

پایه‌گذار علم "نانو فناوری پزشکی" در ایران طی یادداشتی تشریح کرد

## اثرات مخرب امواج موبایل و آنتن‌های BTS بر سیستم‌های زیستی

تهران (پانا) - استاد رشته نانوفناوری پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و عضو شاخه فیزیک و ریاضی فرهنگستان علوم با تاکید بر اینکه اطلاع‌رسانی در مورد سلامتی جامعه و خطراتی که آن را تهدید می‌کند جزو حقوق شهروندی است، ضمن تشریح اثرات مخرب تابش‌های الکترومغناطیسی از تلفن‌های همراه و آنتن‌های فرستنده (BTS) بر سیستم‌های زیستی با اشاره به دلایل تاثیر سیگنال‌های تلفن موبایل و آنتن‌های BTS در تخریب بسیار جدی (تکه شدن) مولکول DNA گفت: مطالعات گسترده جهانی در این رابطه، بوضوح نشان می‌دهند که استفاده از تلفن موبایل برای مدت ۱۰ سال و یا بیشتر تقریباً ریسک پیدایش تومور مغزی بدخیم را ۲ برابر می‌کند.

به ZWNJ گزارش ایسنا، پروفسور هاشم رفیعی ZWNJ، تبار، استاد گروه فیزیک و مهندسی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی طی یادداشتی که در اختیار خبرگزاری دانشجویان ایران قرار داده، آورده است: &laquo;پرتوگیری مغز وابسته به ZWNJ نوع موبایل و موقعیت آنتن موبایل نسبت به سر است، ولی بالاترین سطح پرتوگیری در لوب گیجگاهی (temporal lobe)، ناحیه چین خوردگی عمیق در مغز (insular region)، جمجمه، پوست سر و غده بزاقی (parotid gland) است. در این راستا فارغ از نوع تلفن موبایل، بزرگترین مقدار پرتوگیری در آن سمتی از سر است که تلفن موبایل در آن سمت نگه داشته می‌شود (چپ یا راست). با این حال این پرتوگیری در نوجوانان و کودکان بیشتر است، چراکه پوست سر و جمجمه آنها نازک‌تر بوده، محتوای آب مغز آنها بیشتر و همچنین حجم مغزشان کمتر است.

در خلال سال ZWNJ های اخیر استفاده از سیستم ZWNJ های متحرک برای تماس مانند تلفن همراه، از رشد بی سابقه ZWNJ ای در تمام کشورها برخوردار بوده است. این امر در عین ZWNJ حال باعث ایجاد نگرانی ZWNJ های عمیق در بسیاری از جوامع در مورد اثرات مخرب امواج الکترومغناطیسی که مورد استفاده تلفن ZWNJ های همراه و آنتن ZWNJ های BTS هستند، بر بافت ZWNJ ها و سیستم ZWNJ های زیستی شده است.

ده ZWNJ ها گزارش و مقالات پژوهشی در نشریات بسیار معتبر جهانی و در کشورهای مطرح اروپایی و در ایالات متحده امریکا در این مورد به چاپ رسیده ZWNJ اند. معذالک، در کشور ما این موضوع تاکنون مورد توجه جدی قرار نگرفته و ما با بی ZWNJ تفاوتی نسبت به این اثرات مخرب تا انکار کامل آن مواجه بوده ZWNJ ایم.

تلفن همراه و آنتن ZWNJ های آنها سیگنال ZWNJ های خود را از طریق امواج الکترومغناطیسی (یا میدان الکترومغناطیسی) فرستاده و دریافت می‌کنند. یک میدان الکترومغناطیسی از دو بخش الکتریکی و مغناطیسی تشکیل می‌شود ZWNJ و تمام تابش ZWNJ های الکترومغناطیسی که با سرعت نور اشعه می‌شود ZWNJ بیابد، ناشی از نوسانات این میدان ZWNJ های الکتریکی و مغناطیسی هستند. بسامد (فرکانس) که تعداد نوسانات این میدان ZWNJ ها در ثانیه است، تعیین ZWNJ کننده خواص این میدان ZWNJ ها و استفاده ZWNJ ای که از آن ZWNJ ها می‌توان داشت، است.

واحد اندازه ZWNJ گیری فرکانس، هرتس (Hz) است که هر هرتس معادل یک نوسان در ثانیه است. واحدهای بزرگ ZWNJ تر عبارتند از کیلوهرتز (kHz) یعنی یک هزار هرتس، مگا هرتس (MHz) یعنی یک میلیون هرتس، گیگا هرتس (GHz) یعنی یک هزار میلیون نوسان در ثانیه. فرکانس ZWNJ های مابین ۳۰ kHz و ۳۰۰ GHz بطور گسترده برای امور ارتباطاتی شامل پخش رادیویی و تلویزیونی مورد استفاده قرار می‌گیرند و پهنای باند رادیو فرکانس (RF) را در طیف گسترده میدان الکترومغناطیس تشکیل می‌دهند ZWNJ.

در داخل پهنای باند رادیو فرکانس تا فرکانس ZWNJ های نزدیک به ۶۰ GHz به امواجی که امواج میکرو ویو (microwave)

نامیده می‌شوند؛ و تعلق دارند. از این امواج بعنوان مثال برای ارتباطات، ارتباطات ماهواره و مخابرات و وضعیت جوی استفاده می‌شود. فرکانس امواج میکرو ویو داخل دستگاه میکروفر خانگی شما که برای پخت و پز بکار گرفته می‌شود، در حدود ۲.۴۵ GHz است. فرکانس‌های بالاتر از میکرو ویو به ترتیب فرکانس‌های نور فرو قرمز، نور مرئی، نور فرا بنفش، اشعه ایکس و نهایتاً اشعه گاما هستند که این دو تشعشع آخری توسط مواد رادیو اکتیو ساطع می‌شوند و در تصویربرداری و درمان پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تلفن‌های همراه با استفاده از یک ارتباط میکرو ویوی دو طرفه بین دستگاه تلفن و نزدیکترین آنتن BTS فعالیت می‌کنند. این ارتباط رادیویی بین دستگاه موبایل و آنتن BTS از امواج میکرو ویو، با فرکانس بین ۹۰۰ MHz تا ۱.۸ GHz، در بسیاری از کشورها و از جمله ایران، استفاده می‌کند. سیگنال که می‌تواند صوت، فاکس، داده‌های کامپیوتری، تصویر و غیره باشد و شکل منقطع (pulsed signal) به خود بگیرد، از دستگاه تلفن شما به نزدیکترین آنتن BTS فرستاده می‌شود و سیگنال دریافتی از آنتن BTS با فرکانس کمی متفاوت به تلفن شما فرستاده می‌شود، آنتن‌های BTS شکل برج را داشته و در برخی از کشورها، از جمله ایران اجازه دارند که در بالا و یا در کنار منازل مسکونی، مدارس و بیمارستان‌ها بطور گسترده نصب شوند.

شبکه تلفن همراه اولین بار در سال ۱۹۸۱ در سوئد با فرکانس ۴۵۰ MHz آنالوگ یا نسل اول (1G) بکار گرفته شد. سیستم دیجیتالی GSM یا (Global System for Mobile Communications) در سال ۱۹۹۱ شروع بکار کرده و نسل دوم (2G) تلفن همراه نامیده می‌شود، از همان اواسط سال‌های ۱۹۹۰ استفاده گسترده از تلفن همراه در بسیاری از کشورها آغاز شد. سیستم نسل سوم (3G) بر پایه روش TDMA یا (Time Division Multiple Access) با فرکانس ۸۰۰ MHz و ۱۹۰۰ MHz بنا شده که اجازه استفاده از هر کانال ارتباطی را به ۸ تلفن همراه می‌دهد.

شدت میدان‌های ساطع از تلفن موبایل و آنتن BTS

شدت (چگالی توان) تابش رادیوفرکانس از یک تلفن همراه عمدتاً توسط آنتن موبایل و اجزاء داخلی موبایل ساطع می‌شود. آنتن موبایل عموماً از یک مارپیچ فلزی و یا یک لوله فلزی که چند سانتیمتر طول آن است، درست شده است و در بالای تلفن قرار دارد.

شکل ۱: چشمه‌های تشعشع میدان الکترومغناطیسی از یک موبایل: آنتن، فرستنده و باتری موبایل

هیچ‌کدام از این دو نوع آنتن بطور قوی جهت‌گرا (directional) نیستند، گرچه توان بالاتری در برخی از جهات نسبت به جهات دیگر نشر داده می‌شود. در نقاطی از بدن (سر) که ۲.۲ سانتیمتر از آنتن فاصله دارند، حداکثر مقادیر میدان الکتریکی محاسبه شده در حدود ۴۰۰ Volt/m برای یک تلفن با توان ۲ وات و فرکانس ۹۰۰ MHz و حدود ۲۰۰ Volt/m برای یک تلفن ۱ وات و فرکانس ۱.۸ GHz است. برای هر دو نوع تلفن حداکثر میدان مغناطیسی محاسبه شده در حدود یک میکروتسلا (تسلا واحد اندازه‌گیری میدان مغناطیسی) است.

آنتن‌های BTS در داخل یک شبکه سلولی که سلول‌های آن شش‌وجهی هستند، چیدمان می‌شوند.

شکل ۲: شبکه آنتن‌های BTS که در مرکز سلول‌های شش‌وجهی چیدمان شده‌اند

این آنتن‌ها در درون این سلول‌ها جای گرفته و بر پایه برج‌های بلند، ما بین ۱۰ تا ۳۰ متر قرار دارند و یا بر پایه برج‌های کوتاه در بالای ساختمان‌ها و یا چسبیده به کناره ساختمان‌ها قرار گرفته‌اند.

شکل ۳: نمونه یک آنتن BTS قرار گرفته بر یک برج

در یک چیدمان معمول، هر برج از سه آنتن تشکیل می‌شود که هرکدام برون‌داد تابشی خود را در یک زاویه ۱۲۰ درجه در داخل سلول ساطع می‌کنند. بخش مهمی از توان ساطع شده توسط آنتن، متمرکز بر یک پرتو (beam) تقریباً افقی است که عرض آن یک زاویه ۶ درجه با عمود می‌سازد و حداقل تا ۲۰۰ متر فاصله از پایه برج اثرگذار است.

شکل ۴: پرتو (beam) اصلی از یک آنتن که بر یک برج BTS قرار گرفته است. در حول و حوش پرتو اصلی تشعشعات ضعیف کناری نیز موجودند. پرتو از آنتن حداقل تا دویست متر اثرگذار است.

مابقی توان ساطع شده به یک سری پرتوهای ضعیف تبدیل می‌شوند که در حول و حوش پرتو اصلی قرار دارند. آنتن‌های BTS توان به مراتب بزرگتری از دستگاه تلفن موبایل از خود ساطع می‌کنند. همان‌طور که اشاره شد، آنتن‌های BTS تشعشع خود را به‌طور همسانگرد (isotropic) ساطع نکرده و بیشترین توان در محدوده پرتو اصلی متمرکز می‌شود.

اثرات زیست‌شناختی تابش از تلفن‌های موبایل و آنتن‌های BTS

عموماً شدت یک میدان الکترومغناطیسی (یا همان چگالی توان) تابش یافته با فاصله از منبع تابش تغییر می‌کند. ضریبی که با آن جذب این تابش توسط بدن انسان اندازه‌گیری می‌شود، "نرخ جذب ویژه" (specific absorption rate : SAR) نامیده می‌شود. نرخ جذب ویژه، نرخ تابش که توسط بدن انسان جذب می‌شود را اندازه‌گیری کرده و در نتیجه با پرتوگیری (exposure) از تشعشع توسط انسان رابطه مستقیم دارد.

واحد این جذب وات بر کیلوگرم (واحد توان بر واحد وزن) (W/kg) است، به‌عنوان مثال، برای ناحیه سر انسان مقدار قابل قبول جهانی ۱.۶ W/kg تعیین شده است. در استفاده از تلفن‌های موبایل مقدار این جذب به چندین عامل از قبیل نوع آنتن موبایل، موقعیت موبایل نسبت به سر، هندسه جمجمه، فاصله بین سر و موبایل و توان برون‌دادی موبایل که می‌تواند از یک محل استفاده به محل دیگر تغییر کند، وابسته است.

همچنین پرتوگیری مغز وابسته به نوع موبایل و موقعیت آنتن موبایل است، ولی بالاترین سطح پرتوگیری در لوب گیجگاهی (temporal lobe)، ناحیه چین خوردگی عمیق در مغز (insular region)، جمجمه، پوست سر و غده بزاقی (parotid gland) است.

در این راستا فارغ از نوع تلفن موبایل، بزرگترین مقدار پرتوگیری در آن سمتی از سر است که تلفن موبایل در آن سمت نگه داشته شده است (چپ یا راست). این پرتوگیری در نوجوانان و کودکان بیشتر است، چراکه پوست سر و جمجمه آنها نازک‌تر بوده، محتوای آب مغز آنها بیشتر و همچنین حجم مغزشان کمتر است.

شکل ۵: جذب تشعشع میکرو ویو از موبایل بر حسب سن. بزرگترین جذب در سنین پایین دیده می‌شود.

شکل ۶: درجه نفوذ امواج میکرو ویو موبایل برحسب سن. مقدار SAR دقیقاً نشان داده شده است. بیشترین مقدار جذب در سنین پایین دیده می‌شود.

حضور یون‌های کلسیم که به غشاء (پوسته خارجی سلول) سلول‌های بدن متصل هستند، برای ثبات و نگهداری غشاء سلول بسیار حیاتی است. این یون‌ها مولکول‌های تشکیل دهنده غشاء سلول را کنار یکدیگر نگه می‌دارند و بدون حضور آنها، غشاء سلول فوق‌العاده تضعیف شده و به احتمال زیاد تحت استرس و کشسان‌های ناشی از تحرک محتوای سلول دچار پارگی و ظهور حفره‌ها در غشاء می‌شود. گرچه برخی از این حفره‌های ایجاد شده خود را ترمیم می‌کنند، ولی خطر نشت یون‌ها از درون این حفره‌ها به داخل سلول قویاً موجود است.

تخریب بسیار جدی مولکول DNA توسط سیگنال‌های تلفن‌های موبایل و آنتن‌های BTS

در سال‌های ۹۰ میلادی برای اولین بار توسط دانشمندان معروف امریکایی، مانند مرحوم پروفیسور Ross Adey نشان داده شد که پرتوگیری بافت مغز توسط سیگنال‌های الکترومغناطیسی با فرکانس ۱۶ هرتز باعث رها شدن یون‌های کلسیم که به غشاء سلول چسبیده‌اند، می‌شود. آنها همچنین نشان دادند که میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس ضعیف، اثرات مخرب‌شان شدیدتر از میدان‌های قوی است. البته در آن زمان هنوز سازوکار این پدیده روشن نشده بود، ولی اکنون این مکانیسم شناخته شده است.

همانطور که گفته شد، حضور یون‌های کلسیم بر روی غشاء باعث ثبات غشاء می‌شود. نشت کلسیم، ناشی از پاره شدن غشاء و ورود آن به درون لیزوزوم‌ها (lysosomes) (اندامک‌های کیسه مانند درون سلول که مواد زائد را بازیافت می‌کند) باعث رهایی آنزیم‌های هضمی از جمله آنزیم DNAase (آنزیمی که مولکول حیاتی DNA را نابود می‌کند)، می‌شود. این موضوع توضیح می‌دهد که چرا سیگنال‌های تلفن‌های موبایل و آنتن‌های BTS می‌توانند باعث تخریب بسیار جدی (تکه شدن) مولکول DNA بشوند.

شکل ۷: اثرات امواج الکترومغناطیسی با فرکانس‌های مختلف بر روی سلول‌های مغزی: نشت کلسیم (بروز سرطان خون و سرطان لنفاوی در فرکانس‌های ۵۰ هرتس و ۶۰ هرتس، جلوگیری از رشد سلولی، سلول‌های سرطانی در ۲۷.۱۲ مگاهرتس، تکه شدن DNA در ۹۰۰ مگاهرتس و ۲.۴۵ گیگا هرتس (فرکانس‌های مورد استفاده در تلفن‌های موبایل)، تولید ROS در ۹۰۰ مگا هرتس، عدم تا شدن پروتئین‌ها در ۱.۹۵ مگاهرتس

به‌عنوان مثال در سال ۲۰۰۷ میلادی در یک آزمایش دقیق بر روی مگس سرکه (*Drosophila melanogaster*) (حشره‌ای که عمدتاً در آزمایش‌های ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد)، نشان داده شد که پرتوگیری از یک تلفن موبایل برای فقط ۶ دقیقه در روز و برای ۶ روز باعث تکه شدن مولکول DNA در داخل سلول حشره شده و باعث از بین رفتن نیمی از تخمک‌های این حشره شده است.

تخریب مولکول DNA با پیدایش عارضه سرطان ارتباط مستقیم دارد و مقدار و اثرگذاری اسپرم در مردان با استفاده سنگین از تلفن‌های موبایل کاهش می‌یابد.

در سال ۱۹۹۰ میلادی نشان داده شد که پرتوگیری الکترومغناطیسی حتی نسبتاً ضعیف باعث افزایش کوچک ولی قابل توجه در ریسک ابتلا به سرطان می‌شود. علت این امر پرش‌های زنی (mutations) ناشی از تخریب DNA است. ریسک ابتلا به سرطان، ناشی از اثرات زیستی تکه شدن DNA بخاطر پرتوگیری الکترومغناطیسی، ممکن است بلافاصله در سلول‌های تحت تابش مشاهده نشود؛ زیرا تکه‌های DNA پاره شده می‌توانند خود را ترمیم کرده و دوباره کروموزوم درونی خود را بازسازی کنند. با این حال هیچ ضمانتی وجود ندارد که این ترمیم عین همان کروموزوم قبلی را تولید کند و جایجایی بخش‌های تکه شده انجام نگرفته باشد. افزون بر این، مطالعات مستقل در

کشورهای استرالیا، مجارستان و ایالت متحده نشان داده‌اند که استفاده سنگین از تلفن‌های موبایل می‌تواند مقدار و اثرگذاری اسپرم در مردان را کاهش دهد. به عنوان مثال در کالج پزشکی کلیولند در امریکا نشان داده شد که استفاده از موبایل برای بیش از چهار ساعت در روز باعث کاهش ۲۵ درصدی اثرگذاری و تحرک اسپرم در مردان می‌شود.

یکی از مهم‌ترین مطالعات در مورد رابطه سرطان مغز و استفاده از تلفن همراه در سال ۲۰۰۹ میلادی توسط عده‌ای از دانشمندان معروف پزشکی امریکا انجام گرفت و نتایج آن در مجله معروف (Surgical Neurology ۷۲) (۲۰۰۹) ۲۰۵-۲۱۵ به چاپ رسید.

در این مطالعه (meta study) که بر پایه جمع‌بندی از تعداد زیادی مطالعات قبلی قرار گرفته است، بوضوح نشان داده شده که استفاده از تلفن‌های موبایل برای مدت ۱۰ سال و یا بیشتر تقریباً ریسک پیدایش تومور مغزی در همان سمتی در سر که موبایل مورد استفاده قرار گرفته است (ipsilateral) را دو برابر می‌کند. این مطالعه دقیقاً نشان می‌دهد که سه نوع سرطان مغز می‌توانند بروز کنند؛ یعنی سرطان گلیوما (glioma)، سرطان اکوستیک نوروما (acoustic neuroma) و سرطان منینگیوما (meningioma).

### نتیجه‌گیری

طی این نوشته، ما فقط به خطر بروز عارضه سرطان در مغز ناشی از استفاده مستمر از تلفن همراه اشاره کردیم. علاوه بر این، استفاده از تلفن‌های موبایل و یا زندگی در نزدیکی آنتن‌های BTS می‌تواند منجر به ایجاد اختلال در نظام متابولیکی بدن، عملکردهای حیاتی مغز، پیدایش بیماری‌های عصب شناختی (نظیر آلزایمر و پارکینسون) شود. در نوشته‌های آینده به هرکدام از موضوعات به صورت جداگانه پرداخته می‌شود.

با توجه به آنچه که گفته شد، سوالی که پیش می‌آید، این است که با وجود این خطرات، آیا مجاز هستیم که از تلفن‌های موبایل استفاده کنیم؟ تعداد بسیار کمی از شهروندان یک کشور حاضرند که استفاده از موبایل را کنار بگذارند، با این حال بهتر آن است که افراد برای سلامتی خود (بویژه فرزندان) مکالمات تلفنی خود را کوتاه‌تر کرده و فاصله زمانی استفاده از موبایل بین دو مکالمه را بیشتر کنند تا بدن بتواند تخریب‌های ناشی از امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از موبایل را تا حد امکان ترمیم کند. همچنین افراد تا حد امکان استفاده از پیامک را جایگزین مکالمه مستقیم کنند.

اطلاع‌رسانی در مورد سلامتی جامعه و خطراتی که آن را تهدید می‌کند جزو حقوق شهروندی است. وظیفه مسئولان کشوری و سازمان‌های اطلاع‌رسانی جمعی، مدارس و دانشگاه‌ها آن است که خطرات بالقوه استفاده از امواج میکروویو را به‌طور دائم به شهروندان گوشزد کنند. در بسیاری از کشورها، حتی در مورد نواحی بی‌خطر نیز اطلاع‌رسانی می‌شود و مثلاً بر روی قوطی آنها دقیقاً نوشته شده است که محتوای آن نواحی چه خطراتی می‌تواند برای اشخاص داشته باشد.