تاثیر میدان الکترو مغناطیس با فرکانس خیلی پایین (ELF – EMF) روی مارکرهای زیستی استرس اکسیداتیو در رت‌های حامله

• دکتر حمیده قراملکی
PhD، دپارتمان علوم تشریح، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
مجتمع پژوهشی شمال‌غرب کشور
hamideh.gharamaleki@gmail.com

• دکتر جعفر سلیمانی راد
استاد (PhD)، دپارتمان علوم تشریح، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

• دکتر لیلا روشنگر
دانشیار (PhD)، دپارتمان علوم تشریح، دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

• امیر منصور وطن خواه
کارشناس ارشد بیوشیمی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
مرکز تحقیقات علوم کاربردی دارویی، تبریز، ایران

• دکتر اکرم ولی پور
PhD، دپارتمان زیست شناسی، دانشگاه فرهنگیان، شهرکرد ایران

چکیده

زمینه و هدف: در دهه‌های اخیر تحقیقات جالبی در ارتباط با اثرات میدان‌های الکترومغناطیس روی استرس سلولی، مولکول‌های واکنشگر اکسیژن دار (ROS) و رادیکال‌های آزاد انجام شده است. از این رو محققان نگران اثرات EMF با فرکانس ۵۰ و ۶۰ Hz در سیستم‌های بیولوژی هستند. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات میدان الکترومغناطیس ۵۰ Hz روی پارامترهای استرس اکسیداتیو در رت‌های حامله می‌باشد.

مواد و روش کار: در گروه تیمار رت‌های حامله نژاد ویستار در معرض EMF، ۳ mT به مدت ۲۱ روز، هر روز ٤ ساعت، قرار گرفتند. رت‌های حامله تحت شرایط یکسان گروه تیمار اما میدان خاموش به عنوان گروه شم (بررسی نقش استرس قرارگیری در محیط متفاوت از آزمایشگاه در نتایج حاصله) در نظر گرفته شدند و رت‌های حامله در شرایط اتاق به عنوان گروه کنترل استفاده شدند. پس از زایمان نمونه‌های خون و سرم مادران برای آنالیز بیوشیمیایی Malondialdehyde (MDA) Total Antioxidant Capacity (TAC) و Glutathione Peroxidase (GPX) تهیه شدند.

نتایج: آنالیز بیوشیمیایی نشان داد سطح MDA و TAC در گروه تیمار در مقایسه با گروه کنترل به ترتیب ($P<0.008$ و $P<0.002$) افزایش معنی داری داشت، اما تفاوتی در سطح این مارکرها در بین گروه کنترل با شم مشاهده نشد. همچنین تفاوت معنی داری در سطح GPX در بین گروه‌ها مشاهده نشد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS v.19 و با استفاده از آزمون T- test انجام شد و $P<0.05$ به عنوان سطح معنی دار در نظر گرفته شد.

بحث: نتایج پیشنهاد می‌کنند که میدان‌های الکترو مغناطیسی استرس اکسیداتیو را با افزایش لیپید پراکسیداز و آنتی اکسیدان کل القاء کرده، که به عنوان بدام اندازنده‌های رادیکال آزاد هستند.

کلمات کلیدی: میدان الکترومغناطیس، رت‌های حامله، استرس اکسیداتیو

مقدمه

زندگی روی زمین در دریایی از میدان‌های الکترومغناطیسی (Electromagnetic Fields (EMFs طبیعی ظاهر شده است. در طی قرن اخیر این محیط

[Downloaded from labdiagnosis.ir on 2026-06-03]

طبیعی به شـدت بوسیله طیف وسیع و در حال رشد EMF ساخته دست بشـر و قرار گیری در معرض EMF ناشی از تولید، انتقال و اسـتفاده از الکتریسیته که همه جا در زندگی مـدرن وجود دارند افزایش یافته اسـت [۱]. دانشـمندان و پزشـکان نگرانی‌هایی در مـورد احتمال خطرات ناشـی از قـرار گیری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسـی به ویژه در فرکانس‌هـای ۵۰ و ۶۰Hz عنـوان کرده‌انـد. مطالعـات In ـ vitro اثـرات بالقـوه EMF – ELF را روی تکثیر، آپوپتوز، تمایز و آسـیب ژنی انجام داده اند [۲]. بیش از ۵۰ مطالعـه در ارتباط با قرارگیری حیوانات در معرض EMFs در چند سال اخیر انجام شده است [۳]. مطالعات اخیر نشان داده اند که EMF – ELF می‌تواند رفتار و فعالیت سـلول را با تاثیر روی فرآیندهای بیوشـیمیایی و یا بیوفیزیکی تغییر دهند. واکنش‌های فیزیکی در سـطح اتم اسـاس واکنش بین مولکول‌های زیستی در معرض EMF – ELF هستند، از این رو میدان می‌تواند به طور مغناطیسی روی باندهای شیمیایی بین اتم‌های مجاور تاثیر گذاشـته و سـطوح انرژی و جهت چرخـش الکترون‌ها را تغییر دهد. این امـر فعالیت، غلظت و طـول عمر رادیکال‌ها را افزایش می‌دهـد [۴، ۵]. اگر چه اکسیژن برای بیشتر واکنش‌های هوازی سلولی مهم است، اما می‌تواند واکنش‌های انتقال الکترون را تحت تاثیر قرار داده و سبب فعال شدن واسطه گرهای توکسیک ـ غشایی و در نتیجه ایجاد رادیکال‌هایی مانند سوپراکسـید، پراکسید هیدروژن یا رادیکال هیدروکسـیل شـود. این رادیکال‌ها منجر به آسیب لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA می‌شوند. مولکول‌های واکنشگر اکسـیژن دار(ROS) Reactive Oxygen System در پسـتانداران به وسیله آنتی اکسیدان‌های درونی اساسا GSH کنترل می‌شـود [۶]. ROS واژه کلی اسـت کـه به گروهی از اکسـیدان‌ها یا رادیکال آزاد یـا گونه‌های مولکولی قادر به تولید رادیکال‌های آزاد اطلاق می‌شـود [۷]. مطالعات نشان می‌دهند که EMF منجر به افزایش تولید ROS می‌شـود که این امر منجر به آسـیب‌های غیرقابل برگشت می‌شود. تولید کنتـرل نشـده ROS می‌تواند منجر به تجمـع آن‌ها و ایجاد استرس اکسیداتیو در سلول‌ها شود. از این رو سلول‌ها دارای مکانیسم دفاعی در برابر آسیب اکسیداتیو هستند [۸].

تحقیقات جالبی در ارتباط با اثرات میدان‌های مغناطیسـی روی اسـترس سـلولی، بیمـاری آلزایمـر، مولکول‌هـای واکنشـگر اکسـیژن دار و رادیکال‌هـای آزاد انجـام شـده اسـت [۹]. در سیسـتم‌های دفاعـی، سوپراکسـید دیـس موتـاز(SOD) Superoxide dismutase، کاتـالاز (CAT) Catalase و گـلوتاتیـون پـراکسـیداز (GPX) Glutathione peroxidase، اثرات H_2O_2 را با تبدیل به آب و اکسـیژن خنثی می‌کنند. آنزیـم اصلی خارج کننده H_2O_2 در سـلول‌های پستانداران GPX است [۱۰]. GPX به عنوان دهنده الکترون رادیکال‌های پراکسیل (ROO) را از پراکسیدهای مختلف مانند H_2O_2 خارج می‌کند [۱۱].

یکی دیگر از ایندکس‌های استرس اکسیداتیو، پراکسیداسیون لیپیدهااست،که‌به‌عنوان‌دژنراسیون‌پلی‌اسیدهای‌چرب‌غیراشباع (PUFA) Poly unsaturated fatty acids در غشـاهای سلولی در مسـیر اتصال ROS شـناخته شده‌اند. محصـول نهایـی پراکسیداسـیون لیپیـد مالـون دی آلدئید (MDA) Malondialdehyde اسـت [۱۲]. بـه علـت ناپایـداری رادیکال‌هـای آزاد و پیچیدگـی تکنیک‌های در دسـترس، انـدازه گیری آن‌ها در ارگانیسـم مشـکل بوده و از آنجـا که جداسـازی اندازه گیری مولکول‌های اکسـیدان و آنتی اکسـیدان مختلف عملا مشـکل اسـت، اندازه گیری (TAC) Total antioxidant capacity پیشـنهاد شده است (۲۱). مدارک پیشنهاد می‌کنند که توجه ویژه‌ای باید به حفاظت جنین‌ها و نوزادان در برابر فرکانس‌ها و شـدت‌های مختلف EMFs شـود. با توجه به مطالب عنوان شده هدف از این کار بررسـی تاثیر EMF – ELF بر روی مارکرهای اسـترس اکسـیداتیو MDA، TAC و GPX در رت‌های حامله بود.

مواد و روش کار

در ایـن مطالعـه ۱۸ رت ماده و ۹ رت نر نژاد ویسـتار با وزن ۲۵۰ ـ ۲۰۰ گـرم (۳ ـ ۲ ماهه) از حیوان خانه دپارتمان هیسـتولوژی دانشکده پزشکی دانشـگاه علوم پزشکی تبریز تهیه شد. حیوانات در قفس‌های پلاستیکی در اتاق حیوانات بـا ۱۲ سـاعت روشـنایی و ۱۲ سـاعت تاریکـی، حرارت ۲۲ ـ ۲۰ درجـه سـانتی گراد، رطوبـت ٪۶۰ ـ ۵۰، آب و غذای کافی نگهداری شـدند. پـس از جفت گیری رت‌های

[Downloaded from labdiagnosis.ir on 2026-06-03]

Groups	TAC(mmolITrolox Equiv./L)	P - value	MDA (nmol/ml)	P - value	GPX (U/gr Hb)	P - value
Treatment	0.145 ± 0.02		3.2 ± 0.39		28.95 ± 7.43	0.85
Control	0.06 ± 0.04	0.002*	2.5 ± 0.36	0.008*	28.1 ± 7.87	
Sham	0.113 ± 0.08	0.06	2.2 ± 0.49	0.28	30.78 ± 4.07	0.47

جدول ۱: سطح TAC، MDA و GPX در گروه‌های تیمار، کنترل و شم. نتایج به صورت means ±SD نشان داده شده و P<0.05 معنی دار می‌باشد.

حامله با تشخیص پلاک واژینال مشخص شده و به ۳ گروه ٦ تایی شامل گروه کنترل، شم و تیمار تقسیم شدند.

رت‌ها در گروه تیمار (آزمایش) در معرض میدان الکترو مغناطیس با شدت ۳mT و فرکانس ۵۰ Hz در دستگاه تولید کننده EMF قرار گرفتند. زمان قرار گیری رت‌های حامله در گروه تیمار روزانه به مدت ٤ ساعت در کل طول حاملگی (۲۱ روز) بود. رت‌ها در گروه شم در شرایط مشابه گروه تیمار اما در دستگاه خاموش تولید EMF قرار گرفتند، رت‌ها در گروه کنترل در شرایط استاندارد قرار گرفتند. پس از زایمان از تمام رت‌ها خونگیری از چشم انجام شده، خون و سرم آماده شده در فریزر ۸۰ ـ درجه سانتی گراد برای آنالیز بیوشیمیایی و تعیین سطح TAC،MDA و GPX نگهداری شدند.

TAC با استفاده از کیت (Rel Assay) با روش کالریمتر اندازه گیری شد [۱۳].

MDA بر اساس واکنش با تیوباربیتوریک اسید (TBA)، میزان جذب با روش اسپکتروفتومتری اندازه گیری شد و به صورت نانومول/ میلی لیتر محاسبه شد [١٤].

فعالیت آنزیم GPX با کیت RANSEL شرکت RANDOX انگلستان و با روش اسپکتروفتومتری و بر اساس روش Paglia اندازه‌گیری شده و نتایج به صورت واحد در گرم هموگلوبین بیان گردید [۱۵].

داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و آزمون T ـ Test مورد آنالیز قرار گرفتند و $P \leq 0.05$ به عنوان سطح معنی دار در نظر گرفته شد.

نتایج

آنالیز بیوشیمیایی نشان داد سطح TAC و MDA در گروه تیمار در مقایسه با گروه کنترل به ترتیب (P<0.008 و P<0.002) افزایش معنی داری نشان داد، اما تفاوتی در سطح آن‌ها در بین گروه کنترل با شم مشاهده نشد. همچنین تفاوت معنی داری در سطح GPX در بین گروه‌ها مشاهده نشد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS v.19 و با استفاده از آزمون T ـ test انجام شد و P<0.05 به عنوان سطح معنی دار در نظر گرفته شد.

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد قرار گیری در معرض EMF در دوران حاملگی سبب افزایش TAC و MDA در سرم مادران در گروه تیمار در مقایسه با گروه کنترل می‌شود (جدول ۱).

یکی از قوی ترین فرضیه‌هایی که اثرات ELF – EMF را توضیح می‌دهد تغییر تعادل نرمال رادیکال‌های آزاد در ارگانیسم‌ها با افزایش عدم تعادل در میزان تولید مولکول‌هایی مانند آنیون سوپراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل و تغییر مسیرهای نرمال حذف این مواد است [١٦]. میدان‌های الکترو مغناطیسی موجب تغییر در متابولیسم ROS با افزایش تولید ROS یا کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان می‌شوند. MFs در سلول‌ها نفوذ می‌کند و می‌تواند پتانسیل غشاء سلول و غلظت یون‌ها را تغییر دهد، که این امر ممکن است روی فرآیندهای رادیکال‌های آزاد در سلول‌ها تاثیر بگذارد [۱۲]. فعالیت آنتی اکسیدان سلول‌های زنده ممکن است با قرارگیری در فرکانس‌ها و شدت‌های مختلف MF تغییر کند [۹].

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که میزان MDA در گروه تیمار در مقایسه با کنترل افزایش معنی داری نشان می‌دهد، در همین

[Downloaded from labdiagnosis.ir on 2026-06-03]

ارتباط میزان MDA در رت‌های قرار گرفته در میدان الکتریکی ۵۰ Hz افزایش داشته است [۱۷]. Akdage و همکاران نشان دادند کـه EMF – ELF باعث افزایـش غلظت MDA در مغز رت‌ها می‌شود. همچنینBediz و همکاران پیشنهاد کردند که قرارگیری طولانی مدت در EMF – ELF پراکسیداسیون لیپیدها را در مغز و سـایر ارگانیسـم‌ها افزایـش می‌دهد [۱۸]. Guler و همکاران نشان دادند سطح MDA در خوکچه هندی در معرض میدان الکتریکی افزایش یافته است [۱۹].

در مطالعه حاضر سـطح TAC پلاسما در گروه تیمار در مقایسـه با گروه‌هـای دیگر افزایش یافته بـود ($P<0.05$). در توافـق بـا یافتـه هایمـانGhodbane و همـکاران مشـاهده کردند EMF تولید شـده به وسیله MRI موجب افزایـش معنـی داری در TAC رت‌های نر می‌شـود [۲۰]. Cenesiz و همـکاران مشـاهده کردندMHZ ۱۸۰۰ ـ ۹۰۰ EMF, موجـب افزایش معنی داری در میزان اکسـیدان کل Total oxidant status (TOS) می‌شود اما سطح TAC هیچ افزایشـی را نشـان نمی‌دهد [۲۱]. Mark و همکاران افزایش در TAC در رت‌های حامله را نشان دادند [۲۲]. عدم تعادل اکسیدان – آنتی اکسـیدان منجر به استرس اکسیداتیو می‌شـود [۲۳]. در این مطالعـه نیز اختلال در تعادل MDA و TAC منجر به استرس اکسیداتیو شده است که در دوران حاملگی می‌تواند منجر به آسیب بافت‌های جنینی شود.

در مطالعـه حاضـر میـزان GPX بیـن گروه‌هـا تفاوت معنی‌داری نشان نداده اسـت. در این ارتباط پیشنهاد شده که قرارگیـری درHz ۵۰, EMF، به صـورت مزمن به مدت ۹۰ روز موجـب تغییـری در آنزیم‌های آنتی اکسـیدان در خون موش‌ها نشـده است. در آزمایشـی مشابه گزارش شده است که EMF موجب استرس اکسیداتیو در خوکچه هندی نشده اسـت [۲٤]. تغییـرات در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسـیدان بـه دنبـال ۱۰ روز یا ۲ مـاه قرارگیری در میدان مغناطیسـی ۵۰μT – ۰/۵ مشـاهده شده است. سـطح کاتالاز،GPX و SOD در شش‌ها و کبد موش‌های در معرض EMF به مدت ۸ هفته افزایش یافته اسـت [۲۵]. نتایج مختلف در مطالعات متفاوت می‌تواند به وسـیله تفاوت در طول زمان قرار گیری، شدت و فرکانس میدان مغناطیسی توضیح داده شود.

نتیجه گیری

نتایـج مطالعـه حاضـر ارتباطـی بیـن قرارگیـری در EMFs – ELF و استرس اکسیداتیو را نشان می‌دهد، که می‌تواند موجب آسـیب اندام‌های جنینی شود، بنابراین زنان در دوران حاملگی بایسـتی قرارگیری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی را به حداقل برسانند.

References

1- Ivancsits S, Pilger A, Diem E, Jahn O. 2005. Cell type- specific genotoxic effects of intermittent extremely low- frequency electromagnetic fields. Mutat Res, 583 (2): 184-188.

2- Rajaei F, Mahdi F, Ghasemi N, Sarreshtehdari M, Gheybi NA and Saraeisahneh MS. 2009. Effect of electromagnetic field on mice epididymis and vas deferan: A morphometric study. J Gorgan University Med Science, 1(1): 1-7.

3- Robert E. 1996. Teratogen update: electromagnetic fields. Teratology, 54 (6): 305-313.

4- Simko M, Mattsson MO. 2004. Extremely low frequency electromagnetic fields as effectors of cellular responses in vitro: possible immune cell activation. J Cell Biochem, 93: 83-92.

5- Rollwitz J, Lupke M, Simko M. 2004. Fifty- hertz magnetic fields induce free radical formation in mouse bone marrow-derived promonocytes and macrophages. Biochem Biophys Acta, 1674: 231-238.

6- Ciejka E, Kleniewska P, Skibska B, Goraca A. 2011. Effects of extremely low frequency magnetic field on oxidative balance in brain of rats. Journal of Physiology and Pharmacology, 62(6): 657-661.

7- Winterbourn CC. 2008. Reconciling the chemistry and biology of reactive oxygen species. Nature Chem Biol, 4: 278-286.

[Downloaded from labdiagnosis.ir on 2026-06-03]

8- Akbari A and Jelodar Gh. 2013. The effect of oxidative stress and antioxidants on men fertility. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences, 15(7): 1-7.

9- Repacholi M.H. 2001. Machanisms for interaction between RF fields and biological tissue. Bioelectromagnetic, 7: 98-106.

10- Bindu M.P & Annamalai P.T. 2004. Binding proteins in a natural pre-ovulatory follicle from a woman with polycystic ovary. Indian J Biochem Biophysic, 41: 40-44.

11- Hashish A.H, El-Missiry M.A, Abdelkader H.I, Abou-saleh R.H. 2008. Assessment of biological changes of continuous whole body exposure to static and magnetic field and extremely low frequency electromagnetic fields in mice. Ecotoxicology Enviromental Safety, 71: 895-902.

12- Canseven Gulnihal A, Coskun S and Seyhan N. 2008. Effects of various extremely low frequency magnetic fields on the free radical processes, natural antioxidant system and respiratory burst system activities in the heart and liver tissues. Indian Journal of Biochemistry & Biophysics, 45: 326-331.

13- Erel O. 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. Clin Biochem, 37: 277-285.

14- Behari, J and Rajamani P. 2012. Electromagnetic field exposure effects (ELF-EMF and RFR) on fertility and reproduction. BioInitiative Working Group.

15- Paglia D.E, Valentine W.N. 1967. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. Journal Lab Clin Med, 70: 158-169.

16- Drogue W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. Physiological Reviews, 82: 47-95.

17- Hardell L, Sage C. 2008. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. Biomed Pharmacotherapy, 62(2): 104-109.

18- Goraca A, Ciejka E, Piechota A. 2010. Effects of extremely low frequency magnetic field on the parameters of oxidative stress in heart. Journal of Physiology and Pharmacology, 61(3): 333-338.

19- Guler G,Turkozer Z, Seyhan N. 2007. Electric field effects on guinea pig serum. The role of free radicals. Electromagen Biol Med, 26: 207-222.

20- Ghodbane S, Lahbib A, Sakly M and Abdelmelek H. 2013. Review Article: Bioeffects of static magnetic fields: oxidative stress, genotoxic effects, and cancer studies. Hindawi Publishing Corporation BioMed Research Internationa, 3: 1-12.

21- Cenesiz M, Atakisi O, Akar A, Onbilgin G, Ormanci N. 2011. Effects of 900 and 1800MHz electromagnetic field application on electrocardiogram, nitric oxide, total antioxidant capacity, total oxidant capacity, total protein, albumin and globulin levels in guinea pigs. Kafkass Univ Vet Fak Derg, 17(3): 357-362.

22- Mark W, Cunningham J.R, Jennifer M.S, Crystal A.W and Chris B. 2013. Renal redox response to normal pregnancy in the rat. American J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 304(6): 443–449.

23- Bast A, Haenen G.R, Doelman C.J. 1991. Oxidants and antioxidants: State of the art. Am J Med, 91 (3): 2S-S13.

24- Coskun S, Balabani B. 2009. Effects of continuous and intermittent magnetic fields on oxidative parameters In-vivo. Neurochemical Research, 34: 238-243.

25- Markkenen A. 2009. Effects of electromagnetic fields on cellular responses to agents causing oxidative stress and DNA damage. Journal Radiat Biol, 86:1088-1094.

[Downloaded from labdiagnosis.ir on 2026-06-03]