مقاله تحقیقی

مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی بابل
دوره دوازدهم، شمارهٔ ۲، مرداد – شهریور ۱۳۸۹، صفحه ۱۸-۱۲

# تاثیر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس کم (شدت ۵ میلی تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز) بر تثبیت و فراخوانی حافظه در موشهای صحرایی نر

شیرین ببری(PhD) [1*]، فریبا میرزایی باویل(MSc)[1]، هادی ابراهیمی(MSc)[1]

۱- مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

دریافت: ۸۸/۵/۵ ، اصلاح: ۸۸/۷/۸، پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۹

## خلاصه

**سابقه و هدف:** خطوط نیرو و تجهیزات برقی خانگی نظیر تلویزیون، کامپیوتر، سشوار از خود میدان الکترومغناطیسی با فرکانس کم ساطع می کنند که می توانند موجب آسیب شوند. باتوجه به افزایش قرارگیری در معرض چنین میدانهای مغناطیسی در سالهای اخیر و اثرات این میدانها بر تشکیل حافظه، این مطالعه به منظور تاثیر این نوع میدانها بر تثبیت و فراخوانی حافظه در موشهای صحرایی نر انجام شد.

**مواد و روشها:** این مطالعه تجربی بر روی ۹۰ موش صحرایی نر با نژاد ویستار که در ۹ گروه تقسیم بندی شدند، انجام گردید. گروه کنترل در دستگاه شاتل باکس (دستگاه آموزش اجتنابی غیر فعال) آموزش دیدند، گروه شم، پس از آموزش بلافاصله به مدت۴ ساعت در دستگاه مولد میدان الکترومغناطیسی خاموش قرار داده شدند. چهار گروه تست تثبیت حافظه بعد از آموزش به ترتیب به مدت ۸ و ۶ و ۴ و۱ ساعت در دستگاه مولد میدان قرار داده شدند. شدت میدان مغناطیسی که موشها در معرض آن قرار گرفتند، معادل ۵ میلی تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز بود. سه گروه تست فراخوانی حافظه پس از آموزش و تست به ترتیب به مدت ۵ و ۴و ۳ روز متوالی (به مدت ۴ ساعت) در دستگاه مولد میدان قرار گرفتند. همه گروهها ۲۴ساعت بعد مجددا" تست شدند. در تمامی گروهها مدت زمانی که طول می کشید تا حیوان از ناحیه روشن شاتل باکس به محفظه تاریک وارد شود به عنوان زمان تاخیر اندازه گیری و مورد مقایسه قرار گرفتند.

**یافته ها:** در چهار گروه تست تثبیت حافظه بین گروه اول که یک ساعت در میدان قرارگرفته بودند (۷۶± ۴۸۵ثانیه) و گروه کنترل (۱۷±۵۸۳ ثانیه) اختلاف معنی داری وجود نداشت. درحالی که در سه گروه دیگر که به ترتیب ۸ و۶و۴ ساعت در میدان قرار گرفته بودند (۱۷±۳۰۳، ۸۷±۲۹۴ و ۷۲±۱۹۱ ثانیه) اختلاف با گروه کنترل معنی دار بود ($p<0/05$). بین گروه شم (۵۸±۵۴۱/۸ ثانیه) باگروهی که به مدت ۴ ساعت در میدان الکترو مغناطیسی قرار داده شده بودند (۱۷±۳۰۳ ثانیه) اختلاف معنی دار بود ($p<0/05$). نتایج بدست آمده از سه گروه تست فراخوانی حافظه نشان داد که بین نتایج قبل (۳۷±۵۷۲ و ۵۴/۸±۵۸۰، ۵۱/۴±۵۸۵ ثانیه) و بعد از قرارگیری مزمن در میدان به ترتیب ۵ و ۴ و ۳ روز متوالی (۴۲±۵۶۳، ۵۴/۸±۵۴۵/۲، ۵۱/۴±۵۴۸/۶ ثانیه) اختلاف معنی داری نداشت.

**نتیجه گیری:** نتایج مطالعه نشان داد که قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی با فرکانس کم به صورت حاد قادر به جلوگیری از تثبیت حافظه است اما تاثیری بر فراخوانی حافظه ندارد.

**واژه های کلیدی:** *میدان مغناطیسی،حافظه ،فراخوانی ،موش صحرایی.*

## مقدمه

کاربرد روز افزون میدانهای الکترومغناطیسی موجب شده که توجه به اثرات سوء این میدان بیش از پیش مدنظر قرارگیرد. تجهیزات و دستگاههای گوناگونی که مولد میدان الکترو مغناطیسی بوده و در زندگی روزمره کاربرد دارند، می توانند موجب آسیب شوند، مانند میدانهای الکترومغناطیسی با فرکانس کم که غالبا با فرآیند تولید و انتقال و استعمال الکتریسیته در ارتباط هستند. خطوط نیرو و تجهیزات برقی خانگی نظیر تلویزیون، کامپیوتر، سشوار و . . . از

▣ این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی به شماره ۸۱/۴۳ دانشگاه علوم پزشکی تبریز می باشد.

* مسئول مقاله:
آدرس: تبریز، خیابان دانشگاه، مرکز تحقیقات کاربردی دارویی، آزمایشگاه فیزیولوژی، تلفن: ۳۳۶۴۶۶۴-۰۴۱۱
e-mail:shirine46@yahoo.com

[ DOR: 20.1001.1.15614107.1389.12.3.2.8 ]

خـود میـدان الکترومغناطیـسی بـا فرکـانس کـم ( Extremely Low Frequency Magnetic Field=ELF-MF) ساطع می کنند (۱). البتـه برخی از این نوع میدانها مانند تجهیزات به کار رفته در درمان درد، تحریـک رشـد استخوان و اندازه گیری بیوامپدانس در پزشکی کاربرد درمانی دارند (۲). میدانهای مغناطیسی از نظر توانایی در یونیزه کردن یا نکردن یک اتم یا مولکول به دو نـوع یونیزان و غیر یونیزان تقسیم می شود. میـدانهای غیـر یـونیزان خـود بـر اسـاس فرکـانس بـه ۴ گـروه، Static: فرکـانس صـفر، Extremely Low Frequency: فرکانس صفر تا ۳۰۰ هرتز، Imtermediate Frequency: فرکانس ۳۰۰ هرتز تا ۱۰۰ کیلو هرتز، Radio Frequency: ۱۰۰ کیلو هرتـز تا ۳۰۰ گیگا هرتز تقسیم می شوند (۲).

ELF-MF مـی توانـد در سیـستم بیولـوژیکی موجـودات زنـده ماننـد حشرات، جوندگان و انسان اختلال ایجاد کند که موجـب تغییـرات بیولـوژیکی در پتانسیل غشای سلول و اختلال در انتقال یونی از طریق غشای سلولی مـی شـود (۵-۳). این تغییرات جزیی در پتانسیل غشا خود می تواند در فرآیند سیگنالینگ در مغز نیز تاثیر گذار باشد (۶). مطالعات اپیدمیولوژیکی یـک ارتبـاط احتمـالی میـان قرارگیری مـزمن در معـرضELF-MF و اخـتلالات جـسمانی، ماننـد لوسـمی ،سرطان مغز، سینه، کلیه وبیماریهای قلبی و عروقی را در انسان مطرح مـی کننـد (۷). مطالعات نشان داده که قرار گیری در ELF-MF موجب اختلال در عملکرد نورونها، تغییر ماهیت نوروترانسمیترها و اختلال رفتاری در حیوان و نفوذپذیری سد خونی مغزی و عروق می گردد (۹و۸).

نتـایج حاصـل از مطالعـات انجـام گرفتـه در رابطـه بـا تـاثیر میـدانهای الکترومغناطیسی بر روی حافظه تا حدودی متناقض بوده و نیاز به بررسـی بیـشتر دارد (۱۰). قرارگیری موشهای صحرایی در معرض میدان مغناطیسی باعـث بـروز فراموشی قبلی (Retrograde Amnesia) در یـادگیری اجتنـابی غیـر فعـال می شود (۱۱) البته برخی مطالعات مبنی بر عدم تاثیر میدان های الکترومغناطیسی در حافظه می باشد (۱۲). احتمالاً شدت میدان مغناطیسی و مدت زمان قرار گیری در معرض میدان، منجر به نتایج مختلف، تثبیـت حافظـه و مراحـل آن، فراخـوانی حافظه، حافظه کوتاه مدت و بلند مدت می گردد. از آنجاییکه مطالعات انجام شـده بر روی فراخوانی حافظه بسیار ناچیز است بنابراین انجام تحقیقات بیـشتر در ایـن زمینه جهت تعریف معیارهای خاص لازم به نظر می رسـد، لـذا ایـن مطالعـه بـه منظور بررسی اثرات میدان الکترومغناطیسی با شدت و فرکانس معین بر تثبیـت و فراخوانی حافظه در شرایط مختلف انجام شد تا با مقایـسه نتـایج بتـوان بـا ارائـه راهکارهای مناسب اثرات سوء میدانهای الکترومغناطیسی را به حداقل رساند.

## مواد و روشها

این مطالعه تجربی بر روی ۹۰موش سفید صـحرایی نـر نـژاد ویـستار بـا متوسط وزنی g ۲۵±۲۷۵ و سن ۳ الی ۴ ماه کـه از حیوانخانـه مرکـز تحقیقـات کاربردی دارویی دانشگاه عوم پزشکی تبریز تهیه شده بودند، انجام شد. موشها بـه طور تصادفی به ۹ گروه ده تایی شامل یک گروه کنترل، یک گروه شـم، ۴ گـروه بررسی تثبیت حافظه و ۳ گروه بررسی فراخوانی حافظـه تقـسیم شـدند. در طـول انجام آزمایشات موشها در محل حیوان خانه مرکز به صورت ۵ سـر در هـر قفـس نگهداری شده و دسترسی آزادانه به آب و غـذا داشـتند. دمـای حیوانخانـه ۱±۲۲ درجه سانتیگراد بوده و سیکل نـور و تـاریکی ۱۲ سـاعت، رعایـت گردیـد. بـرای آموزش موشها از دستگاه آموزش اجتنابی غیـر فعـال( Shuttle Box) اسـتفاده شد. محفظه این دستگاه از دو اتاقک مجزا تشکیل شده که توسط یک در گیوتینی به ابعاد ۸×۸ سانتی متر از هم جدا می‌شوند، در داخـل درب یـک گیرنـده مـادون قرمز تعبیه شده که عبور موش از حد فاصل درب را به سیستم اطلاع داده و سبب قطع زمان سنج عبور می‌گردد. در کف هر کدام از این دو اتاقک میله‌هایی به قطر ۳ میلی متر با فاصله ۱ سانتی متر از هم قرار دارد. ابعـاد هـر اتاقـک ۲۰×۲۱×۳۰ سانتی متر بوده و در بالای آن یک لامپ ۱۲ ولـت، ۱۰ وات وجـود دارد. موشـها یکساعت قبل از آموزش درب محفظه روشن قرار داده شدند و ۱۰ ثانیه بعـد درب بین دو اتاقک محفظه باز شد. بلافاصله بعد از ورود حیوان به محفظـه تاریـک در بسته شد و حیوان از محفظه تاریک خارج و به قفس برگردانده شد. این عمـل ۳۰ دقیقه بعد تکرار شد. بعد از بار دوم سازش یافتن، آموزش اجتنابی غیر فعال صورت گرفت، به این ترتیب که این بار بعد از قرار گیری موش در محفظـه روشـن درب بین دو قسمت محفظه باز شد و بلافاصله بعد از ورود مـوش بـه قـسمت تاریـک، درب بین دو قسمت بسته شد و شوک الکتریکی بـا فرکـانس ۵۰ هرتـز و شـدت ۰/۶۵ میلی آمپر برای مدت ۵ ثانیـه اعمـال گردیـد. بعـد از ۱۰ ثانیـه مـوش را از قسمت تاریک گرفته و به قفس برگردانده شد. جهت اطمینان از اکتساب آمـوزش اجتنابی غیر فعال دو دقیقه بعد مجددا آموزش تکـرار شـد. عـدم ورود حیـوان بـه قسمت تاریک در مدت ۱۲۰ ثانیه یادگیری مثبت در نظر گرفته شد، در غیـر ایـن صورت حیوان تا یادگیری کامل شوک مجدد داده شد. تست به خاطر آوری (تثبیت حافظه) بیست و چهار ساعت پس از آموزش انجام گرفت. موش مورد آزمـایش در اتاقک روشن قرار گرفته و ۵ ثانیه بعد درب بین دو اتاقک باز شد. زمانیکـه طـول می‌کشید تا حیوان وارد قسمت تاریک شود، به عنوان زمان تاخیر ( Retention Latency) یادداشت گردید. به عنوان مثـال موشـی کـه بعـد از ۲۰۰ ثانیـه وارد بخش تاریک می‌شد زمان تاخیر معادل۲۰۰ ثانیه داشت (۱۴و۱۳).

دستگاه مولد میدان مغناطیسی مورد استفاده براساس تئوری پیچ هلمهولتز در آزمایشگاه فیزیولوژی ساخته شده است (۱۶و۱۵و۸). قسمت مولـد میـدان ایـن دستگاه از دو حلقه سیم پیچ به شعاع ۳۵ سـانتیمتر کـه بـه فاصـله ۳۵ سـانتیمتر بصورت هم محور قرار گرفته اند تشکیل یافته، جنس حلقه های حامل سیم پیچ از چوب بوده و هیچ گونه فلزی در آن بکار نرفته است و توسط سه پایـه چـوبی کـه روی صفحه ای از جنس ام دی اف تعبیه شده اند، به فاصله مـذکور از هـم قـرار گرفته اند. جهت تولید میدان یکنواخت در کل این مجموعه از هـیچ قطعـه فلـزی استفاده نشده است. در فضای بین این دو حلقه در حجمی بـه ارتفـاع و شـعاع ۳۰ سانتی متر میدان یکنواختی ایجاد می شود. شدت میدان مغناطیسی که موشـها در معرض آن قرار گرفتند، معادل ۵ میلی تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز بود. برای بررسی و اطمینان از شدت میدان از دستگاه گوس متر (تـسلامتر) مـدل bell -4180 triple- Axis Gauss meter استفاده شد (۱۷).

گروه کنترل بدون قرارگرفتن در میدان الکترومغناطیسی، در دستگاه شاتل باکس (دستگاه آموزش اجتنابی غیر فعال) آموزش دیده و ۲۴ سـاعت بعـد تـست شدند. گروه شم، ابتدا در شاتل باکس آموزش دیده بلافاصله به مدت۴ سـاعت در دستگاه مولد میدان الکترومغناطیسی خاموش قرار داده شد و ۲۴ ساعت بعد تـست یادگیری بر روی آنها انجام گرفت. چهار گروه تست تثبیت حافظه بعـد از آمـوزش در شاتل باکس بلافاصله در دستگاه مولد میدان (فرکـانس ۵۰ هرتـز و شـدت ۵

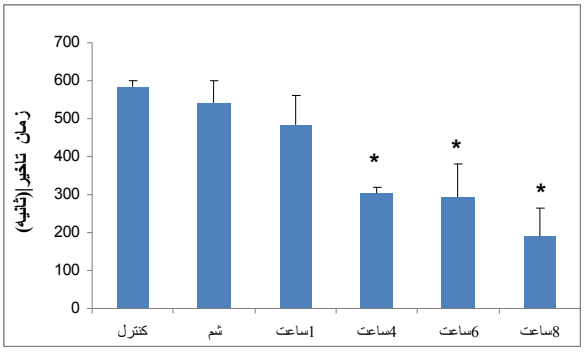
[ DOR: 20.1001.1.15614107.1389.12.3.2.8 ]

میلی تسلا) به ترتیب به مدت ۱،۴،۶ و ۸ ساعت قرار داده شدند. ۲۴ ساعت بعد تست یادگیری بر روی آنها انجام گرفت. سه گروه تست فراخوانی حافظه ابتدا در شاتل باکس آموزش دیده سپس ۲۴ ساعت بعد تست روی آنها انجام شد. بعد از تست سه گروه به ترتیب به مدت ۳،۴و۵ روز متوالی و هر روز به مدت ۴ ساعت در دستگاه مولد میدان (فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵ میلی تسلا) قرار گرفتند و ۲۴ ساعت بعد مجددا تست شدند.

در تمامی گروهها مدت زمانی که طول می کشید تا حیوان از ناحیه روشن شاتل باکس به محفظه تاریک وارد شود به عنوان زمان تاخیر ( retention latency) بر حسب ثانیه اندازه گیری شد و با یکدیگر مقایسه شدند. گروهها با استفاده از آزمونهای آماری آنالیز واریانس یکطرفه، Tukey و Paired t-test مقایسه شده و $p<0/05$ معنی دار در نظر گرفته شد.

## یافته ها

قرارگیری موشها در میدان الکترومغناطیسی خاموش (گروه شم، ۵۴۱/۸±۵۸ ثانیه) در مقایسه با گروه کنترل (۵۸۳±۱۷ ثانیه) تاثیر معنی داری بر زمان تاخیر نداشت ($p<0/05$). زمان تاخیر در موشهای گروه کنترل در مقایسه با موشهایی که بلافاصله بعد از آموزش برای مدت ۱ ساعت در معرض میدان قرار گرفتند (۴۸۵±۷۶ ثانیه) تغییر معنی‌داری نیافت، اما میانگین زمان تاخیر برای موش هایی که مدت ۴ ساعت (۳۰۳±۱۷ ثانیه) در معرض میدان قرار گرفته بودند در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنی‌دار ی نشان داد ($p<0/05$) (نمودار ۱).




**نمودار شماره ۱. مقایسه زمان تاخیر بر حسب ثانیه مابین گروه کنترل و گروههایی که برای مدت زمان های متفاوت در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس کم قرار گرفتند. مقادیر بر حسب میانگین ±خطای استاندارد می باشد. $p<0/05$ معنی دار در نظر گرفته شده است. * معنی دار نسبت به گروه کنترل**

افزایش زمان قرار گیری در میدان از ۴ ساعت به ۶ ساعت زمان تاخیر را تا حدودی کاهش داد (۸۷ ±۲۹۴ثانیه). این کاهش در مقایسه با گروه کنترل معنی‌دار بود ($p<0/05$)، اما کاهش ایجاد شده مابین این دو گروه معنی‌دار نبود. گروه بعدی که برای مدت ۸ ساعت بلافاصله بعد از آموزش در معرض میدان مغناطیسی بودند (۱۹۱±۷۲ ثانیه) در مقایسه با گروه کنترل کاهش قابل توجهی در زمان تاخیر نشان دادند ($p<0/05$). در صورتی که در مقایسه با گروههایی که ۴و۶ ساعت در معرض میدان قرارگرفته بودند زمان تاخیر تغییر معنی داری نیافت.

زمان تاخیر در گروه شم نیز در مقایسه با گروهی که ۴ ساعت در میدان قرار گرفته بودند کاهش معنی داری نشان نداد.

نتایج بدست آمده از سه گروه تست فراخوانی حافظه که بعد از آموزش و تست بترتیب ۳، ۴ و ۵ روز و هر روز به مدت ۴ ساعت در میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته بودند، نشان داد که بین نتایج قبل از قرارگیری در میدان (به ترتیب ۵۷۲±۳۷، ۵۸۰±۵۴/۸، ۵۸۵±۵۱/۴ ثانیه) و بعد از قرارگیری مزمن در میدان (۵۶۳±۴۲، ۵۴۵/۲±۵۴/۸، ۵۴۸/۶±۵۱۵۲/۴ ثانیه) اختلاف معنی دار نبود.

## بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد که میدان مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵ میلی تسلا در مدت یکساعت تاثیری بر روند تثبیت حافظه ندارد در حالیکه قرارگیری در همین میدان برای مدت ۴ ساعت و یا بیشتر از آن تثبیت حافظه را تحت تاثیر قرار می دهد. همچنین نتایج بیانگر عدم تاثیر میدان الکترو مغناطیسی بر فراخوانی حافظه می باشد. شواهد بدست آمده از آزمایشات مختلف حاکی از تاثیر میدان مغناطیسی بر روندهای بیولوژیک بدن موجودات زنده است (۴و۳). گزارش شده که میدانهای مغناطیسی با فرکانس پایین، به خصوص میدانهای مغناطیسی ناشی از فرکانسهای صنعتی ۵۰ و ۶۰ هرتز قادر به اعمال نفوذ در عملکرد سیستم عصبی مرکزی می‌باشند، احتمالا" آستانه حساسیت به محرکهای حسی را کاهش می‌دهند، فعالیت الکتریکی مغز را تغییر داده، روند اکتساب مهارتها و ذخیره اطلاعات و فراخوانی آن را دچار اختلال می‌نمایند (۱۸و۱۶و۶). براساس یک گزارش قرار گیری داوطلبین جوان مونث و مذکر به مدت ۱ ساعت در معرض میدان مغناطیسی خیلی ضعیف با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۱ میلی تسلا توام با 45dB SPL noise موجب کاهش فوری در کارایی شناختی در تمرکز، درک و کارایی حافظه گردید (۱۹) که با نتیجه بدست آمده از این تحقیق مغایر است چون میدان مغناطیسی در طی یکساعت تاثیری بر تثبیت حافظه اجتنابی نداشت. در تحقیق دیگری که اثر میدانهای مغناطیسی با شدت ۷/۵ میکروتسلا و ۷/۵ میلی تسلا بلافاصله قبل از تست حیوان مورد بررسی قرار گرفته بود( با مدت زمان قرارگیری ۴۵ دقیقه در میدان مغناطیسی) نتایج نشان داد که در مجموع تاثیر معنی داری بر تست دقت انتخاب توسط افراد مورد مطالعه نداشت (۲۰) که با نتایج حاصل از تحقیق انجام شده اخیر همسو بود. البته مطالعه ما همچنین نشان داد در زمان تاخیر گروههایی که برای مدت ۴، ۶ و ۸ ساعت در معرض میدان قرار گرفتند افزایش معنی داری وجود دارد. در یک تحقیق که اخیراً صورت گرفت، قرارگیری موشها برای مدت چهار هفته هر روز به طور مزمن در معرض میدان مغناطیسی با فرکانس کم (50Hz,2mT) برای مدت ۱ و ۴ ساعت موجب کاهش زمان لازم برای یافتن سکوی پنهان در ماز آبی شد (بررسی حافظه فضایی) (۲۱). در حالیکه گزارشهای دیگری حاکی از آسیب حافظه فضایی بر اثر قرارگیری حاد در معرض میدان می باشد (۲۳و۲۲). با اینکه مکانیسم تداخل امواج میدان مغناطیسی با روندهای مربوط به تثبیت حافظه کاملاً مشخص نیست اما برخی از تحقیقات انجام یافته حاکی از این است که این میدانها بر میزان نوروترانسمیترها در نواحی مختلف سیستم عصبی مرکزی موثرند (۸). اندازه‌گیری میزان نوروترانسمیترهایی نظیر سروتونین و دوپامین و متابولیتهای آنها حاکی از این است که قرار گیری مزمن در معرض میدان مغناطیسی برای مدت ۷ روز

[ DOR: 20.1001.1.15614107.1389.12.3.2.8 ]

متابولیسم سروتونین را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲۴). به این ترتیب می توان گفت احتمالاً اثرات متناقض میدان های الکترومغناطیسی با فرکانس کم بر فرآیند یادگیری و حافظه ناشی از تاثیر بر عملکرد نوروترانسمیترهای مختلف می باشد و تحقیقات بیشتر در این زمینه جهت رفع ابهامات موجود مورد نیاز است. بر اساس یک گزارش میدان الکترومغناطیسی با فرکانس کم میزان کلسیم داخل سلولی را در بافت عصبی افزایش داده و فعالیت پروتئین کیناز C و پروتئین کیناز وابسته به کلسیم- کالمودولین را در برشهای بافتی تهیه شده از هیپوکامپ تغییر داده است (۲۵). ازآنجایی که رسپتورهای NMDA(N-Methyl –D-Aspartate) که در جریان تشکیل حافظه دخالت دارند با افزایش کلسیم داخل سلولی غیر فعال می شوند که این حالت می تواند زمانی که حیوان درمعرض ELF-MF قرار می گیرد ،به وجود آید (۱۶). همچنین براساس برخی مطالعات گزارش شده که میدان الکترو مغناطیسی با فرکانس پایین قادر به فعال سازی سیستم اپیوئید آندوژن می باشد که نقش تعدیل کننده در رفتار دارد و نیز موجب اختلال در سیرکادین ریتم، الگوی خواب و کاهش اثرات مسکن ها در انسان می شود (۲۶ و ۱۶).

میدان مغناطیسی در فعالیت الکتریکی مغز نیز اختلال ایجاد می نماید. نتایج برخی مطالعات تائید کننده اثر میدان مغناطیسی بر فعالیت الکتریکی مغز می باشد (۲۷و۹و۱). همچنین می تواند موجب تغییرات بیولوژیکی در پتانسیل غشای سلول و اختلال در انتقال یونی از طریق غشای سلولی شود (۵). این تغییرات جزیی در پتانسیل غشا خود می تواند در فرآیند سیگنالینگ در مغز نیز تاثیر گذار باشد (۶). پس احتمالاً یکی دیگر از مکانیسم هایی که میدان مغناطیسی از طریق آن بر تثبیت حافظه تاثیر می‌گذارد می تواند تغییر فعالیت الکتریکی سلولهای سیستم عصبی مرکزی باشد. در واقع مکانیسم های که میدان مغناطیسی توسط آن موجب تاثیر بر روند تثبیت حافظه و اختلال در آن می شود کاملاً واضح نیست. مطالعات تجربی نشان داده اند که استرس اکسیداتیو ممکن است موجب آسیب سلولی و فرآیند دژنره شدن سلولهای عصبی در مغز شود (۱۸). سیستم کولینرژیک مغز نیز نقش مهمی در یادگیری و حافظه دارد و بر اساس یک تحقیق قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی موجب کاهش فعالیت این سیستم در ناحیه فرونتال و هیپوکامپ می شود (۲۸). بنابراین احتمالا اختلال در تثبیت حافظه ناشی از میدان می تواند به دلیل کاهش فعالیت سیستم کولینرژیک باشد و تبدیل حافظه کوتاه مدت به حافظه بلند مدت همراه با تولید RNA و سنتز پروتئین می باشد (۲۹). گزارش شده که میدان های مغناطیسی بر بیان ژنی و ساختمان سه بعدی پروتئین ها و DNA اثر می گذارند، پس تخریب حافظه توسط میدان مغناطیسی می تواند ناشی از اختلال در بیان ژنی و سنتز پروتئین باشد (۳۱و۳۰).

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق مبنی بر تاثیر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس پایین و شدت ۵ میلی تسلا بر کاهش زمان تاخیر در یادگیری از نوع اجتنابی غیر فعال و عدم تاثیر بر فراخوانی حافظه و با عنایت به شواهد موجود در مورد تاثیر این نوع میدانها بر نوروترانسمیترها، رسپتورها، یونهایی نظیر کلسیم و نیز فعالیت الکتریکی مغز، پیشنهاد می شود تحقیقات بیشتر در جنبه های مولکولی تاثیرات این میدان ها بر سیستم عصبی در راستای مشخص شدن علل تفاوت مشاهده شده در نتایج در شدت های مختلف میدان، مدت زمان قرارگیری در میدان و انواع مختلف یادگیری انجام گیرد.

## تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مسوولین محترم مرکز تحقیقات کاربردی- داروئی دانشگاه علوم پزشکی تبریز که هزینه انجام این تحقیق را فراهم نموده اند و همچنین از همکاری های صمیمانه پرسنل محترم آزمایشگاه فیزیولوژی قدردانی می گردد.

[ DOR: 20.1001.1.15614107.1389.12.3.2.8 ]

# Effect of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Field (50 Hz, 5mT) on Memory Consolidation and Retrieval in Male Rats

**Sh. Babri (PhD) [1*], F. Mirzaei Bavil (MSc) [1], H. Ebrahimi (MSc) [1]**

1. Drug Applied Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

**J Babol Univ Med Sci;12(3); Aug-Sep 2010**

**Received: Jul 27th 2009, Revised: Sep 30th 2009, Accepted: Mar 10th 2010.**

## ABSTRACT

**BACKGROUND AND OBJECTIVE:** Power lines and household electrical appliances (TV, computer, and hairdryer) emit extremely low-frequency magnetic field (ELF-MF) that can be damaging. As the exposure of these MF is increasing now days and important effect of MF on memory formation, in this study effects of these fields on memory consolidation and retrieval in male rats were examined.

**METHODS:** In this experimental study, 90 male Wistar rats were divided into nine groups. Control group was trained in shuttle box (passive avoidance box). Sham group was put in turn off MF immediately after training for 4 hrs. Four test groups of memory consolidation after training were exposed on MF for 1, 4, 6 and 8 hrs respectively. The rats were exposed on MF (50 Hz, 5mT). Three test groups of memory retrieval after testing, were exposed on MF (4 hrs) for 3, 4 and 5 days respectively and were tested again 24 hrs after the last exposure. In all of groups, the time of entrance from light to dark area was measured in shuttle box as" retention latency and compared.

**FINDINGS:** In 4 test groups of memory consolidation, between first group that was exposed on MF for 1 hr (485± 76s), and control group (583±17s) difference was not significant ($p<0.05$) while in other groups that were exposed on MF for 4, 6, 8 hrs (303±17, 294±87, 191±72s) difference was significant ($p<0.05$). Between sham group (541± 58) and test group that was exposed on MF for 4 hrs (303±17) difference was significant ($p<0.05$). The results of 3 test groups of memory retrieval showed that there was not any significant difference between before (572±37, 580±54.8 and 585±51.4) and after (563±42, 545.2±54.8 and 548.6±51.4) exposing for 3, 4 and 5 days.

**CONCLUSION:** Acute exposure on ELF-MF can acutely prevent from memory consolidation but had no effect on memory retrieval.

**KEY WORDS:** *Electromagnetic field, Memory, Retrieval, Rat.*

[*] **Corresponding Author;**

**Address:** Physiology Laboratory, Drug Applied Research Center, Daneshgah St., Tabriz, Iran

**Tel:** +98 411 3364664

**E-mail:** shirine46@yahoo.com

[ DOR: 20.1001.1.15614107.1389.12.3.2.8 ]

## References

1. Jelenković A, Janać B, Pesić V, Jovanović DM, Vasiljević I, Prolić Z. Effects of extremely low-frequency magnetic field in the brain of rats. Brain Res Bull 2006;68(5):355-60.
2. Hartwig V, Giovannetti G, Vanello N, Lombardi M, Landini L, Simi S. Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: a Review. Int J Environ Res Public Health 2009;6(6):1778-98.
3. Prolic Z, Jovanovic R, Konjevic G, Janac B. Behavioral differences of the insect Morimus funereus (Coleoptera, Cerambycidae) exposed to an extremely low frequency magnetic field. Electromagn Biol Med 2003; 22(1):63-73.
4. Pesić V, Janać B, Jelenković A, Vorobyov V, Prolić Z. Non-linearity in combined effects of ELF magnetic field and amphetamine on motor activity in rats. Behav Brain Res 2004;150(1-2):223-7.
5. Berg H. Electrostimulation of cell metabolism by low frequency electric and electromagnetic fields. Bioelectrochem Bioenerg 1993;31:1-25.
6. Mathie A, Kennard LE, Veale EL. Neuronal ion channels and their sensitivity to extremely low frequency weak electric field. Radiat Prot Dosimetry 2003;106(4): 311-316.
7. Labreche F, Goldberg MS, Valois MF, et al. Occupational exposures to extremely low frequency magnetic fields and postmenopausal breast cancer. Am J Ind Med 2003;44(6):643-52.
8. Pazur A. Characterisation of weak magnetic field effects in an aqueous glutamic acid solution by nonlinear dielectric spectroscopy and voltammetry. Biommagn Res Technol 2004;2(1):8.
9. Duzel E. When, where, what: the electromagnetic contribution to the www of brain activity during recognition. Acta Psychol Amst 2000;105(2-3):195-210.
10. Vazquez-Garcia M, Elias-Vinas D, Reyes-Guerrero G, Dominguez-Gonzalez A, Verdugo-Diaz L, Guevara-Guzman R. Exposure to extremely low-frequency electromagnetic improve social recognition in male rats. Physiol Behav 2004;82(4):685-90.
11. Krylova IN, Dukhanin AS, II'in AB, et al. The effect of ultrahigh-frequency electromagnetic radiation on learning and memory processes. Biull Eksp Biol Med 1994;14(11):483-4.
12. Sienkiwicz ZJ, Bartram R, Haylock RG, Saunders RD. Single, brief exposure to a 50 Hz magnetic field does not affect the performance of an object recognition task in adult mice. Bioelectromagnetics 2001;22(1):19-26.
13. Babri S, Gholamipour Badie H, Khamenei S, Ordikhani Seyedlar M. Intrahippocampal insulin improves memory in a passive avoidance task in male wistar rats. Brain Cogn 2007;64(1):86-91.
14. Rick JT, Murphy MP, Ivy GO, Milgram NW. Short intertrial intervals impair water maze performance in old fischer 344 rats. J Gerontol A Bio Sci Med Sci 1996;51(4):253-60.
15. Mostafa RM, Mostafa YM, Ennaceur A. Effects of exposure to extremely low-frequency magnetic field of 2 G intensity on memory and corticosterone level in rats. Physiol Behav 2002;76(4-5):589-95.
16. Manikonda PK, Rajendra P, Devendranath D, et al. Influence of extremely low frequency magnetic fields on Ca2+signaling and NMDA receptor functions in rat hippocampus. Neurosci Lett 2007;413(2):145-9.
17. Kaune WT. Introduction to power-frequency electric and magnetic fields. Environ Health Perspect 1999;101(Suppl 4):73-9.
18. Sun AY, Chen YM. Oxidative stress and neurodegenerative disorders. J Biomed Sci 1998;5(6):401-14.
19. Trimmel M, Schweiger E. Effects of ELF (50HZ, 1mT) electromagnetic field (EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity. Toxicol Lett 1998;96-97:377-82.
20. Sienkiwicz ZJ, Haylock RG, Saunders RD. Deficits in spatial learning after exposure of mice to a 50 Hz magnetic field. Bioelectromagnetics 1998;19(2):79-84.
21. Liu T, Wang S, He L, Ye K. Chronic exposure to low intensity magnetic field improves acquisition and maintenance of memory. Neuroreport 2008;19(5):549-52.

[ DOR: 20.1001.1.15614107.1389.12.3.2.8 ]

22. Lai H, Carino MA, Ushijima I, Sajadi AA, Sadeghi H, Taherian AA. Acute exposure to a 60 Hz magnetic field affects rat's water maze performance. Bioelectromagnetics 1998;19(2):117-22.
23. Jadidi M, Firoozabadi M, Rashidy-Pour A, Sajadi AA, Sadeghi H, Taherian AA. Acute exposure to a 50 Hz magnetic field impairs consolidation of spatial memory in rats. Neurobiol Learn Mem 2007;88(4):387-92.
24. Kabuto H, Yokoi I, Mori A, Ogawa N. Effects of an in vivo 60 Hz magnetic field on monoamine levels in mouse brain. Pathophysiology 2000;7(2):115-19.
25. Manikonda P, Rajendra P, Devendranath D, et al. Influence of extremely low frequency magnetic fields on Ca signaling and NMDA receptor functions in rat hippocampus. Neurosci Lett 2007;413(2):145-9.
26. Lei Y, Liu T, Wilson FA, Zhou D, Ma Y, Hu X. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on morphine-induced conditioned place preferences in rats. Neuros Let 2005;390(2):72-5.
27. Aronsson P, Liljenstrom H. Non-Synaptic modulation of cortical network dynamics. Neurocomputing 2000; 32-33:285-90.
28. Whishaw IQ. Dissociating performance and learning deficits on spatial navigation tasks in rats subjected to cholinergic muscarinic blockade. Brain Res Bull 1989;23(4-5):347-58.
29. McGaugh JL. Memory--a century of consolidation. Science 2000;287(5451):248-51.
30. Lai H, Singh NP. Acute exposure to a 60 Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rat brain cells. Bioelectromagnetics1997;18(2):156-65.
31. Lai H, Singh NP. Magnetic field induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. Environ Health Perspect 2004; 112(6):687-94.

[ DOR: 20.1001.1.15614107.1389.12.3.2.8 ]