View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Qazvin University of Medical Sciences Repository

مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد/ دوره ۱۶، شماره ۵/ آذر و دی ۱۳۹۳/ ۷۵-۶۶

مقاله پژوهشی

بررسی اثر امواج ۹۵۰ مگاهرتز سیستم تلفن همراه بر حافظه ی موش های سوری نر

نعمت اله غیبی[1*]، علی صفری واریانی[2]، حسن جهانی هاشمی[3]، مهدیه یوسف زنجانی فرد[4]، دل آرام ناهید[4]، مهدی نجاران[5]

[1]گروه بیوفیزیک، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران؛ [2]گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران؛ [3]گروه پزشکی اجتماعی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران؛ [4]دانشجو، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران: [5]مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۳

چکیده:

زمینه و هدف: استفاده روز افزون از دستگاه های مولد امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ها و شدت های مختلف سبب شده است که مطالعات فراوانی در زمینه تأثیر احتمالی این امواج بر سلامتی موجودات زنده انجام شود. در این مطالعه عملکرد حافظه و بخاطر آوری موش های آزمایشگاهی، در معرض امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگا هرتز (امواج موبایل) بررسی شده است.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی ۱۲۰ موش سوری، به ۱۰ گروه ۱۲ تایی تقسیم شدند که ۹ گروه، تحت امواج مایکروویو با چگالی های توان ۰/۰۲، ۱/۳ و ۸/٦ میلی وات بر سانتی متر مربع و در بازه های زمانی ۲، ٤ و ٦ ساعته قرار گرفتند و یک گروه نیز به عنوان کنترل در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل عملکرد حافظه حیوانات با آزمون حافظه ی اجتنابی غیر فعال، با سنجش زمان تأخیر ورود و فراوانی ورود حیوانات به محیط تاریک، در دستگاه شاتل باکس در بازه های زمانی ۲ ٤، ٦، ۱۲ و ٤۸ ساعت و یک و دو هفته پس از آخرین مرحله یادگیری حیوان انجام شد.

یافته ها: نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده های مربوط به زمان تأخیر ورود حیوانات به محیط تاریک تفاوت آماری معنی داری را نشان نداد. ولی محاسبه فراوانی ورود حیوانات تفاوت آماری معنی دار هم بین گروه های ده گانه و هم بین دسته گروه های جهارگانه با چگالی توان صفر (کنترل)، ۰/۰۲، ۱/۳ و ۸/٦ میلی وات بر سانتی متر مربع را نشان داد (P<۰/۰۵).

نتیجه گیری: عملکرد حافظه و تجزیه و تحلیل حیوانات در معرض امواج موبایل، کاهش وابسته به زمان در معرض قرارگیری و توان را نشان می دهد. فراوانی ورود حیوانات آموزش دیده به محیط تاریکی که قبلا در آن تجربه شوک الکتریکی را دارند در بازه های زمانی بیشتر نشان از این اختلال می باشد.

واژه های کلیدی: امواج موبایل، آزمون اجتنابی غیر فعال، حافظه، زمان تأخیر، موش سوری.

مقدمه:

استفاده روز افزون از دستگاه های مولد امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ها و شدت های مختلف (رادیو، تلویزیون، ماهواره، تلفن همراه و رایانه) سبب شده است که مطالعات فراوانی در زمینه تأثیر احتمالی این امواج بر سلامتی موجودات زنده انجام شود. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیقات، این امواج در ایجاد بسیاری از بیماری ها از جمله تومورهای مغزی، اثرات ژنوتوکسیکی، تخریب دستگاه عصبی، آسیب های دستگاه ایمنی، سرطان سینه، اثرات قلبی عروقی، آلرژی و لوسمی کودکان موثرند (۱).

(Global System of Mobile Communication) GSM سیستمی برای مخابرات سیار است که از سال ۱۹۹۳ به صورت تجاری آغاز به کار کرده است. این سیستم هم اکنون در تمام اروپا و بخش هایی از آسیا مورد

*نویسنده مسئول: قزوین- دانشگاه علوم پزشکی قزوین- گروه بیوفیزیک- تلفن: ۰۲۸۱-۳۳۳۶۰۰۸، E-mail: gheibi_n@yahoo.com

قبول شرکت های مخابراتی است. به منظور یکپارچگی جهانی، باند بسامد ۸۹۰ تا ۹۶۰ مگا هرتز برای این شبکه اختصاص یافته است (۲). سیستم تلفن همراه GSM 900، دارای دو باند فرکانسی، ۹۱۵ - ۸۹۰ مگاهرتز (فرکانس گوشی تلفن همراه) و ۹۶۰ - ۹۳۵ مگاهرتز (فرکانس آنتن های گیرنده / فرستنده مخابرات) است، که همراه با پالس ۲۱۷ هرتز (فرکانس مدولاسیون) در یک پهنای باند ۲۰۰ کیلوهرتز ، اطلاعات را منتقل می کند (۳).

با افزایش روزافزون سیستم تلفن همراه، تابش گیری از میدان های الکترومغناطیسی گوشی تلفن همراه و آنتن های گیرنده/ فرستنده تلفن همراه BTS (Base transceiver station) رو به افزایش است. نتایج حاصل از برخی مطالعات اپیدمیولوژیک بیان گر آن است که امواج تلفن همراه حتی با چگالی توان کمتر از حد مجاز (۱ mW/cm^2) می تواند باعث بروز علایمی مانند سردرد، احساس گرما در گوش، ضعف حافظه و احساس خستگی گردیده و ارتباط معنی داری بین مدت مکالمه/ تعداد مکالمه در روز با بروز علایم وجود دارد (۹-۴).

نقص یادگیری فضایی جوندگانی که در معرض پرتو امواج الکترومغناطیس قرار داشته اند، در چندین مطالعه به اثبات رسیده است. امواج مایکروویو ۳۰ میلی وات بر سانتی متر مربع سبب رسوب وزیکول های سیناپسی، طولانی شدن منطقه ی فعال، افزایش ضخامت پس سیناپسی و انحنا و سوراخ شدن سیناپس می شوند. امواج مایکروویو موجب القای آسیب در ساختار و عملکرد سیناپس در هیپوکامپ و نهایتاً موجب القای اختلال در توانایی یادگیری و حافظه در رت ها می شوند (۱۰).

در اثر میدان مغناطیسی با فرکانس ۲۱۷ هرتز ناشی از گوشی های موبایل GSM900، تحریک پذیری سلول عصبی F1 حلزون باغی کاهش می یابد (۱۱). امواج ساطع شده از تلفن های همراه سبب ایجاد آسیب های کروموزومی در اریتروسیت های پلی کروماتیک مغز استخوان موش بالبسی می شوند (۱۲). در مطالعه ای که بر روی بافت های مغزی موش های صحرایی در معرض تابش های تلفن همراه انجام شد، افزایش قابل توجهی در سطح پراکسید لیپید و مالون دی آلدهید پلاسما و کاهش شدید فعالیت های دیسموتاز پراکسید، کاتالاز، پراکسیداز گلوتاتیون و ردکتازگلوتاتیون دیده شد (۱۳). امواج رادیویی غیر یونیزه بوده و به ساختار شیمیایی DNAصدمه نمی زنند، ولی پروتئین های دخیل در همانندسازی و رونویسی DNA را مورد آسیب قرار داده و به صورت غیرمستقیم باعث تغییر DNA می شوند (۱۴).

گرچه این اثرات ، مهم می باشند، اما در اکثر مطالعات، فرکانس مورد استفاده در گوشی تلفن همراه مورد آزمایش قرار گرفته و به امواج تابشی از آنتن های گیرنده/ فرستنده تلفن همراه BTS که در اغلب قسمت های مختلف شهرها نصب شده، کم تر توجه شده است. مطالعات اپیدمیولوژیک اندکی برای بررسی آثار ناشی از امواج الکترومغناطیس تابشی از آنتن های گیرنده/ فرستنده مخابرات BTS به ثبت رسیده است. در برخی از آن ها علایمی مانند: اختلال در خواب، سردرد، اضطراب، افسردگی و خستگی در ساکنان اطراف آنتن ها گزارش شده است (۱۷-۱۵) در حالی که در برخی دیگر، هیچ ارتباطی بین بروز علایم و تابش امواج به اثبات نرسیده است (۱۸).

حافظه را می توان به عنوان توانایی مغز در ذخیره و بازیابی اطلاعات در نظر گرفت، که شامل سه مرحله اکتساب، تثبیت و به خاطر آوری می باشد. تا کنون چندین مطالعه در خصوص اثرات امواج موبایل بر مراحل مختلف حافظه به انجام رسیده است. در یک مطالعه، از ماز آبی موریس برای ارزیابی مرحله تثبیت حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی استفاده شد و نتایج حاصل بیان گر آن بود که یک جلسه تابش گیری تمام بدن با امواج ۹۵۰ مگاهرتز و چگالی توان ۱/۱۷ mW/cm^2 (مشابه امواج آنتن های گیرنده / فرستنده) برای مدت ۴۵ دقیقه، تأثیری بر مرحله تثبیت

حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی ندارد (۱۹). بعلاوه در چنین شرایطی، این امواج بر مرحله اکتساب حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی نیز بی تأثیر می باشند(۲۰).

در موش های تیمار شده با امواج تولید شده توسط دستگاه مولد امواج مایکروویو با فرکانس ۹۴۰ مگا هرتز و توان خروجی یک وات، افزایش خطای حافظه فضایی، افزایش خطای حافظه کاری و تغییرات توانایی یادگیری با استفاده از روش های ماز آبی موریس و ماز شعاعی مشاهده شده است(۲۱).

با توجه به گسترش روز افزون استفاده از تلفن های همراه و افزایش نسب آنتن های گیرنده / فرستنده BTS در مجاورت اماکن مسکونی، اهمیت تحقیقات بیشتر و شناخت دقیقتر تاثیر این امواج بر سیستم های زیستی آشکار می شود. یک اختلاف اساسی بین مواجهه با تلفن های همراه و مواجهه با امواج منتشر شده از آنتن های BTS وجود دارد که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مواجهه با امواج تلفن های همراه غیردایم و کوتاه مدت می باشد ولی مواجهه با امواج آنتن های BTS می تواند ۲۴ ساعته و برای سال ها ادامه داشته باشد. همچنین مواجهه با تلفن های همراه فقط برای کاربرها می باشد ولی مواجهه با امواج این آنتن ها برای تمام آحاد جامعه است.

با توجه به این که تاکنون در بررسی تأثیر امواج آنتن های BTS بر حافظه از ماز آبی موریس و ماز شعاعی جهت انجام مطالعات استفاده شده است و نتایج این تحقیقات نیز با یک دیگر هم خوانی کامل ندارد، ما بر آن شدیم تا در این مطالعه عملکرد حافظه و بخاطر آوری موش های آزمایشگاهی قرار گرفته در معرض امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگا هرتز (آنتن های گیرنده/ فرستنده مخابرات BTS) و چگالی های توان کمتر (mW/cm^2 ۱/۳و ۰/۰۲) و بیشتر (mW/cm^2 ۸/۶) از حد استاندارد (mW/cm^2 ۲/۲۵) (۲۲) را در آزمون حافظه و یادگیری اجتنابی غیر فعال با استفاده از دستگاه یادگیری شاتل باکس بررسی کنیم. ضمن فرآیند یادگیری، میزان به خاطر سپاری کوتاه مدت و بلند مدت حیوانات نیز مورد آزمایش قرار خواهد گرفت.

روش بررسی:

در این مطالعه تجربی، ۱۲۰ رأس موش آزمایشگاهی نر از نژاد سوری در محدوده سنی ۳ ماه و وزن ۳۰- ۲۰ گرم، به ۱۰ گروه ۱۲تایی تقسیم شدند که ۹ گروه، تحت امواج BTS قرار گرفتند و یک گروه نیز به عنوان کنترل در نظر گرفته شد. بر روی گروه کنترل هیچ مداخله ای صورت نگرفت و فقط در محیط میدان خاموش قرار گرفت.

از یک دستگاه شبیه ساز امواج BTS که در دانشگاه علم و صنعت طراحی و ساخته شده برای ایجاد امواج ۹۵۰ مگاهرتز با پالس ۲۱۷ هرتز و پهنای ۲۰۰ کیلو هرتز، استفاده گردید. آنتن دستگاه با توان های ورودی ۰/۵، ۳ و ۶ وات در مرکز یک محفظه استوانه ای از جنس پلاستیک و با قطر ۲۵ سانتی متر ثابت گردید و حیوان می توانست آزادانه در اطراف آنتن حرکت نماید. پس از سنجش اندازه میدان الکتریکی داخل محفظه با دستگاه Radiation meter (Narda 8716)، میانگین چگالی توان در داخل محفظه در توان های ورودی ۰/۵، ۳ و ۶ وات به ترتیب برابر ۰/۰۲، ۱/۳ و ۸/۶ mW/cm^2 تعیین گردید. پاسخ احترازی غیر فعال (passive-avoidance learning) برای آزمون حافظه و یادگیری احترازی غیر فعال با استفاده از دستگاه یادگیری شاتل باکس با ابعاد ۷۵×۲۵×۲۵ سانتی متر صورت گرفت. این دستگاه شامل دو اتاقک روشن و تاریک است که یک درب گیوتینی، بین آنها قرار دارد (مسیر حرکت یک طرفه برای موش). کف اتاقک تاریک دارای میله های فلزی به قطر ۲/۵ میلی متر و به فاصله یک سانتی متر است که به دستگاه مولد شوک الکتریکی وصل شده اند. آزمون یادگیری در چهار مرحله انجام می شود، در سه مرحله اول موش در اتاقک روشن قرار داده می شود و با توجه به تمایل و ترجیح محیط تاریک از طریق درب تعبیه شده جعبه، وارد محیط تاریک می شود، سپس درب گیوتینی بسته

می شود و پس از ۲ دقیقه حیوان را از این محیط خارج می کنند. در مرحله چهارم یادگیری همان فرآیند اعمال می شود با این تفاوت که پس از ورود حیوان به اتاقک تاریک و بسته شدن درب گیوتینی در ۵ ثانیه آخر دقیقه دوم، با روشن کردن دستگاه مولد شوک، جریان الکتریکی با شدت ۱/۵ میلی آمپر به مدت ۵ ثانیه از طریق میله های فلزی کف اتاقک تاریک به پاهای موش وارد می شود، که با واکنش جست و خیز جانور، دریافت شوک محرز می گردد. بلافاصله پس از دریافت شوک، درب گیوتینی باز می شود تا حیوان شوک گرفته به سرعت به اتاقک روشن وارد شود و از محیط دستگاه خارج گردد. فاصله زمانی هر مرحله آموزش تا بعدی برای یک حیوان ۱ ساعت می باشد.

بلافاصله بعد از آموزش موش های آزمایشگاهی، تابش دهی به آن ها آغاز شد. گروه های اول تا سوم به ترتیب به مدت ۲، ۴ و ۶ ساعت در معرض امواج BTS با چگالی توان ۰/۰۲ mW/cm^2 قرار گرفتند. گروه های چهارم تا ششم نیز بلافاصله بعد از آموزش، به ترتیب به مدت ۲، ۴ و ۶ ساعت در معرض امواج BTS با چگالی توان ۱/۳ mW/cm^2 قرار گرفتند. گروه های ۷، ۸ و ۹ نیز به ترتیب به مدت ۲، ۴ و ۶ ساعت در معرض امواج BTS با چگالی توان ۸/۶ mW/cm^2 قرار گرفتند.

برای ارزیابی حافظه، حیواناتی که در معرض تابش قرار گرفته بودند، پس از ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت و همین طور ۱ و ۲ هفته (جمعاً ۶ بار) پس از پایان آموزش و تابش دهی، مجدداً در دستگاه شاتل باکس قرار داده شدند. با توجه به شوک الکتریکی که در آخرین مرحله آموزش در محفظه تاریک دستگاه به حیوانات وارد شده بود، طبیعتاً حیوانات تمایلی برای ورود به محیط تاریک نخواهند داشت؛ ولی اگر اختلالی در حافظه حیوانات رخ دهد، حیوانات مجدداً وارد محیط تاریک خواهند شد. بنابراین تعداد حیوانات وارد شده به محیط تاریک در این مرحله به عنوان شاخص اختلال در حافظه مورد ارزیابی قرار گرفت.

داده های مربوط به زمان تأخیر ورود به محیط تاریک (Latency Time) وارد نرم افزار SPSS شد و آنالیز و تجزیه تحلیل داده ها با آزمون ANOVA یک طرفه و تست های تعقیبی توکی و دانت انجام شد. فراوانی ورود حیوانات به محیط تاریک نیز با آزمون آماری کای دو هم در گروه های ده گانه و هم دسته گروه های چهارگانه با چگالی توان صفر (کنترل)، ۰/۰۲، ۱/۳ و ۸/۶ mW/cm^2 انجام گردید. میزان معنی داری نتایج $P<0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته ها:

بررسی نتایج حاصل از سنجش زمان تأخیر به محیط تاریک تفاوت آماری معنی داری بین زمان تأخیر گروه ها با گروه کنترل و یا بین خود گروه ها نشان نداد؛ لذا داده ها در اینجا ارائه نمی گردند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده های مربوط به فراوانی حیوانات وارد شده به محیط تاریک دستگاه شاتل باکس نشان می دهد، که سایر گروه ها در بین این دو محدوده، روندی وابسته به توان و زمان در معرض قرارگیری داشته اند و در تعداد ورود به محیط تاریک افزایش تدریجی نشان داده اند (جدول شماره ۱). با این حال گروه کنترل و گروه ۰/۰۲ mW/cm^2 که ۲ ساعت در معرض امواج قرار گرفته بود، در هیچ یک از بازه های زمانی ذکر شده وارد محیط تاریک نشدند.

در تجزیه و تحلیل فراوانی حیوانات ورود کرده به کمک آزمون کای دو مشاهده شد که در فواصل زمانی دورتر از تجربه در معرض امواج قرارگیری، تعداد بیشتری از حیوانات وارد محیط تاریک می شوند. ابتدا میزان فراوانی ورود در گروه های ده گانه مورد آزمون قرار گرفت و نتایج حاصل نشان داد که همه گروه ها با هم تفاوت معنی دار در کل بازه های زمانی نشان می دهند. میزان تفاوت آماری معنی دار در بازه زمانی ۶ ساعت ($P<0/01$)، ۹ ساعت ($P<0/05$)، ۲۴ ساعت ($P<0/01$) و در بازه های زمانی طولانی تر (یک و دو هفته)

(P<۰/۰۰۱) مشاهده گردید. با کنار گذاشتن گروه کنترل از آنالیز فوق و بررسی ۹ گروه تحت تابش امواج فقط تفاوت فراوانی ورود حیوانات به محیط تاریک در بازه زمانی ۹ ساعت غیر معنی دار می شود. گروه های ده گانه در یک دسته بندی چهار گانه قرار گرفتند و فراوانی ورود آنها به محیط تاریک با استفاده از آزمون کای دو مقایسه گردید. اگر چه این فراوانی در دسته بندی چهارگانه یعنی با چگالی توان صفر (کنترل)، ۰/۰۲، ۱/۳ و ۸/۶ mW/cm^2 در بازه زمانی ۶ ساعت اختلاف معنی دار نشان نداد؛ ولی میران فراوانی ورود در زمان ۹ ساعت (P<۰/۰۵) و در بازه های زمانی طولانی تر از ۹ ساعت، ۲۴ ساعت و یک و دو هفته (P<۰/۰۰۱) اختلاف معنی داری مشاهده گردید.

بنابراین هر چه توان و زمان در معرض قرارگیری بیشتر شود عملکرد حافظه حیوان کاهش می یابد. همچنین نتایج حاصل از داده ها نشان می دهد که در آزمون اول (۶ ساعت بعد از آموزش)، در گروه های ده گانه به جز گروه های ۴ و ۷، هیچ یک از حیوانات به محیط تاریک وارد نشده اند که احتمالاً می تواند به علت فاصله زمانی بسیار کم از زمان یادگیری باشد.

جدول شماره ۱: مقایسه فراوانی ورود حیوانات به محیط تاریک دستگاه شاتل باکس در گروه های تحت چگالی توان امواج و مدت تابش دهی متفاوت در آزمون حافظه احترازی غیر فعال

گروه ها			فاصله زمانی بین آموزش حیوانات و سنجش مجدد حافظه در دستگاه شاتل باکس					
شماره گروه	چگالی توان امواج* BTS	مدت تابش دهی	٦ ساعت	۹ ساعت	۲٤ ساعت	٤٨ ساعت	۱ هفته	۲ هفته
کنترل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۰/۰۲	۲ ساعت	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲		٤ ساعت	۰	٤	۳	۳	۵	۷
۳		٦ ساعت	۰	٤	۱	۱	۲	۳
٤	۱/۳	۲ ساعت	۲	۲	۲	۳	٤	۲
۵		٤ ساعت	۰	۳	۱	۰	۱	۳
٦		٦ ساعت	۰	۲	۱	۱	۱	۱
۷	۸/٦	۲ ساعت	۳	٤	٤	٦	٦	٦
۸		٤ ساعت	۰	٤	٤	۵	۷	۷
۹		٦ ساعت	۰	۷	۷	۸	۸	۹

چگالی توان امواج بر حسب میلی وات بر سانتی متر مربع می باشد؛ فراوانی در دسته بندی چهارگانه یعنی با چگالی توان صفر (کنترل)، ۰/۰۲، ۱/۳ و ۸/٦ mW/cm^2 در بازه زمانی ٦ ساعت اختلاف معنی دار نشان نداد؛ ولی میران فراوانی ورود در زمان ۹ ساعت (P<۰/۰۵) و در بازه های زمانی طولانی تر از ۹ ساعت، ۲٤ ساعت و یک و دو هفته (P<۰/۰۰۱) اختلاف معنی داری مشاهده گردید.

بحث:

نتایج این مطالعه نشان داد که هر چه زمان بیشتری از معرض قرارگیری حیوانات در میدان می گذرد، افزایش فراوانی ورود حیوانات را می توان مشاهده کرد و بخصوص این مورد در چگالی توان بیشتر نمود بیشتری دارد که احتمال کاهش عملکرد بخاطر آوری در حافظه حیوان را نشان می دهد. همچنین نتایج حاصل از داده ها نشان می دهد که در بازه زمانی اول (۶

ساعت بعد از آموزش)، در گروه های ده گانه به جز گروه های ۴ و ۷، هیچ یک از حیوانات به محیط تاریک وارد نشده اند که احتمالاً می توانند به علت فاصله زمانی بسیار کم از زمان یادگیری باشد. هر چه توان اشعه و مدت زمان در معرض قرارگیری افزایش می یابد (برای مثال در توان ۸/۶ mW/cm^2 و مدت زمان ۶ ساعت) تعداد حیوانات ورود کرده به محیط تاریک افزایش می یابد.

در دهه گذشته مطالعات زیادی در رابطه با اثر پرتوهای الکترومغناطیسی بر عملکرد بخش های مختلف سیستم عصبی و حافظه انسان و حیوانات به اجرا در آمده است. گرچه برای مطالعه اثر میدان های الکترومغناطیسی آزمایشات مهمی بر روی انسان انجام شده، لیکن تحقیقات دقیق و جامع تر، در مدل های حیوانی صورت گرفته است. انرژی امواج الکترومغناطیسی که به وسیله بدن جذب می گردد، به صورت افزایش دما، باعث افزایش انرژی جنبشی و چرخش مولکو ل ها می شود. انرژی حرارتی جذب شده، به وسیله جریان خون در تمام بدن توزیع شده و سرانجام از بین می رود. با در نظر گرفتن این مکانیسم، آثار امواج الکترومغناطیسی را بر محیط های بیولوژیکی به دو بخش اثر حرارتی و غیرحرارتی تفکیک می نمایند (۲۳، ۲۴). مشابه نتایج این مطالعه، نتایج حاصل از مطالعات Wang و Lai در سال ۲۰۰۰ در آزمون ماز آبی با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز اثرات مخرب این امواج را بر عملکرد حافظه نشان دادند (۲۵)؛ هرچند تکرار این مطالعه در سال ۲۰۰۴ توسط گروهی دیگر از محققان با آزمون ماز شعاعی با همان فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز تأثیر مخربی را بر روی حافظه نشان نداد، و نتیجه گیری در این زمینه نشان داد که شرایط آزمایشگاهی آنها با هم متفاوت بوده است و این محققان اعلام کردند که در دستگاهی که Wang و Lai استفاده کرده اند، اثرات حرارتی هم وجود داشته است که می تواند بر روی رفتار موش ها مؤثر باشد (۲۶). در سال ۲۰۰۰ در تحقیقی بر روی امواج میکروویو پالسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز نشان داده شد که این امواج اثر سؤیی را بر حافظه فضایی و عملکرد حافظه در موش ها ندارند (۲۷). در سال ۲۰۰۳ اثر سوء فرکانس پالسی ۱۴۳۹ مگاهرتز در دستگاه یادگیری و آزمون ماز تی شکل، نشان داده شد که تنها در هنگام بالا رفتن دمای بدن حیوانات، طی در معرض قرارگیری عملکرد حافظه و یادگیری حیوان متأثر خواهد شد (۲۸). علاوه بر این مطالعات، بررسی های دیگری هم صورت گرفته است که نتایج حاصل از آنها اثرات سوء امواج الکترومغناطیسی را بر روی حافظه در شرایط آزمایشگاهی بیان می کند. در سال ۲۰۰۱، Tattersall و همکاران نشان دادند که میدان امواج رادیویی با فرکانس ۷۰۰ مگاهرتز می تواند تغییراتی را در برش های هیپوکامپ ایجاد کند (۲۹).

در مطالعه ای که توسط فیروزآبادی و همکاران انجام گرفت از ماز آبی موریس برای ارزیابی مرحله تثبیت حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی استفاده شد و نتایج حاصل بیان گر آن بود که یک جلسه تابش گیری تمام بدن با امواج ۹۵۰ مگاهرتز و چگالی توان ۱/۱۷ mW/cm^2 (مشابه امواج آنتن های گیرنده/ فرستنده) برای مدت ۴۵ دقیقه، تأثیری بر مرحله تثبیت حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی ندارد (۲۰). بعلاوه در چنین شرایطی، این امواج بر مرحله اکتساب حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی نیز بی تأثیر می باشند. احتمالاً اختلاف نتایج بین مطالعه فوق و یافته های ما به دلیل مدت تابش دهی کوتاه تر نسبت به مطالعه ما می باشد. در واقع آنتن های گیرنده / فرستنده تلفن همراه BTS به طور دائم در حال انتشار امواج

الکترومغناطیسی می باشند، به همین دلیل در این مطالعه افزایش بازه های زمانی تابش دهی ۲، ۴ و ۶ ساعت امواج BTS با چگالی های توان ۰/۰۲، ۱/۳ و ۸/۶ mW/cm^2 می تواند میزان به خاطر آوری را در حیوانات آموزش دیده تحت تأثیر قرار دهد و این اثر بخصوص در چگالی های توان بیشتر دارای اثرات مخربی بر روی حافظه می باشد.

این یافته ها نشان می دهد که امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز (آنتن های گیرنده/ فرستنده مخابرات BTS) و چگالی های توان کمتر (۱/۳ mW/cm^2و ۰/۰۲) و بیشتر (۸/۶ mW/cm^2) از حد استاندارد (mW/cm^2 ۲/۲۵) در بلند مدت می توانند اثرات نا مطلوبی بر حافظه داشته باشند و بنابراین باید در مواجهه با این امواج جانب احتیاط را رعایت نمود. در مطالعه ای که در جهت بررسی وضعیت انتشار امواج الکترومغناطیسی ناشی از آنتن های BTS باند ۹۰۰ مگاهرتز در شهر تهران انجام گرفت مشخص شد که شدیدترین امواجی که این آنتن ها از خود منتشر می کنند در فاصله ۲۰ متری از آنتن و برابر با ۰/۰۰۱۳ mW/cm^2 می باشد (۲۲). بنابراین با توجه به اختلاف بسیار زیاد بین چگالی توان مورد استفاده در این مطالعه و حداکثر چگالی توان ساتع شده از آنتن های BTS پیشنهاد می شود که در مطالعات بعدی از چگالی توان کمتر (در حدود ۰/۰۰۱۳ mW/cm^2) و مدت زمان بیشتر در معرض قرار گیری استفاده شود.

نتیجه گیری:

با توجه به تحلیل آماری داده های مربوط به درصد ورود حیوانات به محیط تاریک دستگاه شاتل باکس در آزمون اجتنابی غیرفعال، مشاهده می شود که کاهش عملکرد حافظه، روندی وابسته به زمان و توان در معرض قرارگیری امواج موبایل ۹۵۰ مگاهرتز دارد. هر چه فاصله زمانی آزمون از زمان صفر (زمان یادگیری) بیشتر می شود بخصوص در بازه های زمانی یک و دو هفته افزایش فراوانی ورود مشاهده می گردد. البته باید در نظر داشت که در این روند، تأثیر افزایش توان بیشتر از تأثیر افزایش زمان می باشد.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی و کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی قزوین جهت حمایت های مالی و معنوی از این طرح پژوهشی سپاسگزاری می شود.

منابع:

1. Hardell L, Sage C. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. Biomed Pharmacother. 2008; 62(2): 104-9.
2. Khavanin A, Najafi P, Pilehvarian AA, Asilian H, Akbary M, Ghods SH. Assessment of Potential Changes in Auditory Brain Stem Response of Rabbit after Exposure to Mobile Phone Waves and Possibility of Adaptation. Daneshvar Med. 2008; 15(1), 11-16.
3. Sicard E, Delmas-Bendhia S. Introduction to GSM. 5th ed Bedford MA: Techonline Publication; 2001.PP 1-3.
4. Hocking B. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. Occup Med (Lond). 1998; 48(6): 357-60.
5. Hocking B, Westerman R. Neurological abnormalities associated with CDMA exposure. Occup Med (Lond). 2001; 51(6): 410-13.
6. Hocking B, Westerman R. Neurological effects of radiofrequency radiation. Occup Med (Lond). 2003; 53(2): 123-7.
7. Oftedal G, Wilen J, Sandstrom M, Mild KH. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. Occup Med (Lond). 2000; 50(4): 237-45.

8. Sandstrom M, Wilen J, Oftedal G, Hansson Mild K. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. Occup Med (Lond). 2001; 51(1):25-35.
9. Yioultsis 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 Trans. Magn. 2002; 38(2): 777-80.
10. Wang LF, Peng RY, Hu XJ, Gao YB, Wang SM, Li Y, et al. Influence of microwave radiation on synaptic structure and function of hippocampus in Wistar rats. Chin Ind Hyg Occup Dis. 2007; 25(4): 211-4.
11. Kaviani Moghadam M, Firoozabadi SM, Janahmadi M. Reduce the excitability of nerve cells in the garden snail F1 217 Hz magnetic field exposure from mobile phones GSM900. Cell J (Yakhteh). 2009; 11(2); 176-83.
12. Baharara J, Zahedifar Z, Haddad F, Mahdavi Shahri N. Effect of green tea on repressing chromosomal damage induced by cellphone (940MHz) waves in bone marrow polychromatic erythrocytes of male Balb/C mice. AMUJ. 2012; 15(1): 10-17.
13. Awad S, Hassan N. Health risks of electromagnetic radiation from mobile phone on brain of rat. J APPL Sci Res. 2008; 4(12): 1994 -2000.
14. Cotgreave IA. Biological stress response to radiofrequency electromagnetic radiation: are mobile realy so (heat) shocking? Arch Biochem Biophys. 2005; 435(1): 227-240.
15. Navarro EA, Segura J, Gomez-Perretta C, Portoles M, Maestu C, Bardasano JL. About the effects of microwave exposurefrom cellular phone base stations: A first approach. 2nd International Workshop on Biological Effects of EMFs Oct 7-11, Rhodes, Greece. 2003; 353-358.
16. Roosli M, Moser M, Meier M, Braun-Fahlander C. Health symptoms associated with electromagnetic radiation- A questionnaire survey. 2th International workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Rhodes. 2002; 49(1): 670-77.
17. 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(1): 369-73.
18. 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; 15-16 May 2003; Dublin, Germanny; 2003.
19. Jadidi M, Firoozabadi M, Rashidypour A, Bolori B, Fathollahi Y. Effects of 950 MHz GSM mobile phone on memory consolidation of rats. Koomesh. 2005; 6(4): 305-10.
20. Firoozabadi M, Jadidi M, Rashidypour A, Bolouri B, Fathollahi Y. Effects of 950 MHz GSM mobile phone on spatiall memory of rats in morris water maze. Koomesh. 2005; 7(1-2): 19-26.
21. Baharara J, Moghimy A, Samareh Moosavi S. Effect of Cell Phone Radiation (940 MHz) on the Learning and Memory of Balb/c mice. Armaghane-danesh. 2009; 14(2): 53-64.
22. Nasiri P, Monazzam MR, Zareh S, Aazam K, Yousefi Z, Hemmatjoo R. Study of electormagnetic radiation with 900 MHz frequency from the BTS antens in Tehran. Health Inviron J. 2011; 4(3), 331-340.
23. McKinlay AF, Allen SG, Cox R, Dimbylow PJ, Mann SM, Muirhead CR, et al. Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0- 300 GHz). Documents of the NRPB. 2004; 15(3):74-124.
24. Sienkiewicz Z. Biological effects of electromagnetic fields and radiation. J Radiol Prot. 1998; 18(3): 185-93.
25. Wang B, Lai H. Acute exposure to pulsed 2450-MHz microwaves affects water-maze performance of rats. Bioelectromagnetics. 2000; 21(1): 52-6.
26. Cobb BL, Jauchem JR, Adair ER. Radial arm maze performance of rats following repeated low level microwave radiation exposure. Bioelectromagnetics. 2004; 25(1): 49-57.
27. Sienkiewicz ZJ, Blackwell RP, Haylock RG, Saunders RD, 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(3): 151-8.

28. Yamaguchi H, Tsurita G, Ueno S, Watanabe S, Wake K, Taki M, et al. 1439 MHz pulsed TDMA fields affect performance of rats in a T-maze task only when body temperature is elevated. Bioelectromagnetics. 2003; 24(4): 223-30.
29. Tattersall JE, Scott IR, Wood SJ, Nettell JJ, Bevir MK, Wang Z, et al. Effects of low intensity radiofrequency electromagnetic fields on electrical activity in rat hippocampal slices. Brain Res. 2001; 904(1): 43-53.

Journal of Shahrekord University of Medical Sciences
(J Shahrekord Univ Med Sci) 2014 Dec, Jan; 16(5): 66-75. ***Original article***

Study of the GSM with frequency of 950 MHz on the memory of male mice

Gheibi N[1*], Safary-Variany A[2], Jahani-Hashemi H[3], Yousef-Zanjanifard M[4], Delaram N[4], Najjaran M[5]

[1]Biophysics Dept., Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, I.R. Iran; [2]Professional Health Dept., Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, I.R. Iran; [3]Social Medicine, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, I.R. Iran; [4]Student, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, I.R. Iran; [5]Cellular and Molecular Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, I.R. Iran.

Received: 15/April/2012 Accepted: 25/sept/2014

Background and aims: The increasing use of productive machines with electromagnetic waves of different frequency and severity has caused many studies about the possible impact of the waves on the health of living creatures.

The aim of this study was to investigate memory function and reminding in mice, exposed to microwave radiation with a frequency of 950 MHz (GSM signal).

Methods: In this experimental study, 120 male mices were divided into 10 groups of 12 animals in each group. The exposed 9 groups were under microwave radiation at the power densities of 0.02, 1.3 and 8.6 mW/ cm^2 and the time intervals of 2, 4 and 6 hours and one group was considered as control. The analysis of mice's memory was done with the passive avoidance trial test and by measuring the frequency of animals entering the dark compartment of shuttle box and their entrance latency time in 6, 12, 24, 48 h, 1 and 2 weeks after the last learning stage.

Results: The results showed no significant changes among the latency time of animals in entrance to the dark side of compartment, but the frequency of entrance showed significant difference among the exposure groups with the potent of 0, 0.02, 1.3 and 8.6 mW/cm^2($P<0.05$).

Conclusion: Memory function and analysis of animals exposed to mobile radiation show a decrease depending on exposure time and power. The increasing frequency of animal in entrance to the dark field with the memory of electrical shock should be a sign of animal memory impairment with the exposure to the microwave mobile radiation.

***Keywords*: Mobile Radiation, Passive avoidance trial, Memory, Delay time, Mice.**

Cite this article as: Gheibi N, Safary-Variany A, Jahani-Hashemi H, Yousef-Zanjani M, Delaram N, Najjaran M. Study of the GSM with frequency of 950 MHz on the memory of male mice. J Shahrekord Univ Med Sci. 2014; 16(5): 66-75.

[*]**Corresponding author:**
Biophysics Dept., Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, I.R. Iran. Tel: 00982813336008, E-mail: gheibi_n@yahoo.com