش یافته است (شکل ۱) به‌نحوی که در حال حاضر بیش از ۳۰ میلیارد جفت باز از ژن‌های موجودات مختلف در بانک ژنوم جهانی موجود و قابل دسترسی می‌باشند.

در کنار طرح ژنوم انسانی که منجر به تعیین ردیف تمام کروموزوم‌های انسانی بالغ بر ۳ میلیارد جفت باز گردید پروژه تعیین ردیف انواع میکرو ارگانیسم‌ها نیز صورت گرفته و اصولاً جهت و سیر تحقیقات در حال حاضر نیز به گونه‌ای است که ارتقاء کیفی تکنیک‌های متفاوت بیولوژی ملکولی هر روزه بیش از پیش متکی به شناخت کامل ردیف ژنوم ارگانیسم‌ها می‌گردد

بیماری‌های عفونی بازپدید و نوپدید نشان داده که بشر در مقابله با عوامل عفونی قضاوت درستی نداشته است. در عین حال حوادث بیوتروریسمی چند سال اخیر و پیشرفت‌های تحسین برانگیز علوم بیولوژی فصل جدیدی را در بررسی ابعاد مختلف تهدیدات حال و آینده سلاح‌های بیولوژی باز نموده است.

عوامل عفونی مختلف مثل ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و سموم میکروبی، قارچی، گیاهی و جانوری از گذشته‌های دور برای شکست دادن خصم و یا از پای درآوردن افراد مورد استفاده بوده‌اند. خواص منحصر به فرد عوامل بیولوژیک باعث شده که ارتش‌های دنیا و حتی گروه‌های پارتیزانی هیچ‌گاه از فکر کاربرد آن‌ها در زمان مقتضی غافل نشده و همیشه گوشه چشمی به سلاح‌های بیولوژیک داشته باشند. به موازات توسعه همه‌جانبه در علوم مختلف به‌خصوص شکوفایی علوم بیولوژی، تولید و در استخدام گرفتن سلاح‌های بیولوژیک نیز دستخوش تغییر و تحول بنیادین شد. امروزه به‌راحتی می‌توان پیش‌بینی نمود که عوامل بیولوژیک آینده با سلاح‌های حال و گذشته تفاوت‌های مبهوت‌کننده‌ای خواهند داشت. تصور جهان امروز با این حجم عظیم نقل و انتقالات جمعیتی در صورتی که با یک همه‌گیری طاعون یا آبله مواجه شود تصور بسیار وحشتناکی خواهد بود. تصویری که تاریخ مشابه آن‌را در خاطره ندارد. ساده لوحانه خواهد بود که حملات بیولوژیک آینده را شبیه عملیات قرون ۲۰-۱۸ فرض کنیم. دست‌آوردهای علوم بیولوژی و نیز امکانات تحقیق و توسعه تا حدود زیادی از انحصار مراکز خاص خارج شده و همگانی شده است.

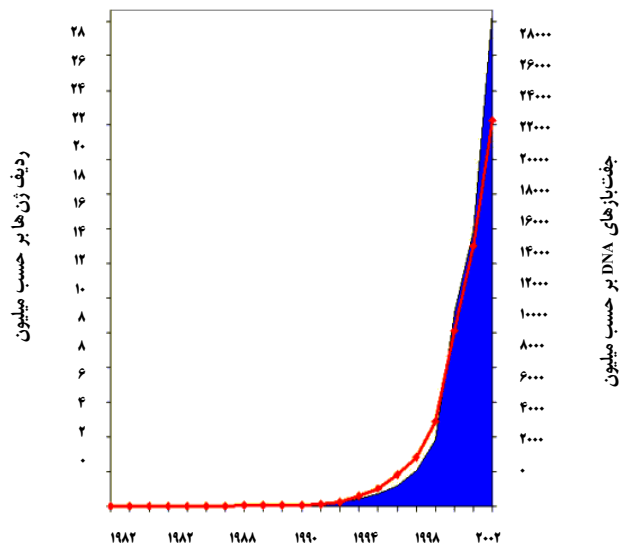
نگاهی به تاریخ تکوین سلاح‌های بیولوژیک سرعت پیشرفت‌های این گروه از سلاح‌های کشتار جمعی را به‌خوبی نشان می‌دهد. بدون تردید این تحولات به‌صورت کمی و کیفی تا آینده‌های نامعلوم و با سرعت افزون‌تر ادامه خواهند داشت. کشورهای پیشرفته صنعتی و ارتش‌های مسلط دنیا، اگرچه متعاقب نكوش کاربرد این سلاح‌ها در سطح جهان با افکار عمومی همراهی می‌کنند ولی به استناد شواهد غیرقابل انکار هیچ‌گاه مانع از انجام تحقیقات

همکارانش در خلال یک بررسی در مورد تهدیدات بیولوژیک آینده اظهار داشتند که پیشرفت علمی در عرصه‌های مختلف زیست‌شناسی و پزشکی جنبه‌های تاریکی نیز خواهد داشت مانند تهیه سلاح‌های نوین کشتار جمعی و عوامل بیولوژیک نو ترکیب [۲]. در این گزارش به دشواری‌هایی چون تشخیص، درمان و پیشگیری که این عوامل در دفاع و مقابله ایجاد خواهند نمود، اشاره شده است. به عنوان مثال احتمال تهیه ویروس‌های خطرناکی که به طور غیرمحسوس وارد بدن افراد هدف شده و با ژنوم آن ترکیب می‌شود، وجود دارد. به نحوی که در زمان لازم با وارد نمودن ماده خاصی ژن مزبور فعال شده و نتایجی چون مرگ سلولی را در پی خواهد داشت [۲].

در بررسی دیگری که توسط ناتو ارایه شد [۳] به موارد دیگری از کاربردهای علوم نوین در تسلیحات بیولوژیک و بیوتروریسم اشاره شده است. بر طبق این گزارش مهمترین تهدیدات در این خصوص بهره‌برداری غیرصلح‌آمیز از بانک‌های اطلاعاتی ژنوم جهت کشف تفاوت‌های نژادی در سطح ملکول‌ها و طراحی عوامل بیولوژیک اختصاصی ضد یک نژاد خاص موسوم به عوامل نژادی و یا سلاح‌های ژنتیکی است [۳]. علاوه بر آن به شناسایی تنظیم‌کننده‌های زیستی و فرآیندهای ملکولی سیستم دفاعی بدن جهت طراحی انواع عوامل مهارکننده، تغییردهنده مسیر تهاجم سلول‌های ایمنی به بافت‌های خودی نیز اشاره شده است که می‌تواند تأثیرات کوتاه مدت و یا طولانی بسیار وخیم در فرد به‌جای بگذارد [۴، ۵]. امکان عملی بودن این‌گونه تحقیقات متأسفانه با انتشار نتایج کار محققین استرالایی در زمینه آبله موشی واقعیت یافت [۶، ۷].

استفاده از اطلاعات کسب شده از جنبه‌های مولکولی بیماری‌زایی عوامل عفونی و همچنین آگاهی از فرآیندهای سیستم ایمنی انسان و تفاوت حساسیت به بیماری‌های عفونی سبب شده است که با کاربرد فن‌آوری‌های نوین مولکولی بتوان عوامل عفونی بسیار خطرناکی تولید نمود که در طبیعت موجود نیستند [۸].

کرگ و نتر (سرپرست تیم تحقیقاتی) در سال ۱۹۹۹ میلادی در



شکل ۱- اطلاعات ژنتیکی و ردیف ژن‌ها در بانک اطلاعات ژنوم جهانی. پس از سال ۱۹۹۴ با توسعه فن‌آوری‌های نوین سرعت و شتاب در روش‌های تعیین ردیف ژن سبب افزایش ناگهانی در حجم بانک اطلاعات ژنومی شده است، به نحوی که در حال حاضر بیش از ۳۰ میلیارد جفت باز اطلاعاتی در این بانک‌ها موجود می‌باشد.

در حال حاضر در بخش ژنوم میکروبی بانک ژنوم جهانی تعداد ژنوم ۲۲۸ نوع میکروپ مختلف موجود است. در عین حال ژنوم ۱۰۶ باکتری به‌طور کامل تعیین ردیف شده است و پروژه تعیین ردیف ۳۴۲ میکروارگانیزم دیگر در حال انجام می‌باشد که در بین آن‌ها انواع سویه‌های باکتری‌هایی چون باسیلوس آنتراسیس، یرسینیا پستیس، بروسلاها، سالمونلاها، پاستورلا و انواع دیگر می‌توان اشاره نمود. در عین حال ژنوم تمام عوامل ویروسی خطرناک نیز تعیین ردیف گردیده است [۱].

عوامل نوین بیولوژیک

در مورد کشفیات گسترده امکان تهیه عوامل نوین و افزایش تهدیدات بر علیه سلامتی انسان و محیط زیست و به‌ویژه توسعه سلاح‌های بیولوژیک نسل جدید و بیوتروریسم بررسی‌های بسیاری توسط مراکز تحقیقاتی صورت گرفته است. استیون بلاک و

جدول ۱: اطلاعات موجود در بانک ژنوم جهانی در مورد تعداد جنس و گونه های مختلف جانوری و میکروبی.

تعداد کل	گروه های پست	گونه ها	جنسی ها	گروه های عالی	انواع
۶۱۱	۱۶	۴۳۱	۸۳	۸۱	آرکی باکتری ها
۱۵۱۵۷	۱۱۰۶	۱۲۰۸۵	۱۲۲۲	۷۴۴	قارچ ها
۱۲۶۰۸۱	۵۲۸۳	۸۳۳۰۳	۲۶۸۷۷	۱۰۶۱۸	باکتری ها
۱۴۳۷۹	۵۵۷	۱۱۰۹۸	۲۲۴۸	۸۰۰	یوکاریت ها
۵۸۸۲۴	۲۸۰۶	۳۴۱۷۶	۱۴۳۵۷	۷۴۸۵	متازوآها
۴۶۶۲۰	۱۷۸۸	۴۳۳۶۰	۸۸۹۶	۱۵۷۶	ویروس های گیاهی
۱۰۲۵۶	۳۰۰۴	۶۷۰۶	۲۴۳	۳۰۳	ویروس های حیوانی
۱۵۴۴۹۰	۹۴۳۳	۱۰۴۸۶۳	۲۸۴۳۲	۱۱۷۶۲	سایر جانوران

توجه به فن آوری های جدید ژنتیک و بیولوژی مولکولی عوامل بیولوژیک آینده با توجه به اهداف کاربردی به گروه های زیر تقسیم می شوند:

- ۱- عوامل بیولوژیک ناشناخته ای که به طور ناگهانی بروز یافته و منشاء آن ها کاملاً شناخته شده نیست مانند ویروس عامل سارس (به این گروه عوامل نوپدید نیز گفته می شود).
- ۲- عوامل بیماری زای موجود که با دستکاری های ژنتیکی دارای خواص جدیدی شده اند
- ۳- عامل عفونی خفیفی با قدرت بیماری زایی کم که در حضور داروی ضد آن (آنتی دوت) به شدت بیماری زا گردد
- ۴- عامل عفونی که به آنتی بیوتیک ها مقاوم است و سیستم ایمنی انسان را مورد هدف قرار می دهد
- ۵- ویروسی که قادر است با حمله به ماده وراثتی و الحاقی به آن تغییراتی وخیم و غیرقابل برگشت در آن ایجاد کند
- ۶- ویروس هایی که تا مدت ها در بدن قربانی خود آرام و مخفی باقی می ماند تا زمانی که با ورود ماده مشخصی فعال گشته و عوارض وخیم خود را آشکار سازد
- ۷- ویروس هایی که می تواند جمعیتی را در یک سن خاص (مثلاً در ۴۰ سالگی) مبتلا و سبب آرتريت شدید شده و جامعه را با مشکلات و بحران جدی مواجه سازد

گردهمایی سالانه مجمع دانشمندان امریکایی اعلام کرده بود که محققین مذکور در حال تهیه یک باکتری نوین هستند و ادعا نمود که آن ها قادر به سنتز شیمیایی تمام ژن های سازنده یک ویروس هستند که قادر به تکثیر در باکتری است اما این پروژه ظاهراً به دلیل جنبه های حقوقی متوقف شده است [۹]. متعاقباً نیز گروهی به سرپرستی اکارد ویمر در دانشگاه نیویورک موفق شدند با استفاده از روش های مهندسی ژنتیک ویروس فلج اطفال را در لوله آزمایشگاه سنتز کنند. در واقعه دیگری یک گروه استرالیایی که در حال بررسی تهیه یک واکسن نوترکیب ضد بارداری برای جلوگیری از تکثیر موش های وحشی بودند با نوترکیبی ویروس آبله موشی (Mouse pox) و اضافه کردن ژن اینترلوکین ۴ ویروسی بسیار بیماری زاتر نسبت به عامل اصلی را تولید نمودند که تمام موش های تزریق شده را تلف نمود [۱۰].

در تحقیقات دیگری محققین اقدام به سنتز پروتئین مهمی از ویروس آبله نموده و با آزمایش نشان دادند که این پروتئین نقش مهمی در متوقف نمودن برخی از فرآیندهای اساسی سیستم ایمنی را دارد. این گونه تحقیقات بر روی عوامل مختلف بیولوژیک در حال انجام است [۱۱].

دورنمای نگران کننده

با استناد به گزارشات منتشر شده و اطلاعات قابل دسترسی و نیز با

را در مقاصد غیرصلح‌آمیز نیز مطرح ساخته است. در سال ۱۹۷۱ در کنگره‌ای که دورنمای علوم مورد بحث بود، مطلب جالبی عنوان شد مبنی بر این که در آینده این احتمال وجود دارد که با موادی به‌توان رفتار و مغز افراد غیرمطیع را کنترل کرد. این مواد benignizers نام گرفته بودند. حدود سی سال بعد این تخیل به واقعیت نزدیک شد و پروژه سلاح‌های غیرکشنده بیوشیمیایی در مراکز تحقیقاتی نظامی امریکا با حمایت پنتاگون تحت عنوان عوامل کنترل اغتشاش در دستور کار قرار گرفت. در ادامه صدها ماده موثر بروی فعالیت‌های مغزی، عصبی و روانی آزمایش شد. علاوه بر آن روش‌های بکارگیری عوامل، تأثیر عوامل محیطی، شرایط و مشخصات افراد مورد هدف بررسی می‌شود. براساس اهداف این پروژه مواد مذکور می‌توانند در موارد مختلفی کاربرد داشته باشند. نامی که برای این ترکیبات انتخاب گردید (calmatives) که یک اصطلاح نظامی است تا پزشکی، نمونه‌هایی از این داروها مثل بنزودیازپین‌ها و داروهای مورفین دار و والیوم و زولوفت و نیز گروهی از داروهای ضدافسردگی در بازار رسمی و غیررسمی فراوان بوده و مورد علاقه عموم هستند [۱۳].

انجام تحقیقات مخفیانه در مراکز تحقیقاتی فوق پیشرفته نظامی غرب جهت سنتز ترکیبات زیستی، شیمیایی و زیست شیمیایی جدید با عنوان عوامل کنترل اغتشاش برخلاف معاهدات و کنوانسیون‌های بین‌المللی است.

تولیدکنندگان این مواد اعتقاد دارند این مواد تحت پوشش قوانین این دو کنوانسیون قرار نمی‌گیرد. زیرا، کاربرد آن‌ها نظامی نیست و هدف از تحقیق درباره این مواد استفاده آن‌ها توسط پلیس جهت کنترل اغتشاشات است و کاربردی همانند گاز اشک‌آور دارد. این مواد را می‌توان ترکیب بیوشیمیایی دانست. بنابراین، تحت پوشش هر دو کنوانسیون سلاح‌های شیمیایی و بیولوژیک قرار می‌گیرند. علاوه بر آن هر گونه محصولات شیمیایی یا بیولوژیک که بر انتقال دهنده‌های سیستم عصبی اثر کند و یا هر نوع ماده‌ای که مشابه اثرات آن‌ها را با کاربرد نظامی داشته باشد، تحت پوشش این کنوانسیون‌ها قرار می‌گیرد و ممنوع است.

۸- عوامل هیبرید یا دوگانه که از ترکیب دو عامل استفاده می‌شود به‌نحوی که بیماری‌زایی یکی وابسته به حضور فعال کننده‌ای در عامل دوم است

۹- عوامل بیماری‌زای جدیدی که در طبیعت موجود نیست و در آزمایشگاه‌های پیشرفته سنتز و تهیه می‌شوند و قادر به تکثیر می‌باشند

۱۰- عوامل مقاوم به واکسن

۱۱- سموم جدید و ناشناخته میکروبی، تک سلولی، جانوری و گیاهی

۱۲- سموم نو ترکیب دستکاری شده با خواص جدید

۱۳- سموم بیولوژیک سنتتیک با منشاء غیرطبیعی

۱۴- مواد و ترکیبات با منشاء بیولوژیک شامل انواع تنظیم‌کننده‌های مغزی و ملکول‌های کوچک با خواص مختلف

۱۵- مواد سنتتیک مانند DNA، RNAi، RNA و کتورهای ژنتیکی، انواع پلاسمیدها و ملکول‌های نوین بیوشیمیایی.

کشف خواص قطعات کوچک سنتز شده RNAi در رابطه با فعال یا غیرفعال نمودن ژن‌های مختلف سبب ارایه کاربردهای گسترده آن در پزشکی و عرصه‌های دیگر شده است. این پدیده به‌شدت مورد توجه محققین جهت کاربردهای درمانی در خاموش نمودن ژن‌های بیماری‌زایی عوامل عفونی، سرطان‌ها و سایر بیماری‌هایی است که فعالیت یک ژن مشخص و شناخته شده در آن نقش دارد. این ملکول قطعه کوچکی از RNA است که با اتصال به ژن مورد نظر سبب غیرفعال شدن آن می‌گردد. بدیهی است با چنین فن‌آوری از یک سو و شناخت ژن‌های حیاتی انسان و سایر موجودات می‌توان اقدام به طراحی RNAi خاصی نمود که با ورود به بدن افراد سبب غیرفعال شدن ژن‌های اساسی فعالیت‌های سلولی شده و صدمات جدی را از یک بیماری خفیف تا مرگ ایجاد نمود [۱۲].

عوامل بیولوژیک غیرکشنده ولی ناتوان‌کننده

شناسایی انواع ملکول‌های تنظیم‌کننده فعالیت‌های سلولی، بافتی و مغزی و نقش آن‌ها در هدایت فرامین حیاتی جهت بقای سلول، بافت و ارگان‌های مختلف علاوه بر کاربردهای درمانی امکان کاربرد آن‌ها

اطلاعات توسط کشورهای در حال توسعه و ممانعت از دستیابی آنها به فن آوری‌های پیشرفته تلاش دارند تا دسترسی به این اطلاعات را محدود سازند و خود به بهره‌برداری از آن بپردازند.

بدون تردید سنتز ویروس‌های بیماری‌زا، دستکاری عوامل عفونی و شیوع عوامل عفونی تنفسی جدید چون سارس با عواقب وخیم اجتماعی و اقتصادی آن در جهان نشان‌دهنده وجود تهدید برعلیه امنیت و سلامت جوامع انسانی است.

احتمال به‌کارگیری این عوامل در عملیات تروریستی نیز وجود دارد. بنابراین، ضرورت آشنایی محققین علوم طب‌نظامی و پزشکان نظامی، با این عوامل، علایم، عوارض، تشخیص و درمان آنها وجود دارد.

آگاهی محققین طب‌نظامی و سایر پزشکان از اختلالات فیزیولوژیک و تأثیرات این عوامل در انسان به‌عنوان مباحث جدید در علوم پزشکی بسیار ضروری است و می‌تواند به‌صورت دروسی در برنامه آموزشی گنجانده شود.

در عین حال بررسی تحولات علمی در این عرصه و اطلاع‌رسانی صحیح به جامعه علمی می‌تواند از ابعاد فاجعه‌آمیز استفاده احتمالی از پیشرفت‌های علمی جدید توسط گروه‌ها و کشورهای صاحب فن آوری جلوگیری نماید.

منابع

- 1- Bloom BR. Genome sequences. A microbial minimalist. *Nature*. 1995; 378: 236.
- 2- Block SM. Living nightmares: biological threats enabled by molecular biology. In *The New Terror: Facing the Threat of Biological and Chemical Weapons* (eds Drell, S.D., Sofaer, AD. & Wilson, G.D.) Hoover Institution, Stanford. 1999; P: 37 – 93.
- 3- British Medical Association. *Biotechnology, Weapons and Humanity*. (Harwood Academic, London .
- 4- Pearson GS. New Scientific and Technological Developments of Relevance to the Fifth Review Conference. Review Conference No. 3 Department of Peace Studies, University of Bradford. 2001; P: 1 – 7.
- 5- Dando MR. *The New Biological Weapons: Threat, Proliferation and Control* Lynne Rienner, Boulder. 2001; P: 235 – 246.
- 6- Nowak R. Disaster in the making: an engineered mouse virus leaves us one step away from the ultimate bioweapon. *New Scientist* 19 January. 2001; P: 4 – 5.

با توجه به این‌که تحقیق و تولید این عوامل نیازمند فن آوری‌های پیچیده‌ای است که در کشورهای پیشرفته وجود دارد، احتمالاً کارایی آنها در جنگ‌های مناطق دور و نیز کشورهای اشغال شده ارزیابی می‌گردد. بنابراین، ممکن است نظامیان و مردم این کشورها قربانی این سلاح‌ها شوند.

نتیجه‌گیری

توسعه علوم زیستی، مهندسی ژنتیک، بیوتکنولوژی و مهندسی شیمی امکان سو استفاده از آنها را جهت تهیه عوامل نوین زیستی، شیمیایی و زیست شیمیایی توسط دولت‌ها گروه‌ها و افراد را افزایش داده است.

تولید عظیم اطلاعات ژنتیکی موجودات زنده و عوامل بیماری‌زا توسط شرکت‌های خصوصی و با همکاری مراکز نظامی و بهره‌برداری از آن جهت مقاصد نظامی یک تهدید جدی است. با این‌که دسترسی آسان گروه‌های تروریستی به برخی از این اطلاعات از طریق بانک‌های اطلاعات ژنومی می‌تواند خطرناک باشد. لیکن محدود نمودن دسترسی محققین رشته‌های مختلف پزشکی به این اطلاعات نیز می‌تواند تبعات نامناسبی در پیشرفت علوم در پی داشته باشد. به همین دلیل کشورهای پیشرفته به ادعای سوء استفاده از این

- 7- Jackson RJ. Expression of mouse interleukin- 4 by a recombinant ectromelia virus suppresses cytolytic lymphocyte response and overcomes genetic resistance to mousepox. *J. Virol*. 2001; 75: 1205 – 1210.
- 8- Thursz M. Genetic susceptibility in infectious diseases. *Biotechnol. Genet. Eng. Rev*. 2000; 17: 253 – 264.
- 9- Dennis C. The Bugs of War. *NATURE*. 2001; 411, 232 - 5.
- 10- Claire M. Fraser1 & Malcolm R. Genomics and future biological weapons: the need for preventive action by the biomedical unity. *Dando nature genetics volume*. 2001; 29: 253 – 236.
- 11- Kuwabara PE and Coulson, A. RNAi prospects for a general technique for determining gene function. *Parasitolo Today*. 2000; 16: 347 – 9.
- 12- Pentagon Program Promotes Psychopharmacological Warfare, The Sunshine Project News Release 1 July 2002.
- 13- Austin and Hamburg, The Advantages and Limitations of Calmatives for Use as a Non-Lethal Technique. 1 July 2002.