بررسی اثر میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر تکوین جنین دوسلولی موش سوری نژاد NMRI (In vitro)

راهله رهباریان[1]، سیددامون صدوقی*[2]

تاریخ دریافت 1392/09/04 تاریخ پذیرش 1392/11/08

چکیده

پیش زمینه و هدف: پیش زمینه و هدف: افزایش دستگاه‌های الکتریکی، زنان باردار را در معرض تشعشات میدان‌های الکترومغناطیس (EMF) با فرکانس پایین (۶۰-۵۰ هرتز)، قرار داده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر تکوین جنین دوسلولی موش‌های سوری می‌باشد.

مواد و روش کار: تحریک تخمک‌گذاری در موش‌های ماده، با تزریق داخل صفاقی ۱۰ واحد PMSG صورت گرفت. ۴۸ ساعت بعد، ۱۰ واحد HCG به‌صورت داخل صفاقی تزریق شد. سپس موش‌های ماده با موش‌های نر هم‌قفس شدند. ۴۸ ساعت پس از تزریق HCG موش‌های دارای پلاک واژنی کشته شدند و در شرایط استریل جنین‌های دوسلولی آن‌ها در محیط کشت M16 جمع‌آوری شد. سپس جنین‌ها به گروه‌های شاهد (۵ روز در انکوباتور)، شاهد آزمایشگاهی (۹۰ دقیقه در مجاورت سیستم مولد میدان الکترومغناطیس به حالت خاموش) و شش گروه تجربی که به مدت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین و با شدت‌های ۱۰ و ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند. درصد تکوین جنین‌های همه گروه‌ها در روزهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ آزمایش موردبررسی قرار گرفت. داده‌ها توسط آزمون واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی Tukey در سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ بررسی شد.

یافته‌ها: تعداد و درصد تکوین جنین‌های گروهی که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۹۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با گروه شاهد در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). تعداد و درصد تکوین جنین‌های گروه‌هایی که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با گروه شاهد در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین در شدت‌های بالا می‌تواند موجب کاهش و توقف روند تکوین جنین‌های موش سوری شود.

واژه‌های کلیدی: میدان الکترومغناطیس، شدت‌های ۱۰ و ۲۰۰ گاؤس، جنین، موش سوری

مجله پزشکی ارومیه، دوره بیست و پنجم، شماره اول، ص ۷۵-۶۷، فروردین ۱۳۹۳

آدرس مکاتبه: ایران، مشهد، بلوار معلم، معلم ۷۱، دانشگاه پیام نور، گروه زیست‌شناسی، صندوق پستی ۴۳۳-۹۱۷۳۵، تلفن: ۰۹۱۵۳۰۲۶۳۱۳

Email: Damoon.Sadughi@Gmail.com

مقدمه

ناباروری اختلالی است که تمامی جوامع در سراسر دنیا با آن مواجه هستند. در راستای حل این مشکل، مطالعات بسیاری جهت شناخت علل ناباروری و راه‌های درمان آن انجام شده است (۱). فعال نشدن تخمک توسط اسپرم، کاهش سرعت رشد و نمو و توقف جنین‌ها در یک مرحله از تکوین مانند توقف در مرحله دوسلولی و... را می‌توان ازجمله علل ایجاد ناباروری، در گروهی از زوج‌ها دانست (۲،۳). تشعشعات الکترومغناطیسی نوعی موج است که در فضا انتشار می‌یابد. آن‌ها دارای ماهیت و سرعت یکسان هستند و فقط ازلحاظ فرکانس یا طول‌موج با هم تفاوت دارند موج‌ها به دودسته امواج طولی و عرضی تقسیم می‌شوند. در امواج طولی سرعت انتشار موج، موازی با حرکت نوسانی آن است درحالی‌که در امواج عرضی این سرعت عمود بر آن می‌باشد. میدان‌های الکترومغناطیس از نوع امواج عرضی هستند. میدان‌های الکترومغناطیس در هر فرکانس مشخص شدت‌جریان متفاوتی دارند که به مقدار بار الکتریکی خالصی که در واحد زمان از سطح مقطع خاصی از رسانا عبور می‌کند، بستگی دارد (۴). در طی چند دهه گذشته با افزایش استفاده از وسایل الکتریکی تولیدکننده میدان‌های الکترومغناطیس

[1] استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، جمهوری اسلامی ایران

[2] گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، جمهوری اسلامی ایران (نویسنده مسئول)

در محیط‌های کار و زندگی، توجه محققین به تهدیدات احتمالی این وسایل بر سلامتی بشر جلب شده است (۵). فرکانس بیشتر این دستگاه‌ها بین ۵۰ تا ۶۰ هرتز و شدت‌جریان آن‌ها بین ۶ تا ۱۰ آمپر متغیر می‌باشد لذا شدت میدان حاصل از این دستگاه‌ها بسته به شدت‌جریان و فاصله از دستگاه متغیر است. در تقسیم‌بندی امواج الکترومغناطیس با فرکانس پایین از دیدگاه موجی، در ناحیه امواج با طول‌موج بالا و در تقسیم‌بندی این امواج در گروه امواج مولد حرارت، در ناحیه امواج متوسط و سطح پایین قرار می‌گیرند (۶). همچنین مشخص شد میدان‌های الکترومغناطیس می‌توانند ازجمله عوامل آسیب‌رسان در مراحل مختلف تکوین جنینی باشند. آن‌ها قادرند به داخل بافت زنده نفوذ کرده، پتانسیل الکتریکی غشاهای سلولی را تغییر داده و موجب اختلال در انتشار یون‌ها گردند. این تغییرات می‌تواند فرآیندهای درون‌ریز و بیوشیمیایی سلول‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (۷). مطالعات فراوانی نشان می‌دهد که میدان‌های الکترومغناطیس در شدت‌های بالا، با تغییر در عملکرد و یا مراحل عملکردی سلول‌ها، پاسخ‌های متنوعی در موجودات زنده القاء می‌کنند که می‌توان به تأثیر آن بر روی تکثیر و تمایز سلولی، اختلال در چرخه سلولی، القاء مرگ برنامه‌ریزی‌شده، اختلال در ارتباطات بین سلولی، افزایش بروز تخریب RNA، اختلال در بیان ژن‌ها، افزایش بروز تخریب DNA، تولید رادیکال‌های آزاد و تغییر در فعالیت‌های آنزیمی-آنتی‌اکسیدانی اشاره نمود (۸). بررسی‌ها نشان داده‌اند که قرارگیری در معرض میدان‌های الکترومغناطیس می‌تواند منجر به بالا رفتن دما در سلول‌ها و موجب اختلال در مکانیسم‌های سلولی شود (۹). بر اساس آزمایشی، قرارگیری جنین بی‌مهرگان در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین، موجب کاهش احتمال باروری در جنس ماده و همچنین منجر به توقف تکوین جنین‌ها در مرحله دوسلولی شد (۱۰). در مطالعه‌ای دیگر، نشان داده شد قرارگیری سلول‌های جنینی در معرض میدان‌های الکترومغناطیس موجب کاهش تسهیم سلولی و در موارد شدیدتر موجب توقف تسهیم در آن‌ها می‌شود و علت آن، القای آسیب کروموزومی توسط میدان‌های الکترومغناطیس گزارش شد (۱۱). گزارش شده است قرارگیری توده سلول‌های داخلی (Inner cell mass) در معرض تشعشعات الکترومغناطیس، منجر به مهار تقسیم سلولی و مهار قابلیت پرتوانی این سلول‌ها می‌شود. علت این پدیده، تولید رادیکال‌های آزاد در این سلول‌ها اعلام شد. همچنین مشخص شد حتی شدت‌های کم میدان‌های الکترومغناطیس به‌واسطه استرس‌زایی بر فرآیندهای زیستی، می‌توانند تأثیرات سوء خود را بر سلول‌ها اعمال کنند (۱۲،۱۳). بسیاری از مطالعات حاکی از آن است که میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز در شدت‌های بالا بسیار خطرناک بوده و می‌توانند منجر به ایجاد لوسمی، تومورهای مغزی، تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، بروز اختلالات عصبی، بیماری‌های گوارشی، اختلالات خواب و از همه مهم‌تر منجر به شیوع اختلالات تکاملی، نازایی و سقط‌جنین شوند (۱۶-۱۴). تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات کوچک در شدت میدان الکترومغناطیس منجر به پاسخ‌های سلولی متفاوتی می‌شود (۱۷). لذا در پژوهش حاضر از میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت پایین ۱۰ گاؤس و شدت بالای ۲۰۰ گاؤس، استفاده شد. امروزه افزایش بیش‌ازحد امواج الکترومغناطیس با فرکانس پایین در اطراف زنان باردار و اثرات زیان‌بار احتمالی این امواج بر رشد و نمو جنین‌ها و همچنین افزایش سقط‌های جنینی در همان مراحل اولیه تسهیمات سلولی، این نیاز را ایجاد می‌کند که مطالعات گسترده‌ای در زمینه اثرات میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر رشد و تکوین جنین صورت گیرد. هدف اصلی از انجام این پژوهش یافتن اثرات میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر تکوین جنین دوسلولی موش‌های سوری نژاد NMRI در شرایط In vitro می‌باشد.

مواد و روش‌ها

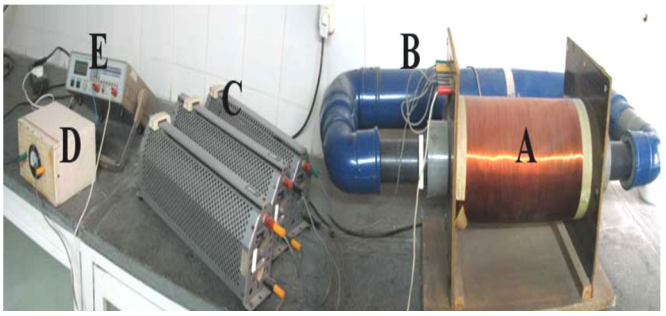
حیوان آزمایشگاهی: این پژوهش یک مطالعه تجربی آزمایشگاهی است که در سال ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. در این مطالعه تعداد ۱۵۰ سر موش سوری نژاد NMRI با میانگین سنی ۷ هفته که از این تعداد ۵۰ سر نر و ۱۰۰ سر ماده بوده‌اند استفاده شد. حیوانات در دمای تقریبی ۲۴-۲۲ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۴۵-۴۰ درصد و دوره روشنایی تاریکی ۱۲ ساعته نگهداری شدند. حیوانات در قفس‌های استاندارد قرار داشتند. همچنین آب به مقدار کافی توسط بطری شیشه‌ای در اختیار آن‌ها قرار داده شد و هیچ‌گونه محدودیتی ازنظر تغذیه نداشتند (۱۸،۱۹).

تحریک تخمک‌گذاری: موش‌های ماده به مدت یک هفته جدا از موش‌های نر نگهداری شدند. پس از اطمینان از باردار نبودن موش‌ها، ۱۰ واحد PMSG[1] (Intervet,Netherlands) به‌صورت داخل صفاقی به آن‌ها تزریق شد. ۴۸ ساعت بعد موش‌ها ۱۰ واحد HCG[2] (Organon,Netherlands) به همان روش داخل صفاقی دریافت کردند و در کنار موش‌های نر که قابلیت باروری داشتند، قرار گرفتند (۲۰). جمع‌آوری جنین‌های دوسلولی: ۴۸ ساعت پس از تزریق HCG موش‌های دارای پلاک واژنی با رعایت ملاحظات اخلاقی به روش جابجایی مهره‌های گردنی (Cervical dislocation) کشته‌شده و لوله رحمی آن‌ها به محیط کشت

[1] Pregnant mare serum gonadotropin
[2] Human Chorionic Gonadotropin

RPMI[3] (Gibco,UK) که قبل از استفاده میزان ۱۰درصد FBS[4] (Gibco,UK) به آن اضافه شده بود، منتقل شد. سپس به کمک استرئومیکروسکوپ تحقیقاتی (Ziess,Germany) حدود ۰/۲ میلی‌لیتر محیط کشت توسط سرنگ انسولین از انتهای دیستال لوله رحم پاشیده شد و جنین‌ها از انتهای پروکسیمال لوله رحم خارج شدند. جنین‌های دوسلولی که ازنظر ظاهری سالم به نظر می‌رسیدند پس از سه بار شستشو در محیط RPMI، توسط میکروپیپت استریل، به قطرات ۲۵ میکرولیتری از محیط کشت M16(Sigma-Aldrich,USA) که توسط پارافین مایع پوشیده شده بود، منتقل گردیدند. جنین‌ها به گروه‌های شاهد، شاهد آزمایشگاهی و ۶ گروه‌های تجربی تقسیم شدند. نمونه‌های گروه شاهد به مدت ۵ روز در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۹۰درصد و دی‌اکسید کربن ۵درصد انکوبه شدند. نمونه‌های گروه شاهد آزمایشگاهی بلافاصله بعد از جمع‌آوری روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۹۰ دقیقه در مجاورت سیستم مولد میدان الکترومغناطیس به حالت خاموش قرار گرفتند سپس به انکوباتور منتقل شدند. نمونه‌های گروه تجربی ۱ که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۳۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند. نمونه‌های گروه تجربی ۲ که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۶۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند. نمونه‌های گروه تجربی ۳ که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۹۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند. نمونه‌های گروه تجربی ۴ که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۳۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند. نمونه‌های گروه تجربی ۵ که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۶۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند. نمونه‌های گروه تجربی ۶ که روزانه (۵ روز متوالی) به مدت ۹۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند. جنین‌های تمامی گروه‌ها پس از پرتودهی با امواج الکترومغناطیس به انکوباتور منتقل شدند.

نحوه ایجاد میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۱۰ و ۲۰۰ گاؤس: برای تأمین میدان الکترومغناطیس از یک سیستم ویژه که دارای شرایط مناسب انکوباسیون (دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۹۰درصد و شرایط استریل)، بوبین، سه رئوستا، خازن و آمپرمتر است، استفاده شد. برای ساخت بوبین، حول یک لوله از جنس pvc مقادیر مشخصی از سیم مسی، با استفاده از فرمول محاسبه شدت میدان الکترومغناطیس ($B=\mu nI$) پیچانده شد. (B: شدت میدان الکترومغناطیس برحسب تسلا، μ: $۴\pi\times۱۰$، n: تعداد دور در واحد طول، I: شدت‌جریان) این سیم‌پیچ قادر به تأمین شدت میدان الکترومغناطیس بین ۱۰ تا ۴۰۰ گاؤس می‌باشد. به‌منظور اطمینان از صحت خروجی میدان الکترومغناطیس با شدت‌های ۱۰ و ۲۰۰ گاؤس، پس از برقراری جریان در مدار، با استفاده از گاؤس‌متر شدت میدان بررسی شد. (تصویر ۱). پیش از شروع مراحل آزمایش برای مشخص نمودن مدت‌زمانی که نمونه‌ها باید در معرض میدان الکترومغناطیس قرار بگیرند، چند جنین در زمان‌های متفاوت در مجاورت میدان الکترومغناطیس قرار گرفتند. مشخص شد جنین‌ها قابلیت تحمل مدت‌زمان بیش از ۱۲۰ دقیقه را نداشته و در همان روز اول آزمایش تخریب می‌شوند؛ بنابراین به‌منظور اینکه بتوان میزان تکوین جنین‌ها را در روزهای مختلف آزمایش بررسی نمود، از مدت‌زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه استفاده شد. محقق در مراحل مختلف پژوهش، نظیر نگهداری حیوان، تابش‌دهی با امواج الکترومغناطیس، کشتن به روش قطع نخاع گردنی و غیره متعهد به رعایت اصول اخلاقی پژوهش بوده است.



تصویر (۱): سیستم مولد میدان الکترومغناطیس و انکوباسیون.
A: سیم پیچ مولد میدان الکترومغناطیس، B: محفظه انکوباسیون، C: رئوستا، D: خازن، E: ولت سنج.

[3] Roswell Park Memorial Institute
[4] Fetal Bovine Serum

ارزیابی جنین‌ها: جنین‌های گروه‌های شاهد و شاهد آزمایشگاهی و گروه‌های تجربی، هر ۲۴ ساعت یک‌بار به مدت ۵ روز توسط میکروسکوپ معکوس (Nikon,Japan) مشاهده شدند و میزان درصد رشد و تکوین جنین‌ها در مراحل چهار و هشت سلولی (روز اول)، مرولا (Morula) (روز دوم)، بلاستوسیست اولیه و ثانویه (روز سوم)، بلاستوسیست در حال خروج از زوناپلوسیدا (Hatching Blastocyst) (روز چهارم) و بلاستوسیست خارج شده از زوناپلوسیدا (Hatched Blastocyt) (روز پنجم) موردبررسی قرار گرفت (۲۱).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: مراحل پژوهش ۴ بار تکرار شد و تعداد جنین‌های تکوین یافته در هر روز با هم جمع شدند سپس درصد تکوین آن‌ها محاسبه و گزارش شد. اطلاعات به‌دست‌آمده به کمک نرم‌افزار آماری SPSS (ویرایش ۲۰) توسط آزمون واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار میان گروه‌ها و به‌منظور تفکیک گروه‌هایی که با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند از آزمون تعقیبی Tukey در سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ استفاده شد.

فرمول محاسبه درصد تکوین جنین:

$$\text{درصد تکوین جنین} = \frac{\text{تعداد جنین‌های تکوین یافته در هر روز پس از قرارگیری در معرض EMF}}{\text{تعداد کل جنین‌های موجود در هر گروه (n=29)}} \times ۱۰۰$$

یافته‌ها

با توجه به نتایج پژوهش حاضر از ۲۴۹ جنین به‌دست‌آمده در چهار مرتبه تکرار آزمایش، ۲۳۲ جنین ازنظر مرفولوژی سالم بودند که به گروه‌های شاهد، شاهد آزمایشگاهی و ۶ گروه‌های تجربی تقسیم شدند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقایسه درصد تکوین جنین‌های گروه شاهد و گروه شاهد آزمایشگاهی در هر یک از روزهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ آزمایش، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری نشان نداد (p>۰/۰۵). درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۳۰ و ۶۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌های گروه شاهد در هر یک از روزهای آزمایش کاهش یافت ولی این کاهش معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۹۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با درصد تکوین ن جنین‌های گروه شاهد در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عدد p به‌دست‌آمده از مقایسه آماری این دو گروه در روزهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ آزمایش، به ترتیب شامل (p=۰/۰۱۹)، (p=۰/۰۰۹)، (p=۰/۰۱۱)، (p=۰/۰۲۸) و (p=۰/۰۲۳) می‌باشد. درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۳۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌های گروه شاهد در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عدد p به‌دست‌آمده از مقایسه آماری این دو گروه در هر یک از روزهای آزمایش، به ترتیب شامل (p=۰/۰۱۵)، (p=۰/۰۰۷)، (p=۰/۰۰۶)، (p=۰/۰۰۹) و (p=۰/۰۱۷) می‌باشد. درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۶۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌های گروه شاهد در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عدد p به‌دست‌آمده از مقایسه آماری این دو گروه در هر یک از روزهای آزمایش، به ترتیب شامل (p=۰/۰۰۳)، (p=۰/۰۰۴)، (p=۰/۰۰۵)، (p=۰/۰۰۰) و (p=۰/۰۰۰) می‌باشد. درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۹۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌های گروه شاهد در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عدد p به‌دست‌آمده از مقایسه آماری این دو گروه در هر یک از روزهای آزمایش، به ترتیب شامل (p=۰/۰۰۱)، (p=۰/۰۰۰)، (p=۰/۰۰۰)، (p=۰/۰۰۰) و (p=۰/۰۰۰) می‌باشد. درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۳۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۳۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عدد p به‌دست‌آمده از مقایسه آماری این دو گروه در هر یک از روزهای آزمایش، به ترتیب شامل (p=۰/۰۱۵)، (p=۰/۰۱۳)، (p=۰/۰۱۶)، (p=۰/۰۲۱) و (p=۰/۰۲۹) می‌باشد. درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۶۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه به مدت ۶۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عدد p به‌دست‌آمده از مقایسه آماری این دو گروه در هر یک از روزهای آزمایش، به ترتیب شامل (p=۰/۰۰۱)، (p=۰/۰۰۲)، (p=۰/۰۰۶)، (p=۰/۰۱۵) و (p=۰/۰۱۷) می‌باشد. درصد تکوین نمونه‌هایی که روزانه به مدت ۹۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار گرفتند در مقایسه با

درصد تکوین نمونه‌هایی که روزانه به مدت ۹۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس قرار گرفتند در هر یک از روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عدد p به‌دست‌آمده از مقایسه آماری این دو گروه در هر یک از روزهای آزمایش، به ترتیب شامل (p=۰/۰۱۸)، (p=۰/۰۲۲)، (p=۰/۰۳۱)، (p=۰/۰۳۵) و (p=۰/۰۴۱) می‌باشد. درصد تکوین نمونه‌های گروه‌های شاهد، شاهد آزمایشگاهی و گروه‌های تجربی با گذشت روزهای آزمایش کاهش یافت. (اول>دوم>سوم>چهارم>پنجم)

جدول (۱): تعداد و درصد جنین‌های تکوین یافته در روزهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در گروه‌های مختلف

روز / گروه			تعداد جنین‌های تکوین یافته					درصد جنین‌های تکوین یافته				
			اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
شاهد (n=29)			27	25	22	18	17	93/10	86/20	75/86	62/06	58/62
شاهد آزمایشگاهی (n=29)			24	21	20	16	15	82/75	72/41	68/96	55/17	51/72
در معرض EMF با شدت 10 گاؤس (n=29)	مدت‌زمان قرارگیری در معرض میدان الکترومغناطیس (دقیقه)	30	26	24	19	15	13	89/65	82/75	65/51	51/72	44/82
		60	22	20	17	14	12	75/86	68/96	58/62	48/27	41/37
		90	17	13	10	10	8	[a]58/62	[a]44/82	[a]34/48	[a]34/48	[a]27/58
در معرض EMF با شدت 200 گاؤس (n=29)		30	11	8	4	1	1	[ab]37/93	[ab]27/58	[ab]13/79	[ab]3/44	[ab]3/44
		60	4	2	1	0	0	[ab]13/79	[ab]6/89	[ab]3/44	[ab]0	[ab]0
		90	2	0	0	0	0	[ab]6/89	[ab]0	[ab]0	[ab]0	[ab]0

a: اختلاف معنی‌دار در سطح (P<۰/۰۵) بین گروه‌های تجربی و شاهد

b: اختلاف معنی‌دار در سطح (P<۰/۰۵) بین گروه‌های تجربی

بحث

در این پژوهش مشخص شد درصد تکوین جنین‌هایی که روزانه در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۲۰۰ گاؤس قرار داشتند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌هایی که در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس بودند، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این مطلب حاکی از این است که شدت‌های بالای میدان‌های الکترومغناطیس می‌تواند اثرات مخربی بر رشد و تکوین جنین‌ها اعمال کند. همچنین می‌توان گفت اثرات مخربی که میدان‌های الکترومغناطیس بر رشد و تکوین جنینی دارند با شدت آن رابطه مستقیم دارد (۲۲). همچنین درصد تکوین و میزان رشد و نمو جنین‌ها با گذشت هر یک از روزهای آزمایش کاهش یافت؛ به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت تعداد و میزان تکوین جنین‌هایی که به‌دفعات بیشتری در معرض تشعشعات میدان الکترومغناطیس قرار داشتند، نسبت به روز اول آزمایش، به‌طور محسوسی کاهش یافت و با توجه به اینکه هر ۴۸ ساعت محیط کشت جنین‌ها تعویض می‌شد، نمی‌توان این کاهش در تعداد و درصد تکوین جنین‌ها را به کمبود مواد غذایی و تغییرات PH محیط کشت نسبت داد. درصد تکوین جنینی در گروه‌هایی که روزانه به مدت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس قرار داشتند با هم مقایسه شد و مشخص گردید درصد تکوین جنین‌ها در هر یک از روزهای آزمایش با افزایش مدت‌زمان قرارگیری در معرض میدان الکترومغناطیس به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه شدت میدان اثر داده شد در هر یک از گروه‌های فوق یکسان بوده است، بنابراین می‌توان گفت جنین‌هایی که مدت‌زمان بیشتری در معرض شدت میدان ۲۰۰ گاؤس قرار داشتند، میزان دژنره شدن آن‌ها افزایش و درصد تکوین آن‌ها کاهش یافت. با توجه به مطالب فوق، اثرات مخربی که میدان‌های الکترومغناطیس می‌توانند بر جنین‌ها اعمال کنند، با شدت میدان الکترومغناطیس، تعداد دفعات قرارگیری در معرض پرتوهای الکترومغناطیس و همچنین مدت‌زمانی که جنین‌ها در معرض میدان الکترومغناطیس قرار می‌گیرند، رابطه مستقیم دارد (۲۳). Balanejad اثر مهاری تشعشعات میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس پایین و شدت ۴۰۰ گاؤس را بر آنژیوژنز در پرده کوریوآلانتوئیک جنین جوجه گزارش نمود. به عقیده وی میدان الکترومغناطیس در شدت‌های بالا می‌تواند سبب کاهش وزن جنین جوجه در مراحل اولیه رشد و نمو گردد (۲۴). Huuskonen بیان داشت قرارگیری موش‌های صحرایی نژاد ویستار باردار در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین منجر به کاهش شدید وزن بدن و ایجاد ناهنجاری در اندام‌های حرکتی و همچنین در شدت‌های بالا منجر به مرگ جنین موش‌های صحرایی شد (۲۵). Bahararaبا قرار دادن تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار از روز دهم انکوباسیون در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های مختلف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گاؤس متوجه شد که میدان الکترومغناطیس با شدت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ گاؤس دارای اثر مهاری بر آنژیوژنز در پرده کوریوآلانتوئیک جنین جوجه است و تعداد و طول انشعابات عروقی را کاهش می‌دهد. به عقیده وی میدان الکترومغناطیس با شدت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ گاؤس می‌توانند اثر بازدارندگی بر رشد و

تقسیم سلول‌های آندوتلیال عروق خونی جنینی داشته باشند (۲۶). Canseven در مطالعه‌ای سلول‌های جنینی خوکچه‌های هندی را به مدت ۴ و ۸ ساعت در طی ۵ روز در معرض میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۱، ۲ و ۳ تسلا قرار داد و میزان رشد و تکوین آن‌ها را بررسی نمود. نتایج نشان داد تشعشعات الکترومغناطیس با تخریب DNA و همچنین با تأثیر بر ساختار آنزیم‌های غشا سلولی و تغییر نفوذپذیری آن، منجر به دژنره شدن سلول‌های جنینی می‌شود (۲۷). Cieslarمراحل تکوین، رشد و نمو سلول‌های قلب جنین موش صحرایی (In vitro) که به مدت ۳۰ دقیقه در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۷۸/۳ گاؤس قرار داشتند را بررسی نمود. نتایج بیانگر آن است که طول، قطر و در کل اندازه قلب در نمونه‌هایی که در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس بودند نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۸). Valles در مطالعه‌ای نشان داد که میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین و در شدت‌های بالا می‌تواند بر سرعت تسهیم سلولی و جهت‌یابی دوک‌های میتوزی مؤثر باشد و حتی می‌تواند با تخریب دوک‌های میتوزی از تقسیم سلولی جلوگیری کند (۲۹). با توجه به نتایج این پژوهش اختلاف معنی‌داری بین درصد تکوین جنین‌هایی که به مدت ۳۰ و ۶۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۱۰ گاؤس قرار داشته‌اند و درصد تکوین جنین‌های گروه شاهد، مشاهده نشد. بر اساس بسیاری از تحقیقات صورت گرفته، اثراتی که میدان‌های الکترومغناطیس می‌توانند بر سلول‌ها اعمال کنند با شدت میدان، فاصله از منبع تولیدکننده میدان و مدت‌زمان قرارگیری در معرض میدان الکترومغناطیس رابطه مستقیم دارد (۵). این بدین معناست که میدان الکترومغناطیس با شدت ۱۰ گاؤس نتوانسته است تأثیر معنی‌داری بر رشد و نمو جنین‌ها در نمونه‌هایی که به مدت ۳۰ و ۶۰ دقیقه در معرض آن قرار داشته‌اند، اعمال کند. در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی اثرات میدان‌های الکترومغناطیس بر ساختار هیستوپاتولوژیکی و آناتومیکی بافت لثه موش صحرایی از میدانی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۸۰ گاؤس استفاده شد. در این شدت ضخامت بافت لثه کاهش و آسیب لثه‌ای افزایش یافت همچنین موجب افزایش آسیب دندانی شد (۳۰). در مطالعه‌ای مشخص شد که قرارگیری موش‌های صحرایی در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین و شدت‌های بالا به مدت ۴ ماه متوالی می‌تواند منجر به آسیب غشای سلولی و القای آپوپتوز در سلول‌های اپیتلیوم رحم شود (۳۱). در مطالعه‌ای مشخص شد قرارگیری موش‌های صحرایی نر در معرض امواج الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های بالا می‌تواند موجب کاهش روند اسپرماتوژنز شود و همچنین قابلیت تحرک اسپرم‌ها با افزایش شدت امواج الکترومغناطیسی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۳۲). در پژوهشی مشخص گردید که قرارگیری موش‌های صحرایی در معرض شدت‌های صعودی میدان الکترومغناطیس ۵۰ هرتز موجب کاهش دانسیته نورونی هسته‌های پری اپتیک میانی می‌شود (۳۳). Li در مطالعه‌ای مشخص نمود اثر مهاری که میدان الکترومغناطیسی پایدار بر سلول‌های آندوتلیال عروق جنین انسان اعمال می‌کنند به شدت میدان بستگی دارد و با افزایش آن اثر مهاری تشدید می‌شود (۳۴). Flipo با قرار دادن موش‌های صحرایی تحت تابش میدان الکترومغناطیسی پایدار ۲۵۰ تا ۱۵۰۰ گاؤس متوجه شد این تابش منجر به افزایش کلسیم درون‌سلولی در ماکروفاژها، کاهش واکنش‌های میتوژنیک در لنفوسیت‌ها و باعث افزایش آپوپتوز در سایر سلول‌ها شد (۳۵). Mangiacasale در پژوهشی گزارش نمود میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های بالا میزان آپوپتوز را در لنفوسیت‌های طبیعی و سلول‌های لنفوبلاست انسان افزایش می‌دهد (۳۶). Pagnac در مطالعه‌ای مشخص نمود که قرارگیری تخم‌های لقاح یافته توتیای دریائی در مجاورت شدت‌های بسیار پایین میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین، تأثیری روی زمان اولین تقسیم کلیواژی ندارد (۳۷). درصد تکوین جنین‌هایی که به مدت ۹۰ دقیقه در معرض مستقیم میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۱۰ گاؤس قرار داشته‌اند در مقایسه با درصد تکوین جنین‌های گروه شاهد، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این بدین معناست که قرارگیری جنین‌ها حتی در معرض شدت‌های پایین میدان‌های الکترومغناطیس در مدت‌زمان‌های بالا ممکن است اثرات مخربی بر تکوین جنین‌ها اعمال کند.

نتیجه‌گیری

با تحلیل نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مشخص شد اثراتی که میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس پایین می‌توانند بر روند رشد و تکوین جنین‌ها داشته باشند، با شدت میدان، مدت‌زمان و دفعاتی که جنین‌ها در معرض پرتوهای الکترومغناطیس قرار می‌گیرند، رابطه مستقیم دارد. لذا قرارگیری مداوم زنان باردار در معرض تشعشعات میدان‌های الکترومغناطیس با شدت‌های بالا، می‌تواند اثرات مخربی بر رشد و تکوین جنین آن‌ها داشته باشد و با توجه به اینکه امروزه بیش‌ازپیش زنان باردار در معرض میدان‌های الکترومغناطیس قرار دارند، می‌توان یک علت سقط‌های جنینی در همان مراحل اولیه تسهیمات سلولی را، قرارگیری مداوم زنان باردار در معرض تشعشعات میدان‌های الکترومغناطیس دانست.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از گروه زیست‌شناسی دانشگاه پیام نور مرکز مشهد تشکر و قدردانی می‌شود.

References:

1. Vahidi S, Ardalan A, Mohammad K. The study of primary infertility in islamic republic of iran on 2003-2004. Fertility and Sterility 2005; 7(28): 243-51. (Persian)
2. Jun F, Yong W, Kin L, Dantong Y, Yi Q, Hsiao Ch, etal. Anti-ACTL7a antibodies: a cause of infertility. Fertility and Sterility 2012; 97(5): 1226-33.
3. Katherine L. Flynn O, Alex C, Ashok A. The genetic causes of male factor infertility: A review. Fertility and Sterility 2010; 93(1): 1-12.
4. Jia HL, Wang C, Li Y, Lu Y, Wang PP, Pan WD, et al. Combined effects of 50 Hz magnetic field and magnetic nanoparticles on the proliferation and apoptosis of PC12 cells. Biomed Environ Sci 2014;27(2):97–105.
5. Falone S, Grossi MR, Cinque B, D'Angelo B, Tettamanti E, Cimini A, et al. Fifty hertz extremely low-frequency electromagnetic field causes changes in redox and differentiative status in neuroblastoma cells. Int J Biochem Cell Biol 2007;39(11):2093–106.
6. Kundi M, Hardell L, Sage C, Sobel E. Electromagnetic fields and the precautionary principle. Environmental health perspectives 2009; 117(11): 484-95.
7. Lerchl A, Krüger H, Niehaus M, Streckert JR, Bitz AK, Hansen V. Effects of mobile phone electromagnetic fields at non thermal SAR values on melatonin and body weight of Djungarian hamsters (Phodopus sungorus). Journal of Pineal Research 2008; 44(19): 267-72.
8. Focke F, Schuermann D, Kuster N, Schär P. DNA fragmentation in human fibroblasts under extremely low frequency electromagnetic field exposure. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis 2010; 683(1): 74-83.
9. Juutilainen J. Developmental effects of electromagnetic fields. Bioelectromagnetics 2005; 7(2): 107-15.
10. Bojawar T, Jalari M, Aamodt E, Ware MF, Haynie DT. Effect of electromagnetic nanopulses on C.elegans fertility. Bioelectromagnetics 2006; 27(7): 515-20.
11. Luo Q, Yang J, Zeng QL, Zhu XM, Qian YL, Huang HF. 50-Hertz electromagnetic fields induce gamma H2AX foci formation in mouse preimplantation embryos in vitro. Biology of Reproduction 2006; 75(5): 673-80.
12. Ahuja Y, Vijayalakshmi V, Polasa K. Stem cell test: A practical tool in toxicogenomics. Toxicology 2007; 231(1): 1-10.
13. Beraldi R, Sciamanna I, Mangiacasale R, Lorenzini R, Spadafora C. Mouse early embryos obtained by natural breeding or in vitro fertilization display a differential sensitivity to extremely low-frequency electromagnetic fields. Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis 2003; 538(2): 163-70.
14. Kaszuba-Zwoinska J, Ziomber A, Gil K, Bugajski A, Zaraska W, Thor P. Pulsating electromagnetic field induces apoptosis of rat's bowel Cajal's cells. Folia Medica Cracoviensia 2005; 46(3): 87-95.
15. Mezei G, Kheifets L. Selection bias and its implications for case-control studies: a case study of magnetic field exposure and childhood leukemia. International Journal of Epidemiology 2006; 35(2): 397-406.
16. Akdag MZ, Dasdag S, Aksen F, Isik B. Effect of ELF magnetic fields on lipid peroxidation, sperm count, p53, and trace elements. Medical Science Monitor 2006; 12(11): 366-71.
17. Cucurachi S, Tamis W, Vijver M, Peijnenburg W, Bolte J. A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). Environment International 2013; 51(8): 116-40.
18. Biggers JD, Summers MC. Impact of hyperglycemia on early embryo development and embryopathy: in vitro experiments using a mouse model. Human Reproduction 2008; 23(9): 2080-5.
19. Fukuhara R, Fujii S, Nakamura R, Yuzawa E, Kimura H, Fukui A, et al. Erythrocytes counteract the negative effects of female ageing on mouse preimplantation embryo development and blastocyst formation. Human Reproduction 2008; 14(8): 445-53.
20. Huang JC, Wun WS, Goldsby JS, Egan K, FitzGerald GA, Wu KK. Prostacyclin receptor signaling and early embryo development in the mouse. Human Reproduction 2007; 22(11): 2851-6.

21. Michael L, Paavo B, Roy A, Michael H. First cleavages, preblastula and blastula in the parthenogenetic mite Archegozetes longisetosus (Acari, Oribatida) indicate holoblastic rather than superficial cleavage. Arthropod Structure & Development 2010: 39(4): 276-86.
22. Cucurachi WLM, Tamis MG, Vijver WJGM, Peijnenburg JFB, Bolte GR, de Snoo. A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). Environment International 2013; 51: 116-40.
23. Komaki A, Khalili A, Salehi I, Shahidi S, Sarihi A. Effects of exposure to an extremely low frequency electromagnetic field on hippocampal long-term potentiation in rat. Brain Research 2014; 1564: 1-8.
24. Balanejad S, Parivar K, Baharara J, Mohseni Kochesfahani H. Effect of Combinned rapamycine and of low frequency electromagnetic field on angiogenesis. Journal of Shahrekord University of Medical Science 2010; 11(3): 70-6. (Persian)
25. Huuskonen H, Juutilainen J, Komulainen H. Effects of low-frequency magnetic fields on fetal development in rats. Bioelectromagnetics 1993; 14(3): 205-13.
26. Baharara J, Ashraf AL, Balanejad S, Mosavi S. Inhibitory effect of low frequency electromagnetic field on angiogenesis in the chick chorioalantoies. Journal of Zahedan University of Medical Science 2010; 12(2): 8-12. (Persian)
27. Canseven AG, Coskun S, Seyhan N. 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 2008; 45(5): 326-31.
28. Cieslar G, Sieron A, Turczynski B, Adamek M, Jaskolski F. The influence of extremely low-frequency variable magnetic fields on rheologic and dielectric properties of blood and the water electrolyte balance in experimental animals. Bielectrochemistry and Bioenergetics 1994; 35(6): 29-32.
29. Valles M. Model of magnetic field induced mitotic apparatus reorientation in frog egg. Biophysical Journal 2002; 82(3): 1260-5.
30. Anissian A, Khaki A, Gharachulo S, Khaki A, Sahizadeh R, Javadi L. The effects of an electromagnetic field on the gingival tissue apoptosis in rat. J Gonabad Univ Med Sci 2008; 14: 32-8. (Persian)
31. Mohseni KH, Parivar K, Mashhadi M, Golbostan E. Long-term culture of mouse embryo heart Balb / C, and the impact of electromagnetic fields and L-Arginine on the growth and differentiation. Med Sci J Islamic Azad Univ Tehran Med Branch 2009; 19: 1-10. (Persian).
32. Mortazavi SMJ, Tavassoli A, Ranjbari F, Moammaiee P. Effects of laptop computers' electromagnetic field on sperm quality. Barvari & Nabarvari 2010; 11: 251-8. (Persian).
33. Khurana V, Teo C, Kundi M, Hardell L, Carlberg M. Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. Surgical Neurology 2009; 72(3): 205-14.
34. Li F, Xu KW, Wang HC, Guo WY, Han Y, Liu B, Zhang RQ. Effects of static magnetic field on human umbilical vessel endothelial cell. J Med Colleges PLA 2007; 22: 106-10.
35. Flipo D, Fournier M, Benquet C, Roux P, Le Boulaire C, Pinsky C, et al. Increased apoptosis, changes in intracellular Ca2+ and functional alterations in lymphocytes and macrophages after in vitro exposure to static magnetic field. J Toxicol Environ Health A 1998; 54: 63-76.
36. Mangiacasale R, Tritarelli A, Scziamanna I, Cannone M, Lavia P, Barberis MC, et al. Normal and cancer-prone human cells respond differently to extremely low frequency magnetic fields. FEBS Lett 2001; 487: 397-403.
37. Pagnac C, Geneviere M. No effects of DC and 60-Hz AC magnetic fields on the first mitosis of two species of sea urchin embryos. Bioelectromagnetics 1998; 19(2): 494-7.

Original Article

INVESTIGATING THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELD WITH LOW FREQUENCY ON DEVELOPMENT OF TWO-CELL NMRI MICE EMBRYO (IN VITRO)

Raheleh Rahbarian[1], Seyed Damoon Sadooghi[*2]

Received: 25 Nov, 2013; Accepted: 28 Jan, 2014

Abstract

***Background & Aim*:** With increase in electrical devices, pregnant women has been exposed to electromagnetic field (EMF) radiation with low-frequency (50-60 Hz). The aim of this study is the investigating the effect of EMF with low frequency on development of two-cell NMRI mice embryo.

***Materials & Methods*:** Ovulation in female mice was induced by intraperitoneal injection of 10 IU PMSG. 48 hours later, 10 IU HCG was injected intraperitoneally. Then female mice were caged with male rats. Mice with vaginal plug were killed 48 hours after HCG injection and two-cell embryos in sterile conditions were collected in M16 medium. Embryos were divided into the control group (Incubated for 5 days), shame-exposed group (90 minutes in vicinity of switched off EMF generating system) and six experimental groups that were directly exposed to low frequency EMF with intensities of 10 and 200 gauss for 30, 60 and 90 minutes. In all groups, percentage of embryonic development were examined on days 1, 2, 3, 4 and 5 of experiment. The obtained data was statistically analyzed by ANOVA and post hoc Tukey ($p<0.05$).

***Results*:** Number and percentage of embryonic development of group that was daily (5 consecutive days) exposure to EMF with intensity of 10 gauss for 90 minutes, compare with the control group significantly decreased in each of the experiment days ($p<0.05$). Number and percentage of embryonic development of groups that were daily (5 consecutive days) exposure to EMF with intensity of 200 gauss for 30, 60 and 90 minutes, compare with the control group significantly decreased in each of the experiment days ($p<0.05$).

***Conclusion*:** Low frequency electromagnetic field with high intensity can be reduced and stop embryonic development in mice.

***Key words*:** Electromagnetic field, Intensities of 10 and 200 gauss, Embryo, Mice

Address: Department of Biology, Payame Noor University, 71St Moalem, Moalem Blvd, Mashhad, Iran, PO BOX 91735-433
Tel: +98 09153026313
Email: Damoon.Sadughi@Gmail.com

SOURCE: URMIA MED J 2014: 25(75): 20 ISSN: 1027-3727

[1] *Assistant Professor, Department of Biology, Payame Noor University, I.R. of IRAN*
[2] *Department of Biology, Payame Noor University, I.R. of IRAN (Corresponding author)*