

# اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز روی غدد تناسلی و هورمون‌های جنسی موش نر نژاد NMRI

نفیسه پذیره<sup>۱\*</sup>، وحیده سادات عباس نیا<sup>۲</sup>، کیوان کرامتی<sup>۳</sup>، بهمن دلالت<sup>۴</sup>، داوود دورانیان<sup>۱</sup>

۱- گروه علوم جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران - ایران.

۲- گروه علوم جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دامغان - ایران.

۳- گروه علوم دانشجوی دکتری تخصصی همانولوژی دانشگاه تربیت مدرس، تهران - ایران.

\* نویسنده مسئول: nafisch.pazirch@yahoo.com

## The Effect of Electromagnetic Field (50HZ) on Gonads and Sex Hormone Levels in Male NMRI Mice

Nafiseh Pazireh, N.<sup>1\*</sup>, Abbasnia, V.S.<sup>2</sup>, Keivan Keramati, K.<sup>3</sup>, Dorani, D.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Animal Sciences, Islamic Azad University, Sciences & Researches Branch, Tehran- Iran.

<sup>2</sup> Department of Animal Sciences, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan- Iran.

<sup>3</sup> Graduated of Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University of Tarbiat modares, Tehran- Iran.

### Abstract

Considering the life is affected by natural electromagnetic fields and artificial electromagnetic fields have been developed and are further being developed in recent decades, this research has been done on the effects of 0.06mT intensities with 50HZ frequency in gonads and sex hormone of adult male NMRI mice. Uniform electromagnetic fields were produced using solenoid coils. To do so, two experimental groups (n=12) were exposed to electromagnetic wave for 28 days four hours a day. The results of experimental groups were compared with control sham groups (n=6) and (n=6). The gonads were extracted from the mouse body and cross sectional and coloring procedures were accomplished for more histological studies. Besides, the amount of FSH, LH, Testosterone hormones was measured using Gamma counter method. Electromagnetic investigation of gonads and sex hormones showed significant decrease of diameter and weight of gonads and number of seminiferous tubules and decrease of spermatid, spermatozoa and testosterone ( $p<0.05$ ) in 0.06 mT electromagnetic field compared with sham control groups. The tunica albuginea thickness and LH increased at the same field significantly. Mean value of leydig cell, sertoli cell, spermatogon and spermatocyt and FSH in different groups did not show significant change. Results of this research showed electromagnetic field could affect the gonads and sex hormones. *Vet. J. of Islamic. Azad. Univ., Garmsar Branch. 5,1:21-29,2009.*

**Keywords:** electromagnetic fields, gonad, sex hormones, NMRI mice.

## چکیده

هدف: با توجه به این که حیات همواره تحت تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی طبیعی بوده و در دهه‌های اخیر میدان‌های الکترومغناطیسی دست ساز بشر نیز توسعه یافته و در حال گسترش بیشتر است لذا بحث درباره اثرات این میدان‌ها بر روی موجودات زنده به ویژه انسان مطرح است. این مطالعه به منظور بررسی اثر میدان‌های الکترومغناطیسی یکنواخت با فرکانس ۵۰ هرتز روی غدد تناسلی و هورمون‌های جنسی موش نر نژاد NMRI انجام گرفته است. در این مطالعه با استفاده از سیستم پیچ‌های سلونوئید میدان‌های مغناطیسی یکنواختی ایجاد شد بدین منظور دو گروه تجربی (n=12) ۲۸ روز پیوسته و در هر روز ۴ ساعت در معرض میدان‌های مورد نظر قرار گرفتند. و نتایج با گروه شام (n=6) و کنترل (n=6) مقایسه گردید. بیضه‌ها بعد از ۲۸ روز از بدن موش خارج شدند و مراحل برش گیری و رنگ آمیزی به منظور بررسی‌های هیستولوژیکی انجام شد. علاوه بر آن میزان هورمون‌های FSH, LH, Testestron به روش گاما کانتر سنجش شد. کاهش معنی دار قطر و وزن بیضه و تعداد لوله‌های سمینفر و افزایش ضخامت تونیکا آلبوژنه در گروه تجربی مشاهده شد تعداد اسپرماتیدها و اسپرم‌ها در گروه تجربی کاهش یافت تعداد اسپرماتوگونی‌ها و اسپرماتوسیت‌ها در گروه آزمایشی تغییر معنی داری پیدا نکرده بود. غلظت هورمون LH به طور معنی داری افزایش و غلظت Testestron به طور معنی داری کاهش پیدا کرده بود ولی غلظت FSH در گروه تجربی تغییر معنی داری پیدا نکرده بود. در این مطالعه میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز نسبت به تغییر در غدد تناسلی و هورمون‌های جنسی در موش‌های نر نژاد NMRI می‌شود. محله دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، ۱۳۸۸، دوره ۵، شماره ۱، ۲۹-۲۱.

واژه‌های کلیدی: میدان الکترومغناطیسی، غدد تناسلی، بیضه، هورمون‌های جنسی، موش نر نژاد NMRI.



### مقدمه

استفاده از انرژی الکتریکی نقش بسیار مهمی در رشد جوامع امروزی دارد و اغلب وسایل امروزی چه در منزل، چه در صنعت و چه در اجتماع با انرژی الکتریکی یا برق کار می‌کنند (۵). با توجه به اینکه استفاده از انرژی الکتریکی با تولید میدان مغناطیسی ضعیف همراه است (۶). بنابراین جمعیت‌هایی که در کشورهای پیشرفته یا در حال پیشرفت زندگی می‌کنند، همواره در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی قرار دارند در سی سال اخیر مطالعات وسیعی بر روی اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر گونه‌های مختلف جانوری و انسان انجام شده است اغلب این مطالعات نشان داده‌اند که بیشترین اثر میدان‌ها بر روی انسان و حیوان است. ولی این سوال که آیا واقعاً چنین میدان‌هایی منجر به آسیب‌های ژنتیکی و یادگیر اثرات زیستی می‌شود یا نه هنوز مورد مطالعه است و جواب قطعی تاکنون برای آن پیدا نشده است (۵)

مهمترین این نتایج بروز سرطان‌هایی چون لوسمی، سرطان خون، تومورهای مغزی، و سرطان پستان است. (۲،۵،۶،۷) مطالعات رشد و نمو جنین جوجه (۷،۸) و موش (۱۲،۳،۱۳)، نیز نشانگر اثرات زیانبار این میدان‌ها به خصوص در موش است. مطالعات دیگری به افزایش تکثیر سلولی، افزایش قطر و حجم سلولی و گاه ترمیم بافت‌ها تحت تاثیر میدان اشاره دارند در مورد اخیر ترمیم استخوان شکسته (۱۳) و عصب قطع شده یا آسیب دیده (۱۴) بیشتر مورد نظر بوده است. بررسی‌های انجام شده بر سطوح هورمونی نیز در این خصوص نشانگر کاهش ملاتونین (۱۶، ۱۵، ۶) و تغییر در سطوح FSH, LH (۱۷) می‌باشد. محققین دیگر بررسی‌هایی در زمینه اثر میدان‌های الکتریکی بر بیضه انجام داده‌اند. در تمام موارد فوق نیز به اثرات مخرب میدان‌های الکتریکی بر بافت بیضه موش اشاره شده است. با توجه به اهمیت نقش میدان‌های الکترومغناطیسی در سلامت موجودات زنده، در این مطالعه به بررسی اثر میدان‌های مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت 0.06 میلی‌تسلا بر دستگاه تناسلی موش‌های نر نژاد NMRI پرداخته شده است و تغییرات موفولوژیکی و هیستولوژیکی و هورمونی مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش کار

**حیوانات:** تجربیات بر روی ۴ گروه از موش‌های سوری نژاد NMRI صورت گرفت در این طرح موش‌های نر سوری بالغ نژاد NMRI از انستیتو پاستور ایران خریداری شده و به حیوانخانه

واقع در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات منتقل شدند و در اتاق حیوانات رطوبت  $65 \pm 7\%$  درصد، دمای  $23 \pm 1$  درجه سلسیوس، و میزان نور (۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) به دقت تنظیم شد. آب و غذا به میزان کافی در اختیار حیوانات قرار داده شد.

**میدان مغناطیسی:** برای تولید میدان الکترو مغناطیسی از سیستم پیچ‌های سلونوئیدی با قطر سیم 1cm طول سیم 50cm تعداد دور 1000 قطر میدان 12 استفاده شد، فرکانس ایجاد شده میدان 50 هرتز و شدت آن  $0.06\text{mT}$ ,  $0.04\text{mT}$  می‌باشد در این سیستم همچنین منبع تغذیه و تسلا متر برای سنجش شدت میدان مورد استفاده قرار گرفت.

**روش کار:** در هر تجربه ۶ موش در قفس کوچکی از جنس پلاستیک خشک که به این منظور تهیه شده بود قرار گرفته و در مرکز پیچ‌ها جای داده شدند یکی از گروه‌ها در معرض میدان الکترو مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت  $0.06$  میلی‌تسلا قرار گرفت و یک گروه به عنوان گروه کنترل ( $n=6$ ) در نظر گرفته شد. بعد از این که هر گروه آزمایش ۲۸ روز و در هر روز ۴ ساعت در معرض میدان‌های ذکر شده قرار گرفتند پارامترهای زیر مورد ارزیابی قرار گرفتند: وزن و قطر بیضه مورد بررسی قرار گرفت سپس برش‌های بافتی از بیضه‌ها جهت شمارش انواع مختلف سلول‌های اسپرماتوژنیک و سوماتیک تهیه شد و به روش H&E رنگ آمیزی گردید.

خون‌گیری از موش‌ها نیز بعد از ۲۸ روز انجام شد و کار سنجش هورمون‌های LH, FSH، و تستسترون با کمک دستگاه گاما کانتر انجام گرفت و در هر مورد نتایج به دست آمده از گروه تجربی با گروه کنترل مقایسه گردید.

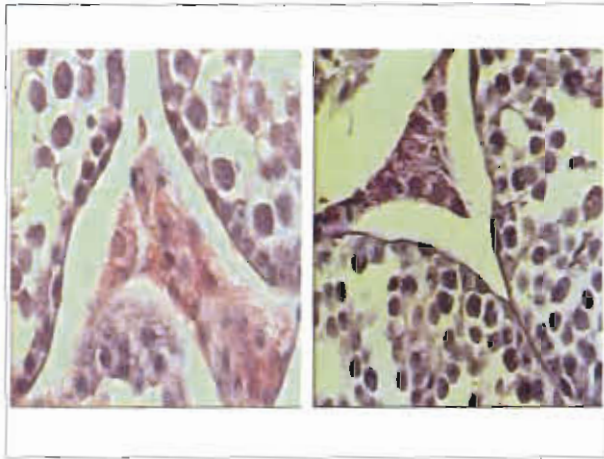
اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون واریانس یک طرفه ANOVA و تست توکی تجزیه و تحلیل گردید.

### نتایج

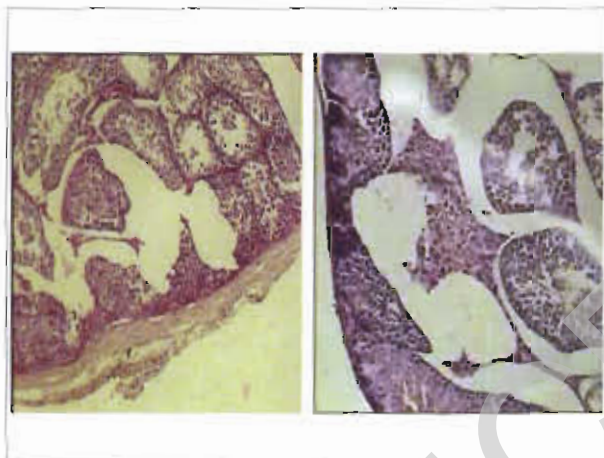
مطالعه وزن بیضه + اپیدیدیم و تعداد لوله‌های سمینفر و قطر بیضه نشان داد که این فاکتورها در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری پیدا کرده‌اند (هیستوگرام ۱، ۲) ( $p < 0.05$ ) ضخامت تونیکا آلبوژنه در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری پیدا کرده است (هیستوگرام ۳) ( $p < 0.05$ ).

بررسی وضعیت بیضه نشان می‌دهد که لوله‌های منی ساز در

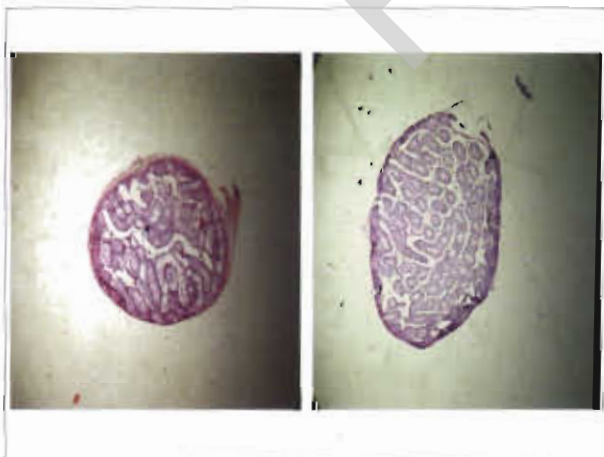




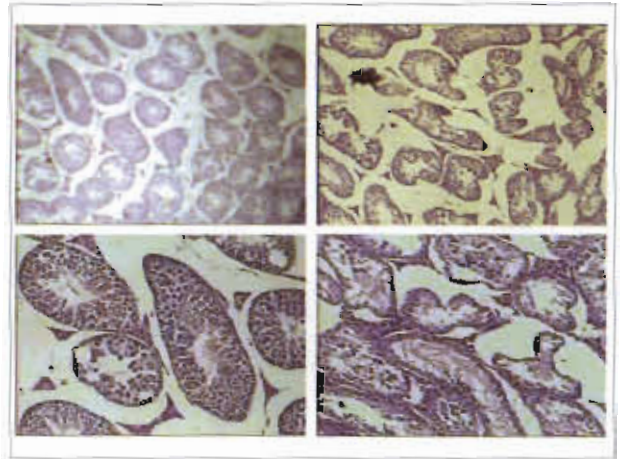
تصویر ۲-۱ مقایسه سلول‌های لایه درگروه‌های کنترل (A) و گروه تجربی (B).



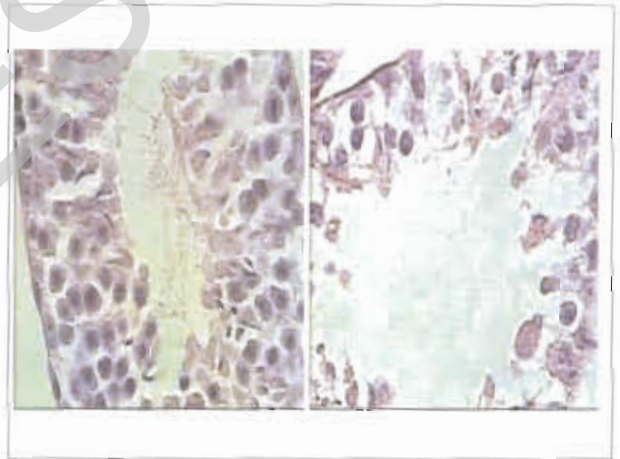
تصویر ۲-۴ مقایسه ضخامت تونیکا آلبوزنه در گروه کنترل (A) و تجربی (B). A: گروه کنترل تونیکا آلبوزنه به صورت یک لایه باریک اطراف بافت بیضه را احاطه کرده  $100 \times 10$ ; B: گروه تجربی که در معرض امواج الکترومغناطیسی با شدت  $0.4 \text{ mT}$  قرار گرفتند قطر تونیکا آلبوزنه افزایش یافته است.



تصویر ۲-۵ مقایسه قطر بیضه در گروه کنترل (A) و گروه تجربی (B). A: گروه کنترل قطر بیضه و ضخامت تونیکا آلبوزنه حالت طبیعی دارد  $4 \times 10$ ; B: گروه تجربی که در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی با شدت  $0.4 \text{ mT}$  قرار گرفتند قطر بیضه کاهش یافته و ضخامت تونیکا آلبوزنه افزایش پیدا کرده است. در این مقطع تغییر شکل و بی‌نظمی لوله‌های سمینفر مشهود است.



تصویر ۲-۱ مقایسه وضعیت لوله‌های سمینفر در گروه کنترل و تجربی. A: گروه کنترل تعداد لوله‌ها شانه وضعیت طبیعی لوله‌هاست  $10 \times 10$ . B: گروه تجربی که در معرض امواج الکترومغناطیسی با شدت  $0.06 \text{ mT}$  میلی‌تسلا قرار گرفتند کاهش تعداد لوله‌ها و ایجاد فضاهای خالی در فضای بیضه شانه حالت غیر طبیعی بیضه است  $10 \times 10$ . C: گروه کنترل وضعیت مورفولوژی لوله‌های سمینفر در گروه کنترل طبیعی است  $40 \times 10$ . D: گروه تجربی که در معرض امواج الکترومغناطیسی با شدت  $0.06 \text{ mT}$  میلی‌تسلا قرار گرفتند تغییر مورفولوژی لوله‌ها ایجاد فضاهای خالی در لوله شانه تحریک بافت داخلی بیضه و کاهش پیوستگی بین لوله‌ها بزرگنمایی  $40 \times 10$ .



تصویر ۲-۳ مقایسه وضعیت سلول‌ها در لوله‌های سمینفر در گروه کنترل و تجربی. A: تعداد سلول‌ها در گروه کنترل طبیعی است سلول‌های سر تولی اسپرماتوگونی‌ها، اسپرماتوسیتها، اسپرماتیدها و تجمع اسپرم‌ها در مرکز لوله‌های سمینفر قابل مشاهده می‌باشد  $100 \times 10$ . B: گروه تجربی که در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی با شدت  $0.06 \text{ mT}$  قرار گرفتند بهم ریختگی نظم سلول‌های اسپرماتوزن، کاهش اسپرماتوسیت‌ها، اسپرماتیدها، و به طور کلی تخلیه بخش میانی لوله از اسپرم‌ها قابل مشاهده است  $100 \times 10$ .

مقایسه میانگین و انحراف معیار وزن بیضه + اپیدیدیم، قطر بیضه، تعداد لوله‌های سمینفر و ضخامت تونیکا آلبوزنه در گروه کنترل و تجربی (\*\*\*)  $P < 0.001$ .

فاکتور / گروه	وزن بیضه	قطر بیضه	تعداد لوله‌های سمینفر	ضخامت تونیکا آلبوزنه
کنترل	$26.26 \pm 1.09$	$55.32 \pm 18.1$	$24.01 \pm 4.43$	$0.25 \pm 0.01$
تجربی	$76.92 \pm 7.46 \times \times \times$	$33.5 \pm 1.7 \times \times \times$	$1887.5 \pm 20.15 \times \times \times$	$0.14 \pm 0.008 \times \times \times$



جدول ۲: میانگین و انحراف معیار سلول‌های لوله‌های سمینفر در گزوه‌های تجربی و کنترل،  $(p < 0.001)$ \*\*\*.

Factor \ Group	sertoly	laydig	SG	SC	ST	S
control	۹.۱۷±۱.۰۱	۳۴/۳۳±۳/۱۱	۵۷/۵۰±۱/۶۴	۵۳/۶۷±۱/۸	۹۸±۶/۷	۴۴±۲/۵۵
۰.۰۶mT	۶/۸۳±۰.۶	۳۳/۶۷±۱/۸۹	۵۲/۶۷±۱/۵۴	۵۰/۵۰±۱/۹۴	۳۳/۵۲±۷/۷***	۲۱±۱/۷۳***

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار هورمون‌های جنسی در گزوه‌های تجربی و کنترل،  $(p < 0.001)$ \*\*\*.

Factor \ group	LH	FSH	testesteron
control	۹/۱۷±۱/۰۱	۳۴/۳۳±۳/۱۱	۵۷/۵۰±۱/۶۴
۰.۰۶mT	۶/۸۳±۰.۶***	۳۳/۶۷±۱/۸۹	۵۲/۶۷±۱/۵۴***

تغییر در روند میتوز (۲۲)، افزایش سنتز پروتئین، DNA، RNA (۲۰، ۱۹، ۱۸) و آنزیم‌ها (۲۳) می‌شوند. روند بلوغ و تکامل سلول‌های جنسی نر در نتیجه رویدادهای هماهنگی است که ژرم سل‌ها و سلول‌های سوماتیکی بیضه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و عوامل مختلف از طریق تاثیر بر هر یک از این عناصر ممکن است این روند فیزیولوژیک را تغییر دهند.

در مطالعه جاری که تمام پیکر حیوان درون میدان قرار داشته است به جز بیضه‌ها و غدد جنسی، سایر اندام‌ها نیز تحت تاثیر میدان قرار گرفته‌اند لذا علاوه بر تاثیر احتمالی مستقیم میدان، تاثیر غیرمستقیم آن از طریق تاثیر در سطوح هورمونی و یا تغییر در جریان‌های عصبی نیز امکان‌پذیر بوده است.

نتایج این بررسی مؤید این مطلب هستند که میدان‌های الکترومغناطیسی باعث آسیب و بروز حالات شدید پاتولوژیک در غدد جنسی می‌گردند. اشکال متنوعی از تخریب اپیتلیوم ژرمینال در جنس نر مشاهده شده است که شامل جدا شدن دودمان‌های اسپرم‌ساز از سلول‌های سرتولی و تجمع آن‌ها در مرکز لوله، به هم ریختگی انسجام سلولی درون لوله‌ها (Disorganization)، تغییر در قطر لوله‌های سمینفر، تغییر در ضخامت تونیکال‌بوژنه، کاهش سلول‌های اسپرماتید و اسپرماتوزوای باشد.

برخی از گزارشات در بیان دقیق و وجود اثرات زیانبار این امواج روی سلول‌ها چنین بیان می‌کنند: میدان‌های الکترومغناطیسی باعث ایجاد بی‌نظمی در سلول‌های اسپرماتوژنیک و به هم ریختگی بافت بینابینی می‌شوند (۲۳).

علاوه بر آن shafik و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵ گزارش کردند EMF می‌تواند موجب تغییراتی از جمله وضعیت غیرطبیعی لوله‌ها و دژنراسیون آن‌ها و ایجاد حفره در سلول‌های سرتولی، ظهور اشکال چند هسته‌ای در سلول‌های اسپرماتید، به هم ریختگی سلولی در غالب لوله‌های منی‌ساز در نمونه‌های مورد آزمایش گردد (۲۲). در توجیه رویدادهای فوق می‌توان به مطالعات Wolf در سال ۲۰۰۵ اشاره کرد او گزارش کرد که میدان‌های الکترومغناطیسی منجر به تخریب میتوکندریها، شبکه

گروه تجربی آسیب دیده‌اند در لوله‌های آسیب دیده به هم ریختگی سلولی شدید، ریزش سلول‌های اسپرماتوژنیک از جداره لوله‌های منی‌ساز، شکاف‌های سرتاسری بزرگ بین اسپرماتوگونی‌ها و سایر سلول‌های اسپرماتوژنیک دیده می‌شود علاوه بر این تعداد لوله‌های منی‌ساز در گروه‌های تجربی کاهش یافته و وضعیت غیرطبیعی بیضه از جمله کاهش چسبندگی بین لوله‌های منی‌ساز و افزایش ضخامت تونیکال‌بوژنه قابل مشاهده است. (تصویر ۵-۱).

بررسی‌های بافتی در بیضه‌ها با شمارش سلول‌های مختلف دنبال گردید نتایج به دست آمده از شمارش سلولی در لوله‌های منی‌ساز در هیستوگرام‌های ۳ تا ۹ نشان داده شده است که مشخص گردیده در گروه تجربی تعداد سلول‌های سرتولی، لایدیگ، اسپرماتوگونی‌ها و اسپرماتوسیت‌ها تغییر معنی‌داری پیدا نکرده است ( $p > 0.05$ ). ولی تعداد اسپرم‌ها و اسپرماتیدها در گروه تجربی به طور معنی‌داری کاهش یافته است ( $p < 0.05$ ).

مطالعات هورمونی نشان می‌دهد که سطح هورمون LH در گروه تجربی به طور معنی‌داری افزایش ( $p < 0.05$ ) و سطح تستسترون به طور معنی‌داری کاهش یافته است ( $p < 0.05$ ) سطح هورمون FSH در گروه تجربی تغییر معنی‌داری پیدا نکرده است ( $p > 0.05$ ).

## بحث و نتیجه‌گیری

مطالعاتی که تا کنون بر روی تاثیر انواع میدان‌های الکترومغناطیسی بر سیستم‌های حیاتی صورت گرفته است، علی‌رغم آنکه نتایج متضادی دارند، اما نتایج مشترکی را نیز نشان می‌دهند، به طوری که به نظر می‌رسد اغلب این میدان‌ها سبب



در حالت طبیعی بین سلول‌های سرتولی مجاور هم اتصالات محکمی وجود دارد در فضای بین سلول‌های سرتولی سلول‌های اسپرماتوگونی وجود دارند که پس از تمایز، این سلول‌ها به فضاهای داخلی تراننده می‌شوند (۲۹).

با توجه به اینکه EMF موجب برهم زدن تعادل یونی محیط داخلی و تغییر در اکتیویته یون‌های داخلی سلول‌های سرتولی می‌گردد (۳۰، ۳۱) و تغییر در محیط یونی سلول موجب تغییر رفتاری در سلول شده و در نتیجه بر روی اعمال فیزیولوژیک سلول اثر می‌گذارد این تغییر می‌تواند به علت اثر میدان بر روی گیرنده‌های سلولی باشد (۳۲).

پس زمانی که حیوان تحت اثر میدان EMF قرار می‌گیرد، به دلیل تغییر در ویژگی‌های سلول‌های سرتولی، سلول‌های اسپرماتوژنیک قبل از تمایز کامل ارتباط خود را با این سلول‌ها از دست می‌دهند، لذا این وضع اولاً می‌تواند منجر به ظهور سلول‌های تمایز نیافته شود و ثانیاً سبب مرگ سلول‌های جدا شده از اپیتلیوم گردد و این سلول‌ها توسط ماکروفاژها بلعیده می‌شوند و باعث تغییر در تعداد این سلول‌ها در لوله‌های سمینفر می‌گردد (Khaki 2006). از طرفی شاید بتوان گفت به دلیل قطع ارتباط تغذیه‌ای سلول‌های سرتولی با سلول‌های اسپرماتوژنیک بسیاری از این سلول‌ها می‌میرند و سلول‌های مرده توسط سیستم ماکروفاژی حذف می‌شوند و ما شاهد کاهش این سلول‌ها پس از میدان دهی هستیم.

از طرف دیگر میدان‌های الکتریکی به دلیل تغییر در بارهای الکتریکی می‌توانند موجب تخریب اسکلت سلولی شده و در نتیجه سلول‌ها شروع به دژنره شدن می‌کنند (۳۳). بنابراین می‌توان کاهش در سلول‌های اسپرماتید و اسپرم را به این عامل نیز نسبت دهیم.

EMF با تاثیر بر DNA و ایجاد ناهنجاری باعث افزایش آپوپتوزیس در این سلول‌ها می‌گردد (Yoonwon kim 2004). آپوپتوزیس اسپرماتیدها و اسپرم‌ها را نیز می‌توان به عنوان یکی دیگر از دلایل کاهش این سلول‌ها در نظر گرفت.

آنالیز کمی تغییرات لوله‌های منی سارز Rat‌هایی که در معرض گرمای موضعی در فواصل کوتاه زمانی بوده‌اند، نشان می‌دهد که اسپرماتوسیت‌ها به گرمای حاصل از میدان حساس‌اند و مستعد آسیب پذیری هستند (۳۳). با توجه به این که EMF منجر به تغییر دمای بدن می‌شود (افزایش دما تا ۱ درجه سانتیگراد) تغییرات دمایی نیز می‌تواند بر روند اسپرماتوژنز تأثیر بگذارد

اندوپلاسمی و هسته سلول‌ها می‌شوند این سلول‌های ناهنجار توسط ماکروفاژها حذف می‌گردند و در نتیجه حذف یک سری از سلول‌ها در اپیتلیوم ژرمینال، حفره‌ها و فضاهای خالی در سطح لوله‌های سمینفر ایجاد شده و بافت منظم بیضه تخریب می‌گردد (۲۳).

نظیر این فضاها در مطالعات Sarca & Matria گزارش شد آن‌ها در مطالعات خود اظهار کردند EMF می‌تواند اثراتی نظیر ایجاد حفره در سلول‌های ژرمینال، تکه تکه شدن دودمان‌های ژرم و به هم ریختگی نظم سلولی در پرندگان ایجاد کند (۲۴).

از طرفی EMF منجر به تغییر سطح پروتئوگلیکانهای سطح سلول می‌شود با توجه به نقش پروتئوگلیکانها در چسبندگی سلول‌ها به یکدیگر و به ماتریکس بین سلولی می‌توان احتمال داد EMF با تاثیر بر روی پروتئوگلیکانها منجر به تغییر شکل و تغییر در پایداری ژرم‌سل‌ها گردد. (۲۵) علاوه بر این، این احتمال نیز وجود دارد که EMF از طریق فعال کردن پروموتورهای انکوژن موجب آسیب به مولکول‌های چسباننده سلولی یا CAMs شده باشند (۲۶) شاید بتوان آسیب به بافت بیضه و کاهش پیوستگی بین سلول‌ها را به عوامل ذکر شده نسبت دهیم.

در پژوهش حاضر تعداد لوله‌های آسیب دیده در بخش‌های کناری بافت بیضه بیشتر است، چرا که میدان‌های الکترومغناطیسی در بخش‌های خارجی بیضه نسبت به بخش‌های داخلی بیشتر نفوذ می‌کنند در تعداد معدودی از لوله‌های در حال تخریب روند تخریب از شدت بالایی برخوردار است و منحصراً در جدار آن‌ها اسپرماتوگونی دیده می‌شود تعداد سلول‌های اسپرماتوژنیک به شدت کاهش یافته است. به همین دلیل در بعضی از لوله‌ها به جز سلول‌های سرتولی، اسپرماتوگونی و تعداد معدودی اسپرماتوسیت، سلول دیگری ملاحظه نمی‌شود. Maitra در سال ۱۹۹۸ اظهار کرد که با توجه به مقاوم بودن سلول‌های اسپرماتوگونی به آسیب، در اثر قرار گرفتن EMF تعداد این سلول‌ها تغییری نمی‌کند که یافته‌های این محقق با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۷).

برای توجیه کاهش اسپرماتیدها و اسپرماتوزوا ابتدا باید به نقش سلول‌های سرتولی اشاره کرد.

سلول‌های سرتولی در لوله منی ساز موقعیتی اساسی دارند، زیرا تنها سلول‌هایی هستند که از دیواره محدود کننده لوله منی ساز تا لومن آن کشیده شده‌اند و تماس‌هایی با تمام سلول‌های دیگر در اپیتلیوم ژرمینال برقرار نموده‌اند (۲۸).





(Hynutaekim, 2007).

در مطالعات kihak Moon (۲۰۰۷) نیز نشان داده شده که تعداد، اسپرماتیدها و اسپرم‌ها در موش‌های بالغی که در معرض تابش EMF هستند، به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

همچنین بررسی‌های jzi sang lee و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که در گروه‌های آزمایشی که در معرض EMF هستند کاهش معنی‌داری در تعداد تیپ‌های مختلف سلول‌های ژرمینال به وجود آمده است، که با نتایج تحقیق حاضر هماهنگ است.

مطالعات روی وزن مجموعه بیضه و اپیدیدم نشانه کاهش معنی‌دار وزن این مجموعه پس از میدان دهی است که می‌تواند بیانگر تخلیه اسپرم‌های لوله‌های منی‌ساز و اپیدیدیم مربوط باشد چرا که در اطراف لوله‌های منی‌ساز در موش یک لایه سلول‌های شبه عضلانی است که دارای خاصیت انقباضی‌اند. میدان‌های الکترومغناطیسی سبب ایجاد یک جریان الکتریکی در پیکره بدن حیوان می‌شوند که این جریان و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم باعث تغییر در عملکرد این سلول‌ها شده و در نتیجه روند انقباض و تخلیه اسپرم افزایش می‌یابد. (Khaki 2008).

علاوه بر این ترشح موضعی اکسی‌توسین بعد از قرار گرفتن در معرض EMF به اثبات رسیده است. این فاکتور پروتئینی در فرد نر منجر به افزایش خاصیت انقباضی لوله‌های منی‌ساز می‌شود (۳۳). لذا میدان به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش سنتز این فاکتور می‌تواند منجر به تخلیه اسپرم از لوله‌ها شود. فاکتور پروتئینی آرژنین وازوپرسین که از سلول‌های لایدیدگ ترشح می‌شود نیز قادر است قدرت انقباضی در اپیدیدیم و کانال دفران افزایش دهد (۳۴).

دلیل دیگری که به تخلیه این مجاری دلالت دارد، به هم ریختگی سلول‌های اسپرماتوژنیک در لوله‌های منی‌ساز است. به‌طوری‌که انواع سلول‌های اسپرماتوژنیک به‌طور آزاد و مخلوط با هم در حفره برخی از لوله‌ها دیده می‌شود. غالب این سلول‌ها اسپرماتوسیتند و ندرتاً اسپرماتیدها شده به چشم می‌خورد. از این عوامل می‌توان به عنوان عوامل کاهش وزن بیضه یاد کرد.

#### تأثیر میدان بر روی سطوح هورمونی:

محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-گناد (H-P-G) یک پس‌م کلاسیک فیدبکی اندوکرینی برای کنترل دقیق سطوح هورمونی در گردش خون و فرایند اسپرماتوژن‌م محسوب می‌شود بدین صورت

که GnRH به صورت پالس‌دار از هیپوتالاموس ترشح می‌شود و با تأثیر بر هیپوفیز قدامی موجب تحریک ترشح گنادوتروپین‌های LH, FSH می‌شود که این هورمون‌های گلیکوپروتئینی به ترتیب بر سلول‌های لایدیدگ و سرتولی اثر می‌گذارد و سبب ترشح تستسترون برای ایجاد صفات جنسی ثانویه و تولید اسپرم می‌شود (Mostafa, R.M 2007).

با توجه به اهمیت این محور در این پژوهش به بررسی اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی موش‌های نر نژاد NMRI پرداختیم.

نتایج آنالیز هورمونی سرم موش‌های نر بالغ نژاد NMRI نشان می‌دهند که غلظت هورمون LH در سرم موش‌های تجربی به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته، این در حالی است که میزان تستسترون در سرم کاهش و غلظت FSH تغییری نکرده است.

کاهش مقدار تستسترون احتمالاً به دلیل آسیب به سلول‌های لایدیدگ می‌باشد چرا که میدان‌های الکترومغناطیسی از طریق افزایش واکنش‌های ROS منجر به تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند با توجه به ویژگی رادیکال‌های آزاد در شکستن پیوندهای دوگانه پروتئین‌های کانالی و ساختاری غشاء تخریب شده و به دلیل ایجاد این تغییرات ویژگی‌های سلول‌های لایدیدگ تغییر می‌کند (M. Lanton 2006). و با توجه به اثر میدان‌های الکترومغناطیسی در تخریب میتوکندری، سلول قادر به تامین انرژی برای انجام فعالیت‌های خود نخواهد بود از طرف دیگر میدان‌های الکترومغناطیسی با آسیب به سیستم گلژی و شبکه اندوپلاسمی منجر به تغییر در ویژگی‌های ترشحی این سلول‌ها می‌شود (2008 Khaki) همه‌ی این موارد سبب می‌شود تا عملکرد سلول‌های لایدیدگ مختل شود و سلول نتواند تستسترون کافی ترشح کند تستسترون سیگنال اصلی است که هیپوتالاموس را از وضعیت بیضه‌ها با خبر می‌سازد و ترشح LH را در فرد نر تنظیم می‌نماید (۳۵، ۳۶، ۳۷).

کاهش ترشح تستسترون منجر به افزایش ترشح GnRH در هیپوتالاموس می‌شود و افزایش GnRH ترشح LH از آن‌ها هیپوفیز را افزایش می‌دهد تا کاهش تستسترون را جبران کند ولی به دلیل اختلال در عملکرد لایدیدگ تستسترون افزایش نمی‌یابد (۳۸).

عدم حساسیت احتمالی سلول‌های لایدیدگ به LH بیانگر اختلال در عملکرد استروئیدوژنیک در اثر تابش میدان الکترومغناطیسی است. از طرفی تعداد گیرنده‌های LH بر روی سلول‌های لایدیدگ پس از مواجهه با غلظت‌های بسیار زیادی از



الکترومغناطیسی بر رشد و نمو جنین موش نژاد Balb/C در روزهای ۷،۶،۵ حاملگی، ۱۳۷۰ دانشگاه تربیت معلم.

۲- پریور، ک. گلستایان، ن. آرا جواد، ب. بررسی میدانهای الکترومغناطیسی متغیر بر اندام زایی جنین موش سوری نژاد Balb/C در روزهای ۵/۵، ۶/۵، ۴/۵ حاملگی، ۱۳۷۱ دانشگاه تربیت معلم.

۳- پریور، ک. گلستایان، ن. مسعودی، ح. بررسی میدانهای الکترومغناطیسی متغیر بر اندام زایی جنین موش سوری نژاد Balb/C در روزهای ۵/۷، ۵/۸، ۹/۵ حاملگی، ۱۳۷۱ دانشگاه تربیت معلم.

۴- پورفیضی، ح. کریمی، م. صائبی نیا، خ. رسول، بررسی تاثیرات الکتروشوک سینوسی ارتعاشی بر روی سلولهای لیدیک، سلولهای سرتولی و هورمونهای گنادوتروپ هیپوفیز (LH, FSH)، ۱۳۸۵، مجله علوم پایه پزشکی ایران، جلد ۹، شماره ۲، صفحه ۹۵-۹۱.

5. Baker, T.G. (1990) Oogenesis ovulation, In: Germ cell and fertilization, C.R.A. ustie and R.V.Short, eds., Cambridge University press, UK, 17-45.
6. Basset, C.A.L., Mitchell, S.N., Gaston, S.R. (1981) Treatment of united tibial diaphyseal frauses with pulsing electromagnetic field, *J. Bone and Joint surg.* 63: 51-523.
7. Braun, S., Riedel, A. et al. (2002) Influence of a radiofrequency electromagnetic field on cardiovascular and hormonal parameter of the autonomic nervous in healthy individuals. 2002, *Radiate Res.* 158: 352-356.
8. Clifton, D. (1980) The anterior pituitary, In *Textbok of physiology*, 2: 1202-1213.
9. Davis, S., Mirick, D.K., Chen, C., Stancyk, FZ. (2006) Effect 60 HZ magnetic field exposure on nocturnal 6-ulfα-toxymelatonin, estrogen, luteinizing hormone and follicle stimulating hormone in healthy reproductive age women: results of a crossover trial. *Ann Epidemiol*, 6: 22-31.
10. De Rosa, M., Zarilli, S., Di Samo, A., Milano, N., Gaccione, M. (2003) Hyperprolactinemia in men: clinical and biochemical feature and response to treatment, *Endocrin*, 20: 75-82.
11. Delgado, J. (2001) Embryological change induced by

این هورمون به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و همراه با این کاهش حساسیت سلول لیدیک نسبت به LH از بین می‌رود و این حالت منجر به کاهش ترشح T می‌گردد (۳۹). در هر حال اثبات این فرضیه نیاز به تحقیقات جامع‌تری خواهد داشت.

برخی از محققین اعلام کردند که میدانهای الکترومغناطیسی منجر به افزایش پرولاکتین می‌گردد پرولاکتین یک هورمون چند کاره است که از هیپوفیز قدامی ترشح می‌شود و منجر به کاهش سطح تستسترون می‌گردد (۴۰، ۴۱) پس می‌توان کاهش در سطح تستسترون را به افزایش میزان پرولاکتین نسبت داد.

از طرفی گروهی دیگر از محققان اعلام کردند میدانهای الکترومغناطیسی موجب کاهش سطح ملاتونین می‌شود (۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵) ملاتونین غده هیپوفیز را تحت تاثیر قرار داده و ترشح پرولاکتین را مهار می‌کند با توجه به کاهش ملاتونین ترشح پرولاکتین افزایش می‌یابد (۴۶، ۴۷) از طرف دیگر ملاتونین ترشح GnRH را از طریق کاهش فعالیت caAMP و مهار می‌کند و با کاهش ملاتونین سطح GnRH افزایش می‌یابد و میزان LH, FSH افزایش می‌یابد (۴۸) و ما در این پژوهش شاهد افزایش معنی‌دار LH و افزایش بی‌معنای FSH هستیم.

شاید این طور تصور کنیم که همراه با افزایش LH باید افزایشی در غلظت FSH نیز وجود داشته باشد. اما باید گفت: بر اساس شواهد ایمنوسیتوشیمیایی هر چند LH و FSH هر دو به وسیله یک نوع سلول در هیپوفیز قدامی ترشح می‌گردند ولی این گنادوتروپها جمعیت ناهمگنی از سلولهایی با اندازه‌های متفاوت هستند که علاوه بر محتوی هورمونی حساسیت آنها نیز در برابر GnRH متفاوت است (۴۹).

ماحصل این تجربیات نشان می‌دهند که به طور قطعی نمی‌توان مدعی شد چه مکانیسمی موجب تغییرات بیولوژیک خاص می‌شود، چرا که عوامل بسیار متنوعی در نحوه تأثیرگذاری میدان مغناطیسی بر موجودات زنده دخیل می‌باشند. بنابراین، پژوهش‌های گسترده دیگری برای تعیین مکانیسم عمل و چگونگی تأثیر این میدانها بر موجودات زنده لازم است تا الگویی مشخص برای محافظت انسانها و سایر موجودات از اثرات مضر این میدانها بدست آید.

## منابع

۱- پریور، ک. گلستایان، ن. مدرسی، م. بررسی میدانهای



- week extremely low frequency electromagnetic field, *J. Anatomy*, **134**, 533-551.
12. Delgado, J.M.R, et al. (1982) Embryological change induced by weak, extremely low frequency electromagnetic fields, *J. Anat*, **134**:533-551.
  13. Edelman G.M. (1984) Cell-adhesion molecular :A molecular basis for animal form, 1984, *Scientific American*, **250**: 80-91.
  14. Esquifino AL, Charon F, Jimense V, Reyes-Toso CF. (2004) Cardinali DP, 24 hours change in circulation hormone, Luteinizing hormone and testosterone in male rats subjected to social isolation. *Jornal of circadian Rhythm*, **2**: 1-6.
  15. Goldberg R.B. (1999) A review of cancer including by extremely low frequency electromagnetic field, Is there possible mechanism?, *MED. Hypothesis*, **35**(3): 256-275.
  16. Goodman R. (1983) Pusing electromagnetic fields induce cellular transcription, 1983, *Science*, **220**: 1283-1285.
  17. Guselsu N, Salkid A.J, X.U. (1994) Effect of electromagnetic field on cultured chick tendon fibroblast, *Bioelectromagnetics*, **15**(2): 115-131.
  18. Ji Yoon Kim, Hyun Tea Kim, Ki Hak Moon, Long-term exposure of rats to a 2.45 GHz electromagnetic field :effects on reproductive function (2007) *Urol*, **48**: 1308-1314.
  19. Jin Sang Lee, Sang Seok Ahn, Kyeong cheon. (2004) Effect of 60 HZ electromagnetic field exposure on testicular apoptosis in mice, *Asian J Androl*, **6**: 29-34.
  20. Kartashev A.H. (1992) Biological mechanism of long-term effect of alternating electric field on the development of mice , *fiziol zh (russian)*, **38**(3): 81-85.
  21. Kato M, Honma K, Shigemitsu T, Shiga Y. (1994) Circulating polarized 50 Hz magnetic field exposure reduce pineal gland and blood melatonin concentration of long-Evans rat. *Neurosci lett*, **166**, 59-62.
  22. Khaki A.A, Zarintan S, Khaki A. (2008) The effects of electromagnetic field on the microstructure of seminal vesicle in rat: a light and Transmission electron microscope study, *Pakistan Journal of Biological Science*, **11**(5): 692-701.
  23. Kumlin T, Keilkkinen p, Laitinen, J.T., Juutilanin J. Exposure of 50 HZ magnetic field induces a circulation rhythm in 6-hydroxymelatonin sulfate excretion in mice, *J Radiat*.
  24. Lin, Hana reba, Goodman, Ann Shirley Henderson, Specific region of the C-myc promoter is responsive to electric & magnetic field. *Journal of cellular Biochemistry*, **54**(3): 281-288.
  25. Loscher-W, Wahnshoffe, u, Messen, M. (2000) Effect of weak alternating magnetic fields on nocturnal melatonin production and mammary carcinogenesis in rat, 2000, *Oncology*, **51**(3): 188-195.
  26. M. Lantown, M, lupke. J. Frahm, Ros release and HSP70 expression after exposure to 1.800 MHz radiofrequency electromagnetic field in primary human monocytes and lymphocytes 2006, *Radiat Environ Biophys*, **45**(55)-62.
  27. Maitra, S.K, Sarkar. R. (1991) Histological change in the testes after oral administration of quinalphs, *Eur. Arch. Biol*, **102**: 125-133.
  28. McGivern, R.F et al. (1990) prenatal exposure to a low-frequency electromagnetic field demasculinizes adult scent marking behavior and increases accessory sex organ weights in rats, *Teratology*, **41**: 1-8.
  29. Mevissen M, Lerchl A, Szmel M, Loscher W. (1996) Exposure to DMBA treated female rats in a 50  $\mu$  Tesla magnetic field: effect on mammary tumor growth , melatonin levels and lymphocyte activation. *Carcinogenesis*, **17**: 903.
  30. Mostafa R.M. El Hefnawi ALH.M, Moustafa K.M. (2007) Effect of 50 HZ, 10 mTesla magnetic field on sex hormones level in male rats, *Jornal of medical science Research*, **15**.
  31. Mostafa RM, Moustafa YM, Ali FM, Shafik A. (2006) Sex hormone status in male rats after exposure to 50HZ, 5mT magnetic field. 2006, *Archives of andrology*, **52**: 363-369.
  32. Mostafa RM, Moustafa YM, Ennaceur A. (2002) Effects of exposure to extremely low frequency magnetic field of 2 G intensity on memory and corticosterone level in rats. *physiology & behavior*, **66**: 75-77.
  33. Pickering, B.T. (1989) oxytocin in the testes. What





- Wher and why? *Ann. Ny Acad. Sci* **564**: 198-209
34. Pool, R., (1990) Electromagnetic field: the biological evidence science, **246**: 1378-1381.
  35. Reiter, R., J. (1994) Electroagnetic field and melatonin, Production Biomedican & pharmacother, **47**(10): 439-444.
  36. Selmaoui B, Touitou Y. (1995) sinsoidal 50 HZ magnetice fields depress rat pineal NAT activity and serum melatonin .Role of duration and intensity of exposure. *Life Sci*, **57**: 35-38.
  37. Setchell, B, P, Spermatogenesis and spermatosoa, In: Germ cell and fertilization. C.R. Austin and R.U. Short, eds. cambridge university Press, UK, 63-101.
  38. Shafiiik, A. (2005) Effect of electromagnetic field exposure on spermatogenesis and sexual activity. *Asian J androl*, **17**: 106.
  39. Soerdia, O, Tadjadian, M, K. (2001) Congenital anomalies in the offspring of rats after eposure of the testis to an electromagnetic field, *Int. J. androl*, **2**: 152-160.
  40. Stainer, R. Y, et al. (1986) *The microbiol World*, printice-Hall, USA, 174-176.
  41. Steiner, R. A. & Cameron, J. L. (1986) Endocrine control of reproduction , In: Text book of physiology, **2**, patton, W.B, et al, eds , Sunders Company, USA, 1289-1342.
  42. Stevens, Rg, Breast cancer and electric power, *Biomed & pharmacother*, **47**(10): 435-438.
  43. Strand, J, A. (2000) Effects of magneic fields exposure on fertilizaion succes in rain bowtrout, *salmo gairdner*, *Bioelecromagnetic*, **4**: 295.
  44. Ubeda. A. (1983) Pulse shape of agnetic fields influence chik embriogenesis, *J. Anatomy*, **137**(3): 513-536.
  45. Wathes, D.C. (1989) Oxitocin and vasopersin in the gonad in oxford revivs of reproductive Biogy edited by S.R. Milligan. Oxford, U.K. oxford univ. press, **2**: 226-283.
  46. Wertheimer, N. Leeper. (1979) Electricl Wiring configuraion and childhood cancer AM , J, *Epidmoil*, **109**: 273.
  47. Zagorskaia, EA. (1990) Reaction of the endocrn system and peripheral blood of rats to a single and chronic exposure to pulsed low-frequency electromagnetic field *Kosmboil Aviakosm (russian)* mar-apr, **2**: 50-60.
  48. Zimmerman, I, et al. (1990) Influnce of 60 -HZ magnetic fields on sea urchin development, *Bioelectromagnetics*, **11**: 37-45.

