

تأثیر امواج و میدانهای الکترومغناطیسی بر انسان

۱- مقدمه:

امروزه تولید سرانه برق و روند رو به رشد آن یکی از شاخصهای مهم نشان دهنده پیشرفت صنعتی، اقتصادی و افزایش رفاه کشور می‌باشد. با توجه به اهمیت طرحهای صنعتی در توسعه پایدار، صنعت برق نیز مشابه دیگر صنایع با توجه به افزایش شتاب تولید و مصرف انرژی برق در ۲۰ سال گذشته نقش به سزایی در آلودگی محیط زیست و سلامت و بهداشت انسان داشته است و بایستی اثرات نیروگاههای حرارتی از نظر آلودگی آبی و گازی و جامد و آلودگیهای صوتی و میدانهای الکتریکی و مغناطیسی ناشی از فعالیت نیروگاهها بر روی موجودات زنده به خصوص انسان، مورد بررسی قرارگیرد.

درون تمام ارگانیزمهای زنده، جریان الکتریکی و میدانهای الکتریکی با منشأ داخلی وجود دارد که در مکانیسمهای پیچیده کنترل فیزیولوژیکی نظیر اختلال در سیستمهای عصبی، عضلانی، فعالیت ممبران سلولی و رشد و تکامل و ترمیم بافتها نقش دارند. لذا لازم است ویژگیهای مصنوعی آثار احتمالی آنها در سیستمهای بیولوژیکی مورد بررسی قرار گیرند.

میدانهای الکترومغناطیسی (EMF) ابتدا موجب سرگیجه، وزوز گوش، ضعف و خستگی و تار شدن دید چشم و خواب آلودگی هنگام کار و همچنین پیدایش امراض ناشناخته، تغییر ترکیبات خون، اختلال در سیستمهای عصبی عضلانی (نوروماسکولار)، دگرگونی ژنتیکی، بروز سرطانهای چون لنفوم، لوسمی، تومورهای مغزی، سرطان غدد بزاقی و اختلال در باروری در زنان و مردان می‌شود.

ما در زندگی روزمره در محیط کار و خانه و مدرسه در معرض امواج الکترومغناطیسی و میدانهای الکترومغناطیسی و الکتریکی هستیم که این میدان الکتریکی حاصل از تولید، انتقال و استفاده از الکتریسیته است. مطالعاتی در رابطه با سلامتی انسان در مورد کسانی که در معرض میدان مغناطیسی و انواع سرطانها از نوع لوسمی و سرطان مغز صورت گرفته است. تعدادی از محققان در مورد ارتباط قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی و سرطان تردید دارند زیرا تفسیر آن از نظر بیولوژیکی مشکل است و نتایج تحقیقات متفاوت به نظر می‌رسد و با هم هماهنگی ندارند. بسیاری از محققان توافق بر این دارند که نیاز به اطلاعات بیشتری در خصوص تاثیرات میدانهای الکتریکی و مغناطیسی بر سلامت انسان داریم.

۲- میدان الکترومغناطیسی:

میدان الکترومغناطیسی به وسیله خطوط نیرو، سیمهای برق و تجهیزات الکتریکی تولید می‌شود. تأکید این مجموعه در مورد ارتباط میدان مغناطیسی با تولید و انتقال کاربرد نیروی الکتریکی است. میدانهای مغناطیسی خطوط نامرئی نیرو هستند که در اطراف هر وسیله الکتریکی وجود دارند. میدان الکتریکی با ولتاژ تولید می‌شود و قدرت آن با افزایش ولتاژ افزایش می‌یابد. واحد قدرت الکتریکی بر حسب متر بر ولت می‌باشد.

میدان مغناطیسی نتیجه شدت جریان در سیمها یا وسایل الکتریکی می‌باشد و قدرت آن با افزایش ولتاژ افزایش می‌یابد. میدان مغناطیسی بر حسب گوس یا تسلا اندازه‌گیری می‌شود. از طرف دیگر میدان الکتریکی حتی وقتی که تجهیزات الکتریکی خاموش می‌شود برقرار است و مدت زیادی با منبع جریان برق ارتباط خود را حفظ می‌کند. میدان الکتریکی با عبور کردن از موادی که هادی الکتریسیته هستند کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر میدانهای مغناطیسی از بسیاری مواد عبور می‌کنند و بنابراین جلوگیری از عبور آن بسیار مشکل است. با وجود این که میدانهای الکتریکی و مغناطیسی در اطراف وسایل الکتریکی و خطوط نیرو وجود دارند، تحقیقات اخیر بر روی پتانسیل اثرات میدانهای مغناطیسی بر سلامت انسان متمرکز گردیده‌اند. با وجود این که بعضی مطالعات

اپیدمیولوژیک ارتباط افزایش خطر ابتلا به سرطان را با در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفتن گزارش نموده‌اند اما ارتباط مشابهی در مورد میدانهای الکتریکی گزارش نشده است.

توسعه سریع علم و تکنولوژی، موجودات زنده را تحت تابش طیف وسیعی از میدانهای الکترومغناطیسی قرار داده است. پیشرفت فناوری و صنعت برق انسانها را در تماس با میدان الکترومغناطیسی حاصل از وسایل برقی از جمله کامپیوتر شخصی، فر برقی، تلویزیون، یخچال و ... نیز خطوط انتقال نیروی با ولتاژ زیاد قرار داده است.

۱-۲- اثرات میدانهای الکترومغناطیسی بر انسان:

اپیدمیولوژی، مطالعه بر روی احتمال شیوع بیماریها در جمعیت‌های انسانی است و اینگونه تحقیقات غالباً عینی هستند تا تجربه‌ای و این بدان معناست که اینگونه یک اپیدمیولوژیست نمی‌تواند تمامی فاکتورهایی را که موجب بروز بیماری می‌شود کنترل کند و یا در آزمایشگاه تحقیق کند اگرچه تحقیقات آزمایشگاهی در اطراف محیط انسانی و حیوانی کاملاً در مورد انسان صدق نمی‌کند. اپیدمیولوژیستها می‌توانند عوامل به وجود آورنده سرطان را مشخص کنند که شامل دود سیگار است و این در حالی است که در مورد میدانهای الکترومغناطیسی ارتباطی بین معاشرت و اپیدمیولوژی وجود ندارد.

بعضی دانشمندان که در این مورد مطالعه کرده‌اند ارتباط موجود بین میدانهای الکترومغناطیسی و سرطانهای خاص را وقتی که خطر کم باشد و یا اصلاً نباشد مشکل تفسیر می‌کنند حتی اگر احتمال ابتلا به سرطان ناشی از میدانهای الکترومغناطیس بسیار اندک باشد باید آن را جدی تلقی نمود زیرا در میان تعداد کثیر افرادی که در معرض میدانهای الکترومغناطیس هستند، حتی یک احتمال ناچیز هم می‌تواند باعث افزایش سرطان در سطح گسترده شود.

۲-۲- ارتباط سرطان با مشاغل صنعت برق:

از سال ۱۹۸۲ تعدادی از اپیدمیولوژیستها مطالعات و آزمایشاتی در این مورد انجام داده‌اند و گزارشی از بررسی بیماری لوسمی روی افرادی که در معرض میدان الکترومغناطیسی بوده‌اند با افرادی که در مشاغل دیگر کار کرده‌اند ارائه داده‌اند. در ایالات متحده این بیماری در بزرگسالان از هر ۱۰۰۰۰۰ نفر ۱۰ مورد در سال مشاهده می‌شود و این مطالعات شامل افرادی می‌شود که مستقیماً با وسایل الکترومغناطیسی سروکار دارند مثل مهندسان برق و یا افراد شاغل در خطوط تلفن و تلویزیون و تعمیرات رادیویی، اپراتورهای ایستگاه برق، الکتریسیته و جوشکار.

مطالعات دیگر ارتباط بین شیوع سرطان مغز و یا مرگ و میر در مشاغل مشابه را نشان می‌دهد. این تحقیقات اولین بار توسط دکتر Samuel Milham در سال ۱۹۸۲ کامل شده است. همچنین مطالعاتی در مورد ارتباط سرطان سینه و قرار داشتن در معرض میدان الکترومغناطیسی صورت گرفته است. سرطان سینه در مردان نادر است اما متأسفانه در زنان بسیار رایج است. در ایالات متحده سرطان سینه از هر ۱۰۰۰ نفر بیش از یک مورد در سال مشاهده شده است. در یک مرکز تحقیقاتی دانشگاهی در کارولینای شمالی میزان مرگ زنانی که در معرض میدانهای الکترومغناطیسی قرار داشته‌اند در اثر ابتلا به سرطان سینه بیشتر از زنانی بوده است که در چنین مشاغلی کار نکرده‌اند. اما با توجه به این که عوامل دیگری مثل فاکتور سن در تولد اولین نوزاد و باروری و تاریخچه ارثی در ایجاد این نوع سرطان مؤثر می‌باشند، لذا باعث اختلال در این تحقیق شده است و با در نظر گرفتن این مشکلات و نداشتن اطلاعات کافی پی بردن به عامل اصلی ایجاد این بیماری غیر ممکن به نظر رسید و مطالعات دیگری که در ایالات

متحد و کشورهای دیگر انجام شده است نشان میدهد که حتی زنانی که در خانه کار می کنند و در معرض میدان الکترومغناطیسی بالایی قرار دارند با خطر پیشرفت سرطان سینه مواجه بوده اند.

۳-۲- سایر امراض ناشی از میدانهای الکترومغناطیسی:

بیماری آلزایمر نوعی بیماری است که در افراد سن بالا بروز می کند و باعث ضعف تمرکز و اختلال در یادآوری خاطرات می شود. مطالعه و تحقیقاتی که در سال ۱۹۹۵ در فنلاند و کالیفرنیا انجام گردیده نشان می دهد کارگرانی که بیشتر در معرض میدان الکترومغناطیس قرار گرفته بودند بیشتر به این بیماری مبتلا شده اند. طبق گزارش دکتر Stephanie London و همکاران در سال ۱۹۹۴ به این نتیجه رسیده اند که افراد شاغل در صنایع برق و تلفن نسبت به افراد شاغل در دیگر صنایع بیشتر در معرض میدانهای الکترومغناطیس قرار دارند.

۴-۲- اثرات بیولوژیکی میدانهای الکترومغناطیس:

تأثیرات بیولوژیکی شامل تغییراتی در اعمال سلولها و بافتها و تغییراتی در فعالیت مغز استخوان انسان و ضربان قلب می شود. این قبیل مطالعات بر روی حیوانات آزمایشگاهی و حیوانات اهلی و نیز انسان بررسی شده است. طول موج، مدت در معرض امواج بودن، فاصله نسج با موج در تکثیر سلولی و جزئیات تکثیر مورد بررسی قرار گرفته است و باعث اختلال در تکثیر سلولی در مرحله DNA سازی و نیز باعث افزایش بروز نقص مادرزادی و اختلال باروری و موتاسیونهای مختلف می شود و این اختلال با مدت مجاورت با میدان الکترومغناطیسی و نوع موج متناسب بوده است. کارشناسان معتقدند کارتهای اعتباری یکی از وسایل مولد انرژی هستند که میدانهای مغناطیسی در اطراف خود ایجاد می کنند بنابراین برای به خطر نیفتادن سلامت، باید نکاتی را در استفاده از این نوع کارت ها مورد توجه قرار داد.

در حال حاضر دو نوع بحث بر سر موضوع تأثیر تلفنهای همراه بر سلامتی انسان وجود دارد:

- ۱- سیگنالهای تلفن همراه بر روی سلامت و رفتار انسانها تأثیر منفی می گذارند.
- ۲- هیچ مدرکی برای اثبات تأثیر منفی تلفن همراه بر روی سلامت انسان ها وجود ندارد.

۳- امواج مغناطیسی:

امواج الکترومغناطیسی امواجی هستند که توسط حرکت ذرات باردار الکتریکی تولید می شوند. این امواج، تابش الکترومغناطیسی نیز نامیده می شود؛ چرا که بر اثر تابش ذرات باردار الکتریکی به وجود می آیند. این امواج از فضای خالی، هوا و دیگر مواد عبور می کنند. فرستنده های مخابراتی، سیستم های رادار و فرستنده های رادیویی و تلویزیونی که با فرکانس بالا نوسان دارند، میدانهای الکترومغناطیسی شدیدی تولید میکنند که در فاصله فرکانسهای ۱ مگاهرتز تا ۱ گیگاهرتز قرار دارند. انرژی الکترومغناطیسی توسط بدن جذب می شود و به انرژی حرارتی تبدیل می گردد که اگر میزان جذب انرژی از حدود ۴ وات بر متر مربع بیشتر شود، دمای بدن را به اندازه ۱ تا ۲ درجه سانتی گراد افزایش می دهد. لذا از این امواج در فرکانسهای نزدیک به ۲۷ مگاهرتز و ۲۵۰ مگاهرتز برای مقاصد درمانی استفاده می شود.

فرکانسهای بسیار پائین (Extra Low Frequency) در حدود ۵۰ تا ۸۰ هرتز، خطرناک ترین فرکانسها برای بدن می باشند. در این فرکانسها جریانهای بسیار کوچک باعث آثار بیولوژیک قابل توجهی می شوند. به عنوان مثال عبور جریان ۲۳ میلی آمپر در

فرکانس های حدود ۵۰ تا ۶۰ هرتز منجر به شوک دردناک و مشکلات شدید قلبی و تنفسی می شود؛ در حالی که اثری مشابه در فرکانس های ۱۰۰ کیلوهرتز با جریانی حدود ۲۰ میلی آمپر ایجاد میشود.

۱-۳- انواع امواج الکترومغناطیس:

امواج الکترومغناطیس که در انواع وسایل الکتریکی از آنها استفاده می شود دارای طیف وسیعی هستند. برای سهولت این امواج را به سه دسته تقسیم کرده اند:

الف) قسمت پایین طیف

ب) قسمت بالای طیف که این امواج دارای پرتوهای یونیزان بوده و در وسایلی مانند ماکروویو کاربرد دارند. این امواج تحت عنوان امواج ماکروویو نیز معروف هستند.

ج) امواج وسط طیف که بین این دو قرار دارد و تحت عنوان رادیوفرکانس معروف بوده و از آنها در رادیو و تلویزیون استفاده می شود.

به طور کلی دکل های تولیدکننده امواج الکترومغناطیس برای تولید صدا و تصویر، امواجی با دو طیف فرکانسی متفاوت تولید می کنند. این فرکانس ها عبارتند از ۹۰ تا ۱۰۸ مگاهرتز و ۱۷۰ تا ۲۲۰ مگاهرتز. به منظور تولید پرازیت های تلویزیونی که تحت عنوان امواج ترانزیشن اینترفراانس معروف هستند، نیاز است که با یک منبع، امواجی با همین فرکانس به آنتن های تلویزیونی ارسال شود. برای تولید چنین امواجی اگر بخواهند از امواجی با قدرت و فرکانس امواج تلویزیونی استفاده کنند باید منبع تولید در فاصله ای بسیار نزدیک قرار گیرد. این فاصله حدود ۳ تا ۱۰ متر از آنتن های تلویزیونی تخمین زده شده است. با توجه به اینکه انجام چنین اقدامی امکان پذیر نیست، بنابراین اگر منبع تولید امواج در مناطق دورتر کارگذاری شود، مجبور هستند از امواج ماکروویو که انرژی بسیار بالایی دارند برای تولید پرازیت استفاده کنند.

۲-۳- ایمنی امواج الکترو مغناطیس

تحقیقات زیادی در جهان انجام شده که اثرات خطرناک امواج مختلف رادیویی یا راداری و الکترومغناطیس بر سلامت انسان را اثبات می کند. امواج منتشر شده در فضا به دو دسته الکترومغناطیس و مایکروویو یا امواج راداری تقسیم می شوند. در این میان امواج مغناطیس، میدان الکتریکی ایجاد می کند که گاهی تا شعاع ۱۰۰ متری آن هم نمی توان زندگی کرد و تأثیرات مخربی بر گلوبول های قرمز و رگ های خونی دارد و به اثرات منفی خونی و متابولیک شدید در دراز مدت منجر می شود. حریم ایمن امواج مغناطیس مثل سیم های فشار قوی برق باید رعایت شود و کسانی که در نزدیکی این امواج زندگی می کنند و حریم ایمنی را رعایت نمی کنند دچار اختلالات خونی شدید می شوند.

اصولاً آنتن های تلفن همراه و دکل های مخابراتی و نیز تشعشعات ناشی از دکل های برق فشار قوی هر یک به نوبه خود اثرگذاری خفیف تا شدیدی روی افراد دارند. به عنوان نمونه در مورد دکل های برق فشار قوی طیف های مختلف امواج الکترومغناطیسی، میدان های مغناطیسی ایجاد میکنند و افرادی که در حوزه این میدان ها قرار می گیرند تحت تأثیر آثار سوء این امواج واقع می شوند. تأثیر این امواج روی کودکان می تواند باعث بروز برخی از انواع سرطانها شود. در افراد بالغ نیز موضوع در مواردی باعث بروز مخاطرات و بیماری ها در سیستم های عصبی، قلب و عروق و دستگاه گوارش می شود و در مواردی نیز باعث ایجاد سرطان خون در این افراد شده است. این دکل ها باید تا شعاع های معینی دورتر از مناطق مسکونی نصب شوند و چنانچه این آنتن ها یا دکل ها

در مناطق مسکونی نصب شده اند حتماً باید جابه جا شوند زیرا زندگی طولانی مدت افراد به خصوص کودکان در مجاورت این دکل ها بسیار خطرناک است.

۳-۳- تأثیرات حیاتی امواج الکترو مغناطیس

بیشترین اثرات حیاتی امواج الکترو مغناطیسی ناشی از امواج مایکروویو، سیستم های راداری، امواج رادیویی و... بر روی نظامیان و افرادی است که در نزدیکی این ایستگاه ها زندگی می کنند. تحقیقات انجام شده بر روی این امواج نشان داد که اثرات این امواج بر روی تولیدمثل، منجر به مشکلات ژنتیکی بعد از زایمان و به خصوص سندرم داون میشود. در تحقیقی بر روی کارگران، جوابهای مثبت و منفی ناشی از تاثیر این امواج بر زاد و ولد مشاهده شد. باید توجه داشت که تعداد افراد مورد مطالعه بسیار کم است و همچنین شدت امواج را در این افراد، نمی توان به وضوح اندازه گیری کرد. ابتلاء به سرطان، افزایش خطر ابتلاء به لوسمی و لنفوم در بین نظامیانی که در معرض میدانهای الکترومغناطیس قرار گرفته بودند، مشاهده گردید اما شدت میدان در این تحقیق به خوبی مشخص نشده بود.

در تحقیقی که بر روی کارکنان ایستگاه های رادار و صنایع هوایی و نیروی نظامی آمریکا انجام شده بود، افزایش مرگ و میر در گروه مورد بررسی مشاهده نشد. افرادی که در حال استراحت، در معرض پرتوهای الکترومغناطیسی مربوط به سیستم های تصویری قرار گرفته اند، در صورتی که پرتوگیری حدود ۳۰ دقیقه و SAR (Specific Absorbption Rate) کمتر از ۴ وات بر متر مربع، باشد، منجر به افزایش دمای داخل بدن کمتر از یک درجه می شود.

در تحقیقی دیگر مشاهده گردید، زمانی که فرکانس امواج از ۱۰۰ کیلوهرتز به ۱۰ مگاهرتز افزایش یابد، آثار ناشی از میدانهای قوی از تحریک عصبی عضلانی به سمت آثار گرمایی تغییر می کند. در فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز تحریک اولیه به صورت تیک عصبی و در ۱۰ مگاهرتز این اثر به صورت گرم شدن مغناطیسی بروز می کند. گرم شدن به میزان ۱ تا ۲ درجه سانتی گراد میتواند سلامتی فرد را به خطر بیندازد. طی تحقیقاتی که بر روی حیوانات آزمایشگاهی انجام گردید، مشاهده شد رودنت هایی که برای بیش از ۲۵ ماه در معرض امواج مایکروویو بودند، بدخیمی های اضافی قابل ملاحظه ای در مقایسه با گروه کنترل داشتند؛ اگر چه انسیدانس تومورهای خوش خیم بین گروه ها تفاوت نمی کرد.

اگر بافتهای حساسی مانند چشم یا تخمدانها در معرض تابش شدید الکترو مغناطیس قرار بگیرند، ممکن است ضایعات مشخصی در این بافت ها ایجاد شود. پرتوگیری مایکروویو با بازده زمانی حدود ۲ تا ۳ ساعت و با SAR حدود ۱۰۰ تا ۱۴۰ وات بر مترمربع باعث افزایش دمای لنزی حدود ۴۱-۴۳ درجه میشود. در این حالت در چشم خرگوش کاتاراکت ایجاد میشود، در حالی که در چشم میمون ها با تابش الکترومغناطیس با همین شدت و یا بالاتر کاتاراکت مشاهده نشد.

در تحقیقی دیگر مشخص شد تابش امواج مایکروویو با شدت زیاد منجر به افزایش رشد سلولهای سارکومای ریه در موش می شود. همچنین مشاهده گردید که اگر موشهای هوشیار در معرض میدان مایکروویو قرار گیرند قطع رفلکس ترس و فرار و بی حرکتی در آنها ایجاد می شود

امواج الکترومغناطیسی که توسط بسیاری از منابع طبیعی و انسان تولید می شوند، می توانند به فواصل طولانی تابیده و نقش بسیار مهمی در زندگی روزمره انسان ایفا کنند. به طور خاص، میدان های الکترومغناطیسی که در فرکانس های رادیویی برای ارتباطات، رادیو و تلویزیون، شبکه های تلفن همراه و سیستم های بی سیم داخل ساختمان استفاده می شود، به جز جدانشدنی زندگی انسان

تبدیل شده اند. به خصوص با توجه به آسیب های بالقوه امواج رادیویی بر مردم، نگرانی های قابل توجهی را برای انسان به همراه آورده است.

در پاسخ به نگرانی های عمومی در مورد استفاده از این امواج روی سلامت انسان، در سال ۱۹۹۶ سازمان بهداشت جهانی (WHO) تلاش های تحقیقاتی را در این زمینه آغاز کرد. در ماه مه ۲۰۱۱، آژانس بین المللی تحقیقات سرطان وابسته به سازمان بهداشت جهانی، چکیده ای از خطرات بهداشتی میدان های الکترومغناطیسی را منتشر کرد. در این گزارش آمده است که شواهد محدودی از خطرات امواج الکترومغناطیسی روی سلامت انسان وجود دارد که از میان آن ها می توان به افزایش خطر ابتلا به بیماری های گلیوما و نوروم آکوستیک (تومورهای سرطانی اعصاب و مغز) اشاره کرد. در نتیجه این سازمان امواج الکترومغناطیسی را در دسته امواج احتمالاً سرطان زا (possibly carcinogenic) طبقه بندی کرده است.

۴-۳- مکانیسم آثار بیولوژیک امواج رادیویی و میکروویو:

همانطور که امواج الکترومغناطیسی در فرکانس های مختلف، خواص مختلفی از خود نشان می دهد، در روی بافت های زنده نیز اثرات متفاوت با مکانیسم های متفاوت دارند. اعضای بدن انسان در مقابل فرکانس های گوناگون، حساسیت های مختلفی از خود نشان می دهند. به طور کلی بافت های زنده با حداقل دو مکانیسم از امواج الکترومغناطیس تأثیر می پذیرند. مهمترین علت تأثیرگذاری بر بافت زنده در فرکانس رادیویی و MW جذب انرژی توسط بافت زنده و ایجاد گرما ناشی از آن در بافت است. این جذب انرژی می تواند از یک تحریک سلولی تا گرم شدن بافت، و از یک اختلال در عملکرد درون سلولی تا حتی سوختگی سطحی یا عمقی متفاوت باشد.

دومین تأثیر مستقیم این پرتوها لقاء جریان الکتریکی - مغناطیسی درون بافت زنده است. این جریان القا شده در بدن به نوبه خود بر جریان های داخلی بدن مانند جریان های موجود در سیستم عصبی مرکزی و قلب تأثیر بسیار سوئی خواهد داشت. سایر مکانیسم ها، تاکنون ناشناخته مانده اند و بسیاری از اثرات مثل سرطان زایی به این مکانیسم منتسب هستند.

۵-۳- انواع اثرات سوء امواج میکروویو و رادیویی در بدن انسان:

اثرات سوء سلامتی امواج میکروویو و رادیویی در بدن انسان را در ۴ دسته ۱- آثار گرمایی ۲- آثار غیر گرمایی ۳- آثار غیر مستقیم و ۴- اثرات تشعشعات بر روی اشیاء مورد بررسی قرار می دهند.

۱-۵-۳- آثار گرمایی:

تنها اثر قطعی منتسب به امواج فوق، اثرات گرمایی هستند. در بررسی آثار گرمایی امواج رادیویی و میکروویو، ذکر این نکات حائز اهمیت است که اولاً در فرکانس های بالاتر، میزان جذب بافتی انرژی افزایش می یابد، ثانیاً میزان جذب انرژی در بافت های مختلف با هم متفاوت است، ثالثاً مقدار زیادی از تأثیر این امواج به قدرت نفوذ این امواج به داخل بدن بستگی دارد که در فرکانس های مختلف، متفاوت است. کمیت SAR (آهنگ جذب انرژی) کمیتی است که بیانگر میزان جذب انرژی پرتو در بدن است و مستقیماً می تواند شدت تأثیرگذاری گرمایی آن ها را نشان دهد. به بیان دیگر هر چه SAR بیشتر باشد، میزان تأثیر گرمایی اشعه میکروویو یا رادیویی بیشتر خواهد بود. واحد SAR وات بر کیلوگرم است. اگر SAR بیش از ۴ باشد اثرات گرمایی ایجاد شده برگشت ناپذیر و مخرب قطعی خواهند بود. در صورتی که SAR کمتر از ۴ باشد، اثرات گرمایی برگشت پذیر و غیر دائمی خواهند بود.

- **اثرات بر چشم و آسیب قرینه:** قرینه عضوی است که رگ های خورسان در آن وجود ندارند. بنابراین از دست دادن گرما از آن به سختی صورت می گیرد و به همین جهت به گرما حساس است، امواج رادیویی به خصوص امواج MW می توانند جذب قرینه شده و آن را آسیب زده و حتی تا حد کدورت قرینه پیش روند.
- **اثرات بر ملتحمه چشم:** آسیب زدن به غدد مترشحه ملتحمه چشم می تواند باعث خشکی چشم و احساس وجود جسم خارجی در چشم شود. اگر آسیب به ملتحمه آنقدر باشد که آسیب دائمی به غدد مرطوب کننده چشم واقع در ملتحمه بزنده، می تواند باعث کوری در اثر خشکی بیش از حد چشم شود.
- **آب مروارید:** آب مروارید یا کاتاراکت از دیگر آسیب های چشمی ناشی از امواج رادیویی و میکروویو است. حرارت ناشی از جذب آن ها در عدسی چشم می تواند باعث کدورت عدسی و ایجاد آب مروارید شود.
- **آسیب های پوستی:** بسیاری از قسمت های طیف امواج رادیویی و میکروویو قدرت نفوذ کمی به بدن دارند، بنابراین در سطح بد(پوست) باقی مانده و جذب می شوند. در این موارد احتمال بالا رفتن حرارت در پوست در نتیجه درجات مختلفی از سوختگی پوستی قابل انتظار است.
- **عقیمی:** یکی از اعضای حساس به حرارت بیضه ها هستند. سلول های ژرمینال تولید کننده اسپرم در درجه حرارت خاصی که معمولاً کمتر از درجه حرارت معمولی بدن است می توانند کار کنند و در درجه حرارت های بالاتر صدمه خواهند دید. جذب انرژی ناشی از امواج میکروویو یا رادیویی در بیضه ها می تواند باعث عقیمی موقت شود که اگر جذب انرژی کافی باشد می تواند عقیمی دائم را ایجاد کند.
- **تب:** بالا رفتن کلی دمای بدن و خستگی و بی حالی ناشی از قرار گرفتن در معرض فرکانس هایی که کل بدن امواج را به یک میزان جذب می کنند ایجاد می شود.
- **شوک و سوختگی:** در بحث شوک و سوختگی نیز ممکن است تأثیرات ناشی از تماس با اشیاء هادی مانند قطعات فلزی واقع شده در میدان های الکترومغناطیسی باشد، به همین دلیل توصیه می شود که در میدان های الکترومغناطیسی و در فرکانس های تا ۱۰۰ کیلوهرتز از تماس با اشیاء هادی و قطعات فلزی جلوگیری شود.

۲-۵-۳- اثرات غیر گرمایی:

این اثرات در واقع اثرات غیر قطعی و احتمالی بوده و در دو دسته اثرات سرطانزایی و سایر اثرات بیان می شوند.

- **اثرات سرطانزایی:** مطالعات نسبتاً قابل توجهی در مورد اثرات سرطان زایی این دسته امواج صورت گرفته است این مطالعات شامل مطالعات اپیدمیولوژیک در مورد رابطه استفاده تلفن های موبایل، اجاق های میکروویو خانگی و غیره با انواع سرطان ها و نیز بررسی شیوع انواع سرطان ها (به خصوص تومور مغزی و سرطان خون) در پرسنل نظامی در معرض اشعه MW و رادیویی یا پرسنل مراکز مخابراتی و اپراتورهای رادارها و فرستنده های رادیویی و تلویزیونی بوده است. به علاوه مطالعات متعددی در سطح سلولی و حیوانی نیز در این رابطه انجام شده است. دسته ای از این مطالعات خاصیت سرطان زایی این اشعه ها را رد کرده اند ولی دسته دیگر رابطه بین سرطان و این امواج را نشان داده اند. پانل متبهرین سازمان بهداشت جهانی که هر ۴ سال یکبار مطالعات فوق را مرور می کند اعلام کرده تا به حال هیچ مدرکی

که سرطانزا بودن امواج رادیویی و مایکروویو را ثابت کند، یافت نشده است. به هر حال این دسته از مطالعات ادامه دارند و تحقیقات در زمینه محاسبه ریسک احتمالی سرطان در تماس با این دسته از امواج ادامه دارد.

- **سایر اثرات:** در بسیاری از مطالعات، ارتباطی بین این امواج با اختلالات هورمونی (تغییر در تولید هورمون‌ها و به هم ریختن نظم هورمونی بدن)، اختلالات رفتاری (خشونت، حرکات اضطرابی و...)، اختلالات خواب، اختلالات بیوشیمیایی بدن (اختلال در تنظیم قند، چربی و الکترولیت های خون، نتایج بد حاملگی (سقط، زایمان زودرس، انواع اختلالات مادرزادی در جنین)، اختلالات خلقی مانند افسردگی و افزایش میل به خودکشی، اختلالات قلب و عروق و افزایش ریسک حمله های قلبی و انواع اختلالات عصبی، نشان داده شده است ولی نتایج فوق با سایر مطالعات تأیید نشده‌اند. بنابراین احتمال ایجاد چنین اثراتی وجود دارد اگر چه وجود آن ها را به صورت قطعی نمی‌توان تأیید کرد.

۳-۵-۳- اثرات غیر مستقیم:

این اثرات به القاء جریان در بدن و تأثیر بر وسایل پزشکی کار گذاشته شده داخل بدن مربوط می‌شوند مثل اختلال در کارکرد سمعک یا دستگاه ضربان ساز قلب یا اختلال در کارکرد دستگاه های حساس پزشکی در بیمارستان که جان بیماران به آن وابسته است.

۳-۵-۴- اثرات تشعشعات بر روی اشیاء:

از جمله اثرات تشعشعات بر روی اشیاء موجود در محیط نیز می‌توان به سوخت بخارهای قابل اشتعال و تجهیزات انفجاری الکترونیکی اشاره کرد که این خطرات می‌تواند متوجه افرادی باشد که در کنار مواد قابل اشتعال یا انفجاری کار می‌کنند. در همین حال تداخل الکترومغناطیسی در سیستم‌های ناوبری هواپیما و تداخل با این چنین تجهیزاتی نیز از دیگر اثرات ناشی از تشعشعات بر روی اشیاء موجود در محیط است.

۳-۶- سایر تأثیرات تشعشعات رادیویی بر بدن انسان:

۳-۶-۱- تأثیر بر روی غشاهای سلولی انسان:

بعضی از اثرات امواج فرکانس رادیویی بر پروتئین‌های غشاء و حرکت یون‌ها در میان غشاها هنگامی در سلول ظاهر می‌شود که شدت این امواج باعث تولید حرارت قابل توجهی شود به طوری که درجه حرارت بدن بیش از حد نرمال (۳۷ درجه سانتیگراد) شود. برخی شواهد نشان می‌دهد که تشعشعات فرکانس رادیویی در سطوحی که توسط تلفن همراه تولید می‌شود روی کانال های یونی و پروتئین های غشاء نوروں ها در مغز تحت شرایط نرمال نیز اثر می‌گذارد. این تأثیرات ممکن است باعث تغییرات ظریفی در عملکرد سلول شود اما میزان اهمیت این تأثیرات در سلامت انسان هنوز مبهم است.

۳-۶-۲- تأثیر بر روی رفتارهای شنیداری انسان:

فرکانس رادیویی با شدت بالا ممکن است واکنش‌های رفتاری را در پی داشته باشد چرا که در این حالت درجه حرارت به طور موقت افزایش می‌یابد و در حین افزایش دما معین می‌شود که لرزش صوتی ناشی از فرکانس رادیویی شنیده می‌شود یا خیر.

۳-۶-۳- تأثیر بر روی ملانونین:

بر اساس مطالعات، هیچ تاثیری را از تشعشع فرکانس رادیویی بر روی ترشح ملانونین گزارش نکرده اند. با توجه به محل قرارگیری هیپوتالاموس و غده صنوبری در قسمت های عمیق تر سر انسان نسبت به حیوانات مورد آزمایش، در صورت تغییر در ترشح ملانونین این تغییر در انسان ها نسبت به حیوانات بسیار کمتر خواهد بود.

۳-۶-۴- آسیب DNA ، جهش یا انحراف کروموزومی:

درجه حرارت نرمال میدان های فرکانس رادیویی، روی سلول های جسمی و بنیادی اثری نمی گذارند. مطالعات روی باکتری ها، سلول های حیوانی و کشت شده تحت تشعشع در محیط مصنوعی شواهد مشخصی را روی آسیب DNA حتی در شدت های بالا نشان نداده است. فقط با تحت تشعشع قرار دادن موش ها در محیط طبیعی با فرکانس های رادیویی پالسی اختلالاتی در DNA سلول های مغز دیده شده است.

۳-۶-۵- تأثیر بر سیستم ایمنی و طول عمر انسان:

سیستم ایمنی در مقابل میکروارگانیسم ها، ویروس ها و بعضی از سلول های سرطانی از بدن محافظت می کند، هرگونه تغییر در فرکانس رادیویی روی سیستم ایمنی اثرات مهمی روی سلامتی می گذارد. فرکانس ۱۰ گیگاهرتز و در سطوح خیلی پایین، سیستم ایمنی بدن را تحریک می کند اما در کل مطالعات، هیچ تاثیری در رابطه با تشعشع فرکانس رادیویی روی طول عمر نشان نمی دهد.

۳-۶-۶- تأثیرات در پیشرفت و جابجایی تومور:

یافته های علمی اثر امواج فرکانس رادیویی در سطوح ارتباطات همراه (حداکثر ۲,۴۵ گیگاهرتز) را در ایجاد و دوره نهفتگی و پیشرفت تومورها تأیید نکرده اند که این نشان می دهد که تشعشع فرکانس رادیویی باعث پیدایش تومور نمی شود. اگرچه میدان های فرکانسی رادیویی مربوط به تلفن همراه ممکن است باعث افزایش جزئی در فعالیت آنزیم های کلیدی (کینازهای پروتینی) شود اما بنا به یافته های علمی بسیار بعید به نظر می رسد که این تغییرات در رشد تومور تأثیر داشته باشند. حتی جدیدترین یافته های حفاظت در برابر اشعه فدرال آلمان نیز خطر پیشرفت سرطان در اثر امواج تلفن همراه را تأیید نکرده است.

۳-۶-۷- تأثیرات بر چشم انسان:

تشعشعات سطح بالا به مدت حداقل یک ساعت باعث تشکیل آب مروارید می شود. فرکانس مربوط به این تشعشعات بین ۱ تا ۱۰ گیگاهرتز است. در این محدوده انرژی بالایی به میزان SAR ۱۰۰ توسط بدن انسان جذب می شود که در این وضعیت درجه حرارت داخل چشم بسیار بالا و در حدود ۴۳ درجه سانتیگراد است. البته شدت فرکانس رادیویی مورد استفاده در این تحقیق بالاتر از محدوده فرکانس مورد استفاده در تلفن همراه است و به همین ترتیب تأثیر تخریبی گوشی موبایل بر سلامتی چشم انسان منتفی است.

۳-۶-۸- اثر بر گوش انسان:

آزمایشات نشان می دهد که گوش انسان به فرکانس های محدوده ۲۰۰ مگاهرتز تا ۳ گیگاهرتز پاسخ می دهد. انرژی فرکانس رادیویی باعث انبساط بافت های مغز می شود که ناشی از تغییرات حرارت کوچک اما سریع بافت ها است. این امر باعث ایجاد امواج

فشاری می شود که از طریق مجسمه به گوش درونی فرستاده می شود. جایی که گیرنده های حساس صوتی در آنجا قرار دارند. اما افزایش دمایی که باعث ایجاد امواج فشاری می شود کمتر از ۵-۱۰ درجه سانتیگراد است.

۹-۶-۳- تاثیر بر دستگاه قلبی عروقی انسان:

با استفاده عادی از تلفن همراه، وقتی تلفن در کنار گوش قرار داده شود، تاثیر مستقیم آن روی قلب انسان خیلی بعید به نظر می رسد اما تاثیر روی گیرنده های وابسته به شریان بدن محتمل است و محققان نتیجه گرفته اند که تاثیرات روی فشار خون به دلیل انقباض زیاد عروق یا شاید به خاطر افزایش در فعالیت سمپاتیک در ساقه مغز باشد که این زمینه نیاز به مطالعات بیشتری دارد. اثرات ناشی از سطوح بالای فرکانسی نیز مربوط به تاثیرات حرارتی روی قلب و عروق است.

۱۰-۶-۳- تاثیر بر عملکرد مغز انسان:

یافته های علمی نشان می دهد که تلفن همراه در کوتاه مدت بر عملکرد مغز اثری ندارد. نتایج اخیر در ارتباط با بی خطر بودن تلفن های همراه در طولانی مدت نشان می دهد که استفاده از موبایل باعث افت حافظه، تغییرات در حواس و نوسان فشار خون می شود. همچنین فقط نواحی از مغز که به گوش نزدیک ترند، تحت تشعشع قرار می گیرند.

۱۱-۶-۳- تاثیر بر سیستم های عصبی:

تحقیقات با سیستم های برخوردار از مدل های گوناگون عصبی نشان می دهد تغییرات در تحریک پذیری نورونی عملکرد سیستم عصبی و رفتارهای اکتسابی فقط در اثر تشعشعات بالا که منجر به جذب انرژی فراوانی در بدن شده و حرارت قابل توجهی را سبب می شود اتفاق می افتد. تاثیر بر موج نگاری های مغزی در حیوانات طبق آزمایش های انجام شده بر روی گربه ها و خرگوش ها، در فرکانس های رادیویی ۱ تا ۱۰ مگاهرتز تغییراتی در موج نگاری های مغزی (EEG) و پارامترهای رفتاری گزارش شده است. همچنین با افزایش زمان تشعشع مجدداً تغییراتی در طیف موج نگاری دیده شده است. گزارشاتی نیز تاثیر این امواج را بر روی موج نگاری مغزی موش ها و خرگوش هایی که در محدوده فرکانسی بالاتر از تشعشعات گوشی همراه قرار داشتند، بیان می کند.

۷-۳- رابطه لپ تاپ با عقیم شدن مردان

یک بررسی نشان می دهد استفاده از لپ تاپ متصل به اینترنت بی سیم (WIFI) با عقیمی مردان، ارتباط مستقیم دارد. در سال های اخیر استفاده از لپ تاپ به دلیل راحتی و آسانی استفاده و قابلیت جابجایی افزایش زیادی یافته است. این میزان استفاده از اینترنت WIFI، انسان را در معرض تردد جریان های الکترومغناطیسی صادر شده از لپ تاپ، قرار می دهد. به ویژه اعضای جنسی مردان به دلیل نزدیکی به لپ تاپ در حالت گذاشتن این وسیله روی پا، بر روی منطقه تولیدمثل مردان تاثیر منفی گذاشته و به مرور باعث کندی فعالیت آن میشود. حالت های عقیمی، وضعیتی شایع در جهان است و بر بیش از ۷۰ میلیون زوج در جهان، تاثیر می گذارد. عوامل نازایی به دلیل شرایط محیطی به وجود می آیند که از جمله می توان به امواج الکترومغناطیسی اشاره کرد.