اثرامواج تلفن همراه با فرکانس ۹۴۰ مگاهرتز بر یادگیری و حافظه فضایی موش‌های آزمایشگاهی نژاد بالب‌سی

دکتر جواد بهارآرا [*]
دکتر علی مقیمی [**]
سعیده ثمره موسوی [***]

[*] دکترای زیست شناسی سلولی تکوینی، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی
[**] دکترای نورو فیزیولوژی ، دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی.
[***] کارشناس ارشد زیست شناسی سلولی تکوینی دانشگاه آزاد مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی.

تاریخ وصول:۱۳۸۸/۲/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۳۸۸/۴/۲۳

مولف مسئول :دکتر جواد بهارآرا
پست الکترونیک :baharara@yahoo.com

چکیده:

مقدمه و هدف: با گسترش تولید و کاربرد دستگاه‌های مولد امواج الکترومغناطیسی و به ویژه پیدایش و استفاده همگانی از دستگاه‌های تلفن همراه، مسئله خطرات احتمالی این امواج به طور فزاینده‌ای توجه محققین را در حوزه‌های مختلف بیولوژی و پزشکی به خود معطوف کرده است. از آنجا که دستگاه‌های تلفن همراه اغلب در موقع استفاده در مجاورت مغز قرار می‌گیرند و هم‌چنین افراد با سن کم نیز به میزان بالا از این دستگاه‌ها استفاده می‌نمایند، لذا هدف مطالعه حاضر اثر امواج تلفن همراه با فرکانس ۹۴۰ مگاهرتز بر یادگیری و حافظه فضایی موش‌های آزمایشگاهی نژاد بالب‌سی است.

مواد و روش‌ها: این یک مطالعه تجربی است که در سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه تحقیقاتی تکوین جانوری دانشگاه آزاد اسلامی مشهد انجام شد. در این جستار ۶۰ سر موش نوزاد نژاد بالب‌سی مورد استفاده قرار گرفت. گروه‌های مورد مطالعه شامل تیمار (به مدت ۲۰ روز هر روز ۳ ساعت پس از تولد تحت تأثیر امواج قرار داشته‌اند)، شاهد آزمایشگاهی (در مدت مشابه در شرایط آزمایشگاهی و در دستگاه مولد امواج اما خاموش قرار گرفته‌اند) و کنترل (تحت شرایط طبیعی حیوان خانه) بودند. برای بررسی حافظه و یادگیری از ماز آبی موریس و ماز شعاعی استفاده گردید و مطالعات هیستولوژیک هیپوکامپ به روش دایسکتور انجام شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از ماز آبی موریس دلالت بر افزایش میانگین زمان لازم برای یافتن سکوی پنهان در گروه تیمار شده نسبت به شاهد آزمایشگاهی و کنترل داشت، هم‌چنین نتایج حاصل از ماز شعاعی نیز کاهش معنی‌داری در گروه‌های مختلف مورد آزمایش در خطای حافظه‌کاری و خطای حافظه فضایی نشان داد($p<۰/۰۵$). دانسیته نورون‌های مشاهده شده در مطالعات هیستولوژیک هیپوکامپ اختلاف معنی‌دار بین گروه تیمار با دو گروه شاهد آزمایشگاهی و کنترل نداشت.

نتیجه‌گیری: تغییرات توانایی یادگیری (افزایش زمان جستجو)، افزایش خطای حافظه فضایی (ورود به بازوی بدون غذا) و افزایش خطای حافظه‌کاری (ورود مجدد به بازوی حاوی غذا) در موش‌های تیمار شده نسبت به شاهد آزمایشگاهی و کنترل نشان دهنده اثرات عمیق امواج بر حافظه و یادگیری موش‌های نژاد بالب‌سی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تلفن همراه، حافظه، یادگیری، هیپوکامپ، بالب‌سی

مقدمه

تأثیر امواج الکترومغناطیس بر زندگی موجودات زنده و به ویژه انسان کاملاً محسوس است. استفاده داوطلبانه بیش از یک چهارم جمعیت دنیا از تلفن همراه باعث شده که بررسی‌های صورت گرفته به عنوان وسیع‌ترین تجربیات بیولوژیکی انسانی شناخته شوند(۱). با توجه به گسترش وسیع امواج الکترومغناطیس، نگرانی‌های بسیاری در مورد اثرات مضر ناشی از امواج تلفن‌های همراه در سیستم جهانی ارتباط با تلفن همراه[۱] وجود دارد و محققین بسیاری در مورد تأثیرات زیان‌بار میدان‌های الکترومغناطیس[۲] هشدار داده‌اند(۳ و۲).

بررسی‌های انجام شده در زمینه تأثیر امواج الکترومغناطیس بر مغز نشان می‌دهد که امواج مشابه سیستم جهانی ارتباط تلفن همرا می‌تواند در۵۲ درصد موارد منجر به افزایش و در ۱۷ درصد موارد منجر به کاهش فعالیت نورونی مغز گردد(۴). مطالعه های مشابه پیشنهاد می‌نمایند که میدان‌های مغناطیسی۷۰۰ مگاهرتز می‌تواند منجر به دگرگونی در فعالیت‌های الکتریکی در هیپوکامپ مغز موش گردد(۵). از آنجا که تأثیر هیپوکامپ در فرایندهای حافظه و یادگیری به اثبات رسیده است و همچنین به علت ارتباط بین یادگیری در جانورانی مانند موش و انسان مطالعه‌های متعددی در زمینه بررسی تأثیر مایکروویو بر یادگیری و حافظه به وسیله مازهای مختلف (شعاعی و آبی) صورت گرفته است(۷ و ۶).

لای و همکاران[۳](۱۹۸۹) نشان دادند موش‌های صحرایی که تحت امواج مغناطیس با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز قرار می‌گیرند از نظر یادگیری و حافظه دچار تغییرات محسوس می‌شوند. به طوری که موش‌های متأثر از این امواج در تست ماز شعاعی کاهش معنی‌داری در یادگیری جهت یافتن شعاع‌های حاوی غذا نسبت به گروه‌های شاهد نشان می‌دهند. این پژوهشگران کاهش میزان یادگیری را به بازدارنده استیل‌کولین استراز فعال در سیستم عصبی مرکزی نسبت دادند(۸). اگر چه بررسی‌های انجام شده با فرکانس۹۰۰ مگاهرتز تأثیر معنی‌دار این امواج را بر حافظه و یادگیری تأیید نکرده است(۱۰ و ۹)، اما مطالعه‌های اخیر انجام شده نشان داده است که امواج الکترومغناطیس با فرکانس۹۰۰ مگاهرتز به مدت ۲ ساعت در روز و به مدت ۵ هفته می‌تواند باعث کاهش معنی‌دار در سرعت شناگری این موش‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد در تست ماز آبی شود(۱۱). با توجه به این که عوامل محیطی در مراحل مختلف رشد و تمایز اثرات متفاوتی بر حیوانات و انسان دارند(۱۲)، لذا هدف مطالعه حاضر اثر امواج تلفن همراه با فرکانس ۹۴۰ مگاهرتز بر یادگیری و حافظه فضایی موش‌های آزمایشگاهی نژاد بالب‌سی است.

مواد و روش‌ها

این یک مطالعه تجربی است که در سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه تحقیقاتی تکوین جانوری گروه

1-Global System Mobile (GSM)
2-Electro Magnetic Fields (EMFs)
3-Lai et al

زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد انجام شد. برای انجام این پژوهش موش نژاد بالب‌سی[1] از مؤسسه سرم‌سازی رازی خریداری شده و به اتاق حیوانات منتقل و پس از تکثیر در درجه حرارت ۲±۲۳درجه سانتی‌گراد و چرخهٔ نوری طبیعی در قفس‌های ویژه که هر هفته دو بار شستشو و ضدعفونی می‌شد، نگهداری شدند. برای تغذیه آنها از غذای آماده استاندارد خریداری شده از شرکت دام جوانه‌های خراسان استفاده شد و آب کافی نیز در اختیار آنها قرار داده شد. رطوبت حیوان‌خانه در محدوده ۵±۵۵ درصد ثابت بود. پس از آمیزش و مشاهده در پوش واژنی به عنوان علامت مشخصه جفت گیری و حاملگی روز صفر حاملگی ثبت می‌گردید. موش‌های ماده باردار در قفس‌های جداگانه و تحت شرایط ذکر شده تا زمان زایمان نگهداری می‌شدند.

پس از زایمان موش‌های حامله، نوزادان آنها به صورت تصادفی در سه گروه، هر گروه شامل ۲۰ سر موش به شرح ذیل تقسیم شدند؛ گروه تیمار که از ابتدای تولد به مدت ۲۰ روز و هر روز به مدت ۳ ساعت (۹ تا ۱۲صبح) تحت تابش با مایکروویو (۹۴۰ مگاهرتز) قرار داده شدند، گروه شاهد آزمایشگاهی که به مدت ۲۰ روز و هر روز ۳ ساعت (۹ تا ۱۲ صبح) در شرایط آزمایشگاهی و درون دستگاه مولد امواج، اما خاموش قرار داده شدند و گروه کنترل که نوزادان این گروه در مدت مشابه سایر گروه‌ها در حیوان‌خانه و تحت شرایط استاندارد قرار گرفتند. پس از پایان دوره تیماری، نوزادان در هر سه گروه در قفس‌های جداگانه تا سن ۲/۵ ماهگی نگهداری و برای مطالعه‌های رفتاری (ماز آبی و ماز شعاعی) و بافت شناسی مورد استفاده قرار گرفتند.

پروتکل این تحقیق بر اساس قوانین بین‌المللی در مورد حیوانات آزمایشگاهی انجام گردید و در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی مشهد به تصویب رسید.

برای تولید امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه، سیستم آزمایشگاهی ویژه مولد امواج استفاده شد. این دستگاه ویژه در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی گروه زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد و دانشگاه صنعتی شریف تهران طراحی، ساخته و کالیبره شده است. این سیستم قادر به تولید مایکروویو با فرکانس ۹۴۰ مگا هرتز با توان خروجی یک وات می‌باشد.

ماز آبی موریس[2] شامل حوضچه‌ای آبی رنگ با قطر ۱۵۰سانتی‌متر و ارتفاع۵۰ سانتی‌متر از فلز گالوانیزه بود که تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از آب پر شد. ماز به چهار قطب (شمال جنوب، شرق و غرب) تقسیم گردید. سکوی نامرئی از جنس پلکسی گلاس شفاف با قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۷ سانتی‌متر در مرکز ربع جنوبی غرب قرار گرفت و موقعیت سکوی نجات در طول هر مرحله آزمایش ثابت بود. دمای آب حوضچه در محدوده ۲۷ـ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد(۱۳). برای انجام عملیات آزمایشی،

1-BALB/c
2-Morris Water Maze(MWM)

موش‌های هر سه گروه به مدت شش روز و هر روز در ساعت ۹ صبح و هر موش در ۸ کارآزمایی جداگانه تحت آزمون ماز آبی موریس قرار گرفتند. در هر کارآزمایی حیوان از یکی از ۴ نقطه (شمال، جنوب، شرق و غرب) به نحوی در آب رها می‌شد که سر حیوان به سمت دیواره حوضچه قرار داشته باشد. هر کارآزمایی زمانی به پایان می‌رسید که حیوان با شنا کردن طی ۶۰ ثانیه سکو را یافته و روی آن قرار گرفته باشد و یا بدون یافتن سکو ۶۰ ثانیه سپری شده باشد. در شروع هر کارآزمایی ابتدا به هر موش مدت ۲۰ـ۱۵ ثانیه اجازه استقرار و استراحت در روی سکو داده می‌شد تا فرصت داشته باشد توصیفی فضایی از محیط اطراف ماز به دست آورد و در پایان کارآزمایی حیوان از آب خارج و پس از خشک کردن در قفس خود قرار داده می‌شد(۱۴). حیوان با رؤیت علایمی از قبیل پنجره، میز و قفسه کتاب قادر بود موقعیت سکوی پنهان را که شناسایی کرده بود به خاطر بسپارد، لذا به تدریج که این تجربه را تکرار می‌کرد، مدت زمان کمتر و مسیر کوتاه‌تری را برای رسیدن به سکو صرف می‌کرد و در هر مورد زمان رسیدن حیوان به سکو ثبت می‌شد. این مرحله از آزمون جهت بررسی حافظه فضایی موش‌ها انجام شد.

برای ارزیابی حافظه مرجع و فعال موش‌ها از ماز شعاعی[1] استفاده شد. این ماز حاوی صفحه‌ای فلزی هشت وجهی با قطر ۱۷۲سانتی‌متر و یک صفحه ۸ ضلعی کوچک بوده که به وسیله پایه‌هایی در وسط صفحه فلزی بزرگ قرار گرفته است. صفحه شفاف داخلی دارای ۸ شعاع بود که سوراخی به قطر ۲۰ سانتی‌متر در وسط داشت. از هر ضلع صفحه کوچک، یک لوله پلاستیک با قطر ۹ سانتی‌متر و طول ۶۰ سانتی‌متر به اطراف کشیده شده است که حیوان قادر بود از ورودی میانی به لوله وارد شده و از خروجی محیطی آن بیرون رفته و دوباره این مسیر را طی کند، یعنی انتهای هر لوله به وسیله دریچه یک طرفه‌ای بسته شده بود. به منظور آشنایی حیوان با ماز به مدت ۸ روز هر یک از موش‌ها به مدت ۱۵ دقیقه درون ماز قرار می‌گرفتند. تعداد شعاع‌هایی که موش به آنها وارد و عبور کرده بود یادداشت می‌گردید. در این مرحله در نزدیکی انتهای هر شعاع قطعه کوچکی غذای معمولی موش گذاشته می‌شد. برای اطمینان از گرسنگی حیوانات ۱۲ ساعت قبل از شروع تست موش‌ها از غذایشان محروم می‌شدند. پس از خاتمه آزمایش به قفس برگردانده شده و غذا در اختیار آنها قرار می‌گرفت. در مرحله بعد فقط به طور یک در میان و تنها در ۴ شعاع قرار داده می‌شدند و باید غذای موجود در شعاع را یافته و دوباره به آن وارد نشود. به این منظور و برای تکرار تا یادگیری کامل، هر ۲۴ ساعت ۲ بار به فاصله ۲ ساعت، حیوان به مدت ۱۰ دقیقه داخل ماز قرار داده می‌شد. شعاع‌ها بازبینی می‌شد و از ورود و خورده شدن غذای هر شعاع اطمینان لازم حاصل می‌گردید. رفتن به شعاع فاقد غذا (تکراری) به منزله خطای حافظه فضایی و رفتن مجدد

1-Radial Arm Maze(RAM)

به داخل شعاع فاقد غذا(خورده شده) به معنای خطای کاری در نظر گرفته می‌شد.

پس از اتمام بررسی‌های رفتاری، کلیه موش‌های مورد مطالعه با اتر بیهوش شده و مغز آنها از جمجمه خارج و به مدت یک هفته در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و سپس به وسیله درجات صعودی اتانول آبگیری و به کمک قالب‌های پارافینی بلوکه‌گیری شدند. با استفاده از میکروتوم برش‌های سریال ۷ میکرونی از هیپوکامپ به صورت سهمی تهیه و بر روی لام‌های ژلاتینه منتقل گردید. پس از پارافین‌زدایی به وسیله زایلن و آب‌دهی، جهت رنگ‌آمیزی مقاطع از تکنیک آبی تولوئیدین، اریتروزین استفاده شد. برای مطالعه لام‌های مورد استفاده به وسیله دوربین زایس قابل نصب بر روی فتومیکروسکوپ نیکون از منطقه سوبیکولوم تشکیلات هیپوکامپ با عدسی ۱۰ عکس‌های لازم گرفته شد. مبنای مقایسه شمارش تعداد نورونی با استفاده از روش دایسکتیو، مناطق شاخ آمون ۱[۱] و شاخ آمون ۳ [۲] هیپوکامپ مغز بوده است.

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS[۳] و آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه[۴] تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

آنالیز داده‌های حاصل از ماز آبی موریس تفاوت معنی‌داری در حافظه فضایی تمامی گروه‌های مورد مطالعه شامل تیمار، شاهد آزمایشگاهی و کنترل و همچنین روزهای مورد آزمایش نشان داد($p<0/001$). بدین مفهوم که گروه‌های شاهد آزمایشگاهی و کنترل توانسته‌اند حافظه فضایی و یادگیری خود را با صرف زمان کمتر جهت رسیدن به سکو افزایش دهند. اگر چه تفاوت معنی‌داری در میانگین زمان رسیدن به سکو در گروههای کنترل و شاهد آزمایشگاهی مشاهده نشده است(نمودار ۱).

با قرار دادن غذا در ۴ بازوی ماز شعاعی امکان بررسی و اندازه‌گیری حافظه فضایی (ورود موش به بازوی حاوی غذا) و حافظه‌کاری (ورود موش به بازوی حاوی غذا فقط برای یک بار) فراهم گردید. ورود به بازوی بدون غذا به عنوان خطای حافظه فضایی و ورود مجدد موش به بازوی حاوی غذا به عنوان خطای حافظه‌کاری در نظر گرفته شد. در بررسی انجام شده تفاوت معنی‌دار خطای حافظه کاری در موش‌های تیمار نسبت به کنترل و شاهد آزمایشگاهی مشاهده شد($p<0/001$). علاوه بر این وابستگی شدیدی از نظر خطای حافظه فضایی در گروه‌های مختلف قابل مشاهده بوده است($p<0/02$)، به طوری که نمونه‌های کنترل و شاهد آزمایشگاهی نسبت به نمونه‌های تیمار شده در روزهای پایانی، کارآزمایی توانستند خطای حافظه فضایی خود را تا ۶۰ درصد کاهش دهند(نمودار ۲). بررسی‌های بافت‌شناسی در نتیجه شمارش نورونی ناحیه

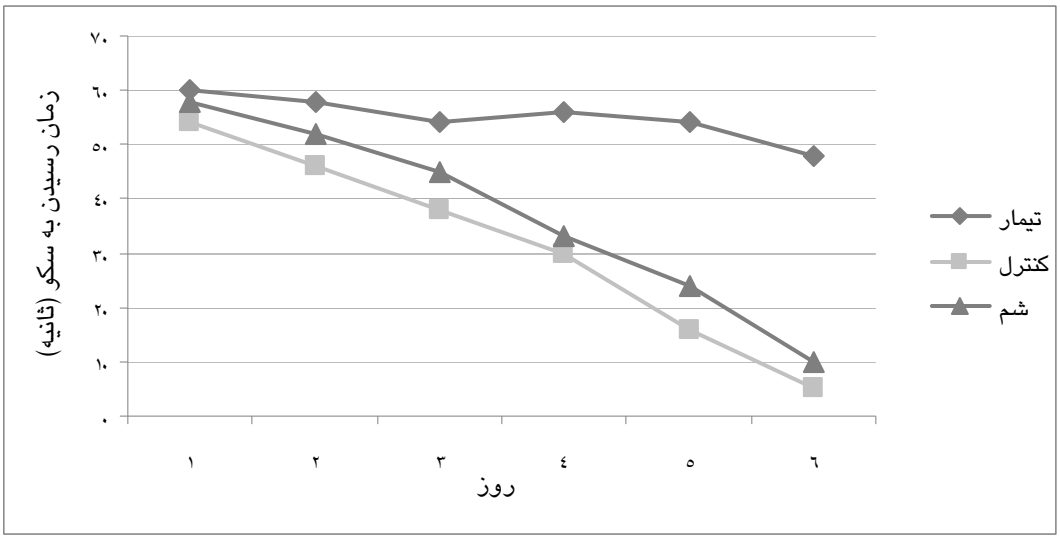
1-Cornu Ammonias1 (CA1)
2-Cornu Ammonias1 (CA3)
3-Statistical Package for Social Sciences
4-One-Way Analysis of Variance (ANOVA)

سوبیکولوم هیپوکامپ گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد و درصد نورون‌های شمارش شده مناطق شاخ آمون ۱ وشاخ آمون ۲ گروه تجربی کاهش معنی‌داری نسبت به گروه تیمار و یا شاهد آزمایشگاهی نداشتند (جدول ۱).

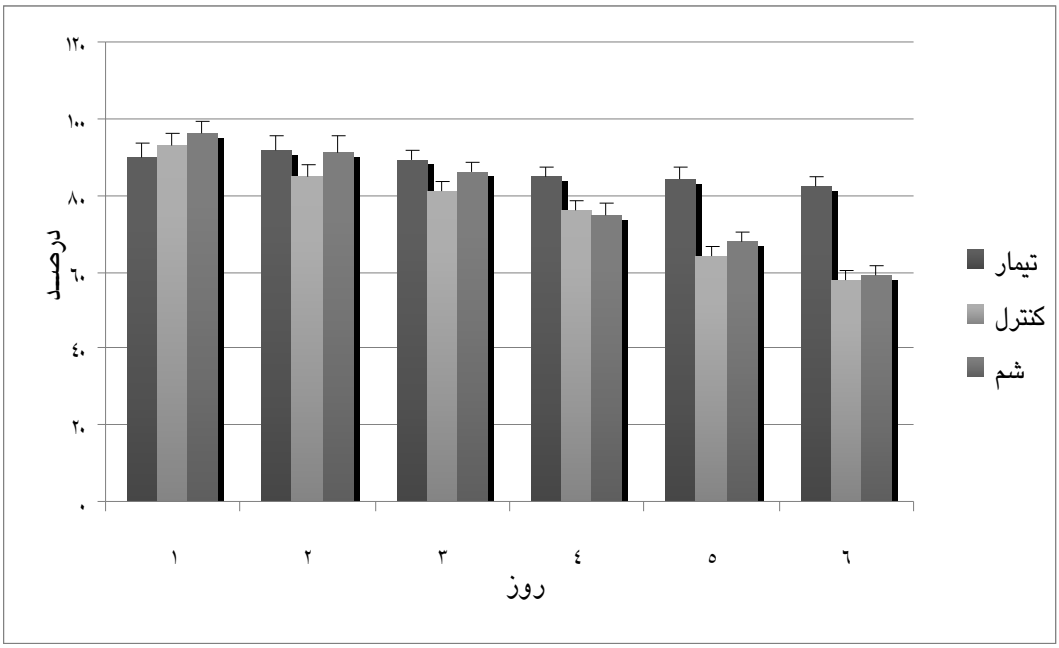
جدول ۱: شمارش نورونی نواحی شاخ آمون۱ وشاخ آمون۲ هیپوکامپ گروه‌های مختلف مورد آزمایش

گروه / متغیر	شاخ آمون ۱ انحراف معیار±میانگین	شاخ آمون ۲ انحراف معیار±میانگین	سطح معنی‌داری
تیمار	۳/۹۲±۱/۲	۴/۹۷±۳	NS*
شاهد آزمایشگاهی	۴/۳±۳/۹	۵/۹۵±۵/۲	NS*
کنترل	۳/۸۹±۱/۴	۵/۳±۱/۹	NS*

*NS: Not Significant



نمودار۱: میانگین زمان رسیدن به سکو در ماز آبی



نمودار۲: تأثیر امواج تلفن همراه بر حافظه فضایی در ماز شعاعی، ورود به بازوهای فاقد غذا به عنوان خطای حافظه فضایی در نظر گرفته شده است

بحث و نتیجه گیری

نقش مؤثر دو ناحیه هیپوکامپ و سوبیکولوم در ذخیره‌سازی و یادآوری وقایع جهت حافظه کوتاه مدت و تأثیر آنها جهت پردازش اطلاعات ورودی کاملاً مشخص شده است(۱۵). این نواحی با هم عمل می‌کنند تا حافظه کوتاه مدت را برقرار و بازیابی نمایند. هیپوکامپ و سوبیکولوم هر دو اطلاعات را کدگذاری و یادآوری می‌کنند، اما این عمل را در زمان‌های مختلفی انجام می‌دهند(۱۶). تحقیق حاضر برای اولین بار اثرات امواج تلفن‌های همراه را در روزهای اول پس از تولد (۲۰ـ۱ روز) بر حافظه، یادگیری و بافت شناسی هیپوکامپ موش‌های بالغ ۲/۵ ماهه مورد بررسی قرار داد.

در این بررسی مقایسه روشنی از حافظه فضایی در تست ماز آبی به عمل آمد. نتایج نشان داد که میانگین زمان سپری شده برای رسیدن به سکو در روزهای مختلف کاهش یافته است و این اختلاف معنی‌دار می‌باشد، ولی کاهش زمان رسیدن به سکو در روزهای مختلف در موش‌هایی که تحت تأثیر امواج قرار گرفته‌اند معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از تحقیقات قبلی نشان داده است که موش‌های صحرایی در روزهای اول زمان بیشتری را برای یافتن سکو سپری و بیشتر در اطراف حوضچه شنا می‌کنند، ولی به تدریج در طی روزهای مختلف به دلیل یادگیری بیشتر، موقعیت سکوی پنهان را سریع‌تر شناسایی کرده و به سرعت برای رهایی از آب خود را به سکو

می‌رسانند(۱۷). در مطالعه حاضر نیز موش‌های بالبسی گروه کنترل و شاهد آزمایشگاهی طی روزهای اول مدت زمان بیشتری را تا رسیدن به سکوی پنهان سپری کردند. نتایج بیان شده تأثیر مستقیم امواج تلفن‌های همراه را بر حافظه فضایی موش‌های تیمار شده در تست ماز آبی موریس نشان می‌دهد.

هنوز مکانیسم دقیق تأثیر امواج تلفن همراه بر حافظه فضایی شناخته نشده است، ولی به هر حال فرآیندهای کولینرژیکی کورتکس و هیپوکامپ مغز وظایف متفاوت و مهمی در حافظه و یادگیری در ماز آبی ایفا می‌نمایند(۱۸). نقایص مشاهده شده در تست ماز آبی می‌تواند به فعالیت‌های کولینرژیکی مغز نسبت داده شود. لای و همکاران(۱۹۹۴) نشان داده‌اند که مایکروویو(۲۵۴۰ مگاهرتز) منجر به کاهش فعالیت‌های کولینرژیکی در کورتکس جانبی و هیپوکامپ مغز موش‌های صحرایی می‌گردد(۱۹). از آنجا که مسیرهای کولینرژیک مرکزی مخصوصاً مسیرهای کورتکس جانبی و هیپوکامپ در یادگیری مکانی نقش مؤثری دارند، کاهش میزان یادگیری مکانی و حافظه فضایی در ماز آبی ممکن است ناشی از تأثیر امواج تلفن‌های همراه بر مسیرهای کولینرژیکی ـ کورتکس جانبی و هیپوکامپ ناشی شده باشد(۲۰).

نتایج حاصل از تست ماز شعاعی نیز کاهش معنی‌دار حافظه کاری در موش‌های تیمار شده نسبت به نمونه کنترل و شاهد آزمایشگاهی را نشان می‌دهد. نقش هیپوکامپ و اهمیت آن در مسیرهای کولینرژیک به وسیله تست‌های متفاوت انجام شده به وسیله مازهای شعاعی به اثبات رسیده است(۲۱)، لذا ماز شعاعی می‌تواند مقیاس مناسبی بین انواع آنتاگوسیت‌های کولینرژیک فراهم آورد. این نتایج بیانگر کاهش حافظه کاری در موش‌ها می‌باشد. در تحقیقات دیگری نشان داده شد که استفاده از فیزوستگمین[1] به تنهایی به عنوان یک باز دارنده استیل‌کولین‌استراز و یا همراه با نالتراکسان هیدروکلراید[2]، به عنوان یک آنتاگونسیت اوپیوئیدی، می‌تواند میزان خطای حافظه‌کاری موش‌های موج دیده را کاهش دهد. آنان مکانیسم عمل را به فعالیت مسیرهای کولینرژیکی نسبت داده‌اند(۲۳و۲۲)، اگر چه تأثیرات منفی امواج تلفن همراه در حافظه با استفاده از ماز شعاعی به وسیله محققین دیگر نیز به اثبات رسیده است(۲۴)، تحقیقات دیگری نیز در این زمینه صورت گرفته که نتایج لای و همکاران(۱۹۹۴) را تأیید نمی‌نماید(۲۵). دوبریل و همکاران[3](۲۰۰۱)با قرار دادن موش‌های مورد آزمایش در معرض امواج با فرکانس(۹۰۰ مگاهرتز) نتوانستند نتایج معنی‌داری در کاهش حافظه‌کاری نسبت به نمونه‌های کنترل به دست آورند. شاید این تفاوت بدین دلیل باشد که در تجربه دوبریل فقط سرموش‌ها در معرض امواج قرار گرفته بود، اما در تجربه لای کل بدن موش‌ها در معرض امواج قرار داشته‌اند، همچنین، احتمالاً تفاوت دیگر در

1-Physostigmine
2-Naltrexone hydrochloride
3-Dubreuil et al

فرکانس امواج به کار گرفته بوده است. در عین حال نتایج حاصل از تست ماز شعاعی در بررسی حاضر نشان دهنده کاهش حافظه‌کاری و حافظه فضایی در موش‌های تیمار شده می‌باشد.

در مطالعه حاضر شمارش نورونی مناطق شاخ آمون ۱و شاخ آمون۲ هیپوکامپ موش‌های تیمار شده تغییر معنی‌داری نسبت به گروه کنترل و یا شاهد آزمایشگاهی نشان نداده است و برای بررسی‌های بیشتر نیاز به بررسی‌های میکروسکوپی الکترونی در این زمینه می‌باشد، اما لازم به ذکر است که تغییرات رفتاری قبل از تغییرات ساختاری در سیستم عصبی مرکزی قابل مشاهده می‌باشند. در بسیاری از تحقیقات دیگر نیز تیمارهای متفاوت منجر به تغییرات معنی‌دار رفتاری و عملکردی در موش‌های تیمار شده نسبت به کنترل شدند، در حالی که هیچ گونه تغییر بافتی از نظر شمارش نورونی در نمونه‌های مورد آزمایش مشاهده نشده است(۲۶)، البته تأثیر مخرب امواج با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز بر استروگلیال و میکروگلیال‌های مغزی و همچنین افزایش سطح پروتئین‌های اسیدی مستقر کورتکس پیشانی گزارش شده است(۲۹ـ۲۷). فرضیه‌ای که در این مرحله قابل طرح می‌باشد آن است که آیا می‌توان نتایج حاصل از تأثیر امواج تلفن همراه را به انسان نیز تعمیم داد. کویستو و همکاران[1](۲۰۰۰) نشان دادند که امواج با فرکانس۹۰۲ مگاهرتز که از سیستم امواج تلفن همراه ساطع می‌شود، منجر به تغییرات رفتاری در انسان می‌گردد، این تغییرات به صورت افزایش زمان پاسخ به محرک ثبت شده است(۳۰). هم‌چنین مطالعه کراوس و همکاران[2](۲۰۰۰) بیانگر آن است که امواج با فرکانس مشابه منجر به کاهش حافظه اجرایی در انسان می‌گردد(۳۱). دآندرا و همکاران[3](۲۰۰۳) نیز کاهش میزان حافظه‌کاری انسان در نتیجه در معرض قرار گرفتن مایکروویو را گزارش نمودند(۳۲).

در مجموع نتیجه گرفته می‌شود که تغییرات توانایی یادگیری، افزایش خطای حافظه فضایی و افزایش خطای حافظه‌کاری در موش‌های تیمار شده، نشان دهنده اثرات عمیق امواج بر حافظه و یادگیری می‌باشد، لذا نتایج پژوهش حاضر استفاده محتاطانه کاربران از تلفن همراه را پیشنهاد می‌نماید.

تقدیر و تشکر

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی‌مشهد که هزینه های این طرح تحقیقاتی را متقبل گردیدند سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

1-Kovisto et al
2-Krause et al
3-D Andrea et al

Effect of Cell Phone Radiation (940 MHz) on the Learning and Memory of Balb/c mice

Baharara J[*], Moghimy A[**], Samareh moosavi S [***].

[*]Assistant Professor of Developmental Biology, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.
[**]Associate Professor of Neurophysiology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
[***]MSc in Developmental Biology, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

Received:05/05/2009
Accepted:14/07/2009

Corresponding Author: Baharara J
Email: baharara@yahoo.com

ABSTRACT:

Introduction & objective: The possible risks of radio-frequency electromagnetic fields for human body are a growing concern for our society. In the modern world, the increase of using cell phones is remarkable in all generations especially young people. In addition many users hold phone close to their head. Therefore, we have studied the effect of cell phone radiation (940 MHz) on memory and learning of Balb/C mice which were exposed after delivery.

Materials & Methods: A purpose-designed exposure at a specific absorption for 3h/day from day 1 to 20 after delivery was used. Any stress response in the brain was detected in hippocampus. Behavioral performance began 2.5 month after delivery and testing was conducted in the water maze and the radial maze distinguished working and reference memory performance.
After behavioral studies, fetal heads were collected, fixed in 10% paraformaldehyde and paraffine embedded.

Results: Microwave-exposed mice were slower than sham-exposed, and cage control in swim speed (WM). Error Analyses rates reveal significant exposure effect in RAM and MWM. However, in this study the exposed group had not significantly lost their hippocampal CA3 neurons comparing to controls or sham exposed group.

Conclusion: Increased time to locate a submerged in water maze, reference memory (entries into unbaited arms), working memory (repeated entries into baited arms), show that acute exposure to pulsed microwaves caused a deficit in spatial reference memory in the mouse.

Keywords: Mobile phone, learning, memory, hippocampus

REFERENCE:

1.Salford LG, Persson B, Malmgren L, Brun A. Telephonie mobile et barriere sang-cerveau. in: telephonie mobile effects potentiels sur la sante des ondes electromagnetiques de haute frequence. Embourg belgium: Collection Resurgence; 2001;141-52.
2.Lennart H, Cindy S. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. Biomedicine & Pharmacotherapy 2008; *62*:*104-109*
3.Baharara J, Oryan Sh, Ashraf AL. Effects of microwave on ovary and fertility of Balb/C mouse.Science. Journal of Tarbiat Moallem University Tehran 2007;7 931-40.
4.Beasond RC, Semm P. Response of neurons to an amplitude-modulated microwave stimulus. Neuroscience Letters 2002; 33:175-8.
5.John EH. Tattersall Iain R. Scott SJ. Wood JJ. Nettell Michael K. Bevir Zhou W, et al. Somasiri, Xiaodong Chen. Effects of low intensity radiofrequency electromagnetic fields on electrical activity in rat hippocampal slices. Brain Res 2001; 904: 43-53.
6.Cosquer B, Vasconcelos AP, Frohlich J, Cassel JC. Blood-brain barrier and electromagnetic fields: effects of scopolamine methylbromide on working memory after whole-body. Behav Brain Res 2005;161: 229-37.
7.Eberhardt JL, Persson BRR, Brun AE, Salford LG, Malmgren LOG. Blood-Brain barrier permeability and cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from gsm mobile phones. Electromagnetic Biology and Medicine 2008; 27 (3): 215-29.
8.Lai H, Carino MA, Horita A, Guy AW. Low-level microwave irradiation and central cholinergic systems. Pharmacol Biochem Behav 1989; 33:131-8.
9 .Sienkiewicz Zenon J, Roger P, Blackwell Richard GE, Haylock Richard D. Saunders BL. Cobb 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.
10.Dubreuil D, Jay T, Edeline JM. Does heads-only ecposure to GSM-900 electromagnetic fields the performance of rats in spatial learning tasks?. Behavioural Brain Research 2002;129: 202-10.
11.Wiholm C, Lowden A, Kuster N, Hillert L, Arnets BB, Akerstedt T, et al. Mobile Phone Exposure and Spatial Memory 2009; 30(1): 59-65.
12.Spyker JM. Assessing the impact of low chemicals on development: behavioral and latent effects. Fed Proc1975;34:1835-44.
13.Rudi DH, Peter PD. Applications of the Morris Water Maze in the Study of learning and memory. Brain Research Reviews 2001; 36(1); 60-9.
14.Bornhausen M, Scheingraber H. Prenatal exposure to 900 MHz, cell-phone electromagnetic fields had no effect on operant-behavior performances of adult rats. Bioelectromagnetics 2000; 21(8): 566-74.
15.Pagnac C. No effect of Dc and 60 HZ AC magnetic fields on the first mitosis of two species of sea urchin embryos. Bioelectromagnetics 1998;19: 494-7.
16. Eugene M. Goodman, Ben Greenebaum, Michael T. Marron. Effects of Electromagnetic Fields on Molecules and Cells. *International Review of Cytology 1995 ;158 :279-338*
17.Andras C, Boldizsar C, Laszlo S, Lynn N, Jan B. Server spatial navigation deficit in the Morris Water Maze after single high does of neonatal X-ray irradiation in the rat. Psychology 1997; 94: 2760-77.
18.Gallagher M, Pelleymounter MA. Spatial learning deficits in old rats: A model for memory decline in the aged. Neurobiology 1988; 9: 549-56.
19.Lai H, Horita A, Guy AW. Acute low-level microwave exposure and central cholinergic activity: Studies of irradiation parameters. Bioelectromagnetics 1988;9:355-62.
20.Wang W, Lai H. Acute exposure to pulsed 2450-mhz microwaves affects water-maze performance of rats. Bioelectromagnetics 2000; 21: 52-6.
21.Lai H, Horitea A, Guy AW. Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the rat. Bioelectromagnetics1994;210.
22.Lai H. Research on the neurological effects of nonionzing radiation at the University of Washington. Bioelectromagnetics 1992; 13: 513-26 .
23.Brandeis R, Dachir S, Sapir M, Levy A, Fisher A. Reversal of age-related cognitive impairments by an M1 cholinergic agonist, AF102B. Pharmac Biochem Behav 1990;36: 89-95.
24.Cobb BL, Jauchem JR, Adair ER. Radial arm maze performance of rats following repeated low level microwave radiation exposure. Bioelectromagnetics 2004; 25: 49-57.

25 .Deborah A. Cory-Slechta.Behavioral Toxicology. Encyclopedia of Toxicology 2005; 221-44.
26.Dubreuil D, Jay T, Edeline JM. Does head-only exposure to GSM-900 electromagnetic fields affect the performance of rats in spatial learning tasks?. Behav Brain Res 2001;129 (1-2): 203.
27.Bas O, Odaci E, Kaplan S, Acer N, Ucok K, Colakoglu S. 900 MHz electromagnetic field exposure affects qualitative and quantitative features of hippocampal pyramidal cells in the adult female rat. Brain Research2009; 1265; 178-185
28.Odaci E, Bas O, Kaplan S. Effects of prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field on the dentate gyrus of rats: a stereological and histopathological study. Brain Res 2008;1238 :228-229.
29.Brillaud E, Piotrowski A, De Seze R. Effect of an acute 900 MHz GSM exposure on glia in the rat brain: A time-dependent study. Toxicology 2007; 238: 23-33.
30.Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, Haarala C, Laine M, Hamalainen H. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. Neuroreport 2000;11:1641-3.
31.Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, Haggqvist A, Saarela C, Revonsuo A, et al. Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task. Int J Radiat Biol 2000; 76: 1659-67.
32.D' Andrea JA, Adair ER, De lorge Jo. Behavioral and cognitive effects of microwave exposure. Bioelectromgnetics 2003; 6: 39-62.