



## بررسی میزان مواجهه عمومی کاربران انواع تلفن همراه متداول با امواج مایکروویو ناشی از آن

محسن علی آبادی<sup>۱</sup>، حسنا حاتمی<sup>۲</sup>، مژگان اردستانی<sup>۳\*</sup>، مریم فرهادیان<sup>۴</sup>

### چکیده

مقدمه: با توجه به افزایش نگرانی‌های عمومی در خصوص عوارض جسمی و روانی امواج بر سلامت کاربران تلفن‌های همراه، هدف از این پژوهش، بررسی میزان امواج مایکروویو ساطع شده از انواع تلفن‌های همراه متداول در سطح کشور در وضعیت‌های کاربری مختلف می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی-تحلیلی، میزان امواج مایکروویو ساطع شده از انواع مدل‌های در دسترس تلفن همراه در وضعیت‌های کاربری دریافت تماس، برقراری ارتباط، مکالمه، دریافت پیام کوتاه و بلوتوث با استفاده از دستگاه سنجش امواج مایکروویو مدل HI 2200 شرکت Holaday مطابق با روش استاندارد C95.3 اندازه‌گیری شد. میزان کارایی حفاظت‌دهی امواج پوشش‌های محافظ تلفن همراه متداول، نیز در وضعیت برقراری تماس، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: شدت امواج مایکروویو حاصل از تلفن‌های همراه در زمان برقراری تماس،  $51/4 \pm 31/6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ، در حین مکالمه  $42/7 \pm 30/9 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ، در حالت دریافت پیام  $8/6 \pm 7/1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  و در حالت بلوتوث  $1/3 \pm 0/2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  بود؛ که در تمامی حالت‌ها پایین‌تر از حد مجاز قرار داشت. بین میزان امواج تلفن‌های همراه در حین مکالمه با شرکت‌های سازنده تلفن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $p\text{-value} > 0/05$ ). بین نرخ جذب ویژه و میزان امواج مایکروویو تلفن‌ها، ارتباط معنی‌داری وجود داشت ( $p\text{-value} < 0/01$ ).

نتیجه‌گیری: هر چند شدت امواج مایکروویو تلفن‌های همراه متداول، پایین‌تر از حدود مجاز توصیه شده قرار داشت، با این حال با توجه به عدم دستیابی به شواهد قطعی در خصوص اثرات امواج بر انسان، لزوم اطلاع رسانی عمومی در خصوص مخاطرات امواج، کاهش مدت زمان مکالمه‌های روزانه تا حد ممکن و استفاده از پوشش‌های محافظ استاندارد توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تلفن همراه، امواج مایکروویو، مواجهه عمومی

۱- عضو هیأت علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان، همدان، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان، همدان، ایران

۳- عضو هیأت علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی البرز، کرج، ایران

۴- عضو هیأت علمی گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان، همدان، ایران

\* (نویسنده مسئول): تلفن: ۰۲۶۳۳۴۶۴۳۲۵۴، پست الکترونیکی: m.ardestani@abzums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۳۰

## مقدمه

استفاده از تلفن همراه در سرتاسر جهان، به طور وسیعی افزایش یافته است. این افزایش، رقمی معادل ۴/۳ میلیارد کاربر تلفن همراه را در ژوئن سال ۲۰۰۹ در سطح جهانی به خود اختصاص داده است و هم اکنون بیش از ۶/۸ میلیارد کاربر (۹۶٪ جمعیت جهان) کاربر تلفن همراه هستند (۱). این رشد سریع و وسیع در ارتباطات سیار، نگرانی‌های وسیعی در ارتباط با تأثیرات احتمالی تشعشعات مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه بر سلامتی کاربران را به وجود آورده است (۲). از جمله، اثرات سوء ناشی از مواجهه با تشعشعات مایکروویو اشاره کرد. طی تحقیقات صورت گرفته در مطالعه khavanin و همکاران بر روی ۷ سر خرگوش تحت مواجهه با امواج مایکروویو در فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز تغییر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسمای خون مشاهده شد (۳). همچنین اثرات ژنوتوکسیتی ناشی از امواج مایکروویو در فرکانس ۹۴۰ مگاهرتز در مطالعه صورت گرفته بر روی میزان میکرونوکلیوس در اریتروسیت‌های خون موش‌های مادر و نوزادان مورد بررسی قرار گرفت (۴). آریتمی قلبی در مکالمات ۱۷ دقیقه‌ای و بالاتر کاهش قدرت باروری در جنس مرد و زن با کاهش میزان تحرک و تراکم اسپرم، تغییرات عملکردی سلول‌های زاینده و تغییرات سطح تستسترون و FSH در خون از دیگر اثرات منفی امواج مایکروویو می‌باشد (۵-۹). همچنین از دیگر اثرات سوء احتمال ابتلا به انواع سرطان‌ها، در اثر استفاده طولانی مدت و مداوم از تلفن همراه افزایش تولید رادیکال‌های آزاد مخرب و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در بدن و در نهایت کاهش تمرکز، اختلال در میزان یادگیری، و همچنین توجه و تأثیر سوء بر حافظه کوتاه مدت است (۱۰، ۱۳-۱۰، ۳، ۶).

اغلب اثرات بیولوژیک خطرناک انسانی در خصوص امواج مایکروویو به اثرات ناشی از افزایش دما، نسبت داده شده است. بدین طریق که مقادیری از انرژی امواج مایکروویو با عبور از یک محیط، به وسیله جریان یونی القاء شده از سوی میدان الکتریکی و ارتعاش مولکول‌های قطبی، به صورت گرما

به بدن انسان، منتقل می‌شود. این موضوع، عمدتاً شامل آسیب به اندام‌های چشم و بیضه است که نسبتاً دارای محدودیت‌های گردش خون هستند. بالا رفتن دمای کلی بدن، ناشی از جذب امواج، می‌تواند منجر به خستگی و بی‌حالی شود. بروز خستگی و کاهش عملکرد ذهنی، مشکلات قلبی و عروقی و فشار خون می‌تواند ناشی از عدم گردش خون کافی و اکسیژن رسانی و دفع مواد زائد در اثر مواجهه مایعات خونی با امواج، با شدت بالا رخ دهد (۱۴).

در سال‌های اخیر، اثرات بیولوژیکی غیرحرارتی امواج، مورد توجه زیادی قرار گرفته است، با این حال، این اثرات تا به امروز به طور شفاف تشریح نشده‌اند. اثرات غیرحرارتی، در واقع اثرات غیرقطعی و احتمالی بوده و به دو دسته اثرات سرطان‌زایی و سایر اثرات، قابل تفکیک است. سرطان‌های احتمالی مرتبط با امواج که در مطالعات مختلف، گزارش شده‌اند شامل گلیوما، عصب شنوایی، غده بزاق، پوست، سیستم لنفاوی، خون، بیضه و سینه بوده است. علاوه بر این، در افراد کمتر از ۲۰ سال ریسک بروز سرطان مغز، ۵ برابر گزارش شده است (۷، ۱۵). با این حال، نتایج چندین مطالعه مروری، ایجاد سرطان در اثر مواجهه با امواج الکترومغناطیس را تایید نکرده است (۱۵، ۱۶).

حدود مجاز توصیه شده در زمینه امواج مایکروویو در فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز در کشورهای مختلف، دارای اختلاف قابل ملاحظه‌ای است. سازمان بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیریونساز (ICNIRP) حد مجاز شدت مؤثر امواج مایکروویو را  $450 \mu\text{w}/\text{cm}^2$  بر مبنای میانگین وزنی زمانی ۶ دقیقه توصیه نموده است که به عنوان استاندارد کشوری ایران مورد پذیرش قرار گرفته است، با این حال کمیته فدرال ارتباطات آمریکا (FCC) حد مجاز شدت مؤثر امواج مایکروویو را  $600 \mu\text{w}/\text{cm}^2$  بر مبنای میانگین وزنی زمانی ۶ دقیقه توصیه نموده است (۱۷).

استانداردهای مواجهه برای این امواج، تنها بر اساس اثرات حرارتی این تشعشعات در نظر گرفته شده است که با توجه به

و میزان تبعیت مقادیر، با حدود مجاز کشوری و بین‌المللی را تبیین می‌نماید.

### روش بررسی

اندازه‌گیری میزان امواج مایکروویو انتشار یافته از مدل‌های رایج تلفن‌های همراه در دسترس با استفاده از دستگاه سنجش امواج مایکروویو مد HI 2200 شرکت Holaday با آنتن تمام جهت اندازه‌گیری میدان الکتریکی مدل E100 در محدوده فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز الی ۵ گیگاهرتز مطابق با روش توصیه شده به شماره IEEE C95.3 موسسه ملی استاندارد آمریکا صورت گرفت (۲۱). با توجه به گواهی کالیبراسیون ارائه شده از طریق نمایندگی شرکت سازنده، دستگاه در شرایط کالیبره قرار داشت. اندازه‌گیری امواج با توجه به محدوده مکانی میدان نزدیک واکنشی اطراف آنتن تلفن همراه، مطابق با توصیه روش استاندارد در فاصله ۵ سانتی‌متر از مرکز تلفن همراه که بر روی پایه‌ای ثابت قرار داشت در وضعیت‌های دریافت پیام کوتاه، دریافت بلوتوث، دریافت تماس، برقراری ارتباط و مکالمه مطابق با شکل ۱ صورت گرفت (۲۰). دستگاه، دارای قابلیت نمایش شدت لحظه‌ای امواج مایکروویو و همچنین شدت معادل کوتاه مدت است. شدت معادل کوتاه مدت، در واقع میانگین وزنی زمانی تغییرات شدت لحظه‌ای امواج است. در این مطالعه، با توجه به توصیه روش استاندارد، از معیار شدت معادل کوتاه مدت استفاده گردید تا مقادیر با حدود مجاز قابل مقایسه باشند. با توجه به اینکه تنها فعالیت مکالمه در زمان طولانی قابل انجام است، شدت معادل کوتاه مدت امواج در حالت مکالمه در دوره زمانی شش دقیقه اندازه‌گیری گردید

عوارض غیرحرارتی اعلام شده در بسیاری از مطالعات، ناکافی به نظر می‌رسد. از این رو، حدود مجاز توصیه شده ملی در برخی کشورها، بسیار پایین‌تر از حدود فوق الذکر است. به طور مثال در ایتالیا و مجارستان، حد مجاز معادل  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  توصیه شده ۷۷ است (۱۸-۱۹).

کمیت اصلی دوزسنجی امواج مایکروویو تحت عنوان میزان جذب ویژه نامیده می‌شود که در واقع میزان انرژی جذب شده در واحد جرم، در واحد زمان است و معمولاً برحسب وات بر کیلوگرم بیان می‌شود. میزان جذب ویژه اسمی انواع گوشی‌های تلفن‌های همراه در شناسنامه تلفن‌ها ارائه شده است که البته در شرایط کاربری واقعی، میزان آنتن‌دهی در محیط، طول عمر تلفن و عوامل دیگری بر میزان جذب ویژه واقعی تلفن‌ها مؤثر است. با این حال، هر چه میزان جذب ویژه تلفن پایین‌تر باشد، شرایط ایمن‌تری برای استفاده کاربران دارد (۲۰).

امروزه بسیاری از شرکت‌های سازنده تلفن‌های همراه، مدل‌های متنوعی از این وسیله را با مشخصات کیفیتی متفاوت تولید می‌کنند که در سطح کشور ایران نیز به شکل گوشی‌های مختلف در دسترس کاربران، قرار می‌گیرد. از این رو، با توجه به تنوع مدل تلفن‌های همراه عرضه شده توسط شرکت‌های سازنده مختلف به بازار جهانی و عوارض زیان‌باری که در نتیجه مواجهه با امواج مایکروویو سلامتی انسان را تهدید می‌کند، ضرورت بررسی میزان امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه نمایان می‌شود. هدف اصلی این مطالعه، بررسی میزان امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه در دسترس در سطح کشور است. این ارزیابی، امکان مقایسه بین انواع تلفن‌های همراه از نظر میزان تشعشعات ساطع شده در حالات کاربری متفاوت را فراهم نموده



شکل ۱: طرح شماتیک روش اندازه‌گیری امواج مایکروویو تلفن‌های همراه مطابق با روش استاندارد C95.3

مقابل امواج، معادل نسبت لگاریتمی شدت امواج عبوری به شدت امواج ورودی به حفاظ است (۲۲).

$$SE = 10 \log \frac{P_t}{P_i} (dB) \quad (1)$$

که در آن  $P_i$ ,  $P_t$  به ترتیب چگالی، توان موج عبوری و ورودی از سطح حفاظ می‌باشند.

تحلیل داده‌های مطالعه، با استفاده از آزمون‌های آماری همبستگی پیرسون و مقایسه میانگین‌های T-Test و آنالیز واریانس یک طرفه One way Anova و با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 صورت گرفت.

### نتایج

نتایج میزان مواجهه با امواج مایکروویو تلفن همراه در شرایط کاربری مختلف، برحسب  $\mu W/cm^2$  در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج، نشان داد بالاترین مقادیر امواج مایکروویو در وضعیت برقراری تماس و بعد از آن، در وضعیت مکالمه و کمترین میزان امواج ساطع شده در وضعیت دریافت بلوتوث وجود دارد. نتایج آزمون واریانس یک طرفه نشان داد اختلاف شدت مواجهه با امواج در کاربری‌های مختلف از تلفن همراه معنی‌دار است ( $p\text{-value} < 0.05$ ).

جدول ۱: میزان مواجهه با امواج مایکروویو تلفن همراه در شرایط کاربری متفاوت برحسب  $\mu W/cm^2$

وضعیت کاربری	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	Pvalue
حین مکالمه	۱۰۰	۲/۳۴۰	۱۴۸/۵۰۰	۴۲/۷۸۵	۳۰/۹۳۴	<0/05
دریافت پیام کوتاه	۱۰۰	۰/۰۴۰	۶۰/۴۳۰	۸/۶۳۰	۷/۱۹۱	
دریافت بلوتوث	۱۰۰	۰/۰۳۳	۹/۸۴۵	۱/۳۶۲	۰/۲۳۳	
برقراری تماس	۱۰۰	۶/۲۰۰	۱۷۵/۷۶۰	۵۱/۴۴۳	۳۱/۶۸۶	

ساطع شده از تلفن‌های همراه، بسیار پایین‌تر از حد مجاز کشوری قرار داشت. لازم به ذکر است که شدت امواج در حین مکالمه برای دوره زمانی شش دقیقه اندازه‌گیری گردید تا با شرایط ذکر شده، حدود مجاز (میانگین وزنی زمانی شش دقیقه) قابل مقایسه باشد. از طرفی، روش استاندارد، اشاره نموده است که حداکثر مدت زمان مجاز مواجهه روزانه با شدت امواج ( $450 \mu W/cm^2$ ) ۲۴ دقیقه به صورت چهار مکالمه

با توجه به مطالعه مقدماتی، برآورد اولیه انحراف معیار شدت امواج معادل  $5/12 \mu W/cm^2$  به دست آمد. بر این اساس، حجم نمونه اشاره شده جهت بررسی میزان امواج تلفن‌های ارائه شده چهار شرکت سازنده مهم و مشهور نوکیا، سامسونگ، ال جی و سونی بر اساس سطح اطمینان ۹۵ درصد و میزان دقت  $1 \mu W/cm^2$  تعداد ۱۰۰ عدد تعیین گردید.

در رابطه با میزان کارایی پوشش‌های محافظ ضد اشعه موجود در بازار ایران نیز میزان امواج مایکروویو گوشی‌های تلفن همراه در وضعیت دریافت تماس، همراه با پوشش محافظ و بدون وجود پوشش محافظ اندازه‌گیری گردید. پوشش‌های ضد اشعه تجاری مورد مطالعه شامل پوشش ارائه شده توسط سه شرکت Ewall, Safer call و Aylin بود که جنس این پوشش‌ها طبق بررسی صورت گرفته شامل فوم حاوی ورقه‌های نازک از جنس فلزات رسانا، مانند نقره و آلومینیوم بود. علاوه بر این، یک نمونه پوشش معمولی رایج از جنس فوم نیز در مقایسه با پوشش‌های ضد اشعه مورد بررسی قرار گرفت. میزان کارایی حفاظتی هر پوشش محافظ با استفاده از فرمول (۱) برحسب دسی بل، محاسبه گردید. میزان کارایی حفاظ در

میزان امواج مایکروویو ساطع شده از انواع تلفن‌های همراه مورد مطالعه در مقایسه با حدود مجاز امواج مایکروویو در ایران ( $450 \mu W/cm^2$ ) با استفاده از آزمون مقایسه میانگین One Sample T-Test بررسی شد و نتایج، نشان داد اختلاف میزان مواجهه عمومی با امواج مایکروویو حاصل از تلفن همراه در شرایط مختلف کاربری، در مقایسه با حد مجاز توصیه شده معنی‌دار است ( $p\text{-value} < 0/01$ ). به عبارت دیگر، میزان امواج

برابر  $35 \pm 26$  بود. به منظور بررسی تأثیر طول عمر انواع گوشی‌های تلفن همراه بر میزان امواج مایکروویو ساطع شده از این وسایل، در حین مکالمه از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج بررسی حاکی از عدم وجود ارتباط معنی‌دار بین طول عمر گوشی با میزان امواج در حین مکالمه بود ( $p\text{-value} > 0.05$ ). با این حال، نتایج توصیفی نشان‌دهنده افزایش میزان امواج ساطع شده از تلفن با افزایش طول عمر آن بود.

جهت مقایسه میزان امواج مایکروویو در حین برقراری تماس و حین مکالمه با گوشی‌های تلفن همراه از آزمون مقایسه میانگین t-test استفاده شد. نتایج آزمون نشان داد اختلاف میزان امواج در حین برقراری تماس و حین مکالمه از لحاظ آماری معنی‌دار است ( $p\text{-value} < 0.05$ ).

بررسی میزان کارایی کاهندگی پوشش‌های محافظ بر حسب دسی‌بل در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد، میزان کارایی کاهندگی امواج مایکروویو تلفن‌های همراه، در بین پوشش‌های محافظ آزمون شده دارای اختلاف معنی‌داری است ( $p\text{-value} < 0.05$ ). با این حال، میزان کارایی پوشش‌های محافظ معمولی رایج در مقایسه با پوشش‌های تجاری ضد اشعه، قابل ملاحظه بوده است.

متناب و شش دقیقه‌ای است. نتایج نشان داد مدت زمان مکالمه روزانه جمعیت مورد مطالعه، برابر  $11 \pm 5$  دقیقه و مدت زمان مکالمه مقطعی  $2 \pm 1/5$  دقیقه است.

به منظور مقایسه میانگین امواج مایکروویو ساطع شده از انواع تلفن‌های همراه، بر حسب شرکت سازنده در وضعیت مکالمه، از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه Anova استفاده شد. نتایج آزمون نشان داد اختلاف میزان امواج مایکروویو تلفن‌ها در حین مکالمه بر حسب شرکت سازنده معنی‌دار نیست ( $p\text{-value} > 0.05$ ). به عبارتی نوع شرکت سازنده در میزان امواج ساطع شده از انواع تلفن‌های همراه در وضعیت مکالمه تأثیرگذار نیست.

بررسی انجام شده روی مشخصات فنی تلفن‌های همراه مورد مطالعه، نشان داد میانگین و انحراف معیار نرخ جذب ویژه امواج تلفن‌ها برابر  $0.893 \pm 0.254$  w/kg است. نتایج آزمون همبستگی پیرسون، نشان داد بین میزان امواج ساطع شده از انواع تلفن‌های همراه در حین مکالمه و نرخ جذب ویژه ارتباط معناداری وجود دارد ( $p\text{-value} < 0.01$ ). به عبارتی با افزایش نرخ جذب ویژه گوشی‌ها، میزان امواج مایکروویو ساطع شده در حین مکالمه نیز افزایش یافته است. میانگین و انحراف معیار طول عمر کاربری تلفن‌های همراه مورد مطالعه

جدول ۲: میزان کارایی کاهندگی پوشش‌های محافظ ضد اشعه موجود در بازار ایران بر حسب دسی‌بل

نوع پوشش محافظ	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	p-value
پوشش ضد اشعه Ewall	۵	۲/۹۱۸	۱/۶	۰/۰۵۱	۴/۵۹۸	< 0.05
پوشش ضد اشعه Aylin	۵	۳/۴۱۰	۲/۶۱۱	۰/۳۲۲	۷/۴۷۳	
پوشش ضد اشعه Safer call	۵	۲/۹۵۵	۱/۰۶۵	۰/۷۳۷	۳/۶۱۷	
پوشش معمولی رایج	۵	۲/۲۲	۱/۷۳۲	۰/۳۲۲	۴/۳۰۳	

### بحث

روی تعدادی از گوشی‌های تلفن همراه نیز نتایج مشابه به دست آمده است. در این مطالعه شدت امواج تلفن‌های مورد بررسی در حین مکالمه بین  $0.1$  mw/cm<sup>2</sup> الی  $0.45$  mw/cm<sup>2</sup> تعیین شد (۲۰). با این حال لازم به ذکر است استانداردهای مواجهه در نظر گرفته شده برای این امواج، تنها بر اساس اثرات حرارتی تعیین

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد میزان امواج ساطع شده از تمامی تلفن‌های همراه مورد مطالعه، بسیار پایین‌تر از حد مجاز کشوری قرار دارد. مطالعه Wilson و همکاران بر روی میزان امواج ساطع شده از گوشی‌های تلفن همراه در دسترس در کنیا نیز نتایج مشابهی را گزارش نمود (۲۳). در مطالعه Usikalو و همکاران بر

شده است. از این رو حدود مجاز توصیه شده ملی در برخی کشورها بسیار پایین تر از حدود فوق الذکر و معادل  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  توصیه شده است (۱۸).

به عبارت دیگر، حد مجاز توصیه شده برای مکالمه مداوم حداکثر به مدت زمان ۶ دقیقه و حداکثر ۲۴ دقیقه متناوب در طول شبانه روز برای افراد بزرگسال است. بنابراین، در کاربری تلفن همراه، نحوه و مدت زمان استفاده و شرایط سنی کاربر دارای اهمیت فراوانی است. در جمعیت مورد مطالعه نیز میانگین مکالمه روزانه ۱۱ دقیقه و مدت زمان مکالمه مقطعی ۲ دقیقه بود که نشان دهنده پایین بودن شدت مواجهه کاربران، در مقایسه با حدود مجاز فعلی است.

بررسی ارتباط میزان امواج ساطع شده از انواع تلفن های همراه با میزان نرخ جذب ویژه تلفن های ذکر شده، با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون، رابطه معنی داری نشان داد، به عبارتی با افزایش میزان نرخ جذب ویژه تلفن های همراه، شدت امواج مایکروویو تلفن های همراه افزایش یافته است. در نتیجه توجه به میزان نرخ جذب ویژه تلفن های همراه، یک عامل مهم در انتخاب نوع تلفن همراه است. در آمریکا، نرخ جذب ویژه  $1/6 \text{ w/kg}$  به عنوان حد توصیه شده مناسب برای تلفن همراه برای انجام مکالمه مداوم حداکثر ۶ دقیقه ای معرفی شده است (۲۲).

بیشترین میزان امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن های همراه در زمان برقراری تماس، مشاهده شد که نتایج مطالعه Wilson و همکاران بر روی میزان تشعشعات مایکروویو ساطع شده از تعدادی گوشی تلفن همراه نیز بالاترین میزان تشعشعات مایکروویو را در لحظه برقراری تماس گزارش نموده است (۲۳). از این رو تعلق در برقراری ارتباط و افزایش زمان زنگ خوردن گوشی افراد را در معرض مقادیر بالاتری از امواج مایکروویو قرار می دهد. در نتیجه دور نگه داشتن تلفن همراه از بدن و به خصوص ناحیه سر با استفاده از هندزفری با سیم جهت برقراری ارتباط و یا دور کردن گوشی در حال زنگ خوردن توسط دست از بدن و یا استفاده از بلندگوی گوشی می تواند در کاهش مواجهه در هنگام زنگ خوردن گوشی مؤثر باشد.

مقایسه میزان امواج مایکروویو گوشی های تلفن همراه حین

زنگ خوردن و مکالمه در این مطالعه، اختلاف معناداری را نشان داد به نحوی که بعد از برقراری ارتباط و در حین مکالمه از میزان امواج ساطع شده از تلفن های همراه کاسته شده است. نتایج مطالعه Wilson و همکاران نیز بر روی تلفن های همراه بررسی شده این مسئله را تایید می نماید، به طوری که در تمامی گوشی های بررسی شده میزان امواج در حین برقراری تماس، بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داده است (۲۳).

علت افزایش میزان شدت امواج مایکروویو در حین برقراری تماس را می توان با این مسئله مرتبط دانست که در هنگام اتصال به شبکه، توسط ایستگاه تلفن همراه برای ارسال و دریافت سیگنال شدت بالایی از امواج مورد نیاز است. کاهش آشکار در میزان شدت امواج، بعد از برقراری ارتباط و مکالمه را می توان به سیستم کنترل تطبیقی توان و انتقال ناپیوسته نسبت داد. سیستم کنترل تطبیقی از میزان توان امواج فرستنده گوشی تلفن همراه کاسته و با محدودسازی اثر تداخلی دسترسی چندگانه سیگنال مفید و کارا به ایستگاه فرستنده و گیرنده پایه ارسال می نماید. این سیستم باعث انتقال ناپیوسته سیگنال می شود. به عبارتی انتقال سیگنال را در هنگام ایجاد مکث هایی که در حین مکالمه به وجود می آید متوقف ساخته و به این ترتیب تنها در زمان هایی که مکالمه در جریان است انتقال سیگنال انجام شده و کاربر در معرض امواج مربوطه قرار می گیرد. در نتیجه از شدت امواج در حین مکالمه نسبت به زمان برقراری تماس، کاسته می شود (۲۰).

در این مطالعه نشان داده شد که نوع شرکت سازنده در کاهش یا افزایش میزان امواج تلفن های همراه تأثیری ندارد. دلیل این مسئله را می توان رعایت حداقل استانداردها و اصول ایمنی لازم در تولید گوشی های تلفن همراه از سوی شرکت های سازنده دانست. نتایج نشان داد میزان کارایی پوشش های محافظ معمولی رایج در مقایسه با پوشش های تجاری ضد اشعه، قابل ملاحظه بوده است. پوشش دهنده های ضد اشعه در طرح ها و رنگ های متفاوت از جنس فلزات رسانا، مثل الیاف نقره می توانند با استفاده از پوشش غیرقابل نفوذ خود، امواج تلفن همراه را منعکس کنند. برخی از این پوشش دهنده ها دارای دو بخش کوچک و بزرگ، جهت قرار دادن تلفن همراه هستند. زمانی که تلفن همراه در جیب کوچک

با توجه به اینکه میزان جذب ویژه امواج در بافت بدن در واقع میزان انرژی جذب شده در واحد جرم بر واحد زمان است، کاهش زمان تماس، منجر به کاهش جذب امواج در بدن می‌گردد. بنابراین کاهش مدت زمان مکالمه‌های روزانه تا حد ممکن و منطقی، عدم قرار دادن تلفن همراه در جیب لباس و یا روی کمر بند، رعایت اطمینان از برقراری ارتباط قبل از قرار دادن تلفن همراه بر روی گوش و محدودیت استفاده کودکان از تلفن همراه به غیر از مواقع ضروری از جمله نکات بهداشتی مهم، در استفاده از تلفن همراه است (۲۹).

از جمله اثرات مهم مواجهه با پرتوهای غیر یون‌ساز، احتمال ایجاد رادیکال‌های آزاد و در نتیجه ایجاد ترکیبات اکسیدکننده در بافت‌های تحت مواجهه است. بنابراین استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدان در رژیم غذایی روزانه از جمله میوه و سبزی‌ها و همچنین آموزش افراد درباره مخاطرات مواجهه با پرتوها، از اقدامات مدیریتی و بهداشتی مؤثر است (۳۰).

#### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق، اگرچه شدت مواجهه با امواج مایکروویو حاصل از تلفن‌های همراه مورد مطالعه، پایین‌تر از حدود مجاز توصیه شده کشوری قرار داشت. با این حال، با توجه به عدم دستیابی به شواهد قطعی در خصوص اثرات بهداشتی امواج بر انسان در سطوح مختلف مواجهه، لزوم مراقبت‌های بهداشتی و اطلاع‌رسانی در جهت افزایش آگاهی کاربران، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین، عدم تأثیر نوع شرکت سازنده بر شدت امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه نشان دهنده این موضوع است که شدت مواجهه کاربران تحت تأثیر شرکت سازنده تلفن قرار ندارد و مدل تلفن و قابلیت‌های کاربری آن نیز می‌بایست مدنظر قرار گیرد. بنابراین کاهش مدت زمان مکالمه‌های روزانه، رعایت اطمینان از برقراری ارتباط قبل از قرار دادن تلفن همراه بر روی گوش، توجه به میزان نرخ جذب ویژه تلفن‌های همراه و انتخاب گوشی‌های با نرخ جذب ویژه پایین‌تر و در نهایت استفاده از پوشش‌های محافظ استاندارد و دارای مجوز رسمی، از جمله مواردی است که یافته‌های این تحقیق آن‌ها را تأیید نمود.

گذاشته می‌شود، نانو پوشش محافظتی پوشش‌دهنده از تأثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر بدن شما جلوگیری می‌کند، در حالی که تلفن شما در دسترس بوده و کارایی آن دچار هیچ مشکلی نمی‌شود. در هنگام تلفن زدن نیز می‌تواند تلفن داخل کاور را در مقابل گوش قرار داد و مکالمه صورت گیرد. در مواقع استراحت، تمرکز فکری و مشغله کاری نیز، تلفن در جیب بزرگ‌تر کاور قرار داده می‌شود. در این حالت، تلفن به‌صورت کامل عایق شده و بدین ترتیب بدون نیاز به خاموش کردن، تلفن از دسترس خارج می‌گردد (۲۴). با این حال، نتایج نشان داد پوشش‌های معمولی تلفن همراه نیز که اغلب از جنس فوم و چرم هستند می‌توانند تا حدودی به عنوان جاذب امواج عمل نموده و میزان مواجهه موضعی کاربر تلفن همراه را در حین حمل آن، کاهش دهند.

نکته قابل اهمیت در این زمینه این است که در زندگی امروزی، انسان به صورت ناخواسته در معرض امواج مایکروویو از سایر منابع مانند: آنتن‌های دریافت و ارسال امواج تلفن همراه مستقر در سطح شهرها و همچنین امواج حاصل از سامانه بدون سیم wireless و تجهیزات ارتباطی و اطلاعاتی نیز قرار دارد که در نتیجه، سطح کلی مواجهه با این نوع امواج می‌تواند قابل ملاحظه باشد (۲۵). با این حال نتایج مطالعات نشان داده است که سطح مواجهه با امواج حاصل از آنتن‌های دریافت و ارسال امواج مایکروویو بسیار پایین‌تر از مقادیر شدت مواجهه با امواج حاصل از گوشی‌های تلفن همراه است (۲۶-۲۷).

بنابراین، با توجه به مواجهه مداوم انسان با منابع مختلف ساطع‌کننده امواج و همچنین اثرات مضر احتمالی و قطعی امواج بر انسان، لزوم در نظر گرفتن اقدامات حفاظتی برای افراد تحت مواجهه با این امواج در محیط کار و زندگی روزمره، ضروری به نظر می‌رسد. اقدامات حفاظتی در مقابل امواج غیر یون‌ساز مشابه پرتوهای یون‌ساز بر مبنای سه اصل زمان، فاصله و حفاظت‌گذاری است. بر اساس نتایج تحقیقات علمی از جمله اقدامات مؤثر در کاهش میزان مواجهه با امواج و بروز اثرات احتمالی، کاهش مدت زمان استفاده روزانه تا حد ممکن و منطقی است (۲۸).





- 13- Mortazavi S, Atefi M, Bagheri S, Besharati A, Eslami J. *The Ability of GSM Mobile Phone Users in Detecting Exposure to Electromagnetic Fields and the Bioeffects of These Fields on their Vital Signs*. J Kerman Uni of Med Sci. 2010; 17(3): 257-67.[persian]
- 14- Cember H , Johnson TE. *Introduction to Health Physics. F th ed: The Mcgraw-Hill Companies, Inc*; 2009: 279-333.
- 15- Balikci K, Ozcan Ic, Turgut-Balik D, Hh. B. *A Survey Study on Some Neurological Symptoms and Sensations Experienced by Long Term Users of Mobile Phones*. Pathol Biol 2005; 53(1): 30-4.
- 16- Verschaeve L, Maes A. *Genetic, carcinogenic and Teratogenic Effects of Radiofrequency Fields Mutat Res* 1998; 410(2): 141-65.
- 17- ANSI. *IEEE Std C95.1, Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio-Frequency Electromagnetic Fields, 3 Khz To 300 Ghz*. American National Standard Institute; Revised 2005.
- 18- Deatanyah P, Amoako JK, Fletcher JJ, Asiedu GO, Adjei DN, Dwapanyin GO. *Assessment of Radiofrequency Radiation within the Vicinity of Some GSM Base Stations in Ghana*. Radiat Prot Dosimetry 2012; 151(2): 218-23.
- 19- Repacholi MH. *An Overview of WHO's EMF Project and the Health Effects of EMF Exposure, Proceedings of The Inter Conference on Non-Ionizing Radiation*. Electromagnetic Fields and Our Health, Geneva, Switzerland; October 2003.
- 20- Usikalu MR, Akinyemi ML. *Monitoring of Radiofrequency Radiation from Selected Mobile Phones*. J Applied Sci Res. 2007; 3(12): 1701-4.
- 21- ANSI. *IEEE Std C95.3, IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz-300 GHz*. American National Standard Institute; 2008.
- 22- Kitchen R. *RF and Microwave Radiation Safety Handbook*. 2nd ed: Butterworth Heinemann; 2001. p 95-100.
- 23- Wilson O, Kinyua R ,Mutuku J, Ogongo C. *Monitoring of raidiofrequency radiation from selected mobile telephones in Kenya*. Baraton Interdisciplin Res J. 2011; 1(1): 368-78
- 24- Ragma LK, Bhatia MS. *Evaluation of SAR Reduction for Mobile Phone Using RF Shield*. Inter J Recent Trend Engineer. 2009; 2(5): 32-6.
- 25- Rafiqul Islam M, Khalifa OO, Liakot A, Azli A, Zulkarnain M. *Radiation Measurement from Mobile Base Stations at a Uni Campus in Malaysia*. American J Appli Sci Res. 2006; 3(4): 1781-4.
- 26- Keow MA, Radiman S. *Assessment Of Radiofrequency/Microwave Radiation Emitted By The Antennas Of Rooftop-Mounted Mobile Phone Base Stations*. Oxford J, Radiat Protect Dosimet. 2006; 121(2): 122-7.

27. Kurd N, Garkaz A, Aliabadi M, Farhadian M. *Study of public exposure to microwave radiation from wireless systems in Hamadan Uni of medical sciences*. J Ergonomic. 2014; 1(3): 7-11.[persian]
- 28- ANSI. *IEEE Std C95.7, Recommended Practice for Radio Frequency Safety Programs*. American National Standard Institute; 2006.
- 29- Lak A. *Human Health Effects from Radiofrequency and Microwave Fields*. J Basic Appl Sci 2012; 2(12): 12302-5.
- 30- Greenebaun B, Barnes Fs. *Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields*. Taylor & Francis Group; 2006.1-15.

## *Evaluation of General Exposure to Microwave Propagation in Users of Different Types of Cell Phones*

Aliabadi M(PhD)<sup>1</sup>, Hatami H(MSc)<sup>2</sup>, Ardestani M(MSc)<sup>3\*</sup>, Farhadian M(PhD)<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Occupational Health, School of public Health, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran

<sup>2</sup> Department of Occupational Health, School of public Health, Alborz University of Medical Science, karaj, Iran

<sup>3</sup> Department of biostatistics, School of public Health, Hamadan University of Medical Science

*Accepted:* 15/04/2014

*Received:* 21/09/2014

### *Abstract*

**Introduction:** Due to the increase of public concern about physical and psychological effects of radiation on the health of cell phone users, the present study aimed to determine the general exposure to microwave propagation in different types of cell phones in different user conditions.

**Methods:** In this cross-sectional study, the effective intensity of microwave radiation from cell phone was measured in different user conditions such as during contact, conversation short message and Bluetooth. A Microwave meter (model HI 2200), which was made by Holaday Co. was used to measure radiation according to the standard method No.C93.5. Shielding effectiveness of anti-radiation covers for cell phones during call was also determined.

**Results:** The effective intensities of microwave radiation emitted by cell phones were  $51.4 \pm 31.6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $42.7 \pm 30.9 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , and  $8.6 \pm 7.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $1.3 \pm 0.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  during contact, conversation, short message and bluetooth, respectively, which were lower than the exposure limits.

There was not statistical difference between the intensities of microwave radiation of cell phones based on the producer companies ( $p\text{-value} > 0.05$ ). There was a significant correlation between specific absorption rate and microwave intensity of cell phones ( $p\text{-value} < 0.01$ ).

**Conclusion:** Although the microwave intensities of cell phones were lower than the exposure limits, however, in the absence of conclusive evidence on the health effects of radiation exposure on humans, it seems to be necessary to inform users about health risks, reduce conversation time as much as possible and use standard cell phone covers.

**Keywords:** Cell Phone; Microwave Radiation; Public Exposure

*This paper should be cited as:*

Aliabadi M, Hatami H, Ardestani M, Farhadian M. *Evaluation of General Exposure to Microwave Propagation in Users of Different Types of Cell Phones*. Occupational Medicine Quarterly Journal 2015; 7(2): 21-31.

\*Corresponding author: Tel: +09125622340, Email: m.ardestani@abzums.ac.ir