

یافته های نو در روان شناسی

سال پنجم. شماره ۲۰. پائیز ۱۳۹۰

صفحات مقاله: ۱۴۱-۱۳۱

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۳/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۱

اثر میدان الکترومغناطیس دارای فرکانس بسیار پایین (۵۰ هرتز، ۸ میلی تسلا) بر اکتساب اطلاعات در موش های نر و ماده

الهام فروزنده *

دکتر پرویز عسکری **

دکتر حسن احدی ***

دکتر نور علی فرخی ***

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر میدان الکترومغناطیس دارای فرکانس بسیار پایین (۵۰ هرتز و ۸ میلی تسلا) بر اکتساب اطلاعات (یادگیری) انجام شد. حیوانات آزمایشگاهی (موش کوچک) به طور تصادفی در گروه های آزمایشی نر و ماده و گروه های کنترل قرار داده شدند و اکتساب اطلاعات با روش یادگیری اجتنابی غیرفعال پس از مواجهه با میدان الکترومغناطیس در دو گروه مورد ارزیابی قرار گرفت. در گروه های آزمایشی، قبل از آنکه حیوانات آزمایشگاهی اولین جلسه ی یادگیری را تجربه کنند، با میدانی به بزرگی ۸ میلی تسلا به مدت ۳۰ دقیقه مواجه می شدند. گروه های کنترل همان فرایند یادگیری را تجربه می کردند بدون آنکه با میدان الکترومغناطیس مواجه شوند. در مقایسه ی گروه های نر و ماده ی آزمایشی با گروه های کنترل، نتایج نشان داد که قرار گرفتن در معرض میدان الکترومغناطیسی، قبل از آنکه جانور در موقعیت اکتساب اطلاعات و یادگیری قرار گیرد، بر یادگیری موش ها، در هر دو جنس نر و ماده تاثیر مخرب دارد.

واژه های کلیدی: میدان الکترومغناطیس، فرکانس بسیار پایین، اکتساب اطلاعات، موش آزمایشگاهی

* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشجوی دکتری روان شناسی، اهواز، ایران (نویسنده مسوول)

** دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، استادیار گروه روان شناسی، اهواز، ایران

*** دانشگاه علامه طباطبائی، استاد گروه روان شناسی، تهران، ایران

مقدمه

در سال های اخیر دست یابی به فناوری های نوین بشر را قادر ساخته است تا دامنه طیف های متفاوت و شدت های بالایی از میدان های الکترومغناطیسی را ایجاد نموده و از آن برای افزایش کیفیت زندگی، فزونی چشمگیر خدمات ارتباطی و مخابراتی و بهبود خدمات بهداشتی- پزشکی بهره جوید. اما در کنار این مزایا، نگرانی هایی نیز در جامعه ی علمی وجود دارد که به تاثیر گذاری احتمالی این میدان ها بر فرایندهای زیستی و متابولیسم بدن و ساز و کارهای سلولی و ملکولی موجودات زنده، معطوف است. تاثیرات مخرب احتمالی مواجهه با میدان های الکتریکی و مغناطیسی از زمانی که اولین گزارش توسط Whertteimer و Leeper در ۱۹۷۹ به رابطه کدهای رسانای الکتریکی^۱ و سرطان در کودکان پرداخت، توجه عموم مردم و محافل علمی را به خود جلب کرد (Manikonda و همکاران، ۲۰۰۷). در بسیاری از پژوهش های دهه ۱۹۸۰، کسانی که در مواجهه با میدان های الکترومغناطیس فرکانس بسیار پایین^۲ (ELF EMF) قرار داشتند مورد بررسی قرار گرفته و نتایج پژوهش ها به افزایش خطر لوسمی^۳ و تومورهای مغزی اشاره نمود. چنین شواهدی منجر به افزایش توجه به خطر این میدان ها گردید (Ahlbom، ۲۰۰۱). پژوهش های بعدی به خطر فزاینده اختلالات سیستم عصبی مرکزی شامل اسکروز جانبی میوتروفیک^۴، آلزایمر و پارکینسون در افرادی اشاره کردند که از نظر شغلی در مواجهه با میدان های الکترومغناطیس دارای فرکانس بسیار پایین (ELF) یا شوک های الکتریکی^۵ قرار داشتند (Ahlbom, Green, Kheifets, Savitz and Swerdlow، ۲۰۰۴). همچنین مشخص شد که مواجهه شغلی با همین میدان ها، خطر بی نظمی های قلب را که وابسته به موقعیت^۶ بوده افزایش و احتمال انفارکتوس میو کاردینال حاد^۷ را بالا می برد (Savitz, Liao, Sastre, Kleckner and Kavet، ۱۹۹۹). به تدریج توجه پژوهش ها به ابعاد رفتاری و روانی موضوع نیز جلب شد.

طی سال های اخیر دانش گسترده ای در خصوص تاثیرات میدان های الکترومغناطیس (EMF) گردآوری شده که عموماً بر حسب فرکانس امواج یا نوع میدان، یافته های مختلف و گاه ضد و نقیضی ارائه شده است. در واقع ماهیت میدان (الکتریکی، مغناطیسی، یا الکترومغناطیس) و ایستایی^۸ یا تغییرات فرکانس (پایین، متوسط یا بالا)؛ همچنین نوع (قالب)^۹ امواج: امواج پالسی^{۱۰} یا مداوم^{۱۱}؛ قدرت^{۱۲} میدان و شدت^{۱۳} آن و نیز مدت مواجهه متغیرهایی هستند که پیامدهای مختلفی را رقم می زنند (Otto and

1. Electrical Wiring Codes
2. Extremely Low-Frequency(ELF)
3. Leukemia
4. Amyotrophic Lateral Sclerosis
5. Electric Shocks
6. Cardial Arrhythmia-Related Conditions
7. Acute Myocardial Infraction
8. Static
9. Modulation
10. Constant Wave
11. Pulsed Wave
12. Strength
13. Power Density

(von Muhlendahl, ۲۰۰۷). مدل های حیوانی و طرح های انسانی نشان داده اند که میدان های الکترومغناطیس با فرکانس بسیار پایین (ELF) فعالیت سیستم عصبی مرکزی و پیرامونی را تغییر می دهد. از جمله ی این تغییرات به افزایش فعالیت هسته های هیپوتالاموس و هسته های درون مغزی (Prato, Kavaliers and Thomas, ۲۰۰۰)، فعالیت سنتز نوروترانسمیتر در پایانه های عصبی و گانگلیا^۱ (Sieron و همکاران، ۲۰۰۱)، تغییر در فعالیت گیرنده های نورونی شامل دوپامین و گیرنده ی ۵-HT (Massot) (۱B) و همکاران، ۲۰۰۰) می توان اشاره داشت که در نهایت چنین تغییراتی، عملکرد نورون ها را متاثر ساخته، یادگیری و حافظه را تغییر می دهد (Chance و همکاران، ۱۹۹۵). اگرچه از بعد رفتاری و روانی مخصوصاً توسط روان شناسان مطالعات کمتری انجام شده، اما مطالعات انسانی (Trimmel, Schweiger, ۱۹۹۸) و حیوانی (Lai, Carino, and Ushijima, ۱۹۹۸; Lai and Carino, ۱۹۹۹) به این نکته اذعان داشته اند که چنین مواجهه ای می تواند عملکردهای شناختی را تحت تاثیر قرار دهد.

Fu و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تجربی خود موش را در مواجهه با میدان های ۲۵ یا ۵۰ هرتز در کوتاه مدت (۷ روز) یا طولانی مدت (۲۵ روز) قرار داده و سپس از ماز Y شکل استفاده کردند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که نه مواجهه کوتاه مدت و نه طولانی مدت، هیچیک در فعالیت اعضای حرکتی^۳ موش ها تغییری ایجاد نکرد اما مواجهه با میدان ۵۰ هرتز، بازنشاسایی^۴ بازوی جدید ماز را کاهش می داد. در نتیجه، این پژوهشگران اظهار می دارند که میدان های ELF حافظه بازنشاسایی^۵ را در ماز Y شکل _ بسته به شدت میدان یا مدت مواجهه _ دچار آسیب می کند. در بررسی دیگری توسط Jadidi و همکاران (۲۰۰۷) تاثیر مواجهه با میدان ۵۰ هرتز بر تثبیت^۶ و بازیابی^۷ حافظه در موش از ماز آبی^۸ استفاده شده است. نتایج این پژوهش تجربی نیز تایید نموده است که ۲۰ دقیقه مواجهه با میدان ۵۰ هرتز با شدت ۸ میلی تسلا، می تواند تثبیت حافظه فضایی را مختل نماید اما چنین اختلالی در مواجهه با میدان ۲ میلی تسلا ایجاد نمی شود.

آسیب های مشاهده شده تحت تاثیر میدان های ELF با این مکانیزم زیربنایی توسط Lai و Carino (۱۹۹۹) تبیین شده اند: مواجهه با میدان دارای شدت ۲ میلی تسلا _ نه کمتر _ به مدت ۶۰ دقیقه فعالیت کولینرژیک^۹ را در لوب فرونتال کرتکس و هیپوکامپ کاهش می دهد. مواجهه طولانی تر (۱/۵ یا ۳ ساعت) به میدان مغناطیسی دارای شدت پایین تر (۱/۵، ۱ و ۱/۵ میلی تسلا) نیز چنین نتیجه ای به دنبال دارد و از آنجا که سیستم کولینرژیک نقش مهمی در فرایند حافظه ایفا می کند، کاهش فعالیت این

1. Intracerebral Nuclei
2. Ganglia
3. Locomotor Activity
4. Recognition
5. Spatial Recognition Memory
6. Consolidation
7. Retrieval
8. Water Maze
9. Cholinergic Activity

سیستم می تواند آسیب رسان حافظه تلقی گردد.

با توجه به این یافته ها به نظر می رسد تاثیر ELF در حافظه تاثیری بلا تردید باشد اما جالب است که برخی پژوهش ها به تاثیر مثبت میدان های ELF بر عملکردهای شناختی اشاره داشته و بهبود چنین فرایندهایی را گزارش می کنند. Liu و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تاثیر مواجهه طولانی مدت^۱ با میدان مغناطیسی دارای شدت پایین، به تغییرات یادگیری فضایی^۲ و حافظه با استفاده از ماز آبی موریس^۳ پرداخته و بعد از ۴ هفته مواجهه روزانه ۱ یا ۴ ساعت با میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت ۲ میلی تسلا، گزارش می کنند که چنین مواجهه طولانی مدتی منجر به کاهش مدت تاخیر در یافتن سکوی پنهان؛ و بهبود حافظه بلندمدت می گردد، بدون آنکه تاثیری بر حافظه کوتاه مدت^۴ یا فعالیت حرکتی^۵ داشته باشد. به گفته ی محققان، برای اولین بار است که در پژوهشی مواجهه طولانی مدت با میدان مغناطیسی دارای شدت پایین، تاثیر مثبتی بر کسب^۶ و تثبیت^۷ حافظه فضایی نشان داده است (Liu, Wang, He, Kavaliers, Ye, ۲۰۰۸). همکاران (۱۹۹۶) مشاهده نموده اند که میدان مغناطیسی منجر به بهبود پاسخ رفتاری موش در ماز آبی می شود که زیربنای زیستی آن مرتبط با سیستم اپیوئیدی جانور شرح داده شده است.

همچنین Vazquez-Garcia و همکارانش (۲۰۰۴) نیز در پژوهشی درخور توجه، به بررسی بازشناسی اجتماعی^۸ موش تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی ELF پرداخته اند. آنان بازشناسی اجتماعی را شکلی از حافظه کوتاه مدت در جوندگان معرفی می کنند که بر پایه ی سرنخ های شیمیایی - حسی^۹ قرار داشته و بسیار شبیه به حافظه در انسان است. بازشناسی اجتماعی که مرتبط با تمیز بویایی است به عنوان دیدگاهی نوین در بررسی عملکرد یادگیری و حافظه معرفی شده است. مواجهه با میدان دارای شدت ۱ میلی تسلا طی ۹ روز (هر روز ۲ ساعت) در این پژوهش منجر به بهبود و افزایش حافظه کوتاه مدت در موش های نر بالغ نژاد Wistar تا ۳۰۰ دقیقه گردیده است. این یافته ها که اولین بار با تمرکز بر بازشناسی اجتماعی حاصل شده نشان می دهد که ELF-EMF منجر به بهبود حافظه بازشناسی در موش می شود. با توجه به یافته های فوق به نظر می رسد هنوز به درستی مشخص نشده که میدان های ELF به بهبود حافظه و یادگیری می انجامد یا بر عکس تاثیر مخربی بر عملکردهای شناختی دارد. این پژوهش به منظور بررسی تاثیر میدان الکترومغناطیس دارای فرکانس بسیار پایین (۵۰ هرتز) بر اکتساب اطلاعات (یادگیری) انجام شده است.

1. Chronic Exposure
2. Spatial Learning
3. Morris Water Maze
4. Short-Term Memory
5. Motor Activity
6. Acquisition
7. Maintenance
8. Social Recognition
9. Chemosensory

روش پژوهش

این مطالعه از نوع تجربی بوده و از آن جهت طراحی و اجرا شد که نوعی از یادگیری را که جزو پایدارترین انواع یادگیری محسوب می شود مطالعه نماید. از آنجا که یادگیری انواع مختلف دارد، در پژوهش های قبلی نیز انواع متفاوتی از آن مورد پژوهش قرار گرفته است. اما برخی از انواع یادگیری ها پایدارتر، ماندنی تر و باثبات تر محسوب می شوند که یادگیری اجتنابی یکی از آنهاست. در این نوع یادگیری، جانور نه تنها تقویتی دریافت نمی کند، بلکه می آموزد که از نوعی محرک یا موقعیت آزارنده که احتمالاً بقای جانور را با مخاطره مواجه می سازد اجتناب کند. از آنجا که چنین موقعیت های آزارنده ای برای جانور خطری جدی محسوب می شود، عموماً تنها با یک بار کوشش آزمایشگاهی آموخته شده و تا مدت ها پایدار باقی می ماند. در این پژوهش، برای سنجش یادگیری یا اکتساب اطلاعات، حیوانات آزمایشگاهی (موش) با روش اجتنابی غیر فعال پایین آمدن از سکو ارزیابی شدند. به این منظور از دستگاه اجتنابی غیر فعال استفاده شد. دستگاه اجتنابی غیر فعال جعبه ای است چوبی با ابعاد $40 \times 30 \times 30$ سانتی متر و کف آن از ۲۹ میله فولادی، به قطر $3/0$ سانتی متر تشکیل شده است. فاصله میله ها از یکدیگر ۱ سانتی متر است. سکویی چوبی به ابعاد $4 \times 4 \times 4$ در وسط جعبه (روی میله های فلزی) تعبیه شده است.

با این دستگاه می توان شوک الکتریکی کنترل شده ای (۱ هرتز، ۰٫۵ ثانیه و ۵۰ ولت با جریان DC) را به چهار دست و پای جانور وارد نمود (Quincy, Massachusetts, USA-Grass S44). اجرای آزمایشات به این ترتیب است که در مرحله ی یادگیری، جانور به آرامی بر روی سکوی کوچک چوبی وسط دستگاه قرار داده می شود. تمایل طبیعی حیوان پایین آمدن فوری از روی سکو و حرکت آزادانه در فضای بزرگتر جعبه ی چوبی است. مدت زمان توقف موش روی سکو (قبل از پایین آمدن) ثبت شده و به محض اینکه جانور از سکو پایین آمده روی کف جعبه قرار می گیرد (قرار گرفتن چهار پای حیوان روی میله های فولادی)، به مدت ۱۵ ثانیه شوک الکتریکی (جریان مستقیم ۴۵ ولت، ۰٫۵ آمپر و ۱ هرتز) از طریق محرک Grass (با مشخصات فوق الذکر) دریافت می کند. به این ترتیب موش می آموزد که علیرغم تمایل طبیعی اش، از پایین آمدن از سکوی کوچک اجتناب نماید. ۲۴ ساعت بعد و در جلسه آزمون یا تست، یادگیری اجتنابی با شاخص مدت زمان تاخیر پایین آمدن (step-down latency) از سکو محاسبه می شود. عموماً فاصله زمانی بین آموزش و تست جانور در این دستگاه ۲۴ ساعت در نظر گرفته می شود (Hiramatsu, Sasaki and Kameyama, ۱۹۹۵). هر چقدر مدت باقی ماندن موش روی سکو بالاتر باشد، حاکی از یادگیری بیشتر جانور خواهد بود. در همه ی آزمایش ها از هر موش تنها یک مرتبه استفاده شد.

در این پژوهش برای بررسی تاثیر میدان الکترومغناطیسی دارای فرکانس بسیار پایین، کوئیلی که مولد میدان ۸ میلی تسلا بود ساخته شد. کوئیل، به نحوی طراحی شد که می توانست موش ها را بدون آنکه درجه حرارت بالاتر یا محیط تاریکی را تجربه نمایند، در خود جای دهد. برای ساختن کوئیل، از سیم روکش دار مسی (به ضخامت ۰٫۵ و ۲۰۰۰ دور) استفاده شد و مابین لایه های سیم پیچ، لوله آلومینیومی عبور داده شد تا با پمپ نمودن آب، بتوان کوئیل را خنک نگه داشت. در ضمن امکان دسترسی به آب

و غذا در صورت مواجهه طولانی مدت برای حیوانات وجود داشت. شدت میدان الکترومغناطیس در مرکز کویل با استفاده از گاوس متر WALKER-9-KV2106 برابر با ۸ میلی تسلا سنجیده شد. این پژوهش روی موش های بالغ نر و ماده نژاد NMRI (در محدوده وزنی بین ۲۰ تا ۲۵ گرم) انجام شد. حیوانات از انستیتو پاستور تهران خریداری و پس از عادت به محیط لانه، به طور تصادفی در گروه های کنترل و آزمایش قرار داده شدند. طی مدت حضور در لانه حیوانات، موش های ماده هیچیک باردار نبوده و در قفس های مجزا از موش های نر نگهداری شدند. آب و غذا به میزان دلخواه در دسترس حیوانات قرار داده شد و سیکل روشنایی / تاریکی ۱۲ ساعته در لانه برقرار گردید. برای اجرای آزمایشات، حیوانات گروه تجربی، قبل از آنکه در موقعیت یادگیری و دستگاه اجتنابی غیرفعال قرار بگیرند، ابتدا به مدت ۳۰ دقیقه در کویل مولد میدان الکترومغناطیس قرار داده می شدند و در این مدت نیز به آب و غذای کافی دسترسی داشتند.

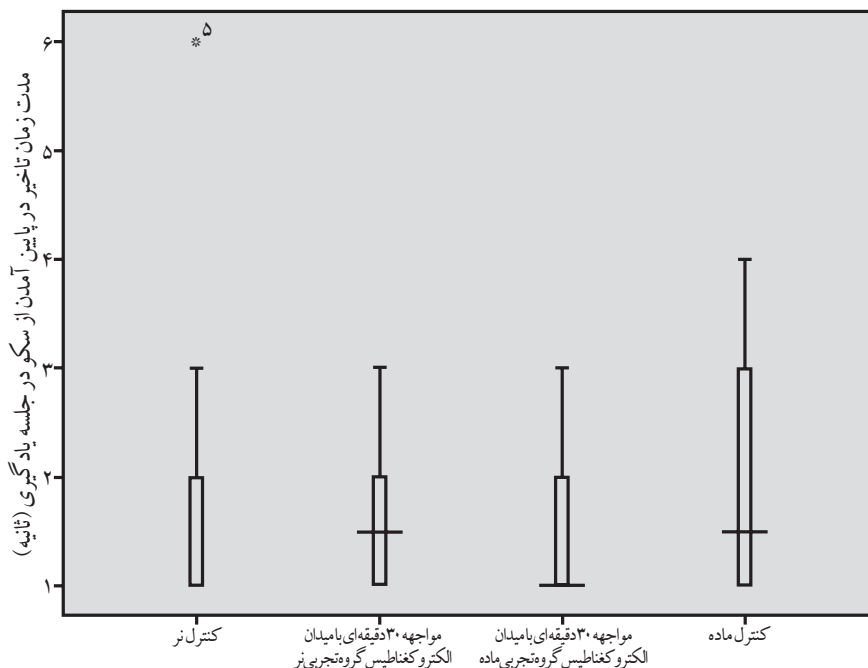
سپس یکی یکی در دستگاه یادگیری اجتنابی، موقعیت یادگیری را تجربه می کردند. در مورد گروه کنترل نیز همین فرایند انجام شد، با این تفاوت موش های گروه کنترل در کویل فاقد جریان الکتریسته (بدون حضور میدان الکترومغناطیس) قرار داده می شدند. در هر گروه ۱۰ سر موش قرار داده شد و ۲۴ ساعت بعد، اکتساب اطلاعات در موش های نر و ماده ی هر چهار گروه (کنترل و تجربی نر، کنترل و تجربی ماده) مورد سنجش قرار گرفت. به این ترتیب که هر موش دوباره به آرامی بر روی سکوی دستگاه یادگیری اجتنابی قرار داده و مدت زمان باقی ماندن روی سکو اندازه گیری شد. در این مرحله از آزمایشات، شوک الکتریکی حذف شده و چنانچه جانور روی میله های کف جعبه می رفت، با درد و ناراحتی مواجه نمی شد. برای هر موش مدت زمان ماندن روی سکو در روز اول (اکتساب/یادگیری) و روز دوم (تست) جداگانه ثبت شده و با محاسبه ی تفاضل دو عدد، شاخصی از یادگیری حیوان به دست آمد. از آنجا که جانوران آزمایشگاهی، تفاوت های رفتاری بسیار زیادی را در موقعیتهای یادگیری نشان می دهند عموماً از روش های آماری ناپارامتریک در تحلیل یافته ها استفاده می شود.

تحلیل یافته ها

در اولین گام بررسی نتایج، به مقایسه ی دو گروه موش ها از نظر تفاوت جنسیتی در یادگیری اولیه آنها پرداخته شد. با استفاده از نرم افزار SPSS و با آزمون ناپارامتریک مان-ویتنی گروه موش های نر با گروه موش های ماده مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج نشان داد که بین دو گروه (۲۰ موش نر و ۲۰ موش ماده) تفاوت معناداری در مدت زمان ماندن آنها روی سکو در اولین روز آزمایش (روز یادگیری) وجود ندارد ($U\text{ Mann-Whitney} = ۱۸۸.۵۰, p < .۷۳۶$).

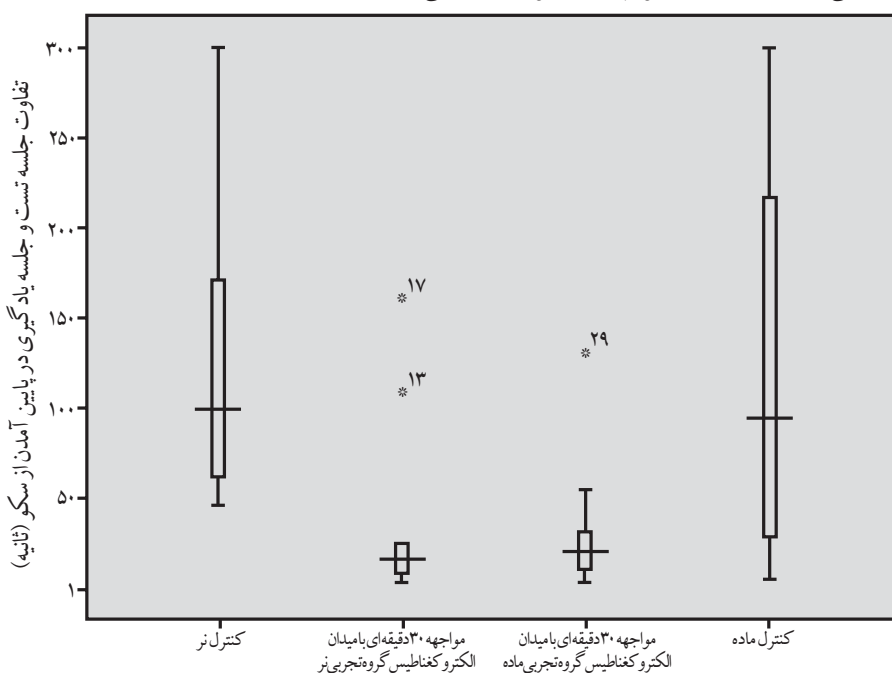
همچنین در مقایسه ی گروه کنترل نر و گروه تجربی نر (۱۰ سر موش در هر گروه) در اولین روز آزمایش تفاوت معناداری مشاهده نشد ($U\text{ Mann-Whitney} = ۴۵.۰۰, p < .۶۸۴$). مشابه همین نتایج نیز در گروه ماده به دست آمد ($U\text{ Mann-Whitney} = ۳۹.۰۰, p < .۳۵۸$).

نمودار ۱ به مقایسه ی مدت زمان توقف موش ها در چهار گروه و در اولین روز آزمایش اختصاص دارد:



نمودار ۱: مدت زمان توقف موش ها در گروه های آزمایش و کنترل در روز یادگیری

اما تحلیل یافته ها برای بررسی اکتساب اطلاعات، نشان می دهد که مدت زمان ماندن موش هایی که قبل از یادگیری در معرض میدان الکترومغناطیس ۸ میلی تسلا (۵۰ هرتز) بوده اند به طور معناداری کمتر از گروه کنترلی است که مواجهه با میدان را تجربه نکرده بودند. مقایسه گروه کنترل و تجربی موش های نر، وجود تفاوت معنادار را با $0/995$ اطمینان تایید می کند ($U \text{ Mann-Whitney} = 12/500, p < 0/005$) و در مورد موش های ماده نیز وجود تفاوت معنادار در باقی ماندن روی سکوی چوبی در دومین روز تست ها، با $0/95$ اطمینان مورد تایید قرار می گیرد ($U \text{ Mann-Whitney} = 22/500, p < 0/037$). در نمودار ۲ این تفاوت ها در هر چهار گروه نمایش داده شده است:



نمودار ۲: مدت زمان توقف موش ها در گروه های آزمایش و کنترل در روز تست

بحث و نتیجه گیری

باتوجه به نتایج به دست آمده، می توان نتیجه گرفت که قرار گرفتن در معرض میدان الکترومغناطیس ۸ میلی تسلا قبل از آنکه جانور در موقعیت اکتساب اطلاعات قرار گیرد، بر اکتساب یا یادگیری تاثیر مخرب دارد. بنابر این هنگامی که موش بایستی روی سکو بماند و از دریافت شوک احتراز نماید، این کسب اطلاعات را نخواهد داشت و مجدداً خود را در معرض شوک قرار می دهد. تفاوت بین ماندن روی سکو در روز اول و روز دوم (تست) نشان می دهد که میزان اکتساب اطلاعات در موقعیت اجتنابی چقدر بوده است. در موش های نر و ماده گروه کنترل، مدت زمان ماندن روی سکو در روز تست، حاکی از یادگیری و حفظ آن است، در حالی که در دو گروه تجربی نر و ماده، یادگیری به طور معناداری کمتر از گروه کنترل صورت گرفته است. بنابر این می توان اظهار داشت که تاثیر مواجهه با میدان الکترومغناطیس حتی در مدت زمان کوتاه ۳۰ دقیقه، می تواند نوعی از پایدارترین انواع یادگیری را تحت تاثیر قرار دهد.

این یافته با نتایج پژوهش هایی که تاثیر مخرب امواج را بر فرایندهای شناختی گزارش می دهند، همسو است و با تعمیمی محتاطانه می توان نتیجه گرفت که ممکن است یادگیری انسان نیز در مواجهه با میدان های الکترومغناطیس مختل شود. این نتایج با پژوهش Fu و همکاران (۲۰۰۸)، Jadidi و همکاران (۲۰۰۷)، Lai و Carino (۱۹۹۹)، همسو است. Jadidi و همکارانش (۲۰۰۷) که در مطالعه ی خود اثر مواجهه ی حاد میدان مغناطیسی را بر فرآیند یادگیری و تثبیت حافظه موش با سیستم ماز آبی مورد بررسی قرار داده اند اذعان می دارند که عملکرد میدان مغناطیسی در شدت های مختلف (۲ میلی تسلا و ۸ میلی تسلا) یکسان نیست. نتایج حاصل از تابش دهی ۸ میلی تسلا بیانگر تاثیر میدان مغناطیسی بر فرآیند تثبیت حافظه است که موجب تغییر الگوی شنای حیوانات در آزمون نهایی گردیده است اما در مطالعه ی این محققان، شدت ۲ میلی تسلا تاثیر قابل ملاحظه ای بر عملکرد حیوانات در ماز آبی نداشته است. بنابر این احتمالاً شدت های متفاوت میدان الکترومغناطیس تاثیرات متفاوتی را نیز بر فرایندهای شناختی و مغزی اعمال می کند. Kurokawa و همکاران (۲۰۰۳) و Sienkiewicz و همکاران (۱۹۹۸) ابراز داشته اند که میدان های مغناطیسی کم بسامد که در محیط کار وجود دارند نتوانسته است بر مغز انسان اثر نمایند، اما نتایج به دست آمده در برخی دیگر از آزمون های بیانگر این است که حتی ۶۰ دقیقه مواجهه موش در میدان مغناطیسی ۵۰۰ نانو تسلا قبل از اجرای مرحله ی آموزشی موجب اختلال در حافظه فضایی می شود (Persinger and McKay، ۲۰۰۰).

با این وجود نتایج حاصل از این پژوهش با یافته هایی که نشان از تاثیر مثبت امواج بر یادگیری و بهبود حافظه دارند (برای مثال Vazquez-Garcia و همکاران، ۲۰۰۴؛ Kavaliers و همکاران، ۱۹۹۶) ناهمخوان است که علت آن به تفاوت در شدت میدان مورد استفاده و نوع یادگیری ارزیابی شده باز می گردد.

علت تاثیر منفی امواج بر اکتساب اطلاعات، می تواند با این زیر بنای فیزیولوژیک تبیین گردد که میدان دارای فرکانس ۵۰ هرتز باعث افزایش سطح یون Ca بین سلولی موش شده است (Manikonda و همکاران، ۲۰۰۷) و یا فعالیت کولینرژیک را در لوب فرونتال کرتکس و هیپوکامپ کاهش می

دهد (Lai و Carino، ۱۹۹۹). Blackman (۲۰۰۹) در مرور مقالات مرتبط با مواجهه با ELF به این موارد اشاره می کند:

هنگام مواجهه با ELF زمان پاسخدهی انسان تغییر می کند.

زمان پاسخدهی و EEG میمون در مواجهه با ELF تغییر می کند.

تغییرات EEG، GABA، و یونهای کلسیم در مغز گربه مشاهده شده است.

تغییرات یون کلسیم تحت تاثیر ELF در بافت مغز جوجه قابل مشاهده است.

تغییرات یون کلسیم که مورد عطف پژوهش ها بوده، توسط Manikonda و همکاران (۲۰۰۷) در هیپو کامپ موش با دقت مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهشگران معتقدند میدان های مغناطیسی دارای فرکانس بسیار پایین باعث تغییراتی در هموستازی یون کلسیم بافت های نورونی می شوند. بخش های هیپو کامپ از مغز موش هایی که ۹۰ روز در معرض میدان دارای فرکانس ۵۰ هرتز (با شدت ۵۰ و ۱۰۰ میلی تسلا) بودند، جدا شده و در مقایسه با گروه کنترل مشخص شد که مواجهه باعث افزایش سطح یون Ca بین سلولی موش شده است. با این حال از آنجا که بررسی های لازم در خصوص تغییرات یونی یا تغییر در فعالیت سیستم های درگیر در حافظه در این مطالعه انجام نشده است، لذا این تبیین ها با احتیاط انجام می شود و بایستی در نظر داشت که نتایجی هم دال بر عدم وجود تاثیرات منفی و مخرب میدان های ELF گزارش شده که دقیقاً مخالف این تبیین هاست.

این تناقض ها نشان می دهد که هنوز تا روشن شدن تاثیرات امواج و میدان های الکترومغناطیس بر عملکرد موجودات زنده، و سیستم های حیاتی به طور قطع، هنوز راه زیادی در پیش است. با این حال تعمیم پذیری این نتایج به انسان اگرچه همواره یکی از اشکالات بنیادین وارد بر پژوهش های حیوانی و آزمایشگاهی بوده است، اما این هشدار را در پی دارد که شاغلین صنعت برق و خصوصاً کسانی که همواره در مواجهه با میدان های قوی الکترومغناطیس قرار دارند، نه تنها از نظر سلامت جسمانی، بلکه بایستی از نظر سلامت روانی و عملکردهای شناختی و فعالیت های مغزی نیز با استفاده از تست های استاندارد روانشناختی (از جمله تست های نوروسایکولوژیک حافظه) به طور دوره ای مورد ارزیابی قرار گیرند و چنانچه آسیب هایی در این زمینه مشاهده شود، مداخلات مناسب درمانی اتخاذ گردد. از آنجا که می توان سیر پسرفت عملکردهای مغزی را در مراحل ابتدایی تا حد زیادی کنترل نمود، لذا توصیه می شود طرح های مشابه این پژوهش با استفاده از آزمودنی های انسانی (و با رعایت اخلاق پژوهشی) اجرا شود تا چنانچه یافته های مؤید تاثیرات نامطلوب به دست آمد، بتوان با مداخله ی بموقع و مناسب از عواقب ناخواسته ی مواجهه با میدان های الکترومغناطیس کاست.

منابع

- Ahlbom, A. (2001). Neurodegenerative diseases, suicide and depressive symptoms in relation to EMF. *Bioelectromagnetics (Suppl.5)*. S132–S143.
- Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, & Swerdlow A. (2004). (ICNIRP Standing Committee on Epidemiology). Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. *Environ Health Perspect*. 112, 1741-1754.
- Blackman C. (2009). Cell phone radiation: Evidence from ELF and RF studies supporting more inclusive risk identification and assessment. *Pathophysiology* (article in press).
- Chance, W. T., Grossman, C. J., Newrock, R., Bovin, G., Yerian, S., Schmitt, G., & Mendenhall, C. (1995). Effects of electromagnetic fields and gender on neurotransmitters and amino acids in rats. *Physiology and Behavior*. 58, 743–748.
- Fu Y, Wang C, Wang J, Lei Y, & Ma Y. (2008). Long-term exposure to extremely low-frequency magnetic fields impairs spatial recognition memory in mice. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 35(7):797-800. Epub 2008 Mar 12.
- Hiramatsu, M., Sasaki, M., & Kameyama, T. (1995). Effects of dynorphine A-(1–13) on carbon monoxide-induced delayed amnesia in mice studied in stepdown type passive avoidance task. *European Journal of Pharmacology*. 282, 185–191.
- Jadidi, M. Firoozabadi, S. M., Rashidy-Pour, A., Sajadi, A. A., Sadeghi, H., & Taherian, A. A. (2007). Acute exposure to a 50 Hz magnetic field impairs consolidation of spatial memory in rats. *Neurobiology of Learning and Memory*. 88, 387–392.
- Kavaliers, M., Ossenkopp, K. P., Prato, F. S., Innes, D. G., Galea, L. A., & Kinsella, D. M. (1996). Spatial learning in deer mice: Sex differences and the effects of endogenous opioids and 60 Hz magnetic fields. *Journal of Comparative Physiology*. 179, 715–724.
- Kurokawa Y, Nitta H, Imai H, & Kabuto M. (2003). No influence of short-term exposure to 50-Hz magnetic fields on cognitive performance function in human. *Int Arch Occup Environ Health*. 76, 437-442.
- Lai, H. (1996). Spatial learning deficit in the rat after exposure to a 60 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 17, 494–496.
- Lai, H., & Carino, M. (1999). 60 Hz magnetic fields and central cholinergic activity: Effects of exposure intensity and duration. *Bioelectromagnetics*. 20, 284–289.
- Lai, H., Carino, M. A., & Ushijima, I. (1998). Acute exposure to a 60 Hz magnetic field affects rats water-maze performance. *Bioelectromagnetics*. 19, 117–122.
- Liu T, Wang S, He, L, & Ye, K. (2008). Chronic exposure to low-intensity magnetic field improves acquisition and maintenance of memory. *Neuroreport*. Mar 26, 19(5), 549-52.
- Manikonda, P.K., Rajendra, P., Devendranath, D., Gunasekaran, B., Channakeshava, Aradhya, R.S., & Sashidhar, R.B., Subramanyam, C. (2007). Influence of extremely low frequency magnetic fields on Ca²⁺ signaling and NMDA receptor functions in rat hippocampus. *Neurosci. Lett*. 413, 145–149.
- Massot, O., Grimaldi, B., Bailly, J.M., Kochanek, M., Deschamps, F., Lambrozo, J., & Fillion, G. (2000). Magnetic field desensitizes 5-HT (1B) receptor in brain: pharmacological and functional studies. *Brain Res*. 858, 143–150.
- McKay BE. & Persinger MA. (2000). Application timing of complex magnetic fields delineates windows of posttraining- pretesting vulnerability for spatial and motivational behaviors in rats. *Int J Neurosci*. 103, 69-77.
- Otto M. & von Muhlendahl K. E. (2007). Electromagnetic fields (EMF): do they play a role in chil-

- dren's environmental health (CEH)? *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 210, 635–644.
- Prato, F.S, Kavaliers M, & Thomas, A.W. (2000). Extremely low frequency magnetic fields can either increase or decrease analgesia in the land snail depending on field and light conditions. *Bioelectromagnetics.* 21, 287–301.
- Savitz D.A, Liao D, Sastre A, Kleckner R.C, & Kavet R. (1999). Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol.* 149, 135–42.
- Sienkiewicz Z.J, Haylock R.G. & Saunders R.D. (1998). Deficits in spatial learning after exposure of mice to a 50 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics.* 19, 79-84.
- Sieron, A., Brus R., Szkilnik, R., Plech, A., Kubanski, N., & Cieslar, G. (2001). Influence of alternating low frequency magnetic fields on reactivity of central dopamine receptors in neonatal 6-hydroxydopamine treated rats. *Bioelectromagnetics.* 22, 479–486.
- Trimmel, M., & Schweiger, E. (1998). Effects of an ELF (50 Hz, 1 mT) electromagnetic field (EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity. *Toxicology Letters.* 96, 377–382.
- Vázquez-García, M., Elías-Viñas, D., Reyes-Guerrero, G., Domínguez-González, A., & Verdugo-Díaz, L., Guevara-Guzmán, R. (2004). Exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields improves social recognition in male rats. *Physiol. Behav.* 82, 685–690.

Effects of Acute Exposure to Extremely Low Frequency (50 Hz) Electromagnetic Fields on Information Acquisition in Male and Female Mice

*E. Fourouzandeh, M.A.

**H. Ahadi, Ph.D.

***P. Asgari, Ph.D.

**N. A. Faroukhi, Ph.D.

Abstract

The aim of this experimental study was to investigate the effect of extremely low frequency (50 Hz) electromagnetic fields (ELF EMF) on the acquisition of information in mice and compare this effect in adult male and female mice. A sinusoidal electromagnetic field was created using a round coil electromagnet and laboratory animals were placed in the round coil for 30 minutes to exposure to an 8mT, 50Hz. Then information acquisition was evaluated with passive avoidance learning in a standard wooden box that despite its innate tendency, mice learns to stay on a small platform to avoidant electric shock. The results showed that exposure to a 50 Hz, 8mT electromagnetic field for 30 minutes before the animal's avoidance learning has devastating effects on information acquisition and learning in male ($p < .005$) and female ($p < 0.037$) mice.

Keywords: electromagnetic field, extremely low frequency, information acquisition, mice

* Ph. D student of Science and Research branch, Islamic Azad University, Khuzestan, Iran

** Faculty member of Allameh Tabatabaee University, Tehran, Iran

*** Professor of Department of psychology, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Iran