

The Effect of Extremely Low Frequency Pulsed Electromagnetic Field on anxiety and cortisol level in rat

S. Kohzad ¹, B. Bolouri ^{2*}, F. Nikbakht ³, Z. Kohzad ⁴

¹M.Sc, Department of Medical Physics and Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, s.kohzad@gmail.com

²Assistant Professor, Department of Medical Physics, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

³ Assistant Professor ,Physiology Research Center, College of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, Nikbakht.f@iums.ac.ir

⁴M.Sc, Department of Psychology, Islamic Azad University of Ilam, Ilam, Iran, ph.kohzad@gmail.com

Abstract

There is a growing public concern that the extremely low frequency (ELF) range of the environmental electromagnetic fields may have adverse biological effects. In this frequency range, 217Hz is the modulating signal being used in Global System of Mobile. This study investigated the possible effects of 217 Hz pulsed electromagnetic field on the anxiety and the cortisol level in rats.

Twenty four male Wistar rat (200 - 250 g) were randomly grouped into test, sham and control. Using a pair of Helmholtz coil system, the test group was exposed to a uniform pulsed EMF of 200 μ T intensity for 4 h/day for 21 days. A similar procedure with no field was repeated for the sham group. All groups were tested in an `Elevated- plus` maze system. Then via the heart puncture scheme, the blood samples were collected. The serum cortisol levels were evaluated using ELISA method. The ANOVA test revealed no significant differences for the Elevated- plus maze test. Serum cortisol level was significantly higher in test group compared to the control group. These findings were in consistent with the work of others indicating that low frequency band of EMF might not have any effect on the anxiety but it increases the cortisol levels as a stress marker.

Key words: Extremely low frequency (ELF), Anxiety, Elevated- plus maze, cortisol.

*Corresponding author

Address: Department of Medical Physics, Iran University of Medical Sciences, Hemmat Parkway, Tehran, Iran.
Tel: +982188622647
Fax: +982188622647
E-mail: bolouri.b@iums.com

اثر میدان الکترومغناطیس پالسی کم فرکانس بر میزان اضطراب و غلظت کورتیزول خون در موش آزمایشگاهی

سوسن کهزاد^۱، بهرام بلوری^{۲*}، فرناز نیکبخت^۳، زهرا کهزاد^۴

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران
s.kohzad@gmail.com

^۲استادیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران

^۳استادیار، گروه و مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران farnaznikbakht@hotmail.com

^۴دانشجوی کارشناسی ارشد روانشناسی، گروه روانشناسی، دانشگاه آزاد علوم تحقیقات ایلام، ایلام ph.kohzad@gmail.com

چکیده

افزایش استفاده از امواج الکترومغناطیس کم فرکانس باعث نگرانی در مورد آثار بیولوژیک آنها شده است. در این محدوده امواج، فرکانس ۲۱۷ هرتز به علت حضور در پنجره فرکانسی و همچنین مدوله کننده امواج پرفرکانس سیستم جهانی تلفن همراه مورد توجه است. هدف این مطالعه بررسی اثر امواج الکترومغناطیس پالسی با فرکانس ۲۱۷ هرتز و شدت ۲۰۰ میکرو تسلا بر میزان اضطراب و غلظت کورتیزول خون در موش صحرایی است. ۲۴ موش نر صحرایی از نژاد ویستار به طور تصادفی به سه گروه تابش، شام و کنترل تقسیم شدند. با استفاده از کویل‌های هلمهولتز، گروه تابش روزانه ۴ ساعت و به مدت ۲۱ روز، تحت تابش میدان یکنواخت پالسی الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ میکرو تسلا قرار گرفت. این روند برای گروه شام نیز در غیاب میدان تکرار شد. همه گروه‌ها در ماز بعلاوه‌ای شکل مرتفع سنجیده شدند و سپس با استفاده از کیت الیزا میزان کورتیزول خون آنها اندازه‌گیری شد. تحلیل واریانس یک طرفه داده‌ها در ماز بعلاوه‌ای شکل اختلاف معناداری را نشان نداد. در گروه تابش افزایش میزان کورتیزول در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری داشت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که احتمالاً تابش دهی موش‌های صحرایی میدان‌های الکترومغناطیس کم فرکانس پالسی با شدت ۲۰۰ میکرو تسلا بر اضطراب تأثیری ندارد؛ اما باعث افزایش کورتیزول به عنوان شاخص استرس شده است.

کلیدواژگان: میدان‌های الکترومغناطیس فوق العاده کم فرکانس، اضطراب، ماز بعلاوه‌ای شکل، کورتیزول.

*عهده‌دار مکاتبات

نشانی: تهران، بزرگراه شهید همت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک پزشکی
تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۲۲۶۴۷، دورنگار: ۰۲۱-۸۸۶۲۲۶۴۷، پیام نگار: bolouri69@yahoo.com

۱- مقدمه

آثار بیولوژیک امواج الکترومغناطیس در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از میان طیف فرکانسی این امواج حضور میدان‌های الکترومغناطیس فوق العاده کم‌فرکانس^۱ (ELF) (۰-۳۰۰ هرتز) در پنجره فرکانسی باعث شده است که بیشتر مطالعات در این حوزه قرار گیرند [۱].

گزارش‌های بسیاری مبنی بر بررسی آثار بیولوژیک ناشی از میدان‌های ELF از جمله تغییرات رفتاری و روانشناختی [۲]، تداخل در فعالیت مغز [۳] و تأثیر بر سیستم ایمنولوژیک بدن [۴] وجود دارد.

یکی از رفتارهای مورد بررسی در این زمینه اضطراب و استرس است که نتایج متفاوتی برای آنها گزارش شده است. اضطراب، واکنش موجود زنده نسبت به تهدیدی درونی و حالتی ذهنی است و یکی از عوامل مرتبط با آن تغییر سطح برخی هورمون‌ها بویژه کورتیزول^۲ است [۵]. در برخی مطالعات گزارش شده که حضور میدان‌های الکترومغناطیس کم‌فرکانس و یا پالسی تأثیر معناداری بر اضطراب نداشته است [۶،۷]؛ در حالی که برخی مطالعات اثر این امواج را بر اضطراب تأیید کرده‌اند [۸-۱۰].

امروزه از گوشی‌های تلفن همراه در جامعه استفاده فراوانی می‌شود. گوشی‌های تلفن همراه دارای فرکانس‌های بالای رادیویی و ۲۱۷ هرتز به عنوان مدوله‌کننده آنها هستند. فرکانس ۲۱۷ هرتز از فرکانسهای محدوده ELF است و در گوشی‌های تلفن همراه به صورت پالسی با عرض پالس ۰/۵۷۷ میلی ثانیه حضور دارد [۱۱]. تاکنون مطالعه‌ای مبنی بر اثر این فرکانس بر اضطراب انجام نشده است. در پژوهش حاضر اثر میدان الکترومغناطیس پالسی با فرکانس ۲۱۷ هرتز و شدت ۲۰۰ میکرو تسلا بر میزان اضطراب و تغییر سطح کورتیزول خون به عنوان شاخص استرس، در موش صحرائی سنجیده شده است.

۲- روش

۲۴ سر موش نر نژاد ویستار به وزن (۲۰۰-۲۵۰ گرم) از خانه حیوانات دانشگاه علوم پزشکی ایران تهیه و به صورت تصادفی به سه گروه تابش، شام و کنترل تقسیم شدند [۳].

گروه تابش به مدت ۲۱ روز متوالی، روزانه ۴ ساعت تحت تابش میدان یکنواخت پالسی ۲۱۷ هرتز با شدت ۲۰۰ میکرو تسلا و عرض پالس ۵۷۷ میلی ثانیه قرار داده شد [۱۲،۳]. این مدت زمان با توجه به مدت زمان میانگین روزانه استفاده از تلفن همراه انتخاب شده است. گروه شام نیز در شرایط مشابه اما در میدان خاموش قرار داده شد. تمام گروه‌ها پس از آخرین تابش در روز ۲۲ به منظور سنجش میزان اضطراب در ماز بعلاوه‌ای شکل مرتفع^۳ سنجیده شدند. سپس حیوانات، بیهوش شده و با خون‌گیری مستقیم از قلب، هورمون کورتیزول خون آنها با روش الیزا^۴ اندازه‌گیری شد.

۲-۱- میدان الکترومغناطیس

برای ایجاد میدان یکنواخت مورد نظر کویل هلمهولتری (با قطر ۹۰cm و فاصله ۴۵cm) به گونه‌ای طراحی شد که امکان تابش همزمان هشت موش را داشته باشد. یکنواختی میدان در فضای مورد نظر علاوه بر اندازه‌گیری با تسلامتر ($HOLADAY (HI-3550)$) از طریق رسم نمودار شدت میدان در نرم افزار $Matlab$ تأیید شد [شکل (۱)].



شکل (۱) - نمودار شدت میدان ایجاد شده بر حسب فاصله در کویل مورد استفاده در آزمایش.

در مدت زمان تابش حیوانات در قید مکعبی شکل از جنس پلکسی گلاس ($30 \times 30 \times 15 \text{ Cm}^3$) - که به هشت خانه

¹Extremely Low Frequency

²Cortisol

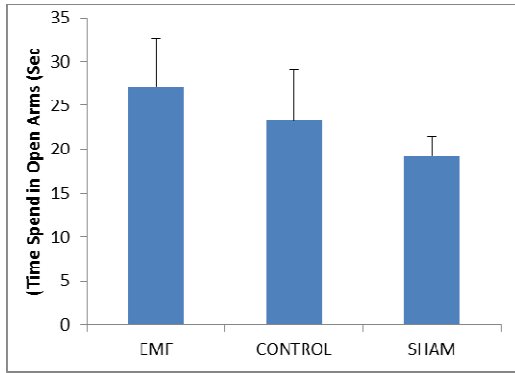
³Elevated plus maze

⁴Elisa

۳- نتایج

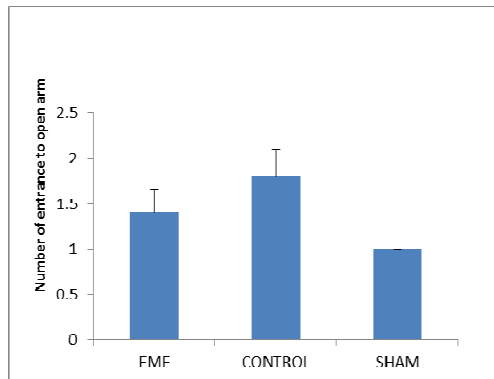
۳-۱- سنجش اضطراب در ماز بعلاوه‌ای شکل مرتفع

زمان سپری شده حیوان در بازوی باز در شکل (۲) نشان داده شده است. نتایج تحلیل آماری تفاوت معنی‌داری را در بین گروه‌ها نشان نداد.



شکل (۲)- مقایسه زمان سپری شده در بازوهای باز، گروه‌های تابش شم و کنترل در ماز بعلاوه‌ای شکل را نشان می‌دهد.

شکل (۳) تعداد دفعات ورود به بازوی باز در ماز را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل آماری حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها است.



شکل (۳)- مقایسه تعداد دفعات ورود به بازوهای باز، گروه‌های تابش شم و کنترل در ماز بعلاوه‌ای شکل را نشان می‌دهد.

بطور کلی نمودارهای مربوط به آزمون ماز بعلاوه‌ای شکل، حاکی از این است که در مطالعه حاضر تأثیر میدان بر اضطراب در موش صحرائی از نظر آماری معنی‌دار نبوده است ($p > 0.05$).

۳-۲- یافته‌های آزمون اندازه‌گیری سطح کورتیزول

داده‌های حاصل از آزمون الیزا به منظور اندازه‌گیری میزان کورتیزول خون حیوانات در شکل (۴) اختلاف معناداری را در سطح کورتیزول خون در بین گروه‌های تابش و کنترل نشان

مساوی تقسیم شده بود- با رعایت موازین اخلاقی کار با حیوانات نگهداری شدند.

محیط آزمایشگاه به گونه‌ای بود که غیر از سیستم تابشی میدان هیچ وسیله الکتریکی و یا فلزی دیگری حضور نداشت که بتواند در میدان اختلال ایجاد کند. برای ایجاد فرکانس پالسی ۲۱۷ هرتز با عرض پالس و دوره تکرار به ترتیب ۰/۵۷۷ و ۴/۶ میلی‌ثانیه، از مداری نوسان‌ساز و مبدل ولتاژ استفاده شد [۳].

۳-۲- ماز بعلاوه‌ای شکل مرتفع

ماز بعلاوه‌ای شکل مرتفع مدل استاندارد به منظور سنجش اضطراب در جوندگان است. این دستگاه از چوب ساخته شده و دارای دو بازوی باز (۵۰×۱۰ cm) و دو بازوی بسته (۵۰×۱۰×۴۰ cm) است که به کفه‌ای مرکزی (۱۰×۱۰ cm) منتهی می‌شوند. در این دستگاه - که در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری از زمین قرار دارد- بازوهای باز مقابل یکدیگر و بازوهای بسته نیز مقابل یکدیگر هستند. نور کافی در بخش بالایی دستگاه تأمین می‌شود. در این روش ابتدا حیوان در جعبه‌ای تاریک قرار داده می‌شود تا فعالیت جستجوگرانه حیوان افزایش یابد. سپس حیوان به بخش مرکزی دستگاه منتقل شده؛ به مدت ۵ دقیقه حرکات آن ثبت می‌شود.

افزایش تعداد دفعات ورود به بازوهای باز و مدت زمان سپری شده در این بازوها شاخص کاهش اضطراب در حیوان تلقی می‌شود [۴،۱].

۳-۲- تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمون‌های ماز و الیزا با تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه^۵ مورد آزمون قرار گرفتند. $p \leq 0.05$ به عنوان سطح معناداری در نظر گرفته شد و به منظور تمایز اختلاف بین داده‌ها از آزمون توکی^۶ استفاده شد.

^۵One-way ANOVA^۶TUKEY

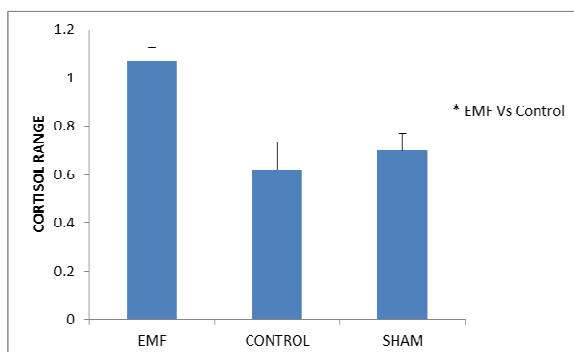
نتایج آنها حاکی از افزایش میزان اضطراب در حیوان بوده است [۱۳،۴]. می‌توان علت این اختلاف را در شدت زیاد میدان جستجو کرد و به عبارتی بیان کرد که میدان‌های قوی‌تر تأثیر اضطرابی بیشتری ایجاد می‌کنند.

برخی مطالعات نیز برای سنجش اضطراب تنها به اندازه‌گیری سطح کورتیزول خون بسنده کرده‌اند. نتایج حاصل از این آزمون در مطالعه ما نشان می‌دهد در گروه تحت تابش میدان، سطح کورتیزول خون افزایش معناداری را در مقایسه با گروه کنترل دارد. مطالعات مشابهی در این زمینه انجام شده است که مؤید نتایج حاصل از پژوهش حاضر هستند. در مطالعه‌ای اثر فرکانس ۵۰ هرتز با شدت ۲۰۷/۰ میکرو تسلا به مدت ۵ روز و روزانه ۴ ساعت در خوک بررسی شده و افزایش معنی‌دار سطح کورتیزول گزارش شده است [۹]. این نتایج همچنین با مطالعات مشابه دیگر نیز همخوانی دارد. از جمله آنها می‌توان به مطالعه تأثیر فرکانس ۵۰ هرتز به مدت ۶ روز بر میمون [۱۴] و مطالعه فرکانس ۲۰ هرتز با شدت‌های زیاد (۵۰۰-۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میکروتسلا) [۱۵] اشاره کرد که همگی افزایش کورتیزول را گزارش کرده‌اند.

مطالعات دیگری نیز در این زمینه انجام شده‌اند که تأثیری بر سطح کورتیزول با میدان الکترومغناطیس مشاهده نشده است. در یکی از این مطالعات- که با فرکانس‌های زیاد (۹۰۰ مگا هرتز) برای انسان انجام شده است- تأثیری مشاهده نشده است [۴]. در مطالعه دیگری که در فرکانس‌های کم با هدف بررسی اثر میدان با شدت‌های ۳۸۰ و ۸۰۰ میکروتسلا به مدت ۴۶ روز و روزانه ۱/۵ ساعت بر موش نر انجام شده است؛ میزان کورتیزول افزایش معناداری نداشت [۴]. همچنین در بررسی اثر فرکانس ۵۰ هرتز به مدت ۲۳ روز بر موش صحرایی نیز اختلاف معناداری مشاهده نشد [۱۶].

گزارش‌های متفاوت در این زمینه را می‌توان به تنوع فرکانسی و شدت میدان مرتبط دانست که البته به نظر می‌رسد

می‌دهد ($p=0/006$). بین گروه کنترل و شام اختلافی مشاهده نشد ($p=0/07$). این نتایج حاکی از تأثیر معنادار میدان بر افزایش میزان کورتیزول خون در موش صحرایی است.



شکل (۴)- مقایسه سطح کورتیزول گروه‌های تابش شام و کنترل را نشان می‌دهد.

۴- بحث

در مطالعه حاضر اثر میدان الکترومغناطیس پالسی (۲۰۰ میکرو تسلا) با فرکانس ۲۱۷ هرتز- که برای مدوله کردن امواج پرفرکانس (۹۵۰ MHz) در سیستم جهانی تلفن همراه GSM^v استفاده می‌شود- بر میزان اضطراب در موش صحرایی بررسی شد.

تاکنون مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر میدان‌های الکترومغناطیس بر اضطراب، به طوری که همزمان از دو آزمون ماز بعلاوه‌ای شکل مرتفع و اندازه‌گیری سطح کورتیزول خون استفاده کرده باشند؛ انجام نشده بود.

در برخی مطالعات تنها از آزمون ماز بعلاوه‌ای شکل استفاده شده است. نتایج حاصل از آزمون ماز بعلاوه‌ای شکل مرتفع در این مطالعه، نشان می‌دهد که تابش میدان مذکور، تأثیر چندانی بر میزان اضطراب در موش صحرایی ندارد. در مطالعه مشابهی که با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۱۰-۱۰۰ میکرو تسلا به مدت ۲۸ روز بر رفتارهای شبه اضطرابی موش صحرایی انجام شده بود، نیز تأثیر چندانی ملاحظه نشد [۱].

مطالعات مشابه دیگری در فرکانس‌های کم، ولی با شدت‌های بیشتر (در حدود میلی تسلا) نیز انجام شده است که

- Cortisol Hormone Level and Humoral Immunity in Balb/C Mice. *Biology Journal*, 2009.
- [7] Akhtary Z., et al., Effects of extremely low-frequency electromagnetic fields on learning and memory and anxiety-like behaviors in rats; *Koomesh*, 2011; 12(4): 435-446.
- [8] He L.h., et al., Effects of extremely low frequency magnetic field on anxiety level and spatial memory of adult rats; *Chinese Medical Journal-Beijing*, 2011; 124(20): 3362.
- [9] Sedghi H., et al., Effects of 50 HZ magnetic field on some factors of immune system in the male guinea pigs; *American Journal of Immunology*, 2005; 1(1): 37.
- [10] Jelodar G.A., et al., the Effects of Radiation Leakage of Micriwave Oven on Body Weight, Cortisol, Thyroid Hormons and Lipid Profile in Immature mice; *Tehran University Medical Journal (TUMJ)*, 2010; 68(3): 141-145.
- [11] Perentos N., et al., Simulation of pulsed ELF magnetic fields generated by GSM mobile phone handsets for human electromagnetic bioeffects research; *Australasian Physical & Engineering Science in Medicine*, 2008; 31(3): 235-242.
- [12] Allah Veisi F., Boloori B., Shooshtarizadeh S., Investigating the Effects of Pulsed 217Hz Magnetic Field on the Growth and Development of a Transplanted Fibrosarcoma Tumor in Balb/c Mice; *RJMS Journal Systems*, 2010; 16(69): 7-16.
- [13] Marrone D.F., Ultrastructural plasticity associated with hippocampal-dependent learning: A meta-analysis; *Neurobiology of learning and memory*, 2007; 87(3): 361-371.
- [14] Polk C., Postow E., *Handbook of biological effects of electromagnetic fields* 1996: CRC press.
- [15] Burchard J., Nguyen D., Block E., Macro and trace element concentrations in blood plasma and cerebrospinal fluid of dairy cows exposed to electric and magnetic fields; *Bioelectromagnetics*, 1999; 20(6): 358-364.
- [16] Margonato V., et al., Biologic effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic fields in rats: II. 50 Hz magnetic fields; *Bioelectromagnetics*, 1995; 16(6): 343-355.
- شدت میدان تأثیر گذارتر بوده است. علل دیگر دخیل در تنوع نتایج را می توان به شرایط آزمایش، میزان دوز انرژی دریافت شده از امواج و همچنین مدت زمان مواجهه با امواج دانست.
- شاید بتوان یکسو نبودن نتایج دو آزمون ماز بعلاوه ای شکل و میزان کورتیزول در این مطالعه را ناشی از پالسی بودن میدان و همچنین تأثیر مستقیم میدان الکترومغناطیس بر غده آدرنال و افزایش فعالیت ترشحی آن دانست. در واقع به نظر می رسد این میدان توانسته مستقیماً بر غده آدرنال تأثیر بگذارد و یا موجب تحریک هیپوفیز شده؛ منجر به افزایش میزان کورتیزول شده است، ولی توانایی ایجاد تغییرات شبه اضطرابی در ماز بعلاوه ای شکل را نداشته است.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی تهران با کد ۱۷۹۸۸ در تاریخ ۹۱/۰۲/۳۰ است. با سپاس از مرکز تحقیقات فیزیولوژی دانشگاه علوم پزشکی ایران که در انجام این پروژه یاری رسان بوده اند.

۵- مراجع

- [1] Bawin S., Adey W., Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to weak environmental electric fields oscillating at low frequency; *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1976; 73(6): 1999-2003.
- [2] Janać B., et al., Different effects of chronic exposure to ELF magnetic field on spontaneous and amphetamine-induced locomotor and stereotypic activities in rats; *Brain research bulletin*, 2005; 67(6): 498-503.
- [3] Kohzad S., Bolouri B., Nikbakht F., Investigating the effects of 217 Hz frequency of cell phone on learning and spatial memory in rats; *Tehran University Medical Journal*, 2013; 70(12): 754-750.
- [4] Radon K., et al., No effects of pulsed radio frequency electromagnetic fields on melatonin, cortisol, and selected markers of the immune system in man; *Bioelectromagnetics*, 2001; 22(4): 280-287.
- [5] Rashidy-Pour A., et al., Verapamil enhances acute stress or glucocorticoid-induced deficits in retrieval of long-term memory in rats; *Behavioural brain research*, 2009; 203(1): 76-80.
- [6] Eskandari M., et al., Examination of 380 and 800 microtesla Electromagnetic Fields Effect on Plasma