IranJPP
Iranian Journal of
Physiology and Pharmacology

مجله فیزیولوژی و فارماکولوژی ایران

۱ (۱)، ۷۰- ٦١ بهار ۱۳۹٦

مقاله مروری

آیا امواج تلفن همراه بر عملکرد مغز اثر دارد؟

مجید جدیدی[۱*]، عباسعلی طاهریان[۲]

۱. دپارتمان فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان
۲. مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان

دریافت: ۲۷ خرداد ۹۴ پذیرش: ۳۱ خرداد ۹۴

چکیده

زمینه و هدف: ابداع مخابرات بیسیم در قرن بیستم، شیوه زندگی انسان را دستخوش تغییر ساخت. گرچه پیشرفت این تکنولوژی موجب فراهم نمودن آسایش انسان شد، اما کاربرد گسترده امواج الکترومغناطیسی در آنتن های مخابراتی، گوشی تلفن همراه و گوشی های تلفن بیسیم، باعث بروز علائم متعدد مغزی در کاربران شد. از این رو آزمون های گسترده ای به منظور بررسی آثار این امواج بر فعالیت های بیولوژیکی و فیزیولوژیکی مغز طراحی گردید.

روش‌ها: در این مقاله مروری، نتایج مقالات منتشر شده دسته بندی و با تمرکز بر اثر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر مغز مورد بررسی قرار گرفته اند.

یافته‌ها: یافته ها حاصل از بررسی ۹۴ مقاله، بیانگر آثار سو تشعشع تلفن همراه بر قسمت های مختلف مغز در مواجهه با امواج الکترومغناطیسی در فرکانس ها و چگالی های توان گوناگون می باشد.

نتیجه‌گیری: با افزایش سریع تعداد تلفن همراه و کاربران جوان در جامعه انسانی، محدوده تابش گیری مجاز تعیین شده توسط سازمان های جهانی نمی تواند پاسخگوی آثار مشخص شده از تلفن همراه بر مغز در تحقیقات گوناگون باشد. از این رو انجام مطالعات بیشتر مرتبط با تاثیر مضر تشعشع تلفن همراه امری ضروری است.

واژه‌های کلیدی : امواج الکترومغناطیس، تلفن همراه، مغز

مقدمه

انسان بعنوان یک مخلوق اجتماعی همواره نیازمند برقراری ارتباط با همنوعان خود بوده است. لزوم برقراری ارتباط موجب شده تا در قرن های مختلف شیوه های گوناگونی بدین منظور مورد استفاده قرار گیرد که از آن جمله می توان به استفاده از آتش و دود، انواع علائم و پرچم ها، کبوتران نامه بر، پیک های پیاده و سواره، تلگراف و تلفن اشاره نمود. در قرن بیستم با کشف مخابرات بیسیم تحولی در شیوه ارتباطات انسانی ایجاد گردید که بسیاری از فرایندهای زندگی انسان را دستخوش تغییر ساخت. پیشرفت این تکنولوژی هر چند سهولت بیشتری را برای آسایش انسان فراهم ساخت، اما کاربرد گسترده امواج الکترومغناطیسی در آنتن های تلفن همراه، گوشی تلفن همراه و گوشی تلفن‌های بیسیم، باعث بروز علائم متعدد مغزی در کاربران شد که زمینه ساز اجرای آزمون‌های سترده‌ای توسط دانشمندان گردید. سیستم‌های تلفن همراه Global System for Mobiles (GSM) و Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) بدلیل کاربری گسترده در بسیاری از کشورهای جهان، همواره توسط محققین مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته تا آثار احتمالی امواج آنها بر بدن انسان آشکار گردد. در سیستم

* نویسندهٔ مسئول مکاتبات: Jadidim@semums.ac.ir
وبگاه مجله: http://ijpp.phypha.ir
پست الکترونیکی: ijpp@phypha.ir

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

GSM محدوده ۹۰۰ و۱۸۰۰ مگاهرتز و در سیستم UMTS باند فرکانسی ۲۲۰۰ مگاهرتز مورد استفاده قرار می گیرد [۱].

امروزه حدود یک سوم جمعیت کره زمین برای برقراری ارتباط روزانه خود از تلفن همراه استفاده می نمایند، از این رو محدودیت های ویژه ای توسط سازمان های مختلفی مانند (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection [ICNIRP]) و Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE] تدوین گردیده و محدوده تابش گیری مجاز برای امواج تلفن همراه در آمریکا ۱/۶ وات بر کیلوگرم و در اروپا ۲ وات بر کیلوگرم اعلام شده است [۱]. طول موج امواج باند ۹۰۰ مگاهرتز بین ۳۳ تا ۳۵ سانتی متر و طول موج امواج باند ۱۸۰۰ مگاهرتز بین ۱۶ تا ۱۷ سانتی متر می باشد. Weinberg معتقد است از آنجا که سر انسان بیضی شکل بوده و اندازه عرضی آن ۱۶ تا ۱۷ سانتی متر می باشد، لذا همانطور که شکل ۱ نشان می‌دهد، اندازه سر انسان در ناحیه گوش، برابر نصف طول موج امواج ۹۰۰ مگاهرتز و برابر یک طول موج امواج ۱۸۰۰ مگاهرتز است، از این رو می‌تواند بعنوان یک تشدید کننده (رزوناتور) بیشتر انرژی امواج الکترومغناطیسی در این طول موج ها را جذب نماید [۲].

ضرورت بررسی تاثیر امواج تلفن همراه بر مغز انسان همواره احساس شده، همچنین بررسی جزئیات تاثیر این امواج بر فعالیت های بیولوژیکی و فیزیولوژیکی مغز و ایجاد اختلال در عملکرد مغز یا اثرات مثبت آن در زندگی مورد ابهام است. به همین دلیل در این مقاله مروری سعی شده تا با بررسی مطالعات انجام شده در زمینه تابش دهی مغز با امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه، خلاصه ای از یافته های محققین کشورهای مختلف بصورت دسته بندی ارائه گردد.

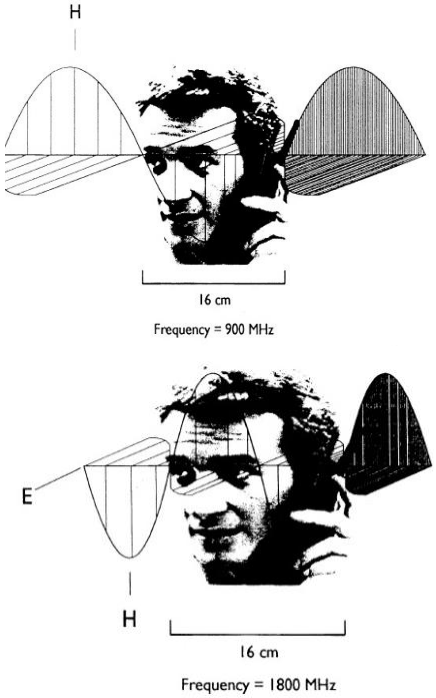
مواد و روش‌ها

مطالعات فراوانی نشان داده اند که مواجهه با امواج الکترو مغناطیسی موجود در تکنولوژی های نوین پاسخ های گوناگونی را در سیستم های زنده ایجاد می نماید. در تعداد زیادی از مطالعات هیچگونه علائم ناشی از تابش گیری با پرتوهای غیر یون ساز تلفن همراه گزارش نشده اما در برخی از آزمون ها بر اساس نوع مطالعه، فرکانس مورد استفاده، توان امواج تابشی و مدت تابش امواج، نتایج بسیار متفاوتی گزارش شده است. البته ذکر چند نکته ضروری است که عبارتند از: الف) در این مطالعه علی رغم محدودیت های موجود در دسترسی به اصل مقالات، فقط به چکیده مقاله ها اکتفا نشده و به مقالاتی که اصل آنها در دسترس بوده استناد شده است. ب) برای جستجوی مقالات از کلمات کلیدی متعددی مانند: تلفن همراه، امواج الکترومغناطیسی، مغز ، هیپوکمپ، سد خونی مغزی، فرایندهای رفتاری و شناختی، یادگیری و حافظه مورد استفاده قرار گرفته و بدین منظور سایت های معتبر علمی متعددی مانند Google, Pub Med, Science direct مورد استفاده قرار گرفتند. ج) به منظور سهولت بیشتر، کلیه ۹۴ مقاله گردآوری شده تفکیک و به صورت هدفمند در گروه های آثار امواج بر مغز، تابش گیری سد خونی مغزی، تاثیر امواج بر EEG، هیپوکمپ، فرایند های رفتاری و شناختی، حافظه و یادگیری طبقه بندی شده و مورد تحلیل قرار گرفتند. اطلاعات حاصل بدست آمده از مقالات فوق نیز به همین ترتیب طبقه بندی و مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

تاثیر امواج بر مغز

جایگاه سیستم شنوایی در کنار مغز موجب گردیده تا در زمان استفاده از تلفن همراه، بخش اعظم تشعشعات ساطع شده از گوشی تلفن به مغز برسد. هر چند امواج الکترومغناطیسی



شکل ۱– قطر سر انسان در مقایسه با طول امواج ۹۰۰ مگاهرتز و ۱۸۰۰ مگاهرتز تلفن همراه. (H) میدان الکتریکی، (B) میدان مغناطیسی. بر گرفته از منبع شماره [۲] .

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

می‌توانند آثار حرارتی هم داشته باشند. مشخص شده است که با استفاده از گوشی‌های تلفن همراه ۹۰۰ و۱۸۰۰ مگاهرتز که مورد استفاده عموم مردم قرار می گیرند، موجب حدود ۰/۱ درجه سلسیوس افزایش در دمای مغز می شوند. مطالعات انجام شده با روش شبیه سازی مبین آن است که دمای بافت مغزی در زمان مکالمه با تلفن همراه افزایش چشمگیری ندارد. از این رو اثر حرارتی امواج الکترومغناطیسی در زمان مکالمه در مغز انسان ظاهر نخواهد شد.

هر چند نتایج مطالعات متعدد با امواج ۹۰۰ مگاهرتز و ۸۰۰ مگاهرتز بیانگر آن است که هیچ تغییری در عملکرد مغز پس از تابش امواج تلفن همراه ایجاد نمی شود ، اما در محدوده GSM 900 نشان داده شد که تابش گیری مغز بر عملکرد نورون‌ها موثر است . همچنین دیده شده ۲ ساعت تابش امواج موجب آسیب نورون های ناحیه هیپوکمپ می شود. در تحقیق دیگری نشان داده شده که ۱۵ دقیقه تابش امواج موجب کاهش گیرنده‌های NMDA گردید . نتایج حاصل از مطالعه بر روی کاربرانی که بطور طولانی مدت از گوشی تلفن همراه استفاده می کردند بیانگر آن بود که در این افراد میزان سردرد، تحریک پذیری و احساس بیماری بیشتر است . Keetley نیز بیان نمود که تلفن همراه موجب نارسایی در زمان واکنش ها خواهد شد اما این امر همراه با بهبود سرعت حافظه کاری است [۳]. در همین راستا، نتایج نشان دادند که تابش دهی به خرگوش ها به مدت ۲ سال با امواج ۶۵۰ مگاهرتز باعث تغییر در سلول های مغزی می‌شود که پایدار نیست و ۱۸ ماه پس از قطع تابش ترمیم صورت می‌گیرد. هر چند نشان داده شده که ۳۰ دقیقه تابش امواج ۱۹۵۰ مگاهرتز تاثیری بر جریان خون موضعی مغز ندارد ، اما تابش باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز می تواند باعث افزایش جریان خون مغزی شود که نتیجه آن افزایش حافظه کاری است. در مطالعه دیگری تابش امواج باند ۹۰۲ مگاهرتز موجب کاهش جریان خون در نواحی نزدیک به آنتن شد در حالیکه در بخش فرونتال مغز، جریان خون موضعی افزایش یافت [۴].

تاثیر امواج بر سد خونی مغزی

سد خونی مغزی نقش مهمی در جلوگیری از نفوذ مواد سمی موجود در خون به بافت حساس مغزی دارد که ضمن نفوذ پذیری انتخابی و خاصیت هیدروفوبی (آب گریزی)، مولکول های کوچک محلول در چربی را به راحتی عبور می دهد. این سد نه تنها مانع نفوذ مولکول‌های قطبی سمی به مغز می شود، بلکه مشابه یک سیستم رگولاتور (تنظیم کننده) است که محتویات مایع داخل سلولی مغز را ثبات بخشیده و مطلوب می سازد. اختلال در عملکرد سد خونی مغزی موجب نفوذ مولکول های آبدوست (هیدروفیل) بداخل مغز شده که بدنبال آن ادم مغزی، افزایش فشار داخل جمجمه و در موارد شدید آسیب جبران ناپذیری را ایجاد می شود. باز شدن این سد می تواند تهاجم میکرو ارگانیسم ها را نیز بدنبال داشته باشد. بدلیل مجاورت این بخش از بدن با منبع تشعشع در زمان مکالمه و عملکرد مهم آن برای مغز، سد خونی مغز یکی از نقاط مهم مورد تحقیق بوده است [۱].

تابش امواج الکترومغناطیسی نیز می تواند عملکرد این سد را تغییر دهد. آزمون Nittby با امواج باند فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز بیانگر افزایش نفوذ پذیری این سد نسبت به آلبومین در بافت مغزی پس از تابش گیری دو ساعته در موش ها بود [۵]. گرچه نتایج مطالعات Kuo نیز نشان داد که در فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز بر اساس نوع مدولاسیون، نفوذ پذیری سد خونی مغزی تغییر می نماید [۶] اما در بسیاری از آزمون‌های انجام شده در مورد تابش امواج بر نفوذ پذیری سد خونی مغزی می‌توان به تاثیر باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز، ۱۸۰۰ مگاهرتز، محدوده ۱۴۳۹ مگاهرتز و باند ۲۴۵۰ مگاهرتز اشاره نمود.

تاثیر امواج تلفن همراه بر EEG و خواب

EEG ثبت فعالیت الکتریکی مغز است که توسط سیگنال های همزمان نورون ها ایجاد می شود. این فعالیت‌های الکتریکی بطور قراردادی به باند های فرکانسی تتا (۴ تا ۸ هرتز)، آلفا (۸ تا ۱۲ هرتز)، بتا (۱۴ تا ۳۰) هرتز و گاما (حدود ۴۰ هرتز) تقسیم می‌شود و معمولا در آزمون ها دامنه یا توان امواج الکتریکی مورد بررسی قرار می گیرد.

نتایج مطالعات Wagner ، Hamblin و Kleinlogel با امواج باند ۹۰۰ مگاهرتز [۷، ۸] نشان دهنده عدم تغییرات در عملکرد مغز پس از تابش امواج تلفن همراه بود، اما در محدوده GSM 900 یافته های مطالعه Mann و Borbely دال بر این بود که تابش امواج الکترومغناطیسی باعث تغییر طول خواب انسان می گردد. همچنین در یافته های دیگری نیز نشان داده شد که پس از تابش امواج، فعالیت مغزی دچار تغییر

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

جدول ۱- خلاصه مطالعات انجام شده برای بررسی تاثیر امواج تلفن همراه بر EEG و خواب

Year	Name	Subject	Frequency (MHz)	Effect
2000	Wagner	EEG & Sleep	900	-
2006	Hamblin	EEG	GSM 895	-
2008	Kleinlogel	EEG	GSM 900/UMTS 1950	-
1996	Mann	EEG & Sleep	900	Sleep (shortened)
1998	Eulitz	EEG	GSM 916.2	Effect on brain activity
1999	Borbely	EEG & Sleep	900	Sleep (longed)
2002	Croft	EEG	GSM 900	Decrease in 1-4 Hz & increase in 8-12 Hz
2002	Huber	EEG	900 continuous & pulse	Power of Alpha waves increased
2003	Marino	EEG	829-849	EEG Change
2003	Karmarenko	EEG	GSM 900	Increase in delta & theta waves
2004	Krause	EEG	GSM 902	Change in 4-6 Hz waves
2005	Curciu	EEG	GSM 902	Effect on Alpha waves during call
2007	Regel	EEG	GSM 900	Effect on 10-14 Hz waves
2007	Hung	EEG & Sleep	GSM 900	Effect on brain activity & sleep
2008	Hountala	EEG	900/1800	Effect on alpha beta & theta waves
2010	Vecchio	EEG	GSM 902	Increase in alpha rhythms
2011	Tyagi	EEG	GSM/CDMA*	EEG Change
2012	Vecchio	EEG	GSM 902	Increase in alpha rhythms
2013	Bhargavi	EEG	GSM/CDMA*	EEG Change

*CDMA (935-960 MHz)

می شود (جدول ۱). در تحقیقات دیگری با همین باند فرکانسی مشخص شد که پس از تابش امواج الکترومغناطیسی بین یک تا ۴ هرتز امواج مغزی کاهش می‌یابند در حالیکه در فرکانسی را بر امواج آلفا در زمان مکالمه با تلفن همراه تایید نمود اما در مطالعه دیگری مشخص شد که امواج ۹۰۰ مگاهرتزی مدوله شده می توانند بر امواج ۱۰ تا ۱۴ هرتزی مغزی اثر نمایند . در مطالعه Vecchio ۴۵ دقیقه تابش امواج تلفن همراه باعث افزایش ریتم امواج آلفا در افراد مسن شد [۹]. در تحقیقات انجام شده با باند فرکانسی ۸۰۰ مگاهرتز تغییر در EEG مشاهده شد. در آزمون های مقایسه ای دیگری که در باند فرکانسی ۸۰۰ و ۹۰۰ مگاهرتز انجام شد، تغییر EEG توسط امواج باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز ثبت گردید. در حالیکه مطالعه Hountala با امواج باند فرکانسی ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز بیانگر آن بود که امواج ۱۸۰۰ مگاهرتز می تواند بر امواج آلفا، بتا و تتا مغزی اثر نماید که نتیجه آن در مردان و زنان یکسان نیست [۱۰].

تاثیر امواج بر هیپوکمپ

هیپوکمپ نام لاتین اسب دریایی است که برای بخشی از مغز که دارای این شکل می‌باشد انتخاب گردیده است. مطالعات نشان داده که حیوانات برای شکل گیری انواع حافظه نیازمند اطلاعات فضایی، مکانی، Long Term Potentiation ([LTP]) و (Long Term Depression [LTD]) هستند و یکی از تئوری های مهم، نفوذپذیری یون کلسیم بداخل نورون برای ایجاد LTP و LTD است . مطالعات انجام شده در باند ۹۰۰ مگاهرتز نشان داد که ۹ روز تابش گیری می تواند موجب کاهش سلول های هرمی شکل ناحیه هیپوکمپ نوزادان موش گردد [۱۱]. تحقیق با امواج ۱۸۰۰ مگاهرتز نیز بیانگر آن است که این امواج بخش دندریتی نورون های هیپوکمپ را کاهش می دهند [۱۲].

در تحقیقات Tatersall که با انرژی جذبی بسیار کم ۰/۰۰۱۶ وات بر کیلوگرم که در فرکانس پیوسته ۷۰۰ مگاهرتز انجام گرفت، افزایش دامنه PS در سلول های هیپوکمپ دیده شد. در مطالعه ای با اعمال فرکانس ۱۸۰۰ مگاهرتز و (Specific Absorption Rate [SAR]) معادل ۲/۴ وات بر کیلوگرم، کاهش فعالیت سیناپسی مشاهده گردید. در پژوهش دیگری، اعمال فرکانس ۲ گیگاهرتز، موجب کاهش LTP شد [۱۳]. در تحقیقات Pakhomov با فرکانس ۹/۳ گیگاهرتز،

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

کاهش دامنه PS در سلول های هیپوکمپ دیده شد. در فعالیت های انجام شده توسط نویسندگان این مقاله نیز که با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز (فرکانس آنتن های مخابراتی تلفن همراه) انجام گرفت، کارآیی سیناپسی و شیب (Excitatory Post Synaptic Potentiation [EPSP]) در چگالی توان ۰/۸۳ میلی وات بر سانتی متر مربع تغییری نداشت [۱۴]. در حالی که با افزایش اندازه میدان الکتریکی، در چگالی توان ۱/۱۶۶ میلی وات بر سانتی متر مربع، تغییر در شیب EPSP و تغییر در دامنه PS مشاهده گردید [۱۵، ۱۶].

تاثیر امواج بر حافظه، فرایندهای رفتاری و شناختی

حافظه کاری و توجه شناختی(Attention) دو ساختار روانشناختی بسیار گسترده هستند. بهترین تعریف برای حافظه کاری، توانایی نگهداری و کاربری اطلاعات در مدت زمانی کوتاه (چند ثانیه) است. زمان بندی اجرای یک مهارت، نقش مهمی در مطالعات بیوالکترومغناطیس دارد. آثار احتمالی امواج الکترومغناطیسی می تواند آنی یا تاخیری باشد . بدین ترتیب نتیجه منفی ثبت شده در برخی از مطالعات ممکن است ناشی از ثبت نابهنگام مهارتی باشد که زودتر یا دیرتر ظاهر شده است.

با هدف بررسی تاثیر امواج بر فرایندهای رفتاری و شناختی، نتایج مطالعات متعددی که بر روی انسان صورت گرفته بیانگر آن است که تابش امواج تلفن همراه در باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز، تاثیری بر رفتار، شناخت و حافظه کوتاه مدت افراد ندارد. نتیجه آزمونی دیگر بی تاثیر بودن تابش امواج تلفن همراه در باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز در موش را نشان داد [۱۷]. آزمون های انجام شده در باند فرکانسی ۴۲۰، ۱۹۷۰ و ۲۱۴۰ مگاهرتز نیز تاثیری را که ناشی از تابش گیری باشد نشان نداد. در همین راستا نتایج تحقیقات انجام شده بوسیله Papageorgiou, Leung, Ntzouni نشان داد که امواج تلفن همراه می تواند باعث ایجاد تغییراتی در حافظه افراد شود [۱۹و ۱۸]. نکته جالب تر در یافته های آزمون های صورت گرفته این است که در برخی مطالعات سرعت پاسخ گویی یا رفتار افراد تغییر می یابد . Hocking معتقد است که بسیاری از تغییرات ایجاد شده نمی تواند ناشی از اثر حرارتی امواج باشد [۲۰]. بنابر این مکانیسم تاثیر امواج در محدود غیر حرارتی باید مورد بررسی کامل تری قرار گیرد.

تاثیر امواج بر یادگیری و حافظه

حافظه فضایی برای حیوانات مهاجر، توانایی یادگیری موقعیت غذا و صیادان را فراهم ساخته و اطلاعات فضایی دقیقی را برای شناسایی مسیر مهاجرت حیوانات فراهم می سازد. در محیط آزمایشگاهی، مازها ساختار فضایی را ایجاد می کنند تا توسط دانشمندان پویایی رفتار، فرایند یادگیری فضایی آموزش اعمال شده و حافظه حیوانات مورد مطالعه قرار گیرد. برخی از فعالیت های حرکتی مانند جستجوکردن، خاراندن، تیمارکردن، بوئیدن و لانه سازی نمونه هایی از رفتارهای ذاتی هستند. رفتارهای یادگیری (اکتسابی)، نوع دیگری از رفتارها هستند که نیازمند تقویت یا شرطی شدن پاسخ های رفتاری ویژه ای بوسیله پاداش های برنامه ریزی شده می باشند. مازها و مدل احترازی غیر فعال(Shuttle box) معمولا برای ایجاد رفتارهای یادگیری (اکتسابی) مورد استفاده قرار می گیرند .

در جدول شماره ۲ نتایج مطالعات، با هدف بررسی تاثیر امواج بر فرایند یادگیری نشان داده شده است. یافته های مطالعات Sienkiewicz و Dubreuil با ۴۵ دقیقه تابش در باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز، بیانگر آن بود که امواج بر فرایند یادگیری حیوانات در ماز رادیال بی تاثیر است. ,Cosquer، Cassel و Cobb نیز در ۵ تحقیق خود که با شرایط کاملا یکسانی (۴۵ دقیقه و ۰/۶ وات بر کیلوگرم) با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز در ماز رادیال (Radial maze) و ماز مرتفع (Elavated plus maze) انجام شده بود، تاثیری بر یادگیری موش بزرگ آزمایشگاهی مشاهده نکردند [۲۱]. در فرکانسی مشابه مطالعات قبلی با کمک ماز آبی موریس تغییر قابل توجهی در الگوی شنای موش ها مشاهده نشد. هر چند نتایج یکی از مطالعات در فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز بیانگر بی تاثیری امواج بر فرایند یادگیری موش بزرگ آزمایشگاهی در ماز آبی موریس بود اما در تحقیقات متعددی با کمک ماز آبی، نشان داده شد که باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز تلفن همراه می تواند باعث اختلال در فرایند یادگیری، نقص در فرایندهای اکتساب و تثبیت حافظه، ضعف در حافظه مرجع و تاخیر در رسیدن به منطقه هدف در ماز آبی شود [۲۴-۲۲]. همچنین تحقیقات صورت گرفته توسط Wiholm و Daniels نشان داد که امواج تلفن همراه در باند فرکانسی ۸۰۰ مگاهرتز نیز می تواند باعث اختلال در فرایند یادگیری و حافظه گردد

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

جدول ۲- خلاصه مطالعات انجام شده برای بررسی تاثیر امواج تلفن همراه بر یادگیری و حافظه

Year	Name	Subject	Frequency (MHz)	Effect
2000	Sienkiewicz	Radial Maze	900	-
2002	Dubreuil	Radial Maze	900	-
2003	Dubreuil	Radial Maze	900	-
2004	Cassel	Radial Maze	2450	-
2004	Cobb	Radial Maze	2450	-
2005	Cosquer	Radial Maze	2450	-
2005	Cosquer	Radial Maze	2450	-
2005	Cosquer	Plus Maze	2450	-
2009	Jadidi	Morris Water Maze	950	-
2011	Chaturvedi	Morris Water Maze	2450	-
2000	Wang	Morris Water Maze	2450	less time in target quadrant
2004	Lai	Morris Water Maze	2450	less time in target quadrant
2009	Narayanan	Morris Water Maze	900/1800	latency in reach the target
2009	Wiholm	Morris Water Maze	884	Effect on learning & memory
2009	Daniels	Morris Water Maze	840	Behave change
2009	Fragopoulou	Morris Water Maze	900	Deficit in consolidation
2009	Moghimi	Morris Water Maze	GSM	Deficit in reference memory
2012	Hao	Radial Maze	916	Effect on learning & memory
2012	Deshmukh	Morris Water Maze	900/1800/2450	latency in reach the target
2012	Zhao	Morris Water Maze	?	latency in reach the target
2013	Hao	Morris Water Maze	916	latency in reach the target

[۲۵]. یافته های تحقیقات دیگری نیز بیانگر آن است که امواج ۲۴۵۰ مگاهرتز نیز باعث حضور کمتر در منطقه هدف ماز آبی موریس می شود [۲۶].

بحث

سازمان‌های بین‌المللی محدوده استانداردی را برای تابش‌گیری انسان با امواج الکترومغناطیسی گوناگون تدوین نموده‌اند. از آنجا که بر مبنای مشاهدات اپیدمیولوژیک انسانی، تابش‌دهی کمتر از ۴ وات بر کیلوگرم بر سلامتی انسان خطری نداشته و باعث بروز سرطان نگردیده، حد اطمینان فرکانس‌های ۸ تا ۱۲ هرتز افزایش این امواج دیده می شود. مطالعه‌ای دیگر روشن ساخت که تابش امواج ۹۰۰ مگاهرتز پیوسته باعث افزایش دامنه در امواج آلفای مغزی و تغییر خواب می گردد. این اثر می تواند ناشی از حساسیت هیپوتالاموس در برابر امواج باشد اما در حالی که باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز باعث افزایش امواج دلتا و تتا گردید، نتیجه آزمون دیگری نشان داد که در این باند فرکانسی گوشی تلفن همراه، امواج ۴ تا ۶ هرتز مغزی افزایش می یابد. بررسی های صورت گرفته تاثیر این باندیک دهم آن مبنای تعیین محدوده مجاز تابش‌گیری (کمتر از ۰/۴ وات بر کیلوگرم) برای کارکنان با امواج شده است. با اعمال فاکتور ۵ برای ایمنی وحفاظت بیشتر افراد جامعه، یک پنجم آن بعنوان محدوده تابش گیری مجاز کل بدن در افراد عادی محاسبه شده (۰/۰۸ وات بر کیلوگرم) و به نام "میزان تابش‌گیری مرجع" شناخته شده و برای مقاصد گوناگون بصورت mW/cm^2 (V/m یا A/m) بیان می گردد. بعنوان مثال در محدوده ۳۰۰ مگاهرتز حد مجاز تابش‌گیری برای کارکنان یک mW/cm^2 و برای افراد عادی جامعه mW/cm^2 ۰/۲ می‌باشد و بدین معنی است که در این محدوده، امواج الکترومغناطیسی اثر حرارتی یا تحریک الکتریکی زیان‌آوری برای انسان ندارد [۲۷]. باید در نظر داشت که اختلاف زیادی بین تابش گیری با گوشی تلفن همراه و آنتن مخابراتی تلفن همراه وجود دارد. برای مثال : الف) مقدار

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

تشعشع امواج آنتن های مخابراتی به ندرت از یک mW/cm^2 بیشتر می شود. بنابر این فرض ایجاد آثار سوء توسط امواج غیر محتمل خواهد بود. می توان فرض کرد که انرژی حاصل از تابش ۲۴ ساعته یک آنتن مخابراتی با تشعشع یک mW/cm^2 به سختی معادل ۳۰ دقیقه تابش گیری از یک گوشی تلفن همراه با توان ۲۰ میلی وات (متوسط توان تابشی) است. ب) اختلاف عمده بین گوشی و آنتن مخابراتی تلفن همراه در مدت تشعشع می‌باشد. در حالیکه تلفن همراه بصورت منقطع استفاده شده و مدت تابش امواج آن به ندرت بیش از یک ساعت در روز است، تابش گیری از آنتن مخابراتی بصورت پیوسته و در طول ۲۴ ساعت شبانه روز صورت می گیرد. ج) لازم به ذکر است که [بدلیل قرار گرفتن گوشی در کنار سر] تابش گیری کاربران گوشی تلفن همراه ناشی از میدان نزدیک امواج و بصورت موضعی در ناحیه سر است در حالیکه تابش-گیری از آنتن‌های مخابراتی از میدان دور امواج و برای تمام بدن می‌باشد. نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک بیانگر آن است که تابش گیری طولانی مدت در نزدیک آنتن های مخابراتی بر سلامتی انسان تاثیر گذار بوده و اغلب علائم مرتبط با تابش گیری مانند سردرد، مشکل در تمرکز، بی قراری و لرزش و اختلال در خواب بستگی به فاصله و چگالی توان تشعشعی آنتن مخابراتی دارد. علی‌رغم کمبود اطلاعات، به نظر می‌رسد که برای مشاهده اثر امواج باید میزان تشعشع از حدود ۰/۵ تا یک mW/cm^2 تجاوز نماید [۲۸]. هر چند محدوده مجاز تابش گیری برای هر باند فرکانسی تعریف شده است ولی باید توجه داشت که آثار مشاهده شده در مقالات مختلف تنها به یک باند فرکانسی خاص ارتباط ندارد و همانطور که در بالا به آن اشاره شده، عوامل مختلفی ازجمله فرکانس، توان تشعشعی آنتن، فاصله و مدت مکالمه و نوع بافت بر میزان انرژی جذب شده در بافت بستگی داشته و محدوده مجاز تابش گیری را مشخص خواهد ساخت.

مکانیسم احتمالی اثر امواج الکترومغناطیسی بر سیستم عصبی می تواند ناشی از عملکرد رادیکال‌های آزادی باشد که باعث شکست‌های کروموزومی، ایجاد تغییرات عمده در آنزیم‌های آنتی اکسیدان (SOD، GP_X، CAT، MDA) و بهم خوردن تعادل هورمونی (مانند ملاتونین) در مغز می شوند. بدنبال افزایش رادیکال‌های آزاد یا گونه‌های مختلف اکسیژن فعال، فرایند های مختلف سلولی و فیزیولوژیکی تحت تاثیر قرار می گیرد که شامل بیان ژن، رهاسازی کلسیم از مکان های ذخیره داخل سلولی، رشد سلول، میکونوکلئوس و آپوپتوز می‌باشد [۱]. تابش گیری با میدان الکترومغناطیسی تلفن همراه، زمان پاسخ گویی به واکنش‌های ساده و آمادگی را تسریع نموده و مهارت شناختی، توجه، آگاهی و حافظه را کاهش می دهد. این امر می تواند ناشی از تسهیل کننده ها بر عملکرد مغز و بویژه بر روی مهارت های نیازمند توجه و دستکاری اطلاعات در حافظه کاری باشد [۲۴]. ارزیابی اثر میدان های الکترومغناطیسی بر فرایند های آگاهی، شناختی و رفتاری معمولا از طریق به کارگیری مهارت های عملکردی صورت می گیرد. اگر چه بیشتر مطالعات جهت بررسی چگونگی اثر میدان های الکترومغناطیسی بر ساختار شناختی مانند توجه (Attention) و حافظه کاری انجام شده اما به نظر می رسد که اغلب آزمون های فیزیولوژیک به جای بررسی عملکرد، برای آشکارسازی اثرات بیولوژیکی مهم به کار گرفته شده اند.

یکی از روش های اصلی اندازه گیری فعالیت الکتریکی مغز EEG است که اطلاعات قشر مغز را آشکار و ثبت می‌نماید. تداخل امواج کم فرکانس و امواج رادیویی با ثبت EEG مشکل مهمی است. الکترود ها و لیدهای EEG بعنوان یک آنتن عمل کرده و می تواند: الف) جریان الکتریکی را بداخل جمجمه تزریق نماید، ب) القای پتانسیل الکتریکی در لیدهایEEG موجب دامنه بزرگتر در سیگنال‌های مغزی می شود. از این رو ثبت تغییرات امواج مغزی در زمان تابش امواج تقریبا غیرممکن است. هر چند در این راستا تلاش های گوناگونی صورت گرفته تا ثبت وتابش امواج بصورت منقطع انجام شود اما این احتمال را نباید از نظر دور داشت که بسیاری از واکنش های یونی در داخل سلول کوتاه مدت و گذرا هستند. Hountala معتقد است که ریتم امواج آلفا، بتا و تتا شاخصی برای فرایند حافظه و توجه است. از آنجا که اثر امواج ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز بر امواج آلفا، بتا و تتا در مردان و زنان یکسان نبوده بنابر این نتیجه آزمون به جنسیت بستگی خواهد داشت و به شیوه آزمون‌های نوروبیولوژی و سایکوفیزیولوژی وابسته نیست [۱۰]. اما بر اساس نظری دیگر ، امواج تلفن همراه بر منشا تولید ریتم EEG در کورتکس مغز تاثیر می گذارد از این رو می تواند همراه با تغییرات شناختی و یا رفتاری نیز باشد.

مقایسه نتایج حاصل از مطالعات فعالیت الکتریکی مغز و هیپوکمپ با یافته آزمون‌های فرایندهای شناختی و رفتاری،

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

نشان می دهد که ثبت الکتریکی فعالیت سیستم عصبی روشی دقیق تر از آزمون های شناختی و رفتاری است، به همین دلیل در حیطه شناختی و رفتاری، تعداد مقالات کمتری تاثیر امواج بر مغز را نشان می دهند زیرا مطالعات شناختی تحت تاثیر عوامل گوناگونی (مانند محرک ها، اختلال حواس، خستگی و...) قرار می گیرند. از این رو برای جبران متغیرهای داخلی و خارجی نیازمند حجم نمونه زیادی هستند.

حافظه فضایی شکلی از حافظه کوتاه مدت است که برای ثبت اطلاعات محیط و جهت یابی فضایی بکار می رود [۲۳]. با بررسی دقیق تر مطالعات انجام شده در جدول شماره ۲ می‌توان به این نکته مهم دست یافت که تابش امواج تلفن همراه با SAR معادل ۳/۵ وات بر کیلوگرم در فرکانس‌های ۹۰۰ و ۲۴۵۰ مگاهرتز در ماز رادیال بی تاثیر بوده اما در SAR معادل ۱/۴ وات بر کیلوگرم، هر دو فرکانس ذکر شده بر یادگیری حیوانات در ماز آبی موریس موثر بوده است. بدین ترتیب ماز آبی موریس نسبت به ماز رادیال روش حساس‌تری برای ارزیابی حافظه فضایی حیوانات است به همین دلیل در بررسی آثار امواج الکترومغناطیسی بر حیوانات نباید حساسیت روش‌های آزمون را از نظر دور داشت. مکانیسم اثر امواج پالسی بر یادگیری فضایی شناخته شده نیست. کاهش فعالیت کولینرژیک قشر فرونتال و هیپوکمپ می تواند پاسخگوی نقص یادگیری در ماز آبی پس از تابش‌گیری کوتاه مدت با امواج پالسی باشد [۲۴]. برخی از محققین معتقدند که نتایج مشاهده شده پس از تابش امواج تلفن همراه با شدت های کمتر از حد مجاز می تواند ناشی از رادیکال های آزاد، تغییر در ساختار پروتئین ها و تغییر در عملکرد پروتئین‌های وابسته به شناخت (مانند گیرنده‌های آندروژن و Apolipoprotein A) باشد [۲۲].

ما هنوز نمی‌دانیم که آیا بدن انسان به تشعشعات تلفن همراه واکنش نشان می دهد یا خیر؟ اگر پاسخ این سوال مثبت باشد است، عواقب ناشی از تابش گیری های طولانی مدت از این تشعشعات در کودکان که حساس‌تر از بالغین هستند چه خواهد بود؟ ما باید به یاد بیاوریم که تشعشعات تلفن همراه بخش طبیعی از محیط زندگی انسان نیست و بدن ما برای چنین تابش گیری هایی ساخته نشده و دهه گذشته اولین سال‌هایی در تاریخچه انسان بوده که مغز ما بطور مستقیم در فاصله نزدیکی از این تشعشعات نو ظهور قرار داشته است [۲۹].

در یک موجود زنده، تغییرات رفتاری یا عملکردی اغلب پیش از تغییرات ساختاری مشاهده می‌شود. در این میان تغییرات عملکردی سیستم عصبی مرکزی در زمره اولین مواردی است که قابل مشاهده هستند. در مرحله رشد و نمو، حساسیت عملکردی سیستم عصبی مرکزی به عوامل مداخله‌گر و فاکتور های محیطی، در برخی از مطالعات انسانی و حیوانی به اثبات رسیده است. از این رو جامعه باید توجه ویژه ای را به افرادی که مغز آن‌ها در مرحله رشد می باشد مبذول نماید زیرا کاهش ظرفیت مغزی، بیماری‌های عصبی را در سنین بالا بدنبال خواهد داشت. نمی‌توان بطور دقیق تعیین کرد نسلی که بطور روزانه و برای سال‌های طولانی از تلفن همراه استفاده می‌نماید در چه زمانی از آثار سوء آن رنج خواهد برد (جوانی یا میانسالی ؟) [۲۴].

نتیجه‌گیری

هر چند در بسیاری از مطالعات از گوشی تلفن همراه با محدوده مجاز تشعشعی استفاده شده اما نتایج حاصل بیانگر اثر امواج الکترومغناطیسی بر مغز یا فرایند های مرتبط با آن می‌باشد. از آنجا که استانداردهای موجود بر اساس نتایج حاصل از مطالعات گوناگون انسانی و حیوانی تدوین گردیده، لذا به نظر می رسد که با افزایش سیل آسای مدل های مختلف تلفن همراه و کاربران جوان، محدوده تابش گیری مجاز تعیین شده توسط سازمان های جهانی نمی تواند پاسخ گوی قطعی آثار مشاهده شده در تحقیقات گوناگون باشد. از آنجا که در حال حاضر میلیاردها انسان کودک و بالغ بدلیل استفاده از تلفن همراه تحت تابش شدید امواج قرار دارند، همکاری دولت های مختلف جهان به منظور حفاظت کافی از کودکان و به منظور بازنگری و تنظیم استانداردها ضروری است [۳۰].

تعارض در منافع

نویسندگان این مقاله تعارض در منافع ندارند.

سهم نویسندگان

م.ج: ایده، طراحی و نگارش مقاله; ع.ع.ط: ایده، طراحی و نگارش مقاله.

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

فهرست منابع

[1] Kesari KK, Siddiqui H, Meena R, Verma HN, Kumar S, Cell phone radiation exposure on brain and associated biological systems. ***Indian J Exp Biol*** 51 (2013)187-200

[2] Weinberger Z, Richter ED, Cellular telephones and effects on the brain: The head as an antenna and brain tissue as a radio receiver. ***Med Hypotheses*** 59 (2002) 703-705.

[3] Keetley V, Wood AW, Spong J, Stough C, Neuropsychological sequelae of digital mobile phone exposure in humans. ***Neuropsychologia*** 44 (2006) 1843-1848.

[4] Aalto S, Haarala C, Bruck A, Sipila H, Hamalainen H, Rinne JO, Mobile phone affects cerebral blood flow in humans. ***J Cereb Blood Flow Metab*** 26 (2006) 885-890.

[5] Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson BRR, Salford LG, Increased blood–brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. ***Pathophysiology*** 16 (2009) 103-112.

[6] Kuo YC, Kuo CY, Electromagnetic interference in the permeability of saquinavir across the blood–brain barrier using nanoparticulate carriers. ***Int J Pharmacol*** 351 (2008) 271-281.

[7] Hamblin DL, Croft RJ, Wood AW, Stough C, Spong J, The sensitivity of human event-related potentials and reaction time to mobile phone emitted electromagnetic fields. ***Bioelectromagnetics*** 27 (2006) 265-273.

[8] Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, Lehmann H, Minder A, Berz R, Effects of weak mobile phone electromagnetic fields (GSM, UMTS) on well-being and resting EEG. ***Bioelectromagnetics*** 29 (2008) 479-487.

[9] Vecchio F, Babiloni C, Ferreri F, Buffo P, Cibelli G, Curcio G, van Dijkman S, Melgari JM, Giambattistelli F, Rossini M, Mobile phone emission modulates inter-hemispheric functional coupling of EEG alpha rhythms in elderly compared to young subjects. ***Clin Neurophysiol*** 121 (2010) 163-171.

[10] Hountala CD, Maganioti AE, Papageorgiou CC, Nanou ED, Kyprianou MA, Tsiafakis VG, Rabavilas AD, Capsalis CN, The spectral power coherence of the EEG under different EMF conditions. ***Neurosci Lett*** 441 (2008) 188-192.

[11] Bas O, Odaci E, Mollaoglu H, Ucok K, Kaplan S, Chronic prenatal exposure to the 900 megahertz electromagnetic field induces pyramidal cell loss in the hippocampus of newborn rats. ***Toxicol Ind Health*** 25 (2009) 377-384.

[12] Ning W, Xu SJ, Chiang H, Xu ZP, Zhou SY, Yang W, Luo JH, Effects of GSM 1800 MHz on dendritic development of cultured hippo-campal neurons. ***Acta Pharmacol Sin*** 28 (2007) 1873-1880.

[13] Prochnow N, Gebing T, Ladage K, Krause-Finkeldey D, El Ouardi A, Bitz A, Strechert J, Hansen V, Dermietzel R, Electromagnetic field effect or simply stress? Effects of UMTS exposure on hippocampal long term plasticity in the context of procedure related hormone release. ***Plos One*** 6 (2011) 1-13.

[14] Jadidi M, Firoozabadi SMP, Rashidy-Pour A, Bolouri B, Fathollahi Y, Low-power density of 950 MHz radiation does not affects long-term potentiation in the dentate gyrus. ***Iran J Radiat Res*** 5 (2007) 119-124.

[15] Jadidi M, Firoozabadi SMP, Rashidy-Pour A, Bolouri B, Fathollahi Y, The effect of increased electrical field strength of 950 MHz waves on the EPSP slope. ***Iran J Med Phys*** 6 (2009) 33-40 [In Persian].

[16] Jadidi M, Firoozabadi SMP, Rashidy-Pour A, Bolouri B, Fathollahi Y, Effects of 950 MHz mobile phone waves on hippocampal long-term potentiation. ***Koomesh*** 14 (2013) 505-511 [In Persian].

[17] Nittby H, Grafstrom G, Tian DP, Malmgren L, Brun A, Persson BRR, Salford LG, Eberhardt J, Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. ***Bioelectromagnetics*** 29 (2008) 219-232.

[18] Leung S, Croft RJ, McKenzie RJ, Iskra S, Silber B, Cooper NR, ONeil B, Cropley V, Diaz-Trujillo A, Hamblin D, Simpson D, Effects of 2G and 3G mobile phones on performance and electrophysiology in adolescents, young adults and older adults. ***Clin Neurophysiol*** 122 (2011) 2203-2216.

[19] Ntzouni MP, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Mrgaritis LH, Short-term memory in mice is affected by mobile phone radiation. ***Pathophysiology*** 18 (2011) 193-199.

[20] Hocking B, Westerman R, Neurological effects of radiofrequency radiation. ***Occup Med*** 53 (2003) 123-127.

[21] Cosquer B, Kuster N, Cassel JC, Whole-body exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields does not alter 12-arm radial-maze with reduced access to spatial cues in rats. ***Behav Brain Res*** 161 (2005) 331-334.

[22] Fragopoulou AF, Miltiadous P, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Koussoulakos SL, Margaritis LH, Whole body exposure with GSM 900MHz affects spatial memory in mice. ***Pathophysiology*** 17 (2010) 179-187.

[23] Hao D, Yang L, Chen S, Tong J, Tian Y, Su B, Wu S, Zeng Y, Effects of long-term electromagnetic field exposure on spatial learning and memory in rats. ***Neurol Sci*** 34 (2013) 157-164.

[24] Moghimi A, Baharara J, Musavi SS, Effect of mobile phone microwaves on fetal period of BALB/ c Mice in histological characteristics of hippocampus and learning behaviors. ***Iran J Basic Med Sci*** 12 (2009) 150-157.

[25] Wiholm C, Lowden A, Kuster N, Hillert L, Arnetz BB, Akerstedt T, Moffat SD, Mobile phone exposure and spatial memory. ***Bioelectromagnetics*** 30 (2009) 59-65.

[26] Wang B, Lai H, Acute exposure to pulsed 2450 MHz microwaves affects water maze performance of rats. ***Bioelectromagnetics*** 21 (2000) 52-56.

[27] Westerman R, Hocking B, Diseases of modern living: neurological changes associated with mobile phones and radiofrequency radiation in humans. ***Neurosci Lett*** 361 (2004) 13-16.

[28] Kundi M, Hutter HP. Mobile phone base stations-Effects on wellbeing and health. ***Pathophysiology*** 16 (2009) 123-135.

[29] Goonawardena AV, Robinson L, Hampson RE, Riedel G, Cannabinoid and cholinergic systems interact during performance of a short-term memory task in the rat. ***Learn Mem*** 17 (2010) 502-511.

[30] Gandhi OP, Morgan LL, De Salles AA, Han YY, Herberman B, Davis DL, Exposure limits: the underestimation of absorbed cell phone radiation, specially in children. ***Electromagn Biol Med*** 31 (2012) 34-51.

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]

Research paper

Does mobile phone wave affect brain function?

Majid Jadidi[1*], Abbas-Ali Taherian[2]

1. Department of Medical Physics, School of Medicine, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran
2. Research Center of Physiology, School of Medicine, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

Received: 17 June 2015 Accepted: 21 June 2015

Abstract

Background and aim: Invention of wireless communication in 20th century has changed human social behavior. Advances in this technology has made life easier, while widespread use of electromagnetic waves in base stations, mobile and cordless phones has caused different neurological symptoms in consumers. Hence, widespread trials are conducted to study the effect of these waves on biologic and physiologic processes of the brain.

Methods: The current review has categorized findings at different studies, focusing on the effects of mobile phone electromagnetic waves on the brain.

Results: Findings from 94 papers have reaffirmed the side effects of mobile phone radiation with variety of frequencies and power densities on different parts of the brain.

Conclusion: With rapid increase in number of mobile phones users, and particularly juvenile population, safety standards determined by world commissions are not longer valid for depicting the influence of mobile phone electromagnetic waves on brain as now observed in many studies. Thus, further investigations on side effects of mobile phone radiation are deemed.

Keywords: Brain, Electromagnetic wave, Mobile phone

Please cite this article as follows:
Jadidi M, Taherian AA, Does mobile phone wave affect brain function? ***Iran J Physiol Pharmacol*** 1 (2017) 61-70.

*Corresponding author e-mail: Jadidim@semums.ac.ir
Available online at: http://ijpp.phypha.ir
E-mail: ijpp@phypha.ir

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2025-01-23]