مروری بر کاربردهای نظامی و اثرات زیان‌بار امواج مایکروویو روی انسان

رضا کاظمی درسنکی[1]، علیرضا حبیبی[2]، سعید رئیسی[1]

۱-گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه دریایی امام خامنه ای، زیباکنار، رشت، ایران۲- میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه دریایی امام خامنه ای، زیباکنار، رشت، ایران. نویسنده مسئول.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

مروری

تاریخچه مقاله

دریافت : ۹۶/۱۱/۱

پذیرش : ۹۷/۲/۳۱

کلید واژگان

امواج مایکروویو، اثرات حرارتی و غیرحرارتی، استانداردهای نشت، استانداردهای در معرض.

نویسنده مسئول

Email:
alirh110@gmail.com

چکیده

مقدمه: امواج مایکروویو[1]، امواجی با طول‌موج کوتاه و انرژی فراوان هستند که در سامانه‌های مخابراتی، راداری و لوازم خانگی مانند اجاق‌های مایکروویو مورداستفاده قرار می‌گیرند. از توان و انرژی بالای این امواج می‌توان برای آسیب به انسان و تجهیزات استفاده نمود. هدف این مطالعه، معرفی کاربردهای نظامی امواج مایکروویو و اثرات این امواج روی انسان‌ها است.

روش‌کار: طی این مطالعه مروری با کلید واژه های "ماکروویو" و "نظامی" به جستجو مطالعات ۱۰ ساله اخیر در خصوص کاربرد امواج مایکروویو به‌عنوان سلاح و اثرات این امواج بر سلامت انسان در پایگاه‌های معتبر علمی نظیر PubMed، Science Direct، Springer و Google Scholarپرداخته شد و نتایج حاصل مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: امواج مایکروویو به‌صورت پالس‌های روبه‌جلو با مکانیسم بی‌سیم، سبب خنثی کردن یا غیرفعال شدن سیستم‌های الکترونیکی و در مسیر رو به عقب سبب تخریب کابل‌های برق و خطوط تلفن می‌شوند. این امواج در فرکانس‌های مختلف بر روی سیستم غدد درون‌ریز، سیستم قلبی-عروقی، سیستم ایمنی، سیستم تولیدمثلی و سیستم‌های بنیادی خون‌ساز اثرات جانبی متفاوت بر جای می‌گذارند. هم‌زمان با کاربرد نظامی این امواج علیه انسان، راه‌های مقابله با آن نیز مثل روش‌های فیزیکی، رعایت فاصله از امواج و برخی استانداردها، در حال پیشرفت می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به پیشرفت تکنولوژی و تمرکز کشورهای غربی روی سلاح‌های بر پایه امواج مایکروویو، مطالعات میدانی جهت شناخت، مقابله و کاهش اثرات این‌گونه سلاح‌ها روی انسان و تجهیزات ضروری به نظر می‌رسد.

مقدمه

امواج مایکروویو از دسته امواج هدایت انرژی محسوب می‌شوند. سلاح‌های هدایت انرژی شامل طیف متنوعی از سلاح‌ها شامل امواج با فرکانس رادیویی (kHz and MHz)، امواج مایکروویو و میلی‌متری (MHz to GHz)، امواج باقدرت THz و امواج تابشی نور از طیف الکترومغناطیسی مادون قرمز تا نوار ماوراءبنفش می‌باشد (۱).

امواج با فرکانس بالا در صنایع مختلف کاربرد داشته و به‌کارگیری آن‌ها ممکن است اثرات سوء در سلول های زنده داشته باشد. امواج مایکروویو به دلیل توانایی بالا در نفوذ به اجرام و نیز ایجاد حرارت و سرعت عمل موردتوجه قرارگرفته‌اند. امروزه جهت ذوب کردن گوشت و سایر مواد غذایی منجمد، غیرفعال کردن آنزیم‌های میوه‌ها و سبزیجات در کارخانه ها و منازل، پاستوریزاسیون ملایم نان به‌منظور از بین بردن قارچ‌ها و مخمرها، پاستوریزاسیون ترشیجات که اسیدیته بالایی دارند و همچنین سامانه‌های مخابراتی و رادارها از این امواج استفاده می‌کنند (۲). اثرات ناشی از امواج الکترومغناطیس (شامل امواج مایکروویو، امواج رادار و پست‌های فشارقوی) به‌شدت میدان یا فرکانس و خصوصیات فیزیکی فرد یا بافت مورد تابش بستگی دارد. تحقیقات نشان داده است امواج مایکروویو باقدرت بالا و در طولانی‌مدت سبب علائمی نظیر سردرد، سرگیجه، ناتوانی در تکلم، سرطان و ... می‌شوند. این امواج دارای سه مشخصه اصلی هستند و ممکن است در برخورد با یک ماده منعکس، منتشر یا جذب شود. مواد فلزی این امواج را کاملاً منعکس می کنند. اغلب مواد غیرفلزی مثل شیشه و پلاستیک امواج را از خود عبور می‌دهند و موادی که حاوی آب هستند مانند غذاها و حتی انسان، انرژی این امواج را جذب می‌کنند. اگر انسان در مدت ۳۰ دقیقه در معرض اشعه‌ی مایکروویو با جذب w/m^2 ۴-۱ قرار گیرد، دمای بدن به‌اندازه یک درجه بالا می رود. درصورتی‌که شدت میدان از w/m^2 ۴ بیشتر باشد بافت در اثر گرمای بالا آسیب می‌بینند (۳-۵). امواج مایکروویو در مبحث جنگ نوین و دانش نظامی به سلاح‌های ناتوان‌کننده معروف‌اند. هدف این سلاح‌ها کشتن و نابودی افراد نیست، البته ممکن است در برخی موارد حتی باعث مرگ شوند، ولی عموماً موجب

۱- Microwave (MW)

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]

زمین‌گیری، مشغولیت و آزار نیروهای مقابل خواهند شد. امروزه از این نوع امواج، سلاح‌هایی به‌عنوان سیستم بازدارنده فعال در خشکی جهت متفرق کردن معترضان شهری و مقابله نظامی و همچنین بر روی ناوها جهت تقابل با قایق‌های کوچک، تولید و کاربردی شده است (۶, ۷). هدف این مطالعه کاربردهای نظامی امواج مایکروویو و بررسی اثرات زیان‌بار آن روی انسان‌ها است.

روش کار

برای یافتن مستندات مرتبط با این تحقیق، با استفاده از کلیدواژگان "ماکروویو" و "نظامی" در پایگاه‌های علمی معتبر مانند:

Science Direct
Springer
Google Scholar

در مقالاتی با قالب:

"Narrative Review article(s)"
"Review of the literature"
"review article(s)"

جستجو گردید. همچنین با توجه به ساختار پزشکی تحقیق، با استفاده از پایگاه‌های معتبر پزشکی مثل:

PubMed

کلیدواژگان تحقیق همراه عباراتی مثل:

"Review Literature as Topic"[Mesh]"

موردبررسی قرار گرفت. در جستجوی مطالب، ضمن اینکه به اعتبار علمی متون جستجو شده توجه گردید، سعی شده تا به آخرین و جدیدترین یافته‌ها پرداخته شود. نکته دیگری که در خصوص اعتبار یافته‌ها موردتوجه واقع شد، نشریات منبع بود، به‌طوری‌که لیست این نشریات با آخرین سیاهه نشریات مورد تأیید وزارت علوم و بهداشت مورد مقایسه قرار گرفت. درنهایت مطالب گردآوری‌شده از ۴۱ منبع، به‌صورت مدون و مرتب دسته‌بندی و نگارش شد.

یافته‌های تحقیق

در این تحقیق یافته‌ها بر سه‌پایه موردبررسی و ارزیابی قرار گرفتند: رشد و توسعه تکنولوژی مایکروویو با کاربرد نظامی در کشورهای مختلف، آثار و آسیب‌های ناشی از این امواج بر روی انسان، استانداردهای جهانی برای مقابله با این امواج و کاهش آسیب‌های ناشی از آن در انسان.

رشد و توسعه تکنولوژی مایکروویو با کاربرد نظامی در کشورهای مختلف

توسعه تکنولوژی الکترونیکی مدرن در سال‌های اخیر، به ویژه موفقیت مداوم تکنولوژی‌های کلیدی در میکروالکترونیک، مدارهای مجتمع بزرگ و مدارهای مجتمع فوق العاده با سرعت‌بالا را در سیستم‌های سلاح‌های مختلف مورداستفاده قرار داده‌اند. برای موفقیت نظامی در دنیای کنونی، تولید سلاح‌های جدید، دقیق و جمع‌وجور، ضروری است، زیرا سلاح های متعارف، دیگر قادر به مقابله با تجهیزات الکترونیکی پیچیده و فن‌آوری‌های پیشرفته نیستند. یکی از این سلاح‌های نوظهور در اواخر قرن گذشته، سلاح‌های بر مبنای امواج مایکروویو است (۸). استفاده از انرژی فوق‌العاده مایکروویو با کاربرد در جنگ به‌سرعت در کشورهایی مثل آمریکا، انگلیس و روسیه، گسترش پیداکرده است. در سال ۱۹۹۲، آزمایش‌های اولیه توسط نیروی هوایی ایالات‌متحده در استفاده از ظرفیت امواج پرقدرت مایکروویو به‌عنوان یک سلاح مؤثر با اهداف انحراف مسیرهای موشک‌های شلیک‌شده، تأثیر بر ارتباطات تله‌متری و امواج راداری در نیومکزیکو انجام گرفت. در این آزمایش این امواج توانستند مانند یک پرتو لیزر عمل کرده و به سیستم های الکترونیکی که توسط پناهگاه‌های دارای بتون های ضخیم محافظت‌شده بودند، نفوذ نمایند (۹). در طول اشغال عراق توسط آمریکا، بسیاری از ذخایر سلاح‌های بیولوژیک و شیمیایی و نیز پناهگاه‌های زیرزمینی که از سیستم‌های کنترلی مبتنی بر رایانه برای مدیریت آن‌ها استفاده می‌شد و دارای سیستم های الکترونیکی پیشرفته بودند و در حالت عادی دسترسی به آنها مشکل به نظر می‌رسید، با استفاده از امواج پرقدرت مایکروویو تخریب و نابود شدند (۱۰). هم‌اکنون کشورهای روسیه، چین، کره شمالی، انگلستان، هند، پاکستان و رژیم اشغالگر قدس، توانایی استفاده از این امواج را دارند (۱۱). از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ دو مدل از این سلاح در ایالات‌متحده تولید گردید (۱۲). شواهدی از استفاده از این سلاح در سال ۲۰۱۰ توسط آمریکا در افغانستان وجود دارد. استفاده اولیه این سلاح، پراکنده ساختن افراد در تظاهرات و شورش‌ها است؛ اما می‌توان از این سلاح روی ناوها در دریا و علیه قایق‌ها و نفرات نیز بهره برد(۷). متصدیان سازمان‌های نظامی دولتی اعتقاد دارند که استفاده از بمب‌های بر پایه امواج مایکروویو و دیگر سلاح های هدایت انرژی، به دلیل دامنه پایین انفجار آن‌ها، توسط تروریست ها مورداستفاده قرار نمی‌گیرند. باوجود این، تروریست‌ها به دلیل اثبات توانایی استفاده از تکنولوژی روز و رسانه‌ای کردن خود، احتمال دارد استفاده از این سلاح‌ها را در دستور کار خود قرار دهند (۱۳). مکانیسم عملکرد این سلاح‌ها شبیه فعالیت رعدوبرق و تابش شدید نور است. سیستم‌های الکترونیکی توسط پالس‌های الکترومغناطیسی شدیدی که به سمت جلو و عقب[1] حرکت می‌کنند، مختل می‌شوند. پالس‌ها در مسیر روبه جلو مانند یک آنتن عمل کرده و سبب خنثی کردن یا غیرفعال شدن سیستم‌های الکترونیکی می‌شوند. در این حالت اگر فرکانس دستگاه هدف شناخته‌شده باشد، اختلال بسیار شدید

۱-Rear door and Front door

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]

خواهد بود. مسیر رو به عقب در خصوص کابل های برق و خطوط تلفن به کار می‌رود، انرژی ناشی از امواج مایکروویو می‌تواند به دستگاه‌های متصل آسیب برساند. استفاده از انرژی بالای مایکروویو می‌تواند بر روی چندین پلتفرم انجام شود. این اشعه را می‌توان در کلاهک‌های موشک کروز و هواپیماهای بدون سرنشین نصب یا تثبیت نمود (۱۴).

۱-اثرات زیان‌بار امواج مایکروویو روی انسان

امواج مایکروویو در دامنه فرکانس بین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز، تولید می‌شوند، کاربردهای مختلفی در سیستم های ارتباطی، کشاورزی، حمل‌ونقل، پزشکی و نظامی دارند. جنگ‌افزارهای تولیدکننده امواج مایکروویو، اشعه‌ای با فرکانس ۹۵ گیگاهرتز برابر طول‌موجی حدود سه میلی‌متر به سمت هدف زنده ساطع نموده که با ایجاد حرارت بالا، باعث سوختگی سطح پوست می‌شوند. این سلاح تا یک کیلومتر برد داشته و می‌تواند با تاباندن اشعه، دمای بدن انسان را تا ۵۸ درجه سانتی‌گراد بالا ببرد و این دمایی است که انسان را مجبور به فرار می‌کند، زیرا اگر انسان زمان زیادی در معرض این دما باشد؛ حتماً به کام مرگ خواهد رفت. انرژی مایکروویو پس از برخورد با انسان، با ایجاد سوزش شدید در پوست که پس از چند ثانیه غیرقابل‌تحمل می‌شود، فرد را به فراری غیرارادی وادار می‌کند. امواج در لایه‌های بالای پوست نفوذ کرده و بیشتر انرژی تابشی در سطح پوست جذب می‌شود (۶, ۷). اثر امواج مایکروویو در بدن به عوامل متعدی بستگی دارد، مثل تغییر درجه حرارت بدن، دمای پایه محیط، دمای پوست قبل از قرار گرفتن در معرض امواج و موقعیت سیستم ساتع کننده امواج مایکروویو. آستانه درجه حرارت پوست برای احساس درد حرارتی بین ۳۸ تا ۴۶ درجه سانتی‌گراد گزارش‌شده است (۱۵). تغییرات دمایی به وجود آمده در بافت‌های انسان به میزان طول‌موج ساتع‌شونده بستگی دارد؛ مثلاً **۹۴GHz** انرژی ناشی از امواج میلی‌متری در ۱/۳ اول عمق پوست نفوذ می‌کند؛ درحالی‌که انرژی مایکروویو **۲,۴۵GHz**، ۳-۲ سانتی‌متر در بدن نفوذ می‌کند (۱۶).

با توسعه فزاینده تجهیزات مختلف و سلاح‌های پیشرفته نظامی از قبیل هواپیماهای هشداردهنده زودهنگام[۱] و موانع الکترونیکی و رادارهای جدید[۲]، نیروهای نظامی همیشه در معرض مجموعه‌ای از امواج زیان‌آور مثل امواج مایکروویو قرار دارند. اثرات این امواج بر روی سیستم‌های بیولوژیکی مشابه بوده و میزان آسیب با مقدار فرکانس و فاصله منبع از هدف رابطه مستقیم دارد. اهمیت این امواج به حدی است که آن را در کنار آلودگی‌های سه‌گانه شامل هوا، آب و صوت قرار می دهند و به‌عنوان منبع چهارم آلودگی محسوب می‌کنند (۱۷). امواج مایکروویو به‌صورت یک سلاح سه‌بعدی عمل می‌کنند؛ یعنی هم می‌توانند به‌طور مستقیم سبب اختلال در عملکرد دستگاه‌های الکترونیکی شوند، هم انسان را به‌طور مستقیم هدف قرار می‌دهند و هم می‌توانند به‌طور غیرمستقیم به افرادی که در ساختمان‌ها و حتی خودروهای زره‌پوش پنهان‌شده‌اند، آسیب برسانند (۱۴). اثرات بیولوژیکی اشعه مایکروویو به دودسته کلی اثرات حرارتی و غیرحرارتی تقسیم می شوند (۱۸). امواج مایکروویو باانرژی پایین، فقط قادر به تولید اثرات غیرحرارتی می‌باشند (۱۹). ظرفیت تنظیم دمایی بدن انسان نسبت به مدل‌های حیوانی بسیار پیشرفته‌تر است اما این سیستم محدودیت‌هایی نیز دارد. این محدودیت وقتی اتفاق می‌افتد که گرمای بدن به وضعیت heat stroke برسد و آن در دمای بالای ۴۰ درجه است. در این شرایط اختلالات مغزی مثل خواب‌آلودگی، هذیان و کما بروز می کند (۲۰, ۲۱). مغز حساس‌ترین اندام به اشعه مایکروویو است که در آن صدمه به میتوکندری‌ها نسبت به اندام‌های دیگر، با شدت بیشتری اتفاق می‌افتد (۲۲). تحقیقات نشان داده است که امواج مایکروویو، به ساختار هیپوکامپ صدمه وارد کرده، پتانسیل تحمل بلندمدت را تخریب می‌کنند. این امواج با کاهش غلظت نوروترانسمیترها[۳]، ویزیکل‌های سیناپسی را کاهش می‌دهند که این منجر به صدمه به سیستم حافظه می‌گردد و اینجاست که مغز به عنوان حساس‌ترین اندام تأثیرپذیر به امواج مایکروویو مطرح است (۲۳). عوارض جانبی مایکروویو در مغز به دو صورت اختلال در عملکرد و آسیب ساختاری سلول‌های مغزی ظاهر می شود. یافته‌های اپیدمیولوژیک نشان داده است که امواج مایکروویو سبب خستگی، سردرد، هیجان، خیال‌بافی، از دست دادن حافظه و سایر علائم مربوط به ضعف اعصاب می گردد (۲۴). علت اصلی این اختلالات، افزایش دمای بافت مغزی است. طی تحقیقی که در سال **۲۰۰۹** انجام گرفت، یافته‌ها نشان داد که موش‌هایی که فقط در زمان ۲۰-۱۵ میلی‌ثانیه در معرض امواج مایکروویو قرارگرفته بودند، دمای مغز آن‌ها تا چهار درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و وقتی این زمان به ۳۶۰-۵۰ میلی‌ثانیه رسید، افزایش دمای مغزی به هشت درجه رسید. این افزایش دما منجر به بروز آثار حرارتی در موش ها گردید(۲۵, ۲۶). مهم‌ترین اثرات جانبی امواج مایکروویو غیر از مغز در داخل سیستم‌های زنده بر روی سیستم غدد درون‌ریز (۲۲)، سیستم قلبی-عروقی (۲۷)، سیستم ایمنی (۲۸)، سیستم تولیدمثلی (۲۹) و سیستم‌های بنیادی خون‌ساز (۳۰) اتفاق می افتد. ازآنجایی‌که مغز برای انجام عمل طبیعی خود همواره به مقدار زیادی اکسیژن و مصرف انرژی نیاز دارد، بنابراین به امواج غیر عفونی مثل اشعه یونیزان و هیپوکسی (کمبود اکسیژن)، بسیار حساس می‌باشد (۳۱). در سال ۲۰۱۱، گروهی از کارشناسان

۱- Early warning aircraft

۲- Electronic jammers and new radar

۳- Neurotransmitter

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]

آژانس بین‌المللی تحقیق بر روی سرطان در شهر لیون فرانسه اعلام کردند که امواج مایکروویو می‌بایست در گروه امواج**2B** که در انسان سبب ایجاد سرطان می‌شوند، دسته‌بندی گردند (۳۲). علیرغم این یافته‌ها، تحقیقات انجام‌شده تا سال **۲۰۰۶**، هیچ رابطه معنی‌داری را بین امواج مایکروویو و تومورهای مغزی اثبات نکرده است (۳۳)؛ اما پژوهش‌گران دیگر نشان داده‌اند که قرارگیری طولانی‌مدت (بیش از ۱۰ سال) در معرض امواج مایکروویو حتی با فرکانس پایین سبب ابتلا و پیشرفت انواع سرطان در انسان می‌گردد. در تحقیقی که در سال ۲۰۱۱ انجام‌شده است، در افرادی که در نزدیکی منبع تولید اشعه مایکروویو زندگی می‌کردند، به نحو تأسف‌باری افزایش ابتلا به انواع سرطان‌ها مشاهده گردید. تحمل طولانی مدت امواج مایکروویو با فرکانس پایین سبب تغییرات متابولیکی مثل تولید گونه‌های واکنش گرای اکسیژن(ROS)[1]، تشکیل ۸-هیدروکسی -۲- دئوکسی گوآنوزین و فعال سازی اورنتین دکربوکسیلاز می‌شود که این تغییرات می‌توانند اثر استرسی بر روی سلول‌های زنده گذاشته و تشکیل تومورها را تحریک کند (۳۴). اثر حرارتی امواج مایکروویو بر روی سیستم ایمنی بدن بسیار جدی می‌باشد و عمدتاً این سیستم یکی از اهداف موردنظر در استفاده از سلاح‌های بر مبنای استفاده از اشعه مایکروویو می‌باشد. بافت‌ها، سلول‌ها و مدیاتورهای سیستم ایمنی تحت تأثیر هیپوتالاموس مغز قرار دارند و وقتی سلول‌های مغز تحت تأثیر دوز بالای امواج مایکروویو قرار می‌گیرند، هیپوتالاموس تحریک‌شده و سبب افزایش دما در سلول‌ها می‌شود و این می‌تواند مدیاتورهای سیستم ایمنی مثل سایتوکاین‌های التهابی تب‌زا را تحت تأثیر قرار داده و سبب افزایش دمای بدن گردد (۳۵, ۳۶). از دیگر اثرات جانبی امواج مایکروویو بر روی بافت‌ها، می‌توان به افزایش سطح تولید آنزیم ROS در بیضه مردان اشاره کرد و افزایش این آنزیم در این سلول‌ها اثرات بسیار سمی بر فیزیولوژی باروری آنان می‌گذارد. تحقیقات در دهه گذشته نشان داده است که این امواج سبب تغییرات جهش‌زا[2] در دستگاه تولیدمثل شده و درنهایت منجر به ناباروری گردیده است. تشکیل ROS در اثر برهم‌کنش بین سلول‌های بیضه و امواج مایکروویو، یکی از علل اصلی ایجاد سرطان بیضه است. عوارض جانبی دیگر این امواج بر روی عملکرد بیضه شامل کاهش شدید اسپرم، تغییرات هورمونی و آنزیمی، صدمه به DNA سلول‌های بیضه و تحریک مرگ برنامه‌ریزی سلولی[3] است که به‌طور غیرعادی اتفاق می‌افتد(۳۷).

۲-استانداردهای جهانی برای مقابله با این امواج و کاهش آسیب‌های ناشی از آن در انسان

به‌طورکلی دو نوع استاندارد جهانی برای دفاع در برابر امواج مایکروویو توسط سازمان‌های بین‌المللی تعریف شده است: استانداردهای محافظت از امواج مایکروویو با منبع ناخواسته که به "استانداردهای نشت" [4] معروف‌اند. منابع این‌گونه امواج به‌طور عادی وارد زندگی بشر شده‌اند و قرارگیری در فاصله معینی از آن‌ها مشکلی ایجاد نمی‌کند. مثلاً فاصله نشت امواج مایکروویو با کاربرد در آشپزخانه ۵۰ میلی‌متر است. شرکت‌های تولیدکننده این قبیل دستگاه‌ها موظف به رعایت این نوع از استانداردها هستند. استانداردهای محافظت نوع دوم که در برابر امواج مایکروویوی با منبع مشخصی مثل رادار، آنتن، یک دستگاه خاص و یا یک سلاح ویژه ساتع می‌شوند، به استانداردهای در معرض[5] شناخته می‌شوند. استانداردهای در معرض، انسان را در محدوده قرارگیری امواج با فرکانس بالا محدود می‌کنند. این استانداردها هم برای افرادی که به‌طور مستقیم تحت تأثیر اشعه مایکروویو قرار می‌گیرند، محدودیت‌هایی را لحاظ نموده است و هم افرادی که با بازتاب اشعه مایکروویو مواجه می‌شوند (۳۸). استاندارد ناتو برای کنترل و ارزیابی افرادی که در معرض اشعه مایکروویو قرارگرفته‌اند، تحت عنوان:

Current Nato Stanag 2345در سال ۱۹۸۲ تدوین‌یافته است. بر اساس این استاندارد که در دامنه تابش ۱۰ کیلوهرتز تا ۳۰ گیگاهرتز، افراد در معرض را موردبررسی قرار می دهد، عوامل متعددی موردتوجه قرار می‌گیرند؛ عوامل غیر بیولوژیک شامل: ویژگی‌های فرستنده، عرض پالس، فرکانس تکرار پالس، تعداد تابشگرهای با پرتوهایی که تقاطع یا روشنایی یک منطقه مشابه را نشان می‌دهند؛ فاصله افراد از منبع تابش و مواد بازتاب‌دهنده اشعه مایکروویو. در این استاندارد مواردی نیز به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر اثرات بیولوژیک امواج مایکروویو روی افراد مدنظر قرارگرفته‌اند شامل: مدت‌زمانی که فرد در معرض اشعه مایکروویو قرار می گیرد، جهت میدان الکترومغناطیس، شرایط محیطی و موضعی از بدن که تحت تأثیر قرارگرفته است. بر اساس این استاندارد، امواج با فرکانس بیش سه کیلوهرتز منجر به یونیزه کردن هوا می شوند. این تخلیه الکتریکی شرایط خطرناکی را برای افراد در معرض ایجاد می‌کند؛ بنابراین ترک محلی که امواج با این فرکانس در آن ها منتشر می‌شود، می‌تواند یک استراتژی نجات باشد. در این پروتکل، قرارگیری افراد بیش از شش دقیقه در معرض امواج با فرکانس فوق توصیه نمی‌شود. نکته قابل‌توجه این است که برای عملیات نظامی، امواج مایکروویو با فرکانس ۳۰ گیگاهرتز تا سه مگاهرتز استفاده می‌شود و این برای سیستم فیزیولوژیک بدن نگران‌کننده است (۳۹). تحقیقات جدید، روش متفاوتی را برای

۱– Reactive oxygen species
۲– Mutagenic changes
۳– Apoptosis
۴– Leakage standards
۵– Exposure standards

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]

مقابله با امواج مایکروویو پیشنهاد کرده است. بخشی از این روش‌ها به‌صورت فیزیکی بر روی امواج مربوطه صورت می‌گیرد و از منبع تولید، آن‌ها را کاهش می‌دهد و بخش دیگر تغییرات فیزیولوژیکی است که بر روی موجودات زنده‌ای که تحت تأثیر این امواج قرارگرفته‌اند، قابل اعمال می‌باشند. پژوهش‌ها نشان داده است که برای انجام عملیاتی که نیاز به امواج مایکروویو دارند، در بسیاری موارد، به انرژی بالایی نیاز نیست؛ بنابراین کاهش اشعه از منبع تولید یک‌راه قابل‌قبول برای کاهش عوارض می‌باشد (۴۰). از مهم‌ترین روش‌های کاهش این امواج استفاده از پردازش سیگنال‌های دیجیتالی است که اشکالات پردازش آنالوگ شامل تداخل فرکانس‌های بازتابش به علت عدم تعادل I/Q، امواج غیرخطی در نمونه‌برداری و ... را برطرف می‌کند (۴۱). این راه‌کار در حالتی که هدف آسیب و یا صدمه نباشد، قابل‌توجه است؛ اما وقتی از امواج مایکروویو به‌عنوان یک سلاح استفاده می‌شود، افزایش حداکثری اشعه در برنامه تهاجمی دشمن قرار دارد؛ بنابراین اتخاذ راهبردهای دفاعی چه در بعد فیزیکی و یا فیزیولوژیکی می‌تواند بسیار راهگشا باشد.

نتیجه‌گیری

علیرغم کاربردهای بسیار مفید امواج مایکرویو، کاربردهای نظامی و غیر مطلوب آن در جهان روبه افزایش است. امروزه کشورهای با تکنولوژی استفاده از امواج مایکروویو، علیه کشورهای دیگر بخصوص کشورهای مسلمان، از این امواج چه در بعد تحقیقاتی و چه به‌صورت شناخته‌شده، در قالب یک سلاح جایگزین به‌جای سلاح‌های مرسوم استفاده می‌شود. برای مقابله با اثرات جانبی این امواج بر روی سیستم‌های مختلف بدن انسان، روش‌ها و استانداردهای مختلفی مانند استفاده از پردازش سیگنال‌های دیجیتالی، استفاده از استانداردهای نشت، استانداردهای در معرض و استاندارد ناتو معروف به: Current Nato Stanag 2345تدوین‌شده است.

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]

References

1-Hubert WG, editor Non-ionizing radiation-specific biomarker research at the united states air force research laboratory. Life Science Systems and Applications Workshop, 2007 LISA 2007 IEEE/NIH; 2007: IEEE.

2-Jelodar G, Nazifi S, Adelian E. Effect of leaked radiation from microwave oven on bone marrow of male rats in pre and post pubertal stage. SSU_Journals. 2011;18(6):496-504.

3-Radio-Frequency / Microwave Filters and Assemblies for Military Programmes 2018 [Available from: www.army-technology.com].

4-Group A. Non-Lethal Weapons Program 2018 [Available from: http:// jnlwp.defense.gov/].

5-Sienkiewicz Z. Biological effects of electromagnetic fields. Power Engineering Journal. 1998;12(3):131-9.

6-LeVine S. The Active Denial System. A Revolutionary, Non-lethal Weapon for Today's Battlefield. National Defense Univ Washington Dc Center for Technology and National Security Policy; 2009.

7-Miller S, Svitak G, editors. Nato naval armaments group. Workshop on Counter Piracy Equipment and Technologies; 2009.

8-Weise TH, Jung M, Langhans D, Gowin M, editors. Overview of directed energy weapon developments. Electromagnetic Launch Technology, 2004 2004 12th Symposium on; 2005: IEEE.

9-Alberts DS. Abrams, Michael (2003)"Dawn of the E-Bomb," IEEE Spectrum, 40 (11): 24–30. Adamson, Fiona B. (2006)"Crossing Borders: International Migration and National Security," International Security, 31 (1): 165–99. Addison, Craig (2001) Silicon Shield: Taiwan's Protection against Chinese Attack, Irving, TX: Fusion. The East Asian Computer Chip War. 2013;13(38):285.

10-Dunham W. US May Debut Secret Microwave Weapon versus Iraq. Reuters; 2003.

11-Wilson C, editor High altitude electromagnetic pulse (HEMP) and high power microwave (HPM) devices: Threat assessments2008: Library of Congress Washington DC Congressional Research Service.

12-Buch B, Mitchell K. The active denial system: Obstacles and promise.

13-Post JM, Ruby KG, Shaw ED. From car bombs to logic bombs: The growing threat from information terrorism. Terrorism and Political Violence. 2000;12(2):97-122.

14-Ni G, Gao B, Lu J, editors. Research on high power microwave weapons. Microwave Conference Proceedings, 2005 APMC 2005 Asia-Pacific Conference Proceedings; 2005: IEEE.

15-Seaman RL. Review of literature on high power microwave pulse biological effects. General Dynamics Advanced Information Systems Brooks City-Base TX; 2009.

16-Wright BA, Powell E, Dodson III WW. Directed Energy: Medical Effects of Radio Frequency Exposure (Microwave & Millimeter Wave)-A Literature Review. School of Aerospace Medicine Wright Patterson AFB OH; 2013.

17-Röösli M, Rapp R, Braun-Fahrländer C. Radio and microwave frequency radiation and health-an analysis of the literature. Gesundheitswesen (Bundesverband der Arzte des Offentlichen Gesundheitsdienstes (Germany)). 2003;65(6):378-92.

18-Black DR, Heynick LN. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions. Bioelectromagnetics. 2003;24(S6).

19-Cao G-f, Tong J, Wang J, Liu Q, Jin Y. Study on Effect of Weak Radio-frequency Electromagnetic Field on Neurobehavioral of Human and Mice. Industrial Health and Occupational Diseases-Beijing. 2004;30(3):135-7.

20-D'Andrea JA, Ziriax JM, Adair ER. Radio frequency electromagnetic fields: mild hyperthermia and safety standards. Progress in brain research. 2007;162:107-35.

21-Hirata A, Kojima M, Kawai H, Yamashiro Y, Watanabe S, Sasaki H, et al. Acute dosimetry and estimation of threshold-inducing behavioral signs of thermal stress in rabbits at 2.45-GHz microwave exposure. IEEE transactions on biomedical engineering. 2010;57 (5):1234-42.

22-Hao Y-H, Zhao L, Peng R-Y. Effects of microwave radiation on brain energy metabolism and related mechanisms. Military medical research. 2015;2(1):4.

23-Xu S, Ning W, Xu Z, Zhou S, Chiang H, Luo J. Chronic exposure to GSM 1800-MHz microwaves reduces excitatory synaptic activity in cultured hippocampal neurons. Neuroscience letters. 2006;398(3):253-7.

24-Jauchem JR. A literature review of medical side effects from radio-frequency energy in the human environment: involving cancer, tumors, and problems of the central nervous system. Journal of microwave power and electromagnetic energy. 2003;38(2):103-23.

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]

25-Roach WP. Radio frequency radiation dosimetry handbook. Air Force Research Lab Brooks AFB TX Human Effectiveness Directorate; 2009.
26-Xie T, Pei J, Cui Y, Zhang J, Qi H, Chen S, et al. EEG changes as heat stress reactions in rats irradiated by high intensity 35 GHz millimeter waves. Health physics. 2011;100(6):632-40.
27-Zhong X, Xu J, Liu H, Jiang Y, Lu X, Lv S. Morphological changes of heart and liver induced by high power microwave HPM radiation in rats. Chin J Public Health. 2010;26:1559-60.
28-Esmekaya MA, Aytekin E, Ozgur E, Güler G, Ergun MA, Ömeroğlu S, et al. Mutagenic and morphologic impacts of 1.8 GHz radiofrequency radiation on human peripheral blood lymphocytes (hPBLs) and possible protective role of pre-treatment with Ginkgo biloba (EGb 761). Science of the total environment. 2011;410:59-64.
29-Shahin S, Singh VP, Shukla RK, Dhawan A, Gangwar RK, Singh SP, et al. 2.45 GHz microwave irradiation-induced oxidative stress affects implantation or pregnancy in mice, Mus musculus. Applied biochemistry and biotechnology. 2013;169(5):1727-51.
30-Guo S, Wang X, Xu J, Lei J, Sun K, Jiang X, et al. Effect of microwave radiation on the rat hematopoietic system. Wei sheng yan jiu= Journal of hygiene research. 2011;40(2):223-6.
31-Balduini W, Carloni S, Buonocore G. Autophagy in hypoxia-ischemia induced brain injury. The journal of maternal-fetal & neonatal medicine. 2012;25(sup1):30-4.
32-Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. The lancet oncology. 2011;12(7):624-6.
33-Berg G, Spallek J, Schüz J, Schlehofer B, Böhler E, Schlaefer K, et al. Occupational exposure to radio frequency/microwave radiation and the risk of brain tumors: Interphone Study Group, Germany. American journal of epidemiology. 2006;164(6):538-48.
34-Yakymenko I, Sidorik E, Kyrylenko S, Якименко ІЛ, Сидорик ЄП, Кириленко СД, et al. Long-term exposure to microwave radiation provokes cancer growth: evidences from radars and mobile communication systems. 2011.
35-Peer AJ, Grimm MJ, Zynda ER, Repasky EA. Diverse immune mechanisms may contribute to the survival benefit seen in cancer patients receiving hyperthermia. Immunologic research. 2010;46(1-3):137-54.
36-Beachy SH, Repasky EA. Toward establishment of temperature thresholds for immunological impact of heat exposure in humans. International Journal of Hyperthermia. 2011;27(4):344-52.
37-Kesari KK, Kumar S, Nirala J, Siddiqui MH, Behari J. Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. Cell biochemistry and biophysics. 2013;65(2):85-96.
38-Kitchen R. RF and microwave radiation safety handbook: Newnes; 2001.
39-Klauenberg BJ, Grandolfo M, Erwin DN. Radiofrequency Radiation Standards: Biological Effects, Dosimetry, Epidemiology, and Public Health Policy: Springer Science & Business Media; 2013.
40-Marian V, Allard B, Vollaire C, Verdier J. Strategy for microwave energy harvesting from ambient field or a feeding source. IEEE Transactions on Power Electronics. 2012;27(11):4481-91.
41-Valkama M, Springer A, Hueber G, editors. Digital signal processing for reducing the effects of RF imperfections in radio devices—An overview. Circuits and Systems (ISCAS), Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on; 2010: IEEE.

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]

A review of the military applications and the harmful effects of microwave on humans
(The Medical Science University of Kermanshah City as a Case Study)

Kazemi Darsanaki R (MSc), Habibi A (PhD Candidate) *, Ra'esi S (MSc)

Abstract

Introduction: microwave radiation, are waves with the short wavelength and high energy which are used in telecommunication systems, radars and home appliances such as microwave ovens. The power and energy of these waves can be used to damage humans and equipment. The purpose of this study is to introduce the military applications of microwave waves and the effects of these waves on humans.

Method: In this review study, by researching in reputable scientific databases such as PubMed, Science Direct, Springer and Google Scholar, the use of microwave radiation as weapons and the effects of these waves on human health has been addressed and the results were analyzed.

Results: Microwave radiation in the form of "Rear door" pulses whit the wireless mechanism, cause the electronic systems to be neutralized or deactivated and in the "Front door" they destroy the power cables and telephone lines. These waves have different side effects on the endocrine, cardiovascular, immune, reproductive and hematopoietic stem systems at various frequencies. At the same time military's use of these waves against humans, the ways to deal with it, such as physical methods, observance of distance from waves, and some standards, are in progress.

Conclusion: Regarding the advancement of technology and the focus of Western countries on micro-wave-based weapons, field studies are necessary to recognize, counteract and reduce the effects of these weapons on humans and equipment.

Keywords: microwave radiations, thermal and non-thermal effects, leakage standards, exposure standards

---

*Corresponding Author: Faculty of Sciences, Imam Khamenei Marine University, Zibakenar, Rasht, Iran. Email: alirh110@gmail.com

[Downloaded from npwjm.ajaums.ac.ir on 2026-11-04]