

## اثر میدان های الکترومغناطیسی بر بافت کلیه در خوچه هندی

ساناز علی وندی فرخاد<sup>۱</sup>، صمد زارع<sup>۲</sup>، حسین حیات غیبی<sup>۳</sup>

### چکیده

با پیشرفت تکنولوژی و توسعه صنعت و با کاربردهای روزافزون میدان های الکترومغناطیس در تحقیقات و پزشکی همه روزه میدان هایی با شدت های متفاوت سلامت محیط زیست انسان را تهدید می کند. آثار بیولوژیک ناشی از این میدان ها به شدت میدان، فرکانس و خصوصیات فیزیکی بافتی که مورد تابش قرار گرفته بستگی دارد.

به منظور بررسی اثرات میدان های الکترومغناطیس بر روی بافت کلیه دستگاه مولد میدان الکترومغناطیس با شدت  $0.13/0$  میکروتسلا با فرکانس ۵ هرتز و  $0.27/0$  میکروتسلا با فرکانس ۵۰ هرتز ساخته شد و ۳۶ خوچه هندی نر بالغ به مدت پنج روز در دو گروه کنترل (هر گروه شش تایی) به مدت ۲ و ۴ ساعت در میدان خاموش و گروه های آزمایش در چهار گروه به مدت ۲ و ۴ ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی با شدت  $0.13/0$  میکروتسلا با فرکانس ۵ هرتز و به مدت ۲ و ۴ ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی با شدت  $0.27/0$  میکروتسلا با فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفتند. در روز پنجم بعد از معدوم ساختن حیوانات، از بافت کلیه آنها نمونه برداری کرده و بعد از فیکسه کردن در فرمالین و تهیه برش های ۵ میکرونی و رنگ آمیزی با هماتوکسیلین - ایوزن مورد بررسی شدند. بررسی میکروگراف ها نشان داد که میدان های الکترومغناطیسی با شدت های  $0.13/0$  و  $0.27/0$  میکروتسلا به مدت ۴ ساعت باعث تورم سلول های اپیتلیال توپول های کلیه و در نهایت نکروز سلولی و کاهش لومن داخل توپول ها و همچنین باعث اتساع گلومرول ها و چسبیدن گلومرول ها به کپسول بومن شده است.

میدان های الکترومغناطیس با داشتن امواج دارای انرژی بالا باعث بالا رفتن درجه حرارت شده موضعی شده و همانند اشعه های یونیزان از طریق ایجاد رادیکال های آزاد باعث آسیب سلولی می شوند و در ارتباط با اتساع گلومرول ها مقالات تأیید می کند که میدان های الکترومغناطیسی باعث آنمی می شوند و در نتیجه برای جبران این کاهش گلومرول ها متسع می شوند.

**کلمات کلیدی:** کلیه، میدان الکترومغناطیسی، خوچه هندی

ضمیمه مجله پزشکی ارومیه، سال نوزدهم، شماره دوم، ص ۵-۱، بهار ۱۳۸۷

آدرس مکاتبه: بناب، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشکده لیزر و اپتیک، گروه لیزر بناب

E-mail: sa.farzad2002@yahoo.com

### مقدمه

می باشد که در جستجوی غذا یا برای جهت یابی در هنگام مهاجرت مورد استفاده قرار می گیرد (۴). همچنین منابع مختلف تولید کننده میدان های الکترومغناطیس محیطی یا خانگی مثل خطوط انتقال نیرو با ولتاژ بالا (۶۰-۵۰ هرتز)، دستگاه های تصویری، تلفن های همراه، تلفن های بدون سیم، اجاق های ماکروفر، مونیتر کامپیوتر، دستگاه های مخابراتی و رادار، فرستنده های بی سیم و دستگاه های MRI ممکن است با بدن انسان واکنش ایجاد نمایند (۱، ۲، ۵). میدان های الکترومغناطیس با فرکانس پایین، فرکانس هایی با رنج ۳ هرتز تا ۳ کیلوهرتز را شامل می شوند. لازم به ذکر است که بیشترین مطالعات در مورد

انواع میدان های الکترومغناطیسی ناشی از منابع طبیعی و مصنوعی انسان و سایر موجودات را تحت تاثیر خود قرار می دهد. زمین (میدان الکترومغناطیسی طبیعی) تابش های گرمایی با شدت حدود  $0.03/0$  W/m<sup>2</sup> و در فرکانس بیش از ۱۳۰۰ GHZ ارسال می کند (۱). میدان های الکترومغناطیس محیط طبیعی توسط برخی موجودات زنده درک می شوند. و در برخی از موارد توسط موجودات زنده استفاده می شوند، یکی از بهترین مثال ها برای این مورد حس های الکتریکی ویژه در برخی از گونه ماهی ها

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد زیست شناسی - علوم جانوری گروه بیولوژی دانشکده علوم دانشگاه ارومیه و پژوهشکده لیزر و اپتیک، گروه لیزر بناب (سازمان انرژی اتمی ایران) (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> دکتری جانورشناسی گروه بیولوژی دانشکده علوم دانشگاه ارومیه

<sup>۳</sup> دکتری بیولوژی جانوری گروه بیولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه

۵ هرتز و ۰/۲۰۷ میکروتسلا با فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفتند و گروه A به عنوان گروه کنترل ۲ ساعته در میدان الکترومغناطیس خاموش قرار گرفت اما گروه D,E برای ۴ ساعت در معرض میدان‌هایی به ترتیب با شدت ۰/۱۳ میکروتسلا و ۰/۲۰۷ میکروتسلا قرار گرفتند و گروه F به عنوان گروه کنترل ۴ ساعته در میدان الکترومغناطیس خاموش قرار گرفتند. با توجه به این که بیشتر تحقیقات انجام شده درباره اثرات بیولوژیک میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز انجام گرفته فرکانس ۵۰ هرتز به عنوان یکی از شدت‌ها انتخاب شد همچنین فرکانس ۵ هرتز به عنوان فرکانس متعلق به محدوده آغازین رنج میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس‌های بسیار پایین انتخاب شده است (۱۵). اما هم زمان با بررسی اثر میدان‌های الکترومغناطیس در معرض فرکانس‌های ۵ و ۵۰ هرتز بر روی اثر زمان‌گیری در معرض میدان الکترومغناطیس بر روی با متغییر در نظر گرفتن زمان‌ها و با توجه به مقالات موجود (۱۵، ۱۶) مدت زمان‌های ۲ و ۴ ساعت انتخاب و بررسی شد بعد از در معرض قرار دادن حیوانات در روز پنجم از کوچک‌های هندی آزمایش و کنترل با استفاده از سرنگ آلوده به هیپارین (جهت جلوگیری از انعقاد خون) خون‌گیری به عمل آمد سپس جهت منعقد نشدن خون گرفته شده از حیوانات را به لوله‌های آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد سیترات پتاسیم ۳ درصد انتقال داده و سپس با کمک Cell Counter میزان گلبول‌های قرمز خون اندازه‌گیری شد. همچنین بعد از خون‌گیری از بافت کلیه حیوانات نمونه برداری انجام گرفت و نمونه‌ها در فرمالین ۱۰ درصد فیکسه شدند و پس از آماده‌سازی توسط میکروتوم از آنها مقاطع ۵ میکرونی تهیه و پس از رنگ آمیزی با هماتوکسلیلین - ائوزین مورد مطالعه قرار گرفتند.

برای آنالیز آماری از نرم افزار SPSS استفاده شد و اختلاف بین گروه‌ها از تست آنالیز واریانس یک طرفه و تست تشخیص دانت مورد محاسبه قرار گرفت. داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  خطای معیار بیان و سطح معنی دار بودن  $P \leq 0/05$  در نظر گرفته شده است.

### نتایج

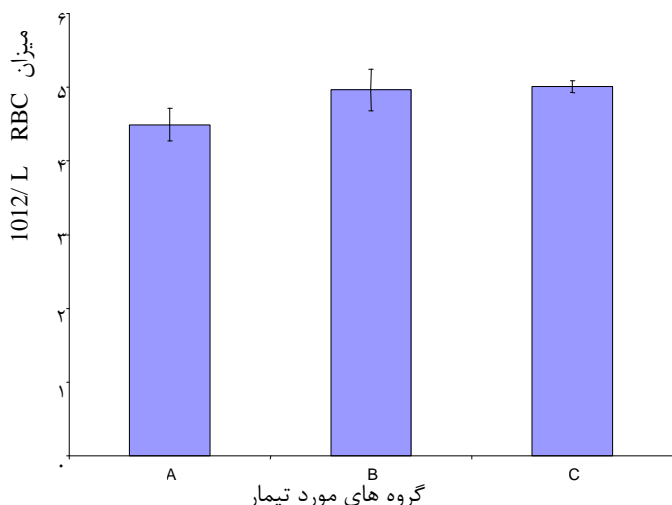
در این تحقیق اثر میدان‌های الکترومغناطیس ۵۰ Hz با شدت ۰/۲۰۷ میکروتسلا و ۵ Hz با شدت ۰/۱۳ میکروتسلا بر تغییرات میزان هورمون تستسترون سرم خون و بافت بیضه به مدت پنج روز برای گروه‌های دو و چهار ساعته در کوچک‌های هندی نر، بالغ بررسی شد و اختلاف معنی دار بین گروه‌های کنترل و گروه‌های آزمایش مشاهده شد.

الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰-۶۰ هرتز انجام گرفته است، چون دستگاه‌های الکتریکی و خطوط انتقال نیرو دارای میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس ۶۰-۵۰ هرتز هستند (۶). به همین دلیل در گذشته اغلب این سوال مطرح بوده که میدان‌های الکترومغناطیس با چه شدتی قادر به اثر گذاری بر سیستم بیولوژیک هستند. خصوصاً بر روی انسان با چه شدتی موثر هستند به همین دلیل در سال‌های اخیر تحقیقات فراوانی در این رابطه انجام گرفته است (۴). اگر چه اثرات سوء میدان‌های الکترومغناطیس ضعیفی که توسط وسایل برقی خانگی ایجاد می‌شوند مورد تردید می‌باشد ولی شواهدی نیز وجود دارد که قرارگیری طولانی مدت در معرض مونیتور کامپیوتر (بنا به اقتضای شغلی) احتمال سقط جنین را در خانم‌های باردار افزایش می‌دهد (۳). همچنین قرارگیری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی با شدت میدان‌های خاص باعث کاهش هورمون ملاتونین، هورمون تستسترون و باعث افزایش هورمون پرولاکتین، استروژن و افزایش خطر ابتلا به سرطان سینه در افراد مستعد ابتلا به سرطان سینه را موجب می‌شود (۷-۲، ۱۰) مطالب فوق نشان می‌دهد افزایش روزافزون استفاده از میدان‌های الکترومغناطیس در صنعت پزشکی برای مقاصد مختلف بررسی همه جانبه‌ای درباره اثرات میدان‌های الکترومغناطیس با شدت‌های مختلف و فرکانس‌های متغییر بر روی اعمال فیزیولوژیک ضروری است (۳). بر این اساس در تحقیق حاضر اثرات میدان‌های الکترومغناطیس با شدت‌های ۰/۱۳ میکروتسلا و ۰/۲۰۷ میکروتسلا بر روی میزان هورمون تسترون و تغییرات بافت بیضه مورد مطالعه قرار گرفته است.

### مواد و روش کار

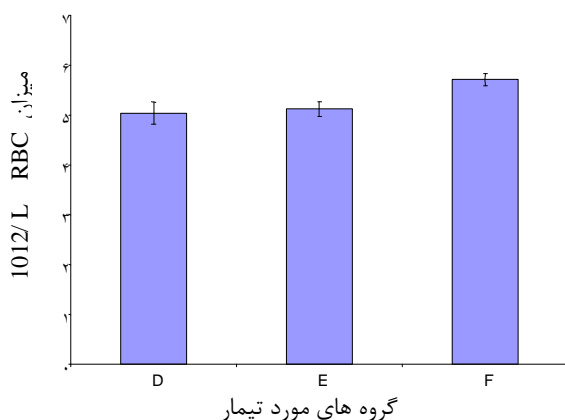
تعداد ۳۶ کوچک‌های هندی نر بالغ با متوسط وزن  $10/58 \pm 363$  گرم (تهیه شده از انیستيو پاستور كرج) مورد استفاده قرار گرفت. حیوانات در شرایط ۱۲ ساعت تاریکی قرار گرفتند و آب و غذا آزادانه در اختیار آنها بود. سلنوئید (دستگاه مولد میدان الکترومغناطیس) از سیم پیچی استوانه‌ای که سیم پیچ‌ها در ۱۵ حلقه که هر حلقه از ۱۰۰ دور سیم پیچیده شده تشکیل شده یعنی جمعاً ۱۵۰۰ دور سیم در این سلنوئید به کار رفته و برای ایجاد شدت میدان‌های با فرکانس‌های ذکر شده از دستگاه فانکشنین ژنراتور (ساخت PHYWE) آلمان که به این سلنوئید متصل شده بود استفاده شد. کوچک‌هایی هندی در شش گروه شش تایی تقسیم شدند که گروه B,C برای ۲ ساعت در معرض میدان‌هایی به ترتیب با شدت‌های ۰/۱۳ میکروتسلا با فرکانس

F= گروه کنترلی که به مدت ۵ روز هر روز به مدت ۴ ساعت داخل میدان الکترومغناطیسی خاموش قرار گرفته اند.



نمودار (۱): مقایسه میزان گلبول های قرمز خون در گروه آزمایش و کنترل ۲ ساعته

(A): کنترل ۲ ساعته - B: گروه آزمایش ۲ ساعته در میدانی با شدت ۵۰ Hz، ۰/۰۱۳ μT - C: گروه آزمایش ۲ ساعته در میدانی با شدت ۵۰ Hz، ۰/۰۲۰۷ μT



نمودار (۲): مقایسه میزان گلبول های قرمز در گروه آزمایش و کنترل ۴ ساعته

(D): گروه آزمایش ۴ ساعته در میدانی با شدت ۵۰ Hz، ۰/۰۱۳ μT - E: گروه آزمایش ۴ ساعته در میدانی با شدت ۵۰ Hz، ۰/۰۲۰۷ μT - F: کنترل ۴ ساعته

## اثر میدان الکترومغناطیسی بر میزان گلبول های قرمز خون

همان طوری که در جدول ۱ و نمودارهای ۱ تا ۲ مشاهده می شود نتایج حاصل از اندازه گیری میزان گلبول های قرمز در خوکیچه های هندی کنترل و آزمایش دو ساعته و چهار ساعته نشان می دهد که میزان گلبول های قرمز در گروه آزمایش چهار ساعته در میدانی با شدت ۰/۰۱۳ میکروتسلا با فرکانس ۵ Hz و در گروه آزمایش چهار ساعته در میدانی با شدت ۰/۰۲۰۷ میکروتسلا با فرکانس ۵۰ Hz نسبت به گروه کنترل چهار ساعته به طور معنی دار کاهش یافته است.

جدول (۱): میانگین ± خطای استاندارد میزان گلبول های قرمز

میزان گلبول های قرمز 10 <sup>12</sup> /L	گروه ها
4/49 ± 0/22	گروه کنترل A
4/96 ± 0/28 P= 0/24	گروه آزمایش B
5/06 ± 0/08 P= 0/19	گروه آزمایش C
5/04 ± 0/22 P= 0/02	گروه آزمایش D
5/12 ± 0/15 P= 0/05	گروه آزمایش E
5/71 ± 0/12	گروه کنترل F

A= گروه کنترلی که به مدت ۵ روز هر روز ۲ ساعت داخل میدان الکترومغناطیسی خاموش قرار گرفته اند.

B= گروه آزمایشی که به مدت ۵ روز هر روز ۲ ساعت در میدان الکترومغناطیسی با شدت ۰/۰۱۳ میکروتسلا با فرکانس ۵ هرتز قرار گرفته اند.

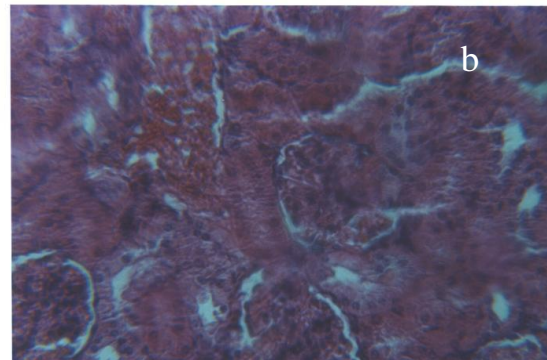
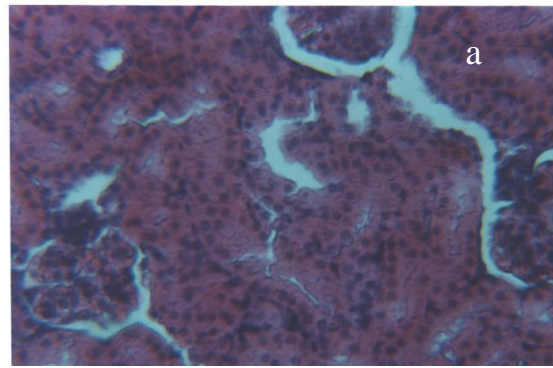
C= گروه آزمایشی که به مدت ۵ روز هر روز ۲ ساعت در میدان الکترومغناطیسی با شدت ۰/۰۲۰۷ میکروتسلا با فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفته اند.

D= گروه آزمایشی که به مدت ۵ روز هر روز ۲ ساعت در میدان الکترومغناطیسی با شدت ۰/۰۱۳ میکروتسلا با فرکانس ۵ هرتز قرار گرفته اند.

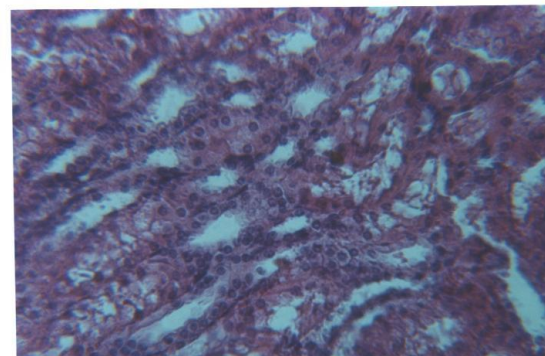
E= گروه آزمایشی که به مدت ۵ روز هر روز ۲ ساعت در میدان الکترومغناطیسی با شدت ۰/۰۲۰۷ میکروتسلا با فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفته اند.

### اثر میدان الکترومغناطیس بر بافت کلیه

نتایج حاصل از بررسی پاتولوژیکی بافت بیضه در خوکچه‌های هندی کنترل و آزمایش دو ساعته و چهار ساعته نشان می‌دهد که تغییرات قابل توجهی در گروه‌های E و D وجود دارد. تغییرات عبارتند از تورم سلول‌های اپیتلیال توبول‌ها، کاهش قطر لومن داخل توبول‌ها و اتساع گلومرول‌ها.



میکروگراف ۱ و ۲: a: اتساع گلومرول  
b: کاهش قطر لومن توبول‌ها (با بزرگنمایی ۱۰)



میکروگراف ۳: کلیه سالم (با بزرگنمایی ۱۰)

### بحث و نتیجه گیری

یافته‌های به دست آمده از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که میزان گلبول‌های قرمز و بافت کلیه در گروه‌های آزمایش چهار ساعته در

میدانی با شدت ۰/۱۳ میکروتسلا با فرکانس ۵ Hz و در میدانی با شدت ۰/۲۰۷ میکروتسلا با فرکانس ۵۰ Hz نسبت به گروه کنترل‌ها چهار ساعته تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهند. در سال ۲۰۰۳ V.V.Baile و همکارانشان موش‌های نر و ماده Wistar را تحت معرض میدان الکتریکی با شدت های ۱/۵ KV/m و ۱۰ KV/m به مدت ۳۰ و ۶۰ و ۹۰ و ۱۲۰ روز قرار دادند و سپس فاکتورهای خونی را مورد سنجش قرار دادند نتایج نشان داد میزان RBC در ماده‌ها در میدانی با شدت ۱/۵KV/m به صورت معنی‌داری کاهش یافته بود (۱۱).

Zsolt-Forgacs و همکارانش در سال ۲۰۰۴ تحقیقی بر روی موش‌های نر نژاد cflp که در میدان الکترومغناطیسی از نوع سینوسی با شدت ۱۰۰ میکروتسلا و با فرکانس ۵۰ هرتز انجام دادند و بعد از ۱۴ روز بعد از قرارگیری در معرض میدان WBC و RBC خون را مورد سنجش قرار دادند. نتایج نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری بین گروه آزمایش و گروه کنترل وجود ندارد (۱۲).

در سال ۲۰۰۰، Kiiatkin VA و همکارانش اثر امواج الکترومغناطیسی با شدت ۸۴ mW/cm<sup>2</sup> و ۳۹۵ mW/cm<sup>2</sup> را بر روی مورفولوژی بافت کلیه موش‌های ماده بررسی کردند. بررسی‌ها نشان داد که امواج الکترومغناطیسی با شدت ۳۹۵ mW/cm<sup>2</sup> باعث اثر همودینامیک قابل توجهی از طریق تحریک ناحیه میانی کلیه می‌گردد. در اثر این تغییر همودینامیک، ادم بافت بینابینی، دیستروفی اپیتلیوم توبول‌ها، اسکروز گلومرول‌ها و التهاب بافت بینابینی را باعث شده بود (۱۳).

میدان‌های الکترومغناطیسی گروه‌های D و E با اثر بر روی مغز استخوان و مهار فعالیت میوتیکی مغز استخوان باعث کاهش گلبول‌های خون گشته است (۱۶) همراه با کاهش گلبول‌های قرمز در گروه‌های D و E بافت کلیه دچار تغییرات شدیدی شده که احتمال دخیل بودن تغییرات بافت کلیه بر کاهش گلبول‌های قرمز را تقویت می‌کند. در نتیجه هیپوکسی حاصل از کاهش گلبول‌های قرمز خون (هموگلوبین)، ماده‌ای به نام اریتروژنین از سلول‌های ناحیه گلومرولی کلیه آزاد شده و بر روی اریتروپوئیتینوزن کبدی که یک آلفا گلوبولین غیرفعال می‌باشد. اثر نموده و آن را به اریتروپوئیتین فعال تبدیل می‌نماید. اریتروپوئیتین به داخل گردش خون آزاد شده و از آن طریق به مغز استخوان می‌رسد و از طریق یک گیرنده اختصاصی با سلول‌های پیش ساز RBC تداخل عمل پیدا می‌کند و تولید گلبول‌های قرمز را تنظیم می‌کند. به نظر می‌رسد در اثر اثرات تخریبی میدان الکترومغناطیسی بر بافت کلیه و احتمالاً تخریب سلول‌های ترشح کننده اریتروژنین کلیه و عدم ترشح اریتروپوئیتین، گلبول‌های قرمز کاهش یافته است (۱۴).

الکترومغناطیس با داشتن امواج دارای انرژی بالا، باعث رفتن درجه حرارت موضعی در محل برخورد امواج شده و همانند اشعه یونیزان از طریق ایجاد رادیکال های آزاد، اثرات تخریبی خود را به وجود می آورند. رادیکال های آزاد با حمله به لیپیدها و تغییر ماهیت آنها و شکستن اتصالات پروتئینی باعث آسیب سلولی می شوند (۳).

در مورد بافت کلیه، در گروه های D و E لومن داخل توبول ها به خاطر تورم سلول های اپیتلیال توبول ها کاهش یافته و گلومرول ها متسع شدند که به دلیل اثر میدان الکترومغناطیسی بر تکثیر سلول های اندوتلیال عروق و گلومرول باشد. در مورد مکانیسم عمل میدان های الکترومغناطیس عقیده بر این است که میدان های

## References:

۱. کیانی ع. آثار بیولوژیک امواج رادیویی و میکروویو بر انسان. طب نظامی، ۱۳۸۰، شماره ۳، صفحات ۹-۷۳.
۲. بهاء الدینی ا. مطالعه تاثیر میدان الکترومغناطیسی بر تغییرات غلظت گنادوتروپین ها و استروئیدهای جنسی در مراحل مختلف سیکل استروس در موش صحرایی ماده بالغ. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز، ۱۳۸۰، ص ۳۲.
۳. سلیمانی راد ج. بررسی اثرات میدان الکترومغناطیسی بر فرآیند اسپرماتوژنز در Rat. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ۱۳۷۶، سال ۳۱، شماره ۳۶، ص ۵۵.
4. Attia AA, Yehia MA. Histological, ultrastructural and immunohistochemical studies of the low frequency electromagnetic field effect on Thymus, spleen and liver of Albino Swiss Mice. Pakistan J Biol Sci 2002; 5(9):931-7.
5. Lai H. Genetic effects of nonionizing electromagnetic fields. The international workshop on biological effects of ionizing radiation, electromagnetic, fields and chemical toxic agents in sinaia, Romania, 2001 October 2-6.
6. Stevens RG. Biologically based epidemiological studies of electric power and cancer. Environ Health Perspect Suppl 1993; 101(54): 93-5.
7. Moolgavkar SH, Day NE, Stevens RG. Two-stage model for carcinogenesis: epidemiology of breast cancer in females. J Natl Cancer Inst 1980; 65:559-69.
8. Blask OE. The emerging role of the pineal gland and melatonin in oncogenesis. In: Wilson BW, Stevens RG, Anderson LE, Editors. Extremely low frequency electromagnetic fields: the question of cancer. Columbus: Battelle Press; 1998. P.319-35.
9. Baile VV, Mankewar M. Effect of electric fields on the blood of rat-sprague dawley. J Bioelectric Med 2003; 8: 24.
10. Forgacs Z. Effects of whole-body 50-HZ magnetic field exposure on mouse leydig cells. Sci World J 2004;4(S2): 83-90.
11. Kiiatkin VA. Use of super-high frequency electromagnetic fields on intrarenal circulation and morphological status of health kidneys (experimental study). Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult 2000; (6):34-9.
12. Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. Harper's biochemistry. New York: McGraw-Hill Co; 2003.
13. Lai H. Genetic effects of nonionizing electromagnetic fields. The international workshop on biological effects of ionizing radiation, electromagnetic, fields and chemical toxic agents in sinaia, Romania 2001.
14. Demisia G. Effect of 10 MHz electromagnetic field on rat bone marrow. Sci World J 2004; 2:48-54.
15. Rajkovic V. The effect of extremely low-frequency electromagnetic fields on skin and thyroid amine- and peptide- containing cells in rats. Sci Direct J 2005;99(3): 369-77.
۱۶. دشتیان نسب ع، حیات غیبی ح. بررسی اثرات میدان های الکتریکی یکنواخت بر تابلوی خونی در موش سوری تهران، پایان نامه دکترای دامپزشکی ۱۳۷۶. ص ۱۰.