

بررسی اثر تابش حاد امواج ۹۵۰ MHz سیستم تلفن همراه GSM بر تثبیت حافظه فضایی در موش بزرگ آزمایشگاهی

مجید جدیدی^{۱a} (M.Sc)، سیدمحمد فیروزآبادی^{۱*} (Ph.D)، علی رشیدی پور^۲ (Ph.D)، بهرام بلوری^۳ (Ph.D)، یعقوب فتح‌الهی^۴ (Ph.D)

۱- دانشگاه تربیت مدرس، گروه فیزیک پزشکی

۲- دانشگاه علوم پزشکی سمنان، گروه فیزیولوژی

۳- دانشگاه علوم پزشکی ایران، گروه فیزیک پزشکی

۴- دانشگاه تربیت مدرس، گروه فیزیولوژی

چکیده

سابقه و هدف: با افزایش کاربری تلفن همراه، تابش‌گیری ناشی از میدان‌های الکترومغناطیسی حاصل از گوشی و آنتن‌های گیرنده/فرستنده تلفن همراه رو به افزایش است. این مطالعه به منظور بررسی اثر تابش کوتاه‌مدت میدان الکترومغناطیسی امواج ۹۵۰ MHz سیستم تلفن همراه GSM بر مرحله تثبیت حافظه فضایی صورت گرفت. مواد و روش‌ها: ۳۳ رأس موش بزرگ آزمایشگاهی مذکر از نژاد Wistar با سنی حدود ۳ ماه و وزن 20 ± 15 گرم، در ماز آبی موریس (برای یک روز و در دو بلوک ۵ مرحله‌ای که فاصله بین دو بلوک ۳ دقیقه بود) تحت آموزش قرار گرفتند، تا سکوی پنهان در زیر آب را پیدا نمایند. بلافاصله پس از آموزش، حیوانات به‌طور تصادفی به سه گروه کنترل ($n=11$)، تابش‌گیری کاذب ($n=11$) و تابش‌گیری ($n=11$) تقسیم شدند. حیوانات گروه تابش‌گیری برای مدت ۴۵ دقیقه در داخل یک محفظه پلاستیکی، تحت تابش امواج الکترومغناطیسی ۹۵۰ MHz قرار گرفتند. عملکرد حیوانات، ۴۸ ساعت پس از اجرای مراحل آموزشی با اجرای آزمون Probe به مدت ۶۰ ثانیه ارزیابی شد. شاخص‌های ارزیابی شده عبارتند از: مدت زمان گذرانده شده در ناحیه هدف و مخالف آن، سرعت شنا و طول مسیر پیموده شده. یافته‌ها: آنالیز آماری داده‌های آزمون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه کنترل با دو گروه تابش‌گیری کاذب و تابش‌گیری با امواج الکترومغناطیسی ۹۵۰MHz است. نتیجه‌گیری: نتایج حاصل، بیانگر آن است که یک جلسه تابش‌گیری تمام بدن برای مدت ۴۵ دقیقه با امواج ۹۵۰MHz، تأثیری بر مرحله تثبیت حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی ندارد.

واژه‌های کلیدی: تلفن همراه، میدان الکترومغناطیسی، BTS، حافظه فضایی، ماز آبی موریس

مقدمه

رابطه با اثر پرتوهای الکترومغناطیسی بر عملکرد بخش‌های مختلف سیستم عصبی و حافظه انسان و حیوانات به اجرا در آمده است. گرچه برای مطالعه اثر میدان‌های الکترومغناطیسی آزمایشات مهمی بر روی انسان انجام شده، لیکن تحقیقات

حافظه را می‌توان به‌عنوان توانایی مغز در ذخیره و بازیابی اطلاعات در نظر گرفت؛ که شامل سه مرحله اکتساب، تثبیت و به‌خاطر‌آوری می‌باشد. در دهه گذشته مطالعات زیادی در

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۱۱۰۰۱، ۰۲۱-۸۸۰۱۳۰۳۰، شماره: ۰۲۱-۸۸۰۱۳۰۳۰، E-mail: pourmir@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۴/۸/۲۶، تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۰/۴

a. دانشجوی دکترای فیزیک پزشکی دانشگاه تربیت مدرس ۳۰۵

با توجه به بررسی‌های انجام شده، تاکنون گزارشی که بیانگر اثر امواج ۹۵۰ MHz آنتن‌های گیرنده/فرستنده سیستم تلفن همراه بر عملکرد حافظه باشد، منتشر نشده است. از این رو هدف اصلی این مطالعه تجربی، بررسی اثر تابش‌گیری حاد با امواج ۹۵۰ MHz تابشی از آنتن‌های گیرنده/فرستنده تلفن همراه بر مرحله تثبیت حافظه موش بزرگ آزمایشگاهی با استفاده از سیستم ماز آبی موریس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حیوان. ۳۳ رأس موش بزرگ آزمایشگاهی مذکر از نژاد Wistar با سنی حدود ۳ ماه و وزن 200 ± 15 گرم در سه گروه مورد استفاده قرار گرفت: کنترل ($n=11$)، تابش‌گیری کاذب ($n=11$) و تابش‌گیری با امواج ۹۵۰ MHz ($n=11$). حیوانات در طول دوره آزمایش در محیطی با دمای ثابت 21°C و سیکل ثابت شبانه‌روزی ۱۲ ساعته نگه‌داری شدند. حداکثر ۶ حیوان در هر قفس قرار داده شد و آب و غذا به مقدار کافی در دسترس حیوانات قرار گرفت.

میدان الکترومغناطیسی. از یک دستگاه شبیه‌ساز امواج تلفن همراه که در دانشگاه خواجه نصیر طوسی ایران طراحی و ساخته شده برای ایجاد امواج ۹۵۰ مگاهرتز با پالس ۲۱۷ هرتز و پهنای باند ۲۰۰ کیلوهرتز استفاده گردید. آنتن دستگاه با توان ورودی ۵ وات در مرکز یک محفظه استوانه‌ای از جنس پلاستیک و با قطر ۳۰ سانتی‌متر ثابت گردید و حیوان می‌توانست آزادانه در اطراف آنتن حرکت نماید. به منظور جلوگیری از تابش‌گیری ناخواسته از ناحیه Reactive میدان نزدیک امواج، شبکه‌ای از جنس پلاستیک و با شعاع ۵ سانتی‌متر به‌عنوان محافظ آنتن نصب شد. میانگین چگالی توان اندازه‌گیری شده در داخل محفظه $1/17\text{mW/cm}^2$ تعیین گردید. در زمان تابش‌گیری، محفظه و آنتن در اتاقک جاذب امواج ($110 \times 110 \times 110\text{cm}$) که از اسفنج مخروطی شکل و پودر گرافیت ساخته شده بود قرار گرفت.

دقیق و جامع‌تر، در مدل‌های حیوانی صورت گرفته است. هر چند اثر امواج بر فرآیندهای رفتاری و خصوصاً حافظه، مورد توجه ویژه‌ای بوده اما تنها در برخی مطالعات اختلال در حافظه را ناشی از تابش میدان‌های الکترومغناطیسی دانسته‌اند [۱۸-۴،۷]، در حالی‌که در بعضی، اثری مشاهده نشده است [۲۶،۲۱،۵،۶،۳،۲]. با افزایش روزافزون سیستم تلفن همراه، تابش‌گیری از میدان‌های الکترومغناطیسی گوشی تلفن همراه و آنتن‌های گیرنده/فرستنده تلفن همراه (Base transceiver station) رو به افزایش است. نتایج حاصل از برخی مطالعات اپیدمیولوژیک بیانگر آن است که امواج تلفن همراه حتی با چگالی توان کم‌تر از حد مجاز (1 mW/cm^2) می‌تواند باعث بروز علائمی مانند سردرد، احساس گرما در گوش، ضعف حافظه و احساس خستگی گردیده و ارتباط معنی‌داری بین مدت مکالمه/تعداد مکالمه در روز با بروز علائم وجود دارد [۲۸،۲۳،۲۰،۱۱،۱۰،۹]. گرچه این اثرات، مهم می‌باشند، اما در اکثر مطالعات، فرکانس مورد استفاده در گوشی تلفن همراه مورد آزمایش قرار گرفته و به امواج تابشی از آنتن‌های گیرنده/فرستنده تلفن همراه که در اغلب قسمت‌های مختلف شهرها نصب شده، کم‌تر توجه شده است.

تاکنون مطالعات اپیدمیولوژیک اندکی برای بررسی آثار ناشی از امواج الکترومغناطیسی تابشی از آنتن‌های گیرنده/فرستنده به نتیجه رسیده است. در برخی از آن‌ها علائمی مانند: اختلال در خواب، سردرد، اضطراب، افسردگی و خستگی در ساکنان اطراف آنتن‌ها گزارش شده [۲۴،۲۲،۱۹]، در حالی‌که در برخی دیگر هیچ ارتباطی بین بروز علائم و تابش امواج به اثبات نرسیده است [۱].

سیستم تلفن همراه GSM دارای فرکانس ۹۰۰ یا ۱۸۰۰ مگاهرتز با پالس ۲۱۷ هرتز می‌باشد. باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز که در بیش‌تر کشورهای آسیایی و اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، دارای دو طیف است: ۹۱۵-۸۹۰ (فرکانس گوشی تلفن همراه) و ۹۶۰-۹۳۵ (فرکانس آنتن‌های گیرنده/فرستنده مخابرات) [۲۵].

در آب و رسیدن به سکو) به صورت درصد، اندازه‌گیری شده و در بین گروه‌های مختلف. با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه (گروه × Trial) با کمک روش Repeated measures بر روی Trial انجام گرفت. داده‌های تست Probe، شامل زمان گذرانده شده در ربع هدف یا مقابل آن، با آنالیز واریانس دو طرفه (گروه × Quadrant) و مسیر طی شده و هم‌چنین سرعت شنا، با آنالیز واریانس یک‌طرفه مورد آزمون قرار گرفت. در صورت نیاز، بعد از آنالیز واریانس، از تست توکی (برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها) استفاده شد. $P < 0.05$ به‌عنوان سطح اختلاف معنی‌دار مورد استناد قرار گرفت.

نتایج

پس از ثبت داده‌ها و اجرای آزمون‌های آماری، نتایج زیر به‌دست آمد:

۱- همه موش‌ها قادر به یادگیری ماز بودند به گونه‌ای که با پیش‌روی آموزش، Escape latency (زمان بین آزادسازی حیوان در آب و رسیدن به سکو) کاهش یافت (نمودار ۱). آنالیز واریانس دوطرفه (گروه × Trial) با Repeated measures بر روی Trial، حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های تحت آزمایش بوده $[F(2,29)=0.358, p=0.702]$ ، در حالی که آنالیز انجام شده بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در جلسات مختلف آموزش (Trial) در تمامی گروه‌ها بوده که نشان دهنده نقش آموزش بر فرایند یادگیری حیوانات می‌باشد $[F(9,270)=11.758, p<0.0001]$.

۲- نمودار ۲ بیانگر درصد زمان گذرانده شده در ربع هدف و ربع مقابل آن در سه گروه آموزشی می‌باشد. آنالیز واریانس دوطرفه (گروه × Quadrant) حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها است $[F(2,36)=1.03, p=0.364]$.

ماز آبی موریس. ماز آبی دارای یک وان مدور فلزی (قطر ۱۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر) به رنگ آبی بود که با آب $(23 \pm 1^\circ C)$ ، تا ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر پر می‌شد. یک سکوی مدور از جنس شیشه (قطر ۱۱ سانتی‌متر) در مرکز ربع شمال - شرق ماز و ۳ سانتی‌متر زیر سطح آب قرار می‌گرفت. در چهار جهت ماز علائمی برای شناسایی جهت و یادگیری فضایی نصب گردید.

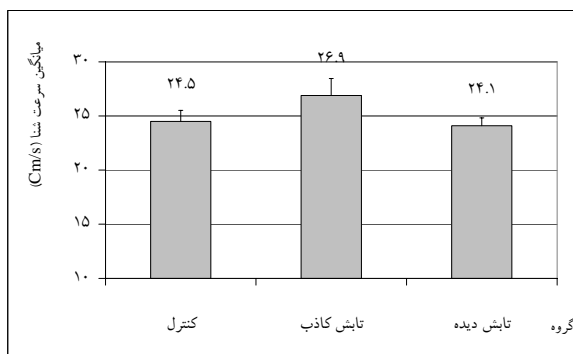
هر حیوان از کنار دیواره ماز و به‌صورت تصادفی از یکی از جهت‌های شمال، جنوب، شرق یا غرب به داخل آب رها می‌شد تا سکوی پنهان در زیر آب را پیدا نماید. اگر حیوان در عرض یک دقیقه موفق به یافتن سکو نمی‌شد، راهنمایی با دست صورت می‌گرفت تا سکو را پیدا نموده و پس از استقرار بر سکو، برای ۴۵ ثانیه بر روی آن توقف نماید. به‌منظور یادگیری فضایی، آموزش هر حیوان در یک روز و طی دو بلوک صورت گرفت. هر بلوک با ۵ مرحله آموزشی اجرا گردید و فاصله بین دو بلوک ۳ دقیقه انتخاب شد. عملکرد حیوان در ماز، از طریق یک دوربین مادون قرمز به رایانه منتقل و ضبط گردید.

حیوانات برای یک جلسه ۴۵ دقیقه‌ای و بلافاصله پس از خروج از ماز آبی تحت تابش امواج قرار گرفتند. شرایط آزمایش در سه گروه کاملاً یکسان انتخاب شد و تنها در گروه تابش‌دهی کاذب، دستگاه تولید امواج در زمان حضور حیوان در محفظه خاموش بود.

میزان تثبیت اطلاعات، ۴۸ ساعت پس از اجرای مراحل آموزشی با اجرای آزمون Probe به مدت ۶۰ ثانیه ارزیابی شد و در آن پس از برداشتن سکو، حیوان از ناحیه مخالف سکو، در آب رها گردید تا محل سکو را پیدا نماید. شاخص‌های ارزیابی عبارتند از: مدت زمان گذرانده شده در ناحیه هدف و مخالف آن، سرعت شنا و طول مسیر پیموده شده.

روش آماری. با استفاده از اطلاعات ثبت شده در رایانه، زمان Escape latency (زمان بین آزادسازی حیوان

۴- میانگین سرعت شنای حیوانات در زمان اجرای تست Probe در نمودار ۴ نشان داده شده است. آنالیز واریانس یک طرفه، حاکی از عدم تفاوت معنی دار بین سرعت شنا در گروه‌های تحت آزمایش است [F(2,27)=1.72, p=0.198].

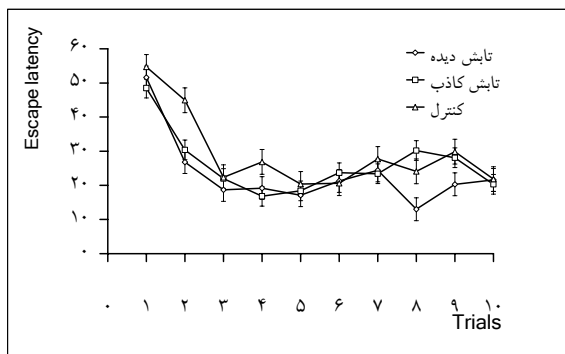


نمودار ۴. میانگین سرعت شنای حیوانات، در مرحله تست Probe در سه گروه تحت آزمایش

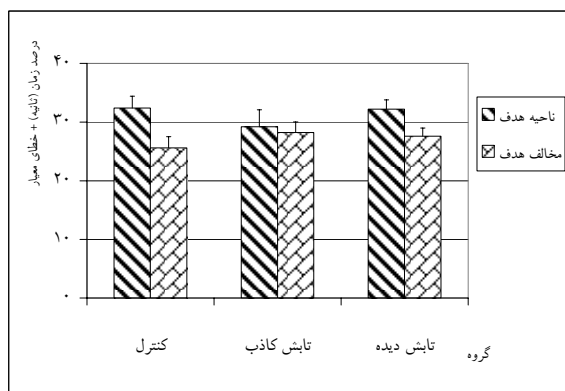
نتایج حاصله بیانگر عدم تأثیر تابش حاد میدان الکترومغناطیسی ۹۵۰ MHz بر حافظه موش بزرگ آزمایشگاهی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

اطلاعات به‌دست آمده از این آزمایش بیانگر این است که تابش‌گیری حاد (یک جلسه ۴۵ دقیقه‌ای) با امواج ۹۵۰ مگاهرتز سیستم تلفن همراه GSM تأثیری بر فاز تثبیت حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی ندارد. نتایج حاصل از این آزمایش مشابه اطلاعات ارائه شده از مطالعات انجام شده به کمک ماز رادپال بر موش کوچک آزمایشگاهی [۲۶] و موش بزرگ آزمایشگاهی [۱۴] می‌باشد. علاوه بر آن، مشخص شده که میدان الکترومغناطیسی ۹۰۰ مگاهرتز نمی‌تواند تغییری را بر عملکرد حافظه فضایی و غیرفضایی در موش بزرگ آزمایشگاهی ایجاد نماید [۵،۶]. Lai و همکاران بیان نموده‌اند که میدان‌های الکترومغناطیسی ضعیف نیز می‌تواند منجر به تغییر عملکرد عوامل کولینرژیک در هیپوکامپ و قشر مغز گردیده [۱۵] و در حافظه فضایی موش

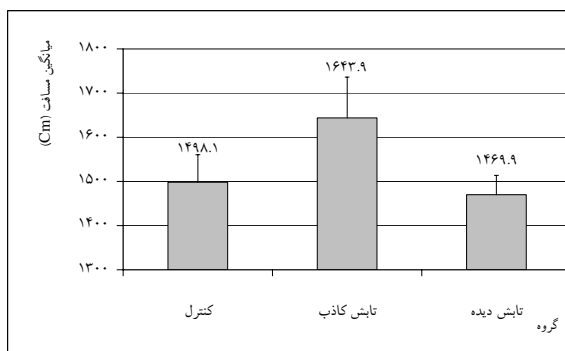


نمودار ۱. منحنی یادگیری حیوانات. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با پیش‌روی آموزش، Escape latency (زمان بین آزادسازی حیوان در آب و رسیدن به سکو) کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده آموزش است.



نمودار ۲. میانگین زمان صرف شده در ناحیه هدف و مخالف آن در مرحله اجرای تست probe در گروه‌های مختلف.

۳- نمودار ۳، مسافت طی شده توسط سه گروه را در زمان اجرای تست Probe نشان می‌دهد. آنالیز واریانس یک طرفه، حاکی از عدم تفاوت معنی دار بین گروه‌ها است [F(2,27)=1.82, p=0.180]. این موضوع نشان می‌دهد که کارایی حرکتی موش‌ها در تست Probe سالم بوده و تحت تأثیر امواج تابشی قرار نگرفته است.



نمودار ۳. طول مسیر پیموده شده در مرحله تست Probe در سه گروه تحت آزمایش

بستگی به فاصله محل زندگی آن‌ها تا آنتن دارد. آن‌ها این علایم را بر اساس فاصله تا آنتن به سه دسته طبقه‌بندی کردند. الف) تحریک‌پذیری، افسردگی، ضعف حافظه و اختلال در تمرکز فکر؛ ب) سردرد، اختلال در خواب، غمگینی و اختلالات پوستی؛ ج) خستگی.

با وجود این، مطالعات Bornkessel و همکاران [۱] بر روی ۲۴ آنتن نشان داد که، گرچه شدت میدان الکتریکی این آنتن‌ها در محدوده استاندارد است اما این نتایج وابسته به زمان بوده و بر اساس بار ترافیکی آنتن در طول روز تغییر می‌نماید. گرچه میزان تابش‌گیری در مناطق نزدیک آنتن در برخی از این مطالعات کم‌تر از حد مجاز تعیین شده توسط ICNIRP می‌باشد، اما به دلیل آن‌که به نظر می‌رسد شدت و دوره تابش‌گیری عواملی برای بروز اثرات میدان بر حافظه می‌باشد، احتمال بروز آثار را در افرادی که در نزدیک آنتن‌ها زندگی می‌کنند نباید از نظر دور داشت.

در تحقیق حاضر، اثر تابش‌گیری حاد امواج ۹۵۰ مگاهرتز ساطع شده از آنتن‌های گیرنده/فرستنده بر مرحله تثبیت حافظه فضایی و با کمک ماز آبی موریس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل بیان‌گر آن است که یک جلسه تابش‌گیری تمام بدن برای مدت ۴۵ دقیقه، تأثیری بر حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی ندارد. گرچه از این آزمون به‌عنوان مدلی برای درک اثرات میدان الکترومغناطیسی حاصل از آنتن‌های سیستم GSM بر مرحله تثبیت حافظه استفاده شد، اما با توجه به افزایش سریع کاربران تلفن همراه و نصب آنتن‌های بیش‌تر در مناطق شهری، اطلاعات بیش‌تری در خصوص اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر بدن و مغز انسان مورد نیاز بوده و ضرورت اجرای آزمون‌های تکمیلی برای مطالعه اثر شدت و دوره تابش‌گیری بر مراحل مختلف حافظه، احساس می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئولین محترم مرکز تحقیقات مخابرات ایران، به‌دلیل حمایت مالی از پروژه و دانشگاه‌های تربیت

بزرگ آزمایشگاهی اختلال ایجاد نماید [۱۶]، اما گرچه مراحل آزمایش Cassel و همکاران [۲] مشابه آزمون Lai بود لیکن آن‌ها نتوانستند این نتیجه را به‌دست بیاورند. Sienkiewicz و همکاران [۲۶] نیز در ماز رادیال به نتایج مشابهی رسیدند. اما Wang [۲۷] با تکرار آزمایش و با استفاده از ماز آبی موریس توانست اثر ۴۵ دقیقه تابش‌گیری با امواج ۲/۴۵ GHz را بر حافظه فضایی مشخص سازد. از آن‌جا که افزایش دما می‌تواند باعث اختلال حافظه گردد، به نظر می‌رسد که اختلال حافظه گزارش شده توسط Lai ناشی از هایپرترمی تابش‌گیری تمام بدن باشد.

مطالعات اپیدمیولوژیک انجام شده در جوامع انسانی نشان‌گر نتایج متفاوتی با آزمایشات حیوانی است. مطالعات انجام شده توسط Sandstrom, Hocking, Yioultsis و Oftedal [۹،۱۰،۱۱،۲۰،۲۳،۲۸] بیان‌گر آن است که امواج تلفن همراه حتی با چگالی توان کم‌تر از حد استاندارد ($1\text{mW}/\text{cm}^2$) می‌توانند منجر به بروز علایمی مانند سردرد، احساس گرما در گوش، ضعف حافظه و احساس خستگی گردد. بین علایم ایجاد شده با تعداد و مدت مکالمه در روز ارتباط مستقیم وجود دارد. علاوه بر مطالعات انجام شده بر اثر امواج تابشی از گوشی تلفن همراه، مطالعات اپیدمیولوژیکی نیز به منظور بررسی آثار امواج آنتن‌های گیرنده/فرستنده تلفن‌های همراه صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به تحقیقات Roosli و همکاران [۲۲] بر روی ۳۴۲ نفر که در نزدیک آنتن زندگی می‌کردند اشاره نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که ۷۸٪ افراد، علایم خود را مرتبط با آنتن می‌دانند. علایم گزارش شده عبارت بود از: اختلال در خواب (۵۹٪)، سردرد (۴۳٪)، اختلال در تمرکز فکر (۱۸٪) و خستگی (۱۶٪). این علایم پس از تابش‌گیری، ظاهر شده و به آرامی کاهش می‌یافت. Navarro و همکاران [۱۹] نیز علایم ۹۷ نفر را که نزدیک آنتن زندگی می‌کردند گزارش نمودند. این افراد که برای ۶ ساعت در شبانه‌روز در معرض امواج بودند دارای علایمی مانند اضطراب، ضعف، خستگی و اختلال در تمرکز فکر بودند. Santini و همکاران [۲۴] معتقدند که علایم افراد،

[14] Lai H. Interaction of microwaves and a temporally incoherent magnetic field on spatial learning in the rat. *Physiol Behav*, 2004; 82:785-9.

[15] Lai H, Carino M. 60 Hz magnetic fields and central cholinergic activity: effects of exposure intensity and duration. *Bioelectromagnetics*, 1999; 20:284-9.

[16] Lai H, Horita A, Guy AW. Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the Rat. *Bioelectromagnetics*, 1994; 15:95-104.

[17] Lass J, Tuulik V, Ferenets R, Riisalo R, Hinrikus H. Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks. *Int J Radiat Biol*, 2002; 78(10):937-44.

[18] Mann K, Roschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychology*, 1996; 33:41-7.

[19] Navarro EA, Segura J, Gomez-Perretta C, Portoles M, Maestu C, Bardasano JL. About the effects of microwave exposure from cellular phone base stations: A first approach. *Proceeding of Mobile Phone Base Station and Health*; 2003 15-16 May; Dublin, Ireland. 2003.

[20] Oftedal G, Wilen J, Sandstrom M, Mild KH. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med*, 2000; 50(4):237-45.

[21] Preece AW, Davies-Smith A, Wesnes K, Butler S, Lim E, Varey A. Effect of 915 MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J Biol*, 1999; 75(4):447-56.

[22] Roosli M, Moser M, Meier M, Braun-Fahlander C. Health symptoms associated with electromagnetic radiation – A questionnaire survey. *Proceeding of Mobile Phone Base Station and Health*; 2003 15-16 May; Dublin, Ireland. 2003.

[23] Sandstrom M, Wilen J, Oftedal G, Hansson MK. Mobile phone use and subject symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup Med*, 2001; 51(1):25-35.

[24] Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: I. Influences of distance and sex. *Pathol Biol*, 2002; 50:369-73.

[25] Sicard E, Delmas-Bendhia S. Introduction to GSM. 5th ed. Bedford MA: Techonline Publication. 2001, p. 1-3.

[26] Sienkiewicz ZJ, Blackwell RP, Haylock RG, Saunders RE, Cobb BL. Low-level exposure to pulsed 900 MHz microwave radiation does not cause deficits in the performance of a spatial learning task in mice. *Bioelectromagnetics*, 2000; 21:151-8.

[27] Wang B, Lai H. Acute exposure to pulsed 2450 MHz microwaves affects water-maze performance of rats. *Bioelectromagnetics*, 2000; 21:52-6.

[28] Yioultis TV, Kosmanias EP, Kosmidou TT, Zigiridis TT, Kantartzis NV, Xenos TD, et al. A comparative study of the biological effects of various mobile phone and wireless LAN antennas. *IEEE Transaction on Magnetic*, 2002; 38(2):777-80.

مدرس و علوم پزشکی سمنان به سبب فراهم سازی امکانات لازم برای اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- [1] Bornkessel C, Stocker-Meier E. Results of a measurement programme concerning mobile phone base station emissions in North Rhine-Westphalia. *Proceeding of Mobile Phone Base Station and Health*; 2003 15-16 May; Dublin, Ireland. 2003.
- [2] Cassel JC, Cosquer B, Galiani R, Kuster N. Whole body exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields does not alter radial-maze performance in rats. *Behav Brain Res*, 2004; 155(1):37-43.
- [3] Cosquer B, Galini R, Kuster N, Cassel JC. Whole-body exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields does not alter anxiety responses in rats: a plus-maze study including test validation. *Behav Brain Res*, 2005; 156(1):65-74.
- [4] Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, Barry RJ, Williams JD, Clarke AR. Acute mobile phone operation affects neural functions in human. *Clin Neurophysiol*, 2002; 113:1623-32.
- [5] Dubreuil D, Jay T, Edeline JM. Does head-only exposure to GSM-900 electromagnetic fields effect the performance of rats in spatial learning tasks? *Behav Brain Res*, 2002; 129:203-10.
- [6] Dubreuil D, Jay T, Edeline JM. Head only exposure to GSM 900 MHz electromagnetic fields does not alter rats memory in spatial and non-spatial tasks. *Behav Brain Res*, 2003; 145:51-61.
- [7] Haarala C, Bjornberg L, Ek M, Laine M, Revonsuo A, Koivisto M, et al. Effect of 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phone on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24(4):283-8.
- [8] Hermann DM, Hossmann KA. Neurological effects of microwave exposure related to mobile communication. *J Neurol Sci*, 1997; 152:1-14.
- [9] Hocking B. Preliminary report: Symptoms associated with mobile phone use. *Occup Med*, 1998; 48(6):357-60.
- [10] Hocking B, Westerman R. Neurological abnormalities associated with CDMA exposure. *Occup Med*, 2001; 51(6):410-3.
- [11] Hocking B, Westerman R. Neurological effects of radiofrequency radiation. *Occup Med*, 2003; 53:123-7.
- [12] Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hamalainen H. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport*, 2000; 11:1641-3.
- [13] Koivisto M, Revonsuo A, Krause C, Haarola C, Sillanmaki L., et al. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport*, 2000; 11:413-5.