**تاثیر میدان های الکترومغناطیسی بر روی بدن انسان و سلامت آن‌ها: مطالعه مروری**

**توحید علیرضایی**

دانشجو دکتری مهندسی پزشکی گرایش بیوالکتریک دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب

tohidalirezaiy@gmail.com

**چکیده**

این مطالعه با هدف بررسی پژوهش‌های انجام شده در خصوص اثرات امواج الکترومغناطیسی بر سلامت انسان انجام شد. 52 پژوهش مختلف، از سال 1990 تا 2024 میلادی مورد بررسی قرار گرفتند. این مطالعات نشان دادند که این امواج بر سلامت کودکان، سیستم قلبی عروقی، مغز، باروری، سیستم عصبی، و سلول‌ها اثرات منفی گذاشته و باعث آسیب های جدی می‌شوند. . این امواج ممکن است منجر به مشکلاتی نظیر آریتمی قلبی شوند، به همین دلیل محققان توصیه می‌کنند که افراد از نگه‌داشتن تلفن همراه نزدیک به قلب خود اجتناب کرده و زمان استفاده از آن را به حداقل برسانند. این بررسی به جمع‌آوری و تحلیل مطالعات موجود پرداخته و مقالات اصلی نیز می‌توانند دیدگاه‌های عمیق‌تری در این زمینه ارائه دهند.

**واژگان كليدي:** امواج الکترومغناطیسی، میدان الکترومغناطیسی، امواج رادیویی، تشعشعات، سلامت انسان

# مقدمه

اگرچه فناوری‌های نوین مزایای زیادی را به همراه دارند، اما در عین حال ممکن است تأثیرات منفی بر کیفیت زندگی افراد بگذارند. به ویژه نسل‌های متولد شده بین ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰، به عنوان نخستین گروه‌هایی که به طور مداوم در معرض تابش این امواج قرار داشته‌اند، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. با پیشرفت فناوری و استفاده روزافزون از تلفن‌های هوشمند و دیگر وسایل الکترونیکی که از امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌کنند، ضروری است که میان این امواج و سلامت انسان تعادل برقرار شود. تأثیر شبکه‌های تلفن همراه بر سلامت انسان بسیار مهم است زیرا اغلب در نزدیکی بدن انسان استفاده می‌شوند و به دکل‌های آنتن متعددی نیاز دارند (Reitz, 2009). تأثیر امواج الکترومغناطیسی از آنتن تلفن همراه با توجه به شدت و مدت زمان قرار گرفتن فرد در معرض آن افزایش می یابد (Huber, 2003). امواج الکترومغناطیسی از ترکیب همزمان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تشکیل می‌شوند و با حرکت ذرات باردار ایجاد می‌گردند. این امواج که به عنوان تابش الکترومغناطیسی شناخته می‌شوند، حامل انرژی بوده و هر بسته انرژی آن‌ها به نام فوتون شناخته می‌شود (Stanizai, 2019). این امواج قابلیت عبور از فضا، هوا و انواع مواد را دارند و در نتیجه می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر محیط و موجودات زنده بگذارند (X-Ray Data Booklet, 2016).

مطالعات علمی نشان می‌دهند که امواج الکترومغناطیسی می‌توانند با تغییر در توزیع یون‌ها تأثیرات قابل توجهی بر روی موجودات زنده و رشد آن‌ها بگذارند (Hyland, 2000). قرار گرفتن در معرض این امواج ممکن است اثرات بیولوژیکی متنوعی از جمله آسیب به DNA، افزایش خطر ابتلا به سرطان و تغییر در عملکردهای متابولیکی و تولید مثل را به همراه داشته باشد (Hocking, 1998, Medical Engineering Monthly, 2014). میدان‌های فرکانس بسیار پایین (ELF) و امواج رادیویی (RF) می‌توانند عملکرد سلولی را مختل کرده و بر سیستم قلبی و عروقی تأثیر بگذارند (ICNIRP Guidelines, 1998). این میدان‌ها همچنین می‌توانند به فشار خون و تغییرپذیری ضربان قلب تأثیر بگذارند. شواهد محدودی از خطرات امواج الکترومغناطیسی بر سلامت انسان وجود دارد که از جمله آنها می توان به افزایش خطر گلیوما و نوروم آکوستیک (تومورهای سرطانی اعصاب و مغز) اشاره کرد (Sadiku, 2011). اثرات امواج الکترومغناطیسی (EMW) ناشی از آنتن تلفن همراه به دو دسته حرارتی و غیر حرارتی تقسیم می شود. نتایج تحقیقات آزمایشگاهی نشان می دهد که امواج الکترومغناطیسی با ایجاد میدان الکتریکی و مغناطیسی و ایجاد تغییرات در پتانسیل غشای سلولی و سیستم عصبی بر فعالیت مغز تأثیر می گذارد (Novelline, 1997; David, 1999; L'Annunziata, 2003; Denny, 1999; Sicard, 2001;).

هنگامی که مغز در معرض میدان مغناطیسی باشد، تکانه ها و فعالیت های الکتریکی آن تحت تأثیر قرار می گیرند. قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی ترشح ملاتونین را به تاخیر می اندازد و موانع خونی مغز و سطوح پس از شیمیایی را تغییر می دهد، که ممکن است بر حافظه و سلامت روان تاثیر بگذارد (Lass, 2002). یک مطالعه نشان داد که قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی سه برابر بیشتر احتمال سقط جنین در زنان دارد. قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی در دوره جنینی یا در سال های اول زندگی منجر به کندی رشد، آسم، اوتیسم، چاقی و مشکلات رفتاری می‌شود، زیرا بافت های کودک هنوز در حال رشد هستند (Nam, 2006). تخمین زده می شود که ۲۰ درصد از جمعیت به میدان مغناطیسی پاسخ حساسیتی حاد نشان می دهند که شامل درد، خستگی، بی خوابی و بسیاری مشکلات دیگر می شود (Lebedeva, 2000; Salford, 2003). تحقیقات تجربی نشان داده است که میزان اثرات فرکانس رادیویی امواج الکترومغناطیسی به دست آمده برابر با ۷۶/۷ درصد در الکتروانسفالوگرافی (EEG) در حالت استراحت، ۴۱/۷ درصد در الکتروانسفالوگرافی خواب و ۳۸/۷ درصد در مطالعات رفتاری است (Hiie, 2022). به طور کلی، این تحقیقات نشان می‌دهند که مواجهه با امواج الکترومغناطیسی می‌تواند پیامدهای جدی برای سلامت انسان‌ها و موجودات زنده داشته باشد و نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه احساس می‌شود (Misek, 2018).

دانش موجود از تأثیرات میدان‌های الکترومغناطیسی و فرکانس رادیویی، بر روی سیستم عصبی خودکار (ANS)، ضربان قلب (HR)، فشار خون (BP)، و دیگر عملکردهای قلبی و عروقی کافی نیست. برای این منظور، مدل‌سازی ریاضی واکنش‌های الکترومکانیکی قلب انسان می‌تواند اطلاعات قابل توجهی در مورد نحوه تعامل این امواج با فیزیولوژی و سلامتی انسان‌ها ارائه دهد. بنابراین، ضرورت انجام تحقیقات مستمر در این زمینه به‌منظور حفظ سلامت عمومی به وضوح مشخص است.

این تحقیقات نشان می‌دهند که شدت اثر این امواج با فرکانس و مدت زمان قرارگیری در معرض آن‌ها افزایش می‌یابد، به طوری که فرکانس از مدت زمان قرار گیری در معرض اهمیت بیشتری برخوردار است (Novelline, 1997). هرچه فاصله ما از آنتن‌های BTS تلفن همراه کمتر باشد، خطرات ناشی از این امواج افزایش می‌یابد. بالاترین شدت امواج زمانی به بدن می‌رسد که فرد در زیر این آنتن‌ها قرار داشته باشد. اما با دور شدن از آنتن‌ها، به ویژه در فاصله‌های بیش از 5 کیلومتر، قدرت تشعشعات به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. تأثیر آنتن‌های BTS به میزان قدرت آن‌ها و فاصله فرد از آن‌ها بستگی دارد (pirayesh, 2005).

روش تحقيق

کتاب ها و مقالات منتشر شده قبل از سال 2024 در این مطالعه گنجانده شده است. مشکلات مربوط به میدان الکترومغناطیسی، امواج الکترومغناطیسی، فرکانس رادیویی و فرکانس کم عمق برای دستیابی به بینش بیشتر در مورد موضوع مورد بررسی قرار می گیرد. میدان های الکترومغناطیسی، طیف الکترومغناطیسی، آنتن موبایل، امواج مایکروویو، تشعشعات تلفن های همراه، امواج رادیویی و تشعشعات وای فای همگی در نظر گرفته شده اند. تمام مطالعات مربوطه از منابع کتابخانه ای، مرورها و فراتحلیل ها بازیابی، خوانده و مورد بررسی قرار گرفتند. در ابتدا عناوین، مقدمه و چکیده مقالات مطالعه و بررسی شد. متعاقباً، متون کامل تمام مقالات مرتبط بالقوه به دست آمد.

Pingki و همکارن (۲۰۲۴) مطالعه خود با عنوان «تاثیر آنزیم اکو بر کاهش تابش الکترومغناطیسی تلفن همراه» را با هدف محدود کردن یا سرکوب اثرات تابش امواج الکترومغناطیسی با استفاده از سیالات چند منظوره، یعنی آنزیم‌های اکو انجام دادند. 2 روش که عبارتند از استفاده از آنزیم های اکو در اندازه های 600 میلی لیتر و 1.2 لیتر با 6 پاس با فاصله مشخص و مدت زمان 0 دقیقه، 5 دقیقه، 10 دقیقه، 15 دقیقه، 20 دقیقه، 25 دقیقه و 30 دقیقه، به کار گرفته شدند. نتایج تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از معادله اثربخشی انجام شد. بالاترین مقادیر میانگین میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در مسیر A قبل از استفاده از آنزیم اکو، با اندازه‌گیری‌های 6 V/m و 0.18 μT یافت شد. آنزیم اکو با موفقیت تابش الکترومغناطیسی تلفن همراه را با اثربخشی 53 درصد کاهش داد. بنابراین، آنزیم اکو به عنوان یک ماده سازگار با محیط زیست بسیار مفید است که می تواند ما را از قرار گرفتن در معرض تابش الکترومغناطیسی محافظت کند.

Liu و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله خود با نام «تشعشعات الکترومغناطیسی خاص در محدوده سیگنال بی سیم، بیداری را در موش ها افزایش می دهد» تأثیر تشعشعات الکترومغناطیسی برد بی سیم بر خواب موش ها را گزارش کردند. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض EMR 2.4 گیگاهرتزی که توسط پالس های مربعی 100 هرتز در سطح خروجی غیرحرارتی تعدیل شده است، منجر به افزایش قابل توجه زمان بیداری در موش ها می شود. این موش‌ها کاهش زمان حرکت غیرسریع چشم (NREM) و حرکت سریع چشم (REM) را نشان می‌دهند. در مقابل، قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض تابش الکترومغناطیسی 2.4 گیگاهرتزی تعدیل‌نشده در همان سطح متوسط خروجی تأثیر کمی بر خواب موش دارد. این مشاهدات تغییر ساختارخواب در موش ها را به عنوان یک پاسخ فیزیولوژیکی خاص به قرار گرفتن طولانی مدت در معرض تابش الکترومغناطیسی با برد بی سیم شناسایی می کند.

Moon (2020) در مقاله خود با عنوان «اثرات میدان های الکترومغناطیسی بر سلامت کودکان» دانش فعلی از قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی در انسان، به ویژه کودکان را بررسی می کند. منابع قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی، اثرات بیولوژیکی، نظرات فعلی سازمان جهانی بهداشت و IARC در مورد سرطان زایی، و اثرات قرار گرفتن در معرض میدان های الکترومغناطیسی بر روی کودکان مورد بحث قرار گرفته اند. میدان‌های الکترومغناطیسی امواج الکترومغناطیسی کمتر از 300 گیگاهرتز هستند. قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی به 2 دسته تقسیم می شود: فرکانس های بسیار پایین (ELF؛ 3-3000 هرتز)، شامل خطوط انتقال ولتاژ بالا و سیم کشی داخلی. و فرکانس‌های رادیویی (RF؛ 30 کیلوهرتز تا 300 گیگاهرتز، )شامل تلفن‌های همراه، دستگاه‌های هوشمند، ایستگاه‌های پایه، وای‌فای و فناوری‌های 5G. اثرات بیولوژیکی میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی انسان شامل تحریک، حرارتی و غیر حرارتی است که مورد دوم کمترین شناخته شده است. در میان مسائل مختلف بهداشتی مرتبط با میدان‌های الکترومغناطیسی، مهم ترین موضوع سرطان زایی انسان است. بر اساس ارزیابی آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) از خطرات سرطان زا برای انسان، فرکانس های بسیار پایین و فرکانس‌های رادیویی به عنوان سرطان زاهای احتمالی انسانی مورد ارزیابی قرار گرفتند (گروه 2B). با این حال، دیدگاه سازمان جهانی بهداشت (WHO) در مورد میدان‌های الکترومغناطیسی نامشخص است.

Wolf و همکاران (2007) مطالعه ای تحت عنوان «افزایش بروز سرطان در نزدیکی ایستگاه فرستنده تلفن همراه» انجام دادند. آنها به بررسی احتمال افزایش بروز سرطان در شرایط زندگی در معرض تابش امواج رادیویی از ایستگاه فرستنده تلفن همراه پرداختند. شرکت کنندگان این مطالعه شامل 622 نفر از افرادی است که به مدت 3 تا 7 سال در نزدیکی ایستگاه فرستنده تلفن همراه زندگی می کردند و بیماران یک کلینیک بهداشتی بودند (محیط الف). 1 سال قبل از شروع مطالعه، زمانی که ایستگاه برای اولین بار شروع به کار کرد، این افراد در معرض امواج آن قرار گرفتند. گروه دوم 1222 نفر از افرادی بودند که خدمات پزشکی خود را از یک کلینیک واقع در محیطی با ویژگی‌های مشابه، دریافت می کردند (محیط ب). در محیط الف، هشت مورد انواع مختلف سرطان در یک دوره زمانی یک ساله تشخیص داده شد. این میزان با 2 مورد ثبت شده در محیط ب مقایسه شد. مقایسه نسبی نشان داد که احتمال بروز سرطان در محیط الف 15/4 برابر بیشتر از محیط ب بود.

Kunter و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه ای با عنوان «محاسبه نرخ جذب خاص و دما در سر انسان به دلیل سیستم‌های بی‌سیم موبایل 2G، 3g، 4g، انجام دادند. در این مطالعه، برای بررسی تاثیر فاصله، زاویه، و فرکانس امواج بر روی سر انسان در طول عملکرد منظم تلفن همراه، یک مدل سر از طریق مجموعه داده نرم افزار COMSOL شبیه سازی شده است. آنتن تلفن همراه با یک آنتن پچ پیکربندی شده است که منبع تابش آن به ترتیب در فرکانس‌های 900 مگاهرتز، 1800 مگاهرتز و 2100 مگاهرتز است. افزایش دما و توزیع نرخ جذب ویژه روی سر کاربر با زوایای مختلف و فواصل مختلف با استفاده از روش اجزای محدود شبیه‌سازی شده است. مشاهده شد که مقادیری که در شبیه‌سازی‌ها به‌دست می‌آیند مطابقت خوبی با محدودیت‌های اساسی تنظیم‌شده توسط IEEE و ICNIRP دارند. با افزایش فاصله بین آنتن و سر کاربر از 0 میلی متر به 6 میلی متر، توزیع نرخ جذب خاص در سر انسان از 3.0 وات بر کیلوگرم به 1.82 وات بر کیلوگرم کاهش می یابد. حداکثر افزایش دما در سر از 0.36 0C به 0.25 0C کاهش می یابد. نرخ جذب خاص و توزیع دما شبیه‌سازی‌شده عموماً مطابق با مطالعات پیشین هستند، به طوری که مقادیر با افزایش فاصله کاهش می‌یابند.

Hardell و همکاران (۲۰۰۰) پژوهش خود را با هدف تعیین عوامل خطر برای تومورهای مغزی انجام دادند. این مطالعه که «مطالعه مورد شاهدی بر روی کار رادیولوژی، بررسی های پزشکی اشعه ایکس و استفاده از تلفن همراه به عنوان عوامل خطر برای تومورهای مغزی» نام دارد، در مجموع از 233 مرد و زن 20 تا 80 ساله کمک گرفت. بیماران موردی دارای تومورهای مغزی تایید شده هیستوپاتولوژیک بودند و در منطقه اوپسالا-اوربرو (1994-1996) یا منطقه استکهلم (1995-1996) زندگی می کردند. دو کنترل منطبق برای هر مورد از ثبت جمعیت سوئد انتخاب شدند. در مجموع 209 مورد (90%) و 425 شاهد (91%) به این پرسشنامه پاسخ دادند. نتایج نشان داد که قرار گرفتن در معرض پرتوهای یونیزان، کار در آزمایشگاه و کار در صنایع شیمیایی خطر ابتلا به تومورهای مغزی را افزایش می دهد.

Hardell و همکاران (۲۰۰۶) مطالعه ای با عنوان «تجزیه و تحلیل تلفیقی از دو مطالعه مورد-شاهدی در مورد استفاده از تلفن های همراه و بی سیم و خطر ابتلا به تومورهای بدخیم مغزی تشخیص داده شده در سال های 1997-2003» انجام دادند که هدف آن بررسی استفاده از تلفن های همراه و بی سیم و خطر ابتلا به تومورهای بدخیم مغزی بود. دو مطالعه مورد-شاهدی در مورد تومورهای بدخیم مغزی تشخیص داده شده در طول سال‌های 1997-2003 شامل پاسخ‌های 905 مورد (90%) و 2162 (89%) کنترل 20 تا 80 ساله بود. با توجه به تلفن های دیجیتال OR=3.7، 95% CI=1.5-9.1 و تلفن های بی سیم OR=2.1، 95% CI=0.97-4.6 برای تومورهای بدخیم مغز برای افراد با اولین استفاده کمتر از 20 سال، بالاتر از افراد مسن محاسبه شد. در نتیجه، افزایش خطر برای تلفن‌های همراه و بی‌سیم به‌دست آمد که بالاترین میزان در گروه با دوره تأخیر بیش از 10 سال بود.

در مطالعه‌ای که توسط Levitt و Henry در سال ۲۰۱۰ با عنوان «اثرات بیولوژیکی ناشی از قرار گرفتن در معرض تشعشعات الکترومغناطیسی تولید شده توسط ایستگاه‌های پایه برج سلولی و سایر سازه‌ای آنتن» انجام شد، به بررسی مطالعات مرتبط با افرادی پرداخته شده است که در نزدیکی زیرساخت‌های آنتن زندگی یا کار می‌کنند. علیرغم اینکه تحقیقات اپیدمیولوژیک در این حوزه به طور پراکنده و گاهی متناقض هستند و با توجه به افزایش سطح پس‌زمینه تشعشعات فرکانس رادیویی ناشی از محصولات مصرفی، اندازه‌گیری این نوع مواجهه دشوار می‌باشد، اما برخی از تحقیقات نشان می‌دهند که باید در مکان‌یابی زیرساخت‌ها احتیاط بیشتری صورت گیرد. به علاوه، تحقیقات اپیدمیولوژیکی بیشتری لازم است که به بررسی کل قرار گرفتن در معرض تابش فرکانس رادیویی محیطی بپردازند. میدان‌های الکترومغناطیسی غیریونیزه به عنوان یکی از سریع‌ترین اشکال آلودگی محیطی در حال رشد شناخته می‌شوند.

کتاب «بهداشت عمومی S.O.S: روی تاریک انقلاب بی سیم» (۲۰۰۹) نوشته پروفسور ماگدا هاواس، فعال محیط زیست و مشاور مدیریت عوامل تغییر از کانادا و کامیلا ریس، بنیانگذار سایت www.ElectromagneticHealth.org می‌باشد. در این کتاب با اتکا به علم مستقل، راهکارهایی برای ایجاد ایمنی در مقابل امواج الکترومغناطیسی ارائه می‌دهد. این کتاب حاصل 110 سؤال از مخاطبان در باشگاه مشترک المنافع کالیفرنیا در سال 2008، مجمع امور عمومی کشورهای پیشرو است.

يافته ها

تشعشعات ایجاد شده توسط دستگاه‌های الکترونیکی، به ویژه تلفن‌های همراه، بر اساس شدت و قدرت میدان‌های الکترومغناطیسی آنها متفاوت است. سازمان‌های ملی استاندارد، تشعشعات مربوط به آنتن‌های موبایل را با استفاده از کدهای خاصی اندازه‌گیری می‌کنند که تولیدکنندگان ملزم به رعایت آن‌ها هستند. این استانداردها شامل دریافت گواهی تأیید هنگام ورود به هر کشور برای اندازه‌گیری سطح تشعشعات می‌باشد. سازمان انرژی اتمی بر این اندازه‌گیری‌ها نظارت می‌کند تا انطباق با استانداردها تأمین شود و اپراتورهای تلفن همراه نیز موظف به دریافت گواهینامه هستند. دستگاه‌هایی نظیر تلفن‌های همراه، تلویزیون‌ها، کامپیوترها و مایکروویوها امواج الکترومغناطیسی غیر یونیزه تولید می‌کنند. تشعشعات ساطع شده از تلفن‌های همراه با نرخ جذب خاص (SAR) سنجیده می‌شود که حداکثر میزان تشعشع جذب شده در حین استفاده از تلفن را نشان می‌دهد. افزایش نرخ جذب خاص به معنای جذب بیشتر تشعشع است. با این حال، مقدار انرژی واقعی که از تلفن‌های همراه ساطع می‌شود به قدرت سیگنال بستگی دارد. بنابراین، مقادیر پایین‌تر نرخ جذب خاص نشان‌دهنده سیگنال‌های قوی‌تری است که برای کارکرد به انرژی کمتری نیاز دارند. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده طولانی‌مدت از تلفن‌های همراه ممکن است تأثیرات منفی بر مغز داشته و به رشد تومورهای مغزی کمک کند. از آنجا که نورون‌ها خود نیز امواج الکترومغناطیسی تولید می‌کنند و مغز انسان فعالیت‌های الکترومغناطیسی دارد، امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه می‌توانند این فعالیت‌ها را مختل کرده و مشکلاتی به وجود آورند. علاوه بر این، نور آبی تولید شده توسط صفحه نمایش تلفن‌های همراه می‌تواند به چشم کودکان آسیب برساند (Nam, 2006). نور آبی بخشی از طیف مرئی است که قرنیه و عدسی چشم قابلیت فیلتر کردن آن را ندارند و به‌ویژه در شرایط کم‌نور می‌تواند اثرات منفی بر بینایی ایجاد کند (Rezk, 2008). از دیگر عوارض نامطلوب امواج تلفن همراه بر روی کودکان می‌توان به افزایش خطر چاقی، کاهش تحرک فیزیکی و اثرات منفی روانی اشاره کرد. این مسائل نیازمند توجه و مدیریت مناسب در استفاده از تکنولوژی‌های مدرن به‌ویژه در مورد کودکان هستند (Bellieni, 2008؛ Salford, 2003).

جذب امواج الکترومغناطیسی در محیط تحت تأثیر ویژگی‌های مواد و پارامترهای مختلفی قرار دارد. در مقایسه با تلفن‌های همراه که معمولاً با قدرت بالاتری عمل می‌کنند، سیستم‌های Wi-Fi به‌طور کلی با توان کم و سیگنال‌های ضعیف فعالیت می‌کنند و این موضوع موجب می‌شود که برد مؤثر آن‌ها برای سیگنال‌های قوی به حدود ۵۰۰ متر محدود شود. تحقیقات نشان می‌دهد که قرار گرفتن مداوم در معرض امواج ناشی از دستگاه‌های Wi-Fi در محیط‌های خانگی می‌تواند بر سلامت کودکان تأثیر منفی بگذارد و به‌طور بالقوه بر باروری افراد اثر بگذارد. همچنین، وجود آنتن‌های نصب‌شده در نزدیکی مناطق مسکونی ممکن است به بروز مشکلاتی چون سردرد، سقط جنین، اختلال در خواب و حتی مسائل روانی منجر شود. این نگرانی‌ها موجب شده است که توجه بیشتری به اثرات منفی احتمالی امواج الکترومغناطیسی بر روی سلامت انسان‌ها معطوف شود (Fritze, 1997; Croft, 2002). تحقیقات نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از انتشار Wi-Fi در ساعات شب اتفاق می‌افتد. در نیمه شب، بدن انسان به طور طبیعی شروع به بازسازی سلولی و فرآیندهای سم‌زدایی می‌کند و انرژی را برای روز بعد ذخیره می‌سازد. امواج Wi-Fi می‌توانند این فرآیندها را تحت تأثیر قرار داده و بر متابولیسم و فعالیت‌های بیولوژیکی تأثیر منفی بگذارند. هرچند که برقراری یک ارتباط قطعی بین نزدیکی به این آنتن‌ها و سرطان خون به دلیل نرخ بروز پایین این بیماری دشوار است. تحقیقات دیگر اثرات منفی گوناگون امواج الکترومغناطیسی (EMW) را بررسی کرده و به افزایش نفوذپذیری سد خونی مغزی، اختلال در متابولیسم گلوکز مغز و آسیب به زنجیره‌های DNA اشاره می‌کنند. قرار گرفتن در معرض این امواج همچنین با ایجاد سطوح بالای استرس، اختلال در متابولیسم سلولی، افزایش خطر سرطان، رشد سریع تومورهای مغزی و تأثیرات بالقوه بر باروری مردان ارتباط دارد. نگرانی‌هایی وجود دارد که مغز نوزادان به دلیل جمجمه‌های نازک‌تر خود، در برابر تشعشعات ناشی از تلفن‌های همراه آسیب‌پذیرتر است. این مسائل نیازمند توجه و اقدامات پیشگیرانه می‌باشند تا سلامت انسان و محیط زیست حفاظت شود. (Bellieni, 2008; Nam, 2006). علاوه بر این، مطالعات متعددی امواج تلفن همراه را با سرطان و اختلالات بیولوژیکی مختلف مرتبط کرده است (Kwee, 1997; Sienkiewicz, 1998; Hyland, 2000). در سال 2011 سازمان بهداشت جهانی این امواج را در زمره سرطان زا قرار داد. سرطان خون و سردردهای غیرعادی از جمله شایع ترین مشکلات سلامتی هستند که با امواج و تشعشعات مضر مرتبط هستند.

**اثرات امواج الکترومغناطیسی بر سلامت کودکان**

مطالعات نشان می‌دهند کودکانی که به طور مداوم در معرض تلفن همراه هستند، به ویژه زمانی که این دستگاه‌ها در اتاق خواب آن‌ها قرار دارد، با خطر ابتلا به تومورهای مغزی در سنین جوانی مواجه‌اند. همچنین، با توجه به اندازه کوچک‌تر مغز و رطوبت بیشتر بافت مغز در کودکان، آن‌ها نسبت به این امواج حساس‌تر هستند. دیگر مشکلاتی که در اثر استفاده از تلفن‌های همراه گزارش شده شامل افزایش دمای گوش و سر، کاهش اشتها و حالت تهوع ناشی از افزایش دمای مغز می‌باشد. استفاده طولانی‌مدت از تلفن همراه به‌خصوص در نزدیکی گوش، می‌تواند به جذب تشعشعات خطرناک در مغز منجر شود. ناآگاهی خانواده‌ها از این اثرات مضر، این خطرات را افزایش می‌دهد. خطرات بالقوه دیگری نیز وجود دارد که با استفاده از تلفن‌های همراه و دستگاه‌های بی‌سیم مرتبط است، از جمله ناباروری، بیماری آلزایمر و اختلال در عملکرد سیستم ایمنی. در نهایت، تشعشعات الکترومغناطیسی این دستگاه‌ها می‌تواند بر مغز تاثیر گذاشته و تغییراتی در پروتئین‌ها و ژن‌ها ایجاد کند که نقش اساسی در بروز آسیب‌های مغزی دارند (Sorahan, 2004, Fritze, 1997, Croft, 2002, Parazzini, 2007, Scherlag, 2004, Wolke, 1996, Nam, 2006, Rezk, 2008).

**اثرات امواج الکترومغناطیسی بر سیستم قلبی عروقی**

عملکرد صحیح و منظم سیستم قلبی عروقی از اهمیت بالایی برخوردار است. این عملکرد به طور مستقیم به جریان‌های الکتریکی که در قلب وجود دارد وابسته است. اختلال در این جریان‌ها، به ویژه به دلیل قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی، می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی نظیر آریتمی گردد، به ویژه در افرادی که از بیماری‌های قلبی رنج می‌برند. تحقیقات تجربی و اپیدمیولوژیک نشان‌دهنده این نکته است که مواجهه با میدان‌های مغناطیسی می‌تواند تأثیراتی بر تغییرات ضربان قلب داشته باشد و خطر آریتمی‌های جدی را افزایش دهد. علاوه بر آن، مطالعات نشان داده‌اند که امواج الکترومغناطیسی ممکن است باعث انقباض یا گشاد شدن عروق، افزایش فشار خون، افزایش ضربان قلب، ایجاد درد در ناحیه قفسه سینه، التهاب قلب و کاهش جریان خون و اکسیژن‌رسانی به اندام‌های حیاتی شوند. این اثرات می‌تواند به طور قابل توجهی بر سلامت قلب و عروق تأثیر بگذارد و نیاز به توجه ویژه‌ای در این زمینه دارد (Kwee, 1997; Wolke, 1996; Bellieni, 2008; Huber, 2003; Celik, 2004, Maurice, 1990, Tahvanainen, 2004).

**اثرات امواج الکترومغناطیسی بر مغز**

امواج الکترومغناطیسی، نظیر امواجی که از تلفن‌های همراه منتشر می‌شوند، به واسطه تأثیراتشان بر نورون‌های مغز، ممکن است در بروز اختلالات عصبی مانند بیماری آلزایمر و پارکینسون نقش داشته باشند. فرکانس‌های نزدیک به 1 گیگاهرتز می‌توانند مواد مغناطیسی موجود در مغز را تحت تأثیر قرار دهند و احتمال آسیب‌های عصبی و سرطان مغز را افزایش دهند. اثرات عصبی دیگری که به این امواج نسبت داده شده شامل اختلال در سد خونی مغزی، تغییرات در ساختار مغز، تغییرات الکتروفیزیولوژیکی، ناهنجاری در عملکرد انتقال‌دهنده‌های عصبی، تغییرات در متابولیسم سلولی و اختلال در جریان کلسیم است. همچنین، قرار گرفتن در معرض این امواج می‌تواند منجر به بروز علائمی چون از دست دادن حافظه، مشکلات شناختی، سردرد، خستگی، اختلال در خواب و کاهش تولید ملاتونین گردد. این اثرات نشان‌دهنده تأثیرات فیزیولوژیکی میدان‌های الکترومغناطیسی بر سیستم عصبی مرکزی است و بر قابلیت آنها در ایجاد اختلالات عصبی تأکید می‌کند. همچنین لازم به ذکر است که با توجه به گسترش استفاده از فناوری‌های نوین، نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود تا بتوان به درک بهتری از این تأثیرات دست یافت و راهکارهای مناسبی برای کاهش خطرات احتمالی ارائه داد (Regel and Salih, 2015; D'Costa and Koivisto, 2000; Kwee, 1997; Lass, 2002; Lebedeva, 2000; Navarro, 2003; Salford, 2003; Hamblin, 2002; Leonard, 2003).

**امواج الکترومغناطیسی و رابطه آن با ناباروری**

آزمایش‌هایی که توسط محققان ایتالیایی بر روی موش‌ها انجام شده، نشان می‌دهد که تنها یک سوم از تخمدان‌های این موش‌ها به طور طبیعی رشد کرده‌اند، در حالی که این رقم برای موش‌هایی که در معرض امواج الکترومغناطیسی قرار نگرفته بودند، به 80 درصد می‌رسد. این نتایج قوی‌تر شدن فرضیه‌ای را نشان می‌دهد که امواج الکترومغناطیسی می‌توانند به ناباروری کمک کنند. در یک تحقیق دیگر توسط دانشمندان ترک، کاهش تعداد اسپرم‌ها در موش‌های نر به دلیل قرار گرفتن در معرض این امواج مشاهده شد. این وضعیت می‌تواند به آسیب DNA، استرس اکسیداتیو، کاهش تحرک اسپرم و مشکلاتی در رشد جنین منجر شود. امواج الکترومغناطیسی همچنین می‌توانند به مغز نوزادان آسیب برسانند؛ زیرا جمجمه آن‌ها نازک است و این امر بر رشد سلولی در بدن انسان، به ویژه در دوران جنینی، تاثیر می‌گذارد. زنان باردار، به ویژه در سه ماهه اول، در معرض خطر بیشتری قرار دارند که می‌تواند بر رشد سلول‌های بدن و سلول‌های عصبی آن‌ها تأثیر بگذارد. علاوه بر این، امواج مرتبط با اینترنت نسل‌های 3G و 4G ممکن است فعالیت مغز کودکان و زنان را کاهش دهند و عوارضی نظیر سردرد، خستگی، اختلالات خواب، مشکلات حافظه و حتی افسردگی را به همراه داشته باشند. این امواج همچنین با افزایش خطر سقط جنین، زایمان زودرس و مشکلات رشد مغز جنین مرتبط هستند و ممکن است باعث بیش فعالی در کودکان شوند. امواج وای‌فای نیز با عقب‌ماندگی ذهنی جنین و مشکلات رفتاری در کودکان و ارتباطات بین والدین و فرزندان در ارتباط است. کارشناسان به زنان باردار توصیه می‌کنند برای کاهش قرار گرفتن در معرض این امواج، از استفاده از دستگاه‌هایی مانند تلفن همراه و لپ‌تاپ، به ویژه در محیط‌های وای‌فای، خودداری کنند. خطرات ناشی از قرار گرفتن در معرض امواج الکترومغناطیسی شامل سقط جنین، آسم و چاقی بعد از زایمان است و ممکن است منجر به اختلالات هیجانی و رفتاری، بیش فعالی، مشکلات تیروئید و اختلالات حافظه در کودکان شود. تاثیر این امواج بر تخمدان‌های زنان می‌تواند خطر سقط جنین را افزایش دهد و به کاهش تولید ملاتونین در مغز منجر شود (Pecyna, 2005; Kim, 2008; Rezk, 2008,).

**اثرات میدان های مغناطیسی بر سیستم عصبی و سلول‌ها**

تحقیقات علمی نشان می‌دهد که امواج الکترومغناطیسی به طرق مختلف می‌توانند بر روی بدن انسان تأثیر بگذارند. این امواج قادرند به مولکول‌های حیاتی آسیب رسانده و بر عملکرد سیستم عصبی و سایر سیستم‌های حیاتی تأثیر منفی بگذارند. یکی از اثرات بارز این امواج، تولید گرما در بافت‌های بدن است که می‌تواند منجر به آسیب به بافت‌های حساس مانند اعصاب و ماهیچه‌ها گردد. این آسیب‌ها در نهایت می‌توانند عملکرد طبیعی بدن را مختل کرده و به دلیل جریان‌های الکتریکی ایجاد شده، عدم تعادل در فعالیت‌های بیولوژیکی را به همراه داشته باشند. علاوه بر این، امواج الکترومغناطیسی می‌توانند میدان‌های مغناطیسی طبیعی مغز را تحت تأثیر قرار داده و به تغییر در مدارهای عصبی منجر شوند. این تغییرات می‌توانند بر حرکت و کارکرد مولکول‌های کلیدی که برای فعالیت‌های مغزی ضروری هستند، تأثیر بگذارند. به طور کلی، این تحقیقات نشان می‌دهد که باید به اثرات منفی این امواج توجه بیشتری شود تا از سلامت عمومی و کارکرد صحیح سیستم‌های بیولوژیکی محافظت گردد (Sienkiewicz, 1998, Krameralan, 2001, Kwee, 1997, Salih, 2015, Hyland, 2000).

بحث و نتيجه‌گيري

در دنیای امروز، دستگاه‌های الکترونیکی به عنوان ابزارهای تسهیل‌کننده زندگی شناخته می‌شوند، اما تولید مداوم و روزافزون این دستگاه‌ها توسط محققان و شرکت‌ها، خطرات و تهدیدات جدی برای سلامت انسان به وجود آورده است. میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از این دستگاه‌ها می‌توانند تأثیرات منفی قابل توجهی بر عملکرد و سیستم‌های حسی انسان داشته باشند. تحقیقات نشان می‌دهد که تماس مداوم با امواج الکترومغناطیسی می‌تواند عوارض جدی بر سلامت افراد، به ویژه کودکان، داشته باشد و بر سیستم‌های مختلف بدن مانند قلب، مغز، باروری و سیستم عصبی تأثیر بگذارد. این امواج ممکن است منجر به مشکلاتی نظیر آریتمی قلبی شوند، به همین دلیل محققان توصیه می‌کنند که افراد از نگه‌داشتن تلفن همراه نزدیک به قلب خود اجتناب کرده و زمان استفاده از آن را به حداقل برسانند. این بررسی به جمع‌آوری و تحلیل مطالعات موجود پرداخته و مقالات اصلی نیز می‌توانند دیدگاه‌های عمیق‌تری در این زمینه ارائه دهند.

منابع

1. Stanizai, A Z. and Ahadyar, F. (2009). General physics. Kabul, Saeed Press.

2. Hocking B. (1998) Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. Occup Med (Lond). 1998 Sep;48(6):357-360.

3. Effects of electromagnetic waves and fields on the body (2014), Medical Engineering Monthly, 179, March 2014, 78-84.

4. ICNIRP Guidelines, Health Physics, vol. 74, No:4, pp. 494-522, April 1998.

5. Gittleman, A. L., & Louise, A. (2010). Zapped. New York City: Harper Collins.

6. X-Ray Data Booklet Table 1-3(2016( "PDF .)Center for X-ray Optics and Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory. 2009-10-01. Archived from the original (PDF) on 23 April 2009 .Retrieved.19-02-2016.

7. Hyland GJ. (2000) Physics and biology of mobile telephony. Lancet. 2000 Nov 25;356(9244):1833-1836.

8. Sadiku. M N. O. (2011). (Foundation of electromagnetic) Translate by Mahmood Deyani. 1th. Tehran: Nass publication.

9. Huber, R. (2003) Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate. Bioelectromagnetics4 (2003): 262-276.

10. Novelline, R (1997). Squire's Fundamentals of Radiology. Harvard University Press. 5th edition .ISBN.2-83339-674-0

11. Pirayesh J. (2005) [Effects Biotic of cellular phone] Iranian Journal of Medical Physics. 2005;2(7):85-91. [Article in Persian].

12. David A (1999). Soft X-rays and extreme ultraviolet radiation. Cambridge University. p. 2 .ISBN .8-65214-521-0-978 Physics.nist.gov. Physics.nist.gov. Retrieved 2011-11-08.

13. L'Annunziata, M and Mohammad A (2003). Handbook of Radioactivity Analysis. Academic Press. p. 58 .ISBN.1-436603-12-0.

14. Pecyna MB. (2005) Respiratory sinus arrhythmia among menopausal women after exposition to extremely-low-frequency magnetic fields. J Physiol Pharmacol. 2005 Sep;56 Suppl 4:179-184.

15. Sicard E, and Delmas-Benhia S. (2001) Introduction to GSM. 5th . Bedford Ma. Bed Fordma Techonline Publication. 2001; pp:1-3.

16. Celik, O, and Seyma H (2004) Effect of electromagnetic field emitted by cellular phones on fetal heart rate patterns. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology1 (2004): 55-56.

17. Lass, J et al., (2002). Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks. Int. J. Radiat. Biol. 73(10): 937-944.

18. Nam KC, Kim SW, Kim SC and Kim DW. (2006) Effects of RF exposure of teenagers and adults by CDMA cellular phones Bioelectromagnetics. 2006 Oct;27(7):509-514.

19. Salford, LG et al., (2003). Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. Environmental Health Perspectives Online January 29.

20. Lebedeva NN et al., (2000) Cellular phone electromagnetic field effects on bioelectric activity of human brain. Crit Rev Biomed Eng 28(1-2) 323-337.

21. Anuya A J, Kanchan C W, Anand G J and Kakade SV (2022). Long term effects of mobile phone use on sleep quality, stress score, and depression score in female medical students. 7, 1, 121-125

22. Hiie H, Tarmo K, Jaanus L, Hans O, Priit R , and Maie B. (2022). Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: a review based estimation of 5G impact. Doi: 10.1080/09553002.2022.2026516. Epub 2022 Jan 31. ;98(7):1210-1221.

23. Wolf¹, R., & Wolf, D. (2007). Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station. Trends in Cancer Prevention Research, 1.

24. Rees, C., & Havas, M. (2009). Public Health SOS: The Shadow Side of the Wireless Revolution: 110 Questions on Electromagnetic Pollution from a Forum at the Commonwealth Club of California. Wide Angle Health.

25. Kunter, F. Ç., Gunduz, C., & Seker, S. S. (2018). COMPUTATION OF SAR AND TEMPERATURE VALUES IN THE HUMAN HEAD DUE TO 2G, 3G, 4G MOBILE WIRELESS SYSTEMS: COMPUTATION OF SAR AND TEMPERATURE VALUES IN THE HUMAN HEAD. Journal of Aeronautics and Space Technologies, 11(1), 1-6.

26. Hardell, L., Nasman, A., Pahlson, A., & Hallquist, A. (2000). Case-control study on radiology work, medical X-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors. MedGenMed, 2(2), E2.

27. Hardell, L., Carlberg, M., & Hansson Mild, K. (2006). Pooled analysis of two case–control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997–2003. International archives of occupational and environmental health, 79, 630-639.

28. Levitt, B. B., & Lai, H. (2010). Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays. Environmental Reviews, 18(NA), 369-395.

29. Moon, J. H. (2020). Health effects of electromagnetic fields on children. Clinical and experimental pediatrics, 63(11), 422.

30. Pingki, P., Nismayanti, A., Sabhan, S., Iqbal, I., Kasman, K., & Maskur, M. (2024). The Influence of Eco Enzyme on The Reduction of Electromagnetic Radiation from Mobile Phone. Gravitasi, 23(1), 1-5.

31. Liu, L., Deng, H., Tang, X., Lu, Y., Zhou, J., Wang, X., ... & Shi, Y. (2021). Specific electromagnetic radiation in the wireless signal range increases wakefulness in mice. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(31), e2105838118.

32. Bellieni CV,. (2008). Electromagnetic fields produced by incubators influence heart rate variability in newborns. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 93(4):298-301.

33. Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, Barry RJ, Williams JD and Clarke AR. (2002) Acute mobile phone operation affects neural function in humans Clin Neurophysiol. 2002 Oct;113(10):1623-1632.

34. Fritze K, Wiessner C, Kuster N, Sommer C, Gass P, Hermann DM. (1997). Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain Neuroscience. 1997 Dec;81(3):627-639.

35. Sienkiewicz Z. (1998). Biological effects of electromagnetic fields and radiation. J Radiol Prot. 1998 Sep;18(3):185-193.

36. Kwee, S, (1997.) The biological effects of microwave radiation. Proceedings of the Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, Bologna, Italy, June 1997.

37. Sorahan T, and Nichols L. (2004) Mortality from cardiovascular disease in relation to magnetic field exposure: findings from a study of UK electricity generation and transmission workers, 1973-1997. Am J Ind Med. 2004 Jan;45(1):93-102.

38. Parazzini M, Ravazzani P, Tognola G, Thuróczy G, Molnar FB, and Sacchettini A, et al. (2007) Electromagnetic fields produced by GSM cellular phones and heart rate variability Bioelectromagnetics. 2007 Feb;28(2):122-129.

39. Scherlag BJ, Yamanashi WS, Hou Y, Jacobson JI, Jackman WM, and Lazzara R. (2004) Magnetism and cardiac arrhythmias. Cardiol Rev. 2004 Mar-Apr;12(2):85-96.

40. Wolke, S et al, (1996). Calcium homeostasis of isolated heart muscle cells exposed to pulsed high-frequency electromagnetic fields. Bioelectromagnetics 17(2): 144-153.

41. Rezk AY, Abdulqawi K, Mustafa RM, Abo El-Azm TM, and AlInany H. (2008). Fetal and neonatal responses following maternal exposure to mobile phones. Saudi Med J. 2008 Feb;29(2):218-223.

42. Maurice S, Malcolm B, and Mellroy M D. (1990) Clinical cardiology. 4th . Cheitlin: Publishing Divisioin of Prentice Hall. 1990; pp: 200-300.

43. Tahvanainen K, Niño J, Halonen P, Kuusela T, Laitinen T, and Länsimies E, et al. (2004). Cellular phone use does not acutely affect blood pressure or heart rate of humans. Bioelectromagnetics. 2004 Feb;25(2):73-83.

44. Regel J. (n.d) Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking.

45. Salih M., (2015), Extremely low-frequency magnetic field induces manganese accumulation in brain, kidney, and liver of rats, Toxicol Ind Health. 31(6):576-80.

46. D'Costa, H. (n.d) (2003)٫ Human brain wave activity during exposure to radiofrequency field emissions from mobile phones. Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, 26, 4.

47. Koivisto, M, (2000b). The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. Neuroreport 11:1641-1643.

48. Navarro EA. (2003). The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain. Electromag Biol Med 22:161-169.

49. Hamblin DL, (2002). Wood AW Effects of mobile phone emissions on human brain activity and sleep variables. Int J Radiat Biol. 2002 Aug;78(8):659-669.

50. Leonard L. (2003) [Patophysiology of heart disease] Traslate by: Bikdeli B, Chehrani M, Bikdeli B. 5th. Tehran: Publication of Hayan. 2003; p:35. [Persian].

51. Kim DW, Lee JH, Ji HC, Kim SC, Nam KC, and Cha EJ. (2008). Physiological effects of RF exposure on hypersensitive people by a cell phone Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2008; 2008:2322- 2325.

52. Krameralan H. (2001). [Physics for biotic science] Translate by: Bahar M. 11th. Tehran: Mobtakeran Publication. 2001; p:396. [Persian]