

## مقدمه

طیف امواج الکترومغناطیس دارای محدوده فرکانسی بسیار گسترده می‌باشد و شامل فرکانس‌های بسیار پائین، رادیو فرکانسها، مایکروویوها، تشعشعات مادون قرمز، تشعشعات فرابنفش، اشعه X و اشعه گاما است. این امواج در دستگاهها و لوازم مختلف مورد استفاده در زندگی روزمره نظیر یخچال، فریزر، تلویزیون، رادیو، مایکروفر، دستگاههای فتوکپی، نمایشگرهای کامپیوتری، لامپهای هالوژن، چاپگرها و دستگاههای دیاترمی کاربرد وسیعی دارند (۱). امواج مایکروویو نیز که بخشی از امواج الکترومغناطیس هستند دارای محدوده فرکانسی  $300\text{MHz}$  تا  $300\text{GHz}$  می‌باشند و طول موج آنها از  $1\text{mm}$  تا  $1\text{m}$  متغیر است (۲). امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه با فرکانس متوسط حدود  $900\text{MHz}$  تا  $1\text{GHz}$  در این محدوده فرکانسی قرار دارند (۳).

گسترش و کاربرد فزاینده تلفن‌های همراه که مولد امواج الکترومغناطیس می‌باشند و گزارشات متعدد سال‌های اخیر در مورد اثرات تراژونیک این امواج بر فرایندهای مختلف رشد و نمو، باعث ایجاد نگرانی‌های بسیاری در ارتباط با اثرات زیانبار امواج انتشار یافته از تلفن‌های همراه بر سلامت انسان شده است و علیرغم ضمانت‌هایات‌های صنعتی و اداری مختلف از جمله هیأت مدیره حفاظت رادیولوژیک انگلستان (NRPB)<sup>۱</sup>، هنوز شک و تردیدهای بسیاری در این رابطه وجود دارد (۳). این امر باعث توجه پژوهشگران بسیاری در سطح جهانی به مطالعه اثرات زیستی این امواج بر سلامتی انسان شده است و گزارش‌های متعددی نیز تاکنون در این ارتباط انتشار یافته است. از جمله می‌توان به القاء پروتئین‌های استرس تحت امواج تلفن‌های همراه (۴) و اثرات تابش امواج مایکروویو روی توجه، یادگیری و دقت (۵) و همچنین نقش میدان‌های مغناطیسی با

فرکانس پائین بر شاخص‌های باروری (۶) اشاره نمود. برخی گزارشات نیز به تاثیرگذاری امواج UHF<sup>۲</sup> و VHF<sup>۳</sup> روی کارگران مراکز ایستگاه‌های رادیو و تلویزیون (۷) و نیز اثر امواج تلفن‌های همراه روی فعالیت‌های مغز (۸) اشاره می‌نماید. همچنین عدم تاثیر امواج تلفن‌های همراه بر شنوائی (۹) و اثر مخرب امواج مایکروویو برفیبرهای عضلانی (۱۰) مشخص شده است. برخی از مقالات علمی نیز به تغییر فعالیت الکتریکی نورون‌ها در پاسخ به تیمار با امواج مایکروویو اشاره دارد (۱۱). همچنین اثر غیرگرمائی امواج مایکروویو روی عملکرد رحمی جفتی رت‌ها بررسی شده است (۱۲). این قبیل تجربیات ضرورت بررسی همه جانبه امواج انتشار یافته شده از تلفن‌های همراه را بر پدیده‌های مختلف رشد و نمو نشان می‌دهد. به ویژه آنکه در سال ۲۰۰۲ یک خبر جنجال برانگیز درباره اثرات امواج تلفن‌های همراه توسط دانشمندان دانشگاه Nottingham انتشار یافت (۱۳). در این گزارش به افزایش رشد لارو نماتود و نیز افزایش باروری در این کرم تحت تاثیر این امواج اشاره شد و این امر توجه محققین را به مطالعه اثرات امواج انتشار یافته از تلفن‌های همراه بر غدد تناسلی و باروری موجودات زنده معطوف کرد. با توجه به حضور مقادیر بسیار زیادی از امواج مایکروویو و به‌ویژه امواج تلفن‌های همراه در محیط زندگی و اثرات احتمالی آنها بر غدد تناسلی ماده در پژوهش حاضر سعی شده است با استفاده از موش ماده نژاد Balb/C به عنوان یک مدل آزمایشگاهی مناسب و با طراحی یک سیستم آزمایشگاهی ویژه مولد امواج تلفن‌های همراه، اثرات این امواج بر غدد تناسلی موش‌های ماده مطالعه شود.

2- Ultra High Frequency

3- Very High Frequency

1- National Radiological Protection Board

بهارآرا و ...

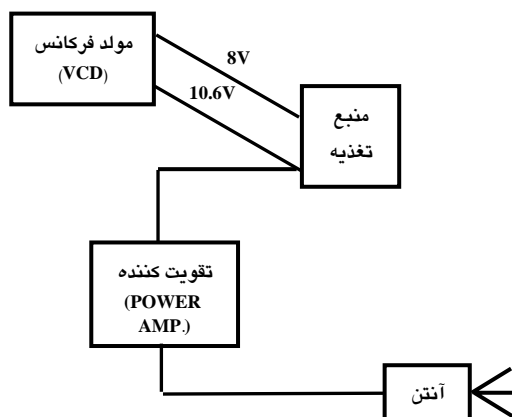
تأثیر امواج تلفن همراه بر غدد تناسلی موش Balb/C

## مواد و روشها

جهت بررسی اثرات امواج انتشار یافته از تلفن‌های همراه بر غدد تناسلی ماده از موش نژاد Balb/C (موسسه واکسن و سرم‌سازی رازی، مشهد) استفاده گردید. این موش‌ها در اتاق پرورش حیوانات، تکثیر و در درجه حرارت  $21 \pm 2^\circ C$ ، رطوبت ۷۰٪-۶۵٪ و پریود نوری طبیعی (۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی) در قفس‌های ویژه‌ای با هر هفته دو بار شستشو و ضد عفونی نگهداری شدند و برای تغذیه آنها از غذای آماده استاندارد (شرکت جوانه خراسان، مشهد) استفاده گردید. آب کافی توسط بطری شیشه‌ای در اختیار آنها قرار داده شد. در این مطالعه برای اطمینان از بلوغ موش‌ها از حیوانات ۲-۳ ماهه با وزن حدود ۲۸-۲۴g استفاده شد. در بخش‌هایی از مطالعه که نیاز به انجام آمیزش نر و ماده بود یک موش ماده باکره بالغ با یک موش نر بالغ در یک قفس قرار داده شدند (مونوگامی) و روز مشاهده درپوش واژنی<sup>۱</sup> به عنوان روز صفر حاملگی در نظر گرفته شد. برای تولید امواج تلفن‌های همراه از سیستم آزمایشگاهی ویژه مولد امواج استفاده شد. این سیستم ویژه در آزمایشگاه تحقیقاتی

گروه زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد توسط مجریان و با همکاری متخصصین برق و الکترونیک دانشگاه صنعتی شریف طراحی و ساخته شد. مدار این سیستم شامل منبع تغذیه، مولد فرکانس (VCD)، تقویت کننده، آنتن، اتاقت و سیم‌های رابط بود. این سیستم قادر به تولید امواج الکترومغناطیس با فرکانس  $940\text{MHz}$  خروجی  $1\text{W}$  بود (اشکال ۱ و ۲).

انجام آزمایشات در سه مرحله و هر بار با تعداد ۸ موش ماده بالغ باکره (با توجه به ظرفیت فضای داخلی محفظه دستگاه) در یک قفس پلاستیکی در داخل اتاقک دستگاه مولد امواج قرار گرفتند. غذا در داخل قفس و آب از طریق بطری شیشه‌ای در اختیار موش‌ها قرار گرفت، برای هر گروه تجربی نیز به همان تعداد موش‌های ماده باکره بالغ به عنوان sham-exposed و کنترل در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه در تعدادی از مطالعات سایر محققین (۱۹) در مورد اثر امواج الکترومغناطیس در باروری و غدد تناسلی، موش‌های نر و ماده معمولاً از ۴۵ تا ۹۰ روز قبل از آمیزش و هر روز به مدت ۳ تا ۴ ساعت در معرض امواج قرار می‌گرفتند در پژوهش



شکل ۲- مدار تولید امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه جهت بررسی اثرات امواج تلفن‌های همراه بر باروری موش ماده نژاد Balb/C



شکل ۱- سیستم آزمایشگاهی ویژه مولد امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه ( $940\text{MHz}$ ) جهت بررسی این امواج بر باروری موش ماده نژاد Balb/C: (الف) منبع تغذیه، (ب) مولد فرکانس (VCD)، (ج) تقویت کننده، (د) آنتن، (و) اتاقت

1- Vaginal Plaque

تأثیر امواج تلفن همراه بر غدد تناسلی موش Balb/C

بهارآرا و ...

(Merck, Germany) برای انجام مطالعات بافت‌شناسی به وسیله میکروسکوپی نوری آماده‌سازی شد. بدین ترتیب که ابتدا نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در فیکساتور بوئن تثبیت و پس از آبیگری توسط درجات صعودی اتانول (۹۶، ۹۰، ۷۰، ۵۰ درجه هر مرحله به مدت ۲ ساعت) و نهایتاً در اتانول مطلق به مدت ۴۰ دقیقه انجام شد. سپس در تولوئن (۴۰ دقیقه) و دو مرحله حمام پارافین (هر مرحله ۳۰ دقیقه) قرار داده شد و در ادامه پس از قالب‌گیری توسط میکروتوم (Leica, Germany) برش‌های سریال با ضخامت ۶μ تهیه و مقاطع حاصل روی لام قرار داده شد. پس از انجام شفاف‌سازی در تولوئن (۲۰ دقیقه) و آب‌دهی با درجات نزولی اتانول، لام‌ها به روش هماتوکسیلین - ائوزین هاریس رنگ‌آمیزی و توسط چسب کانادا بالزام (Buchler, USA) مونته شد. پس از تهیه لام‌های آماده، ساختار بافتی تخمدان‌ها مطالعه گردید. در مقاطع میانی‌تر تعداد و ساختار کلیه فولیکول‌های بنیادی، اولیه، ثانویه، گراآف و جسم زرد بررسی شد، برای جلوگیری از هرگونه خطا با انتخاب یک فولیکول و قرار دادن آن در ساعت ۱۲ میدان دید شمارش سایر فولیکول‌ها در جهت عقربه‌های ساعت انجام شد. جهت بررسی ضخامت اندومتر و تعداد غدد رحمی از بخش‌های مختلف هر دو شاخ رحم قطعات کوچکی تهیه و پس از آماده‌سازی مطابق شرح فوق در مقاطع میانی، ۶ ناحیه در هر میدان دید به صورت تصادفی انتخاب و ضخامت اندومتر و نیز تعداد غدد رحمی مورد بررسی و اندازه‌گیری و شمارش قرار گرفت.

تعدادی از تخمدان‌های تجربی و شاهد نیز برای انجام مطالعات میکروسکوپی الکترونی گذاره (LEO910, Germany) در پژوهشکده بی‌وعلی‌سینا دانشگاه علوم پزشکی مشهد به کمک کیت (رزین طب، ایران) مطابق روش ذیل آماده‌سازی شد. ابتدا بافتها به مدت ۲-۳ ساعت توسط گلو تار آل‌دیید ۳٪

حاضر نیز موش‌های گروه‌های تجربی به مدت چهار روز متوالی و هر روز ۶ ساعت (ساعت ۱۴-۸) در اتاقک دستگاه مولد امواج تحت تاثیر تشعشعات قرار داده شدند. پس از اتمام دوره پرتو دهی نیمی از موش‌های مذکور که با تهیه گسترش مهلبی<sup>۱</sup>، (جهت اطمینان کافی از قرار گرفتن در مرحله دی‌استروس سیکل جنسی) انتخاب شدند. در این مرحله برای تهیه گسترش مهلبی با یک پیپت پاستور ابتدا یک یا دو قطره آب به واژن موش‌ها وارد گردید و سپس آب موجود تخلیه و مجدداً برداشت و روی لام از آن گسترش تهیه گردید. گسترش فوق توسط گیمسا رنگ‌آمیزی و با توجه به مشخصات سلول‌های موجود، سیکل جنسی تعیین گردید. موش‌هایی که در مرحله دی‌استروس سیکل جنسی بودند تشریح و از قلب آنها به کمک سرنگ انسولین خون‌گیری انجام شد. نمونه‌های خون جمع‌آوری شده، با دور RPM ۲۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ و سرم آن جدا گردید. نمونه‌های سرمی جهت بررسی‌های بعدی در داخل فریزر نگهداری شد. در مراحل بعد سطح هورمون‌های LH، FSH و استرادیول و پروژسترون در آزمایشگاه تشخیص طبی فردوس مشهد و به روش رادیو ایمنواسی (RIA)<sup>۲</sup> (کیت کاوشیاران) تعیین شد. کلیه مراحل فوق به صورت مشابه برای نمونه‌های شاهد نیز انجام گردید. پس از انجام خون‌گیری با استفاده از سرنگ انسولین، تخمدان‌ها و رحم از بدن خارج و به سرم فیزیولوژیک منتقل گردید. پس از حذف چربی‌های اضافی اطراف تخمدان ابتدا توسط استرئومیکروسکوپ (Leica, Germany) بررسی‌های ریخت‌شناسی<sup>۳</sup> شامل ابعاد آنها توسط کولیس و وزن آنها به وسیله ترازوی آنالیتیکال مدل سارتریوس (Sarterius, Germany) (با دقت ۰/۰۰۱g) اندازه‌گیری شد. سپس تخمدان‌ها و رحم‌های مذکور با استفاده از مواد و ترکیبات شیمیائی

1- Vaginal Smear

2- Radio Immuno Assay

3- Morphologic

هورمونی و میزان موفقیت جفت‌گیری به کمک آزمون‌های *t* و Mann-Whitney و توسط نرم‌افزار SPSS نسخه 11 در سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  تحلیل شد.

### نتایج

تجزیه و تحلیل آماری نتایج میانگین وزن تخمدانها  $(0.008 \pm 0.0016 \text{ g})$  و اندازه تخمدانها  $(3/21 \pm 0.22 \text{ mm})$  مقادیر هورمون‌های FSH  $(0.433 \pm 0.208 \text{ mIU/ml})$  LH  $(0.067 \pm 0.152 \text{ mIU/ml})$  استرادیول  $(3/167 \pm 0.288 \text{ pg/ml})$  و پروژسترون  $(42/33 \pm 2/517 \text{ ng/ml})$  در موش‌های ماده کنترل نسبت به میانگین وزن تخمدانها  $(0.008 \pm 0.0025 \text{ g})$  و اندازه تخمدانها  $(3/25 \pm 0.518 \text{ mm})$  و مقادیر FSH  $(0.5 \pm 0.1 \text{ mIU/ml})$  LH  $(0.633 \pm 0.057 \text{ mIU/ml})$  استرادیول  $(3/33 \pm 0.288 \text{ pg/ml})$  و پروژسترون  $(41 \pm 2 \text{ ng/ml})$  در موش‌های ماده sham-exposed تغییرات معنی‌دار نشان نداد. لذا در تجزیه و تحلیل‌های آماری بعدی، گروه تجربی فقط با نمونه‌های sham-exposed مقایسه شدند. نتایج حاصل از مطالعه 24 تخمدان موش‌های تجربی نشان داد میانگین وزن تخمدانها  $(0.01125 \pm 0.00353 \text{ g})$  در مقایسه با گروه شاهد  $(0.0085 \pm 0.0025 \text{ g})$  و نیز میانگین اندازه تخمدانها  $(3/125 \pm 0.231 \text{ mm})$  نسبت به گروه شاهد  $(3/25 \pm 0.518 \text{ mm})$  در موش‌های ماده تیمار شده و همچنین میانگین وزن 32 تخمدان از موش‌های ماده نسل اول  $(0.0151 \pm 0.00391 \text{ g})$  نسبت به گروه شاهد تغییر معنی‌داری نداشت؛ لیکن میانگین اندازه تخمدان موش‌های ماده نسل اول  $(2/7143 \pm 0.425 \text{ mm})$  نسبت به شاهد  $(3/157 \pm 0.571 \text{ mm})$  معنی‌دار بود ( $P = 0.001$ ). در بررسی مقاطع بافتی رنگ‌آمیزی شده، با میکروسکوپ نوری، در برخی از نمونه‌ها بهم ریختگی شدید ساختار بافتی تخمدان و نیز کاهش تعداد

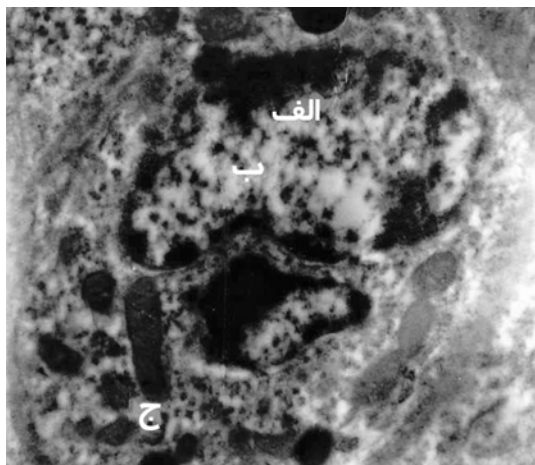
(PI.CAT, USA) تثبیت شدند. پس از شستشو با فسفات بافر، به مدت (۲-۳ ساعت) در اسمیوم تتراکسید (Profcipech, Astralia) تثبیت گردیدند. در مرحله بعد مجدداً با فسفات بافر شستشو و آب‌گیری با درجات صعودی الکل (۳۰، ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۰۰ درجه) و شفاف‌سازی با پروپیلن اکساید به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. در ادامه نفوذ<sup>۱</sup> ابتدا توسط مخلوط رزین و پروپیلن اکساید و سپس توسط رزین خالص (به مدت ۸-۱۰ ساعت) انجام گردید، پس از قالب‌گیری و پلیمریزاسیون در دمای  $60^\circ \text{C}$  (۴۸-۷۲ ساعت) از نمونه‌ها توسط اولترامیکروتوم<sup>۲</sup> (LK, Sweden) برش‌های نازک به ضخامت  $300 \text{ \AA}$  تهیه و توسط اورانیل استات ۲٪ و سیترات سرب ۵٪ رنگ‌آمیزی شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها مطابق مراحل فوق‌گرفته‌های تهیه شده به میکروسکوپ الکترونی گذاره منتقل و مورد مطالعه قرار گرفت. از موارد لازم میکروگراف تهیه و تفسیر شد. برای هر نمونه تغییرات فراساختار فولیکول‌ها و اووسیت‌ها و تغییرات اندامک‌های سلولی مورد بررسی قرار گرفت. باقیمانده موش‌های گروه‌های تجربی با موش‌های نر بالغ برای انجام آمیزش در قفس قرار داده شدند. پس از مشاهده درپوش واژنی، موش‌های ماده حامله در قفس‌های ویژه نگهداری شدند. پس از زایمان، فرزندان حاصل پس از ۱/۵-۱ ماه از نظر جنسیت بررسی و پس از تعیین نسبت جنسی از یکدیگر تفکیک و در قفس‌های جداگانه قرار گرفتند. پس از بلوغ، موش‌های ماده تشریح و تخمدان‌های آنها مطابق شرح فوق از نظر اندازه و وزن و همچنین ساختار بافتی مورد بررسی قرار گرفت. کلیه آزمایشات فوق برای موش‌های گروه‌های کنترل و sham-exposed نیز انجام شد. داده‌های کمی حاصل از اندازه‌گیری‌های وزن و اندازه تخمدان، تعداد انواع فولیکول‌ها و جسم زرد و ضخامت اندومتر و تعداد غدد رحمی و تغییرات سطح

1- Infiltration  
2- Ultramicrotom

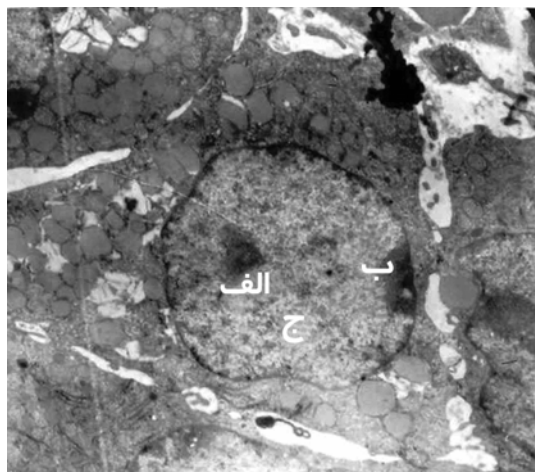
اندومتر و تعداد غدد رحمی موش‌های ماده تیمار شده و فرزندان ماده نسل اول آنها نیز هیچگونه تغییر معنی‌داری نسبت به شاهد نشان نداد؛ اما مطالعه با میکروسکوپ الکترونی روی مقاطع بسیار نازک تهیه شده از تخمدان‌های موش‌های ماده تیمار شده بیانگر به هم ریختگی شدید لانه‌های تخمکی<sup>۱</sup>، شکاف‌دار شدن هسته، هتروکروماتینی شدن شدید هسته‌های اووسیت‌ها و تغییر شکل اندامک‌های سلولی در برخی از نمونه‌های تیماری بود (اشکال ۳، ۴، ۵).

نتایج حاصل از بررسی‌های هورمونی نشان داد تحت شرایط تجربی میانگین مقادیر FSH ( $225 \pm 0.05 \text{ mIU/ml}$ ) نسبت به شاهد ( $0.167 \pm 0.057 \text{ mIU/ml}$ ) LH ( $0.633 \pm 0.057 \text{ mIU/ml}$ ) نسبت به شاهد ( $70.5 \pm 0.1 \text{ mIU/ml}$ ) و پروژسترون ( $4.033 \pm 0.163 \text{ ng/ml}$ ) نسبت به گروه شاهد ( $4 \pm 3 \text{ ng/ml}$ ) کاهش معنی‌داری داشت ( $P < 0.05$ ). لیکن میانگین مقادیر استرادیول ( $3/5 \pm 0/05 \text{ pg/ml}$ ) نسبت به شاهد ( $3/33 \pm 0/288 \text{ pg/ml}$ ) تغییر معنی‌دار نشان نداد.

فولیکول‌های تخمدانی دیده شد. لیکن در موش‌های ماده تیمار شده در مطالعه بررسی‌های آماری نشان داد که میانگین تعداد فولیکول‌های بنیادی ( $2/07 \pm 1/3$ ) عدد نسبت به گروه شاهد ( $2/67 \pm 1/45$ )، میانگین تعداد فولیکول‌های اولیه ( $3/8 \pm 2/387$ ) نسبت به گروه شاهد ( $5 \pm 3/25$ )، میانگین تعداد فولیکول‌های ثانویه ( $8 \pm 4/183$ ) نسبت به گروه شاهد ( $8/33 \pm 7/23$ ) و میانگین تعداد جسم زرد ( $5 \pm 0/057$ ) نسبت به گروه شاهد ( $2/67 \pm 2/055$ ) هیچگونه تغییر معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین در هیچکدام از تخمدان‌های شاهد و تجربی فولیکول گرآف مشاهده نگردید. علاوه بر این میانگین تعداد فولیکول‌های بنیادی ( $1 \pm 0/08$ ) نسبت به شاهد ( $2/67 \pm 2/057$ )، میانگین تعداد فولیکول‌های اولیه ( $4 \pm 4$ ) نسبت به شاهد ( $5 \pm 4/78$ )، میانگین تعداد فولیکول‌های ثانویه ( $11 \pm 2/944$ ) نسبت به شاهد ( $8/33 \pm 7/234$ ) و میانگین تعداد جسم زرد ( $3/75 \pm 0/5$ ) نسبت به شاهد ( $2/67 \pm 1/055$ ) در تخمدان‌های موش‌های ماده بالغ نسل اول نیز تغییرات معنی‌دار نداشت. بررسی ضخامت



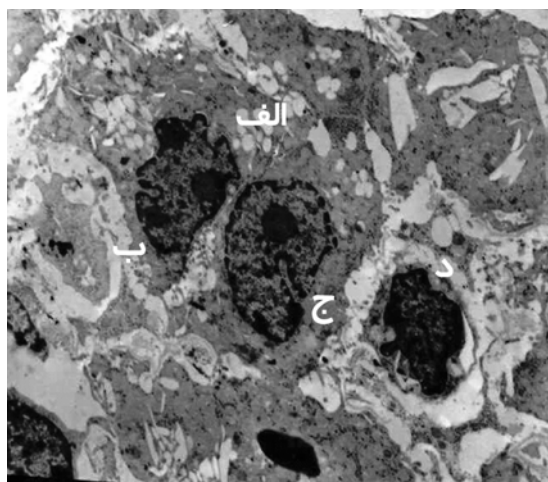
شکل ۴- میکروگراف تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی گذاره مربوط به تخمدان تجربی (بزرگنمایی نهائی تصویر  $\times 16000$ ) به حالت هتروکروماتینی شدید و شکاف دار شدن هسته‌ها و تغییر شکل اندامک‌ها توجه شود. الف- هتروکروماتین ب- یوکروماتین ج- میتوکندری



شکل ۳- میکروگراف تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی گذاره مربوط به تخمدان شاهد (بزرگنمایی نهائی تصویر  $\times 8000$ ) الف- هستک ب- هتروکروماتین ج- یوکروماتین

1- Egg nest

بیانگر افزایش هیپرپلوئیدی ناشی از القاء شیمیائی در اووسیت‌های پستانداران (۱۴) کاهش باروری، اختلال در اسپرمیوژنز و کاهش تعداد جنین‌های زنده در موش (۱۷-۱۵) و افزایش موفقیت تولیدمثلی در پرندگان (۱۸) می‌باشد. در پژوهش حاضر با طراحی و ساخت سیستم آزمایشگاهی ویژه مولد امواج تلفن‌های همراه که بخشی از طیف امواج الکترومغناطیس در محدوده امواج میکروویو می‌باشد به اثر این امواج بر غدد تناسلی موش ماده نژاد Balb/C توجه شده است. مطالعه اثرات زیستی امواج میکروویو به علت گسترش روز افزون تلفن‌های همراه و سایر دستگاه‌های مولد این امواج در سال‌های اخیر کانون توجه محققین قرار گرفته است و عده‌ای از پژوهشگران با قراردادن دستگاه‌های تلفن همراه در نزدیکی بدن موش به بررسی اثر امواج ساطع شده بر مورفولوژی و ساختار بیضه‌ها (۱۹) و همچنین تغییرات سطح هورمون‌هایی نظیر ACTH، TSH، FSH و پرولاکتین پرداخته‌اند (۲۰)؛ لیکن نتایج این تجربیات تغییر معنی‌داری نشان نداده است. در تحقیق حاضر نیز نتایج نشان داد امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه بر وزن و اندازه تخمدان‌های موش‌های ماده تیمار شده و همچنین موش‌های ماده نسل اول حاصل از آنها اثر معنی‌داری ندارد. این نتایج با مطالعات Elebetieha (۲۱) در تناقض می‌باشد. وی با ایجاد یک میدان الکترومغناطیسی با فرکانس پائین و با شدت  $25 \mu T$  موش‌های نر و ماده سوئسی را به مدت ۹۰ روز قبل از جفت‌گیری تحت تاثیر امواج الکترومغناطیس قرار داد؛ اما هیچگونه تغییر معنی‌داری در باروری مشاهده نکرد. ولی وزن تخمدان‌ها در حد معنی‌داری افزایش یافته بود. به نظر می‌رسد علت تناقض نتایج این تجربه با پژوهش حاضر شرایط متفاوت این دو مطالعه به ویژه تفاوت در فرکانس امواج تابیده شده می‌باشد. از طرفی تغییر معنی‌دار اندازه تخمدان در زاده‌های نسل اول ممکن است نشان دهنده اثر این امواج بر بیان ژنی باشد. تاثیر



شکل ۵- میکروگراف تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی گذاره مربوط به تخمدان تجربی (بزرگنمایی نهائی تصویر  $\times 4000$ )  
الف- لانه تخمکی ب- اووگونیم ج- هسته شکافدار شده  
د- هتروکرونین شدن شدید هسته

همچنین بررسی نتایج میزان موفقیت در جفت‌گیری و تشکیل در پوش واژنی در موش‌های ماده تیمار شده با نرهای بالغ نشان داد که فقط در چهار موش ماده از ۱۲ موش ماده تیماری در پوش واژنی تشکیل شده است؛ در حالیکه از ۱۲ موش ماده گروه شاهد در ۱۱ موش ماده در پوش واژنی مشاهده شد که بیانگر کاهش حدود ۷۵٪ تحت شرایط تجربی است. بررسی جنسیت فرزندان در زاده‌های نسل اول نشان داد که در ۴۵ زاده نسل اول موش‌های ماده تیمار شده تعداد ۲۳ موش ماده و تعداد ۲۲ موش نر بود، در حالیکه در گروه شاهد از تعداد ۱۰۹ زاده نسل اول تعداد ۵۶ موش ماده و ۵۳ موش جنسیت نر داشتند که بیانگر آن است که جنسیت فرزندان در زاده‌های نسل اول در موش‌های ماده تیمار شده نسبت به شاهد تغییر معنی‌داری در نسبت جنسی نر و ماده ندارد.

## بحث

اثرات امواج الکترومغناطیس با فرکانس پائین بر غدد تناسلی و باروری توسط پژوهشگران بسیاری مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج این تحقیقات

امواج الکترومغناطیس بر الگوبرداری و فاکتورهای نسخه برداری توسط محققین دیگری از جمله Tipping (۲۲) بررسی شده است. در این مطالعه ساختار بافتی تخمدان‌های موش‌های ماده تیمار شده و نیز موش‌های ماده نسل اول با میکروسکوپ نوری و مقایسه آن با شاهد نشان داده است در برخی از نمونه‌ها به هم‌ریختگی و کاهش شدید تعداد فولیکول‌های تخمدانی ایجاد شده است؛ لیکن در بررسی‌های آماری تغییرات تعداد انواع فولیکول‌ها معنی‌دار نبود. این نتایج با پیشنهادات Banik (۲) که بر نقش فرکانس موج تابیده شده در نوع پاسخ تاکید دارد مطابقت دارد و به نظر می‌رسد در فرکانس  $940\text{ MHz}$  که فرکانس متوسط تلفن‌های همراه است روند تقسیمات سلول‌های فولیکولی تغییر چندانی نمی‌یابد؛ اما به هر حال مطالعات میکروسکوپی الکترونی گزاره در برخی نمونه‌ها اثرات مخرب این امواج را بر فراساختار تخمدان‌ها، سلول‌های فولیکولی و اووسیت‌ها نشان داده است. این یافته‌ها با نتایج Norton (۲۳) یعنی تخریب فولیکول‌ها و شکست آنها در رشد و نمو بعدی تحت تأثیر امواج الکترومغناطیس مطابقت می‌کند. همچنین باید توجه داشت که براساس گزارش Hyland (۳) شدت پاسخ نمونه به تیمار بستگی بسیار زیادی به شرایط فیزیولوژیک موجود در موقع پرتوگیری دارد. از مجموع این گزارش‌ها و نتایج مطالعه حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه، اثرات عمیقی بر تقسیمات میتوزی و تعداد فولیکول‌های تخمدانی ندارد؛ مگر آنکه نمونه‌ای که تحت تیمار قرار می‌گیرد از نظر فیزیولوژیک وضعیت مساعدی برای تأثیرپذیری داشته باشد. از نتایج دیگر پژوهش حاضر عدم تأثیر امواج تلفن‌های همراه بر مقادیر هورمون استرادیول است که با بخش‌هایی از نتایج Hjollund (۶) مطابقت دارد. این محقق با مطالعه اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر شاخص‌های باروری

گزارش کرد این امواج بر مقادیر هورمون‌های تولیدمثلی تأثیر معنی‌دار ندارد. همچنین Huuskonen (۲۴) با به کارگیری میدان الکترومغناطیسی با شدت  $130\text{ }\mu\text{T}$  هیچگونه تغییرات معنی‌داری در سطح هورمون‌های استرادیول و پروژسترون مشاهده نکرد. مطالعات دیگر نیز مؤید عدم تأثیر اثرات غیر گرمائی امواج مایکروویو بر مقادیر هورمون‌های استرادیول، پروژسترون، FSH و LH در رت‌های حامله می‌باشد (۱۲). لیکن سنجش‌های هورمونی مطالعه حاضر بیانگر تغییر معنی‌دار مقادیر پروژسترون، FSH و LH تحت تأثیر تابش طولانی مدت امواج تلفن‌های همراه می‌باشد که با نتایج محققینی نظیر Bortkiewicz (۲۰) و Huuskonen (۲۴) تفاوت دارد و این تفاوت را شاید بتوان با توجه به نقش مهم شرایط فیزیولوژیک حیوان در نوع و میزان پاسخ (۳) در حین انجام آزمایشات توجیه نمود. به نظر می‌رسد در صورتیکه نمونه تحت آزمایش از نظر فیزیولوژیک مستعد باشد امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه با تأثیر بر سطوح بالائی مغز (هیپوتالاموس) در مقدار ترشح GnRH تغییر ایجاد می‌کند و باعث تغییر مقادیر FSH, LH و پروژسترون می‌شود که این امر نیازمند مطالعات بیشتر و اندازه‌گیری مقادیر GnRH می‌باشد. از یافته‌های مهم دیگر این پژوهش کاهش میزان موفقیت جفت‌گیری در نمونه‌های تجربی نسبت به گروه شاهد است که با نتایج Norton مبنی بر کاهش باروری در اثر میدان‌های الکترومغناطیسی سازگار می‌باشد (۲۳). به هر حال نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد، قرارگیری طولانی مدت در معرض امواج تلفن‌های همراه باعث کاهش باروری تا حدود ۷۵٪ در نمونه‌های تجربی نسبت به شاهد می‌شود؛ ولی باید به خاطر داشت هرگونه تحلیل و تفسیر نتایج تأثیرگذاری امواج تلفن‌های همراه باید با دقت کامل در مورد وضعیت فیزیولوژیک نمونه تیمار شده صورت گیرد. همچنین مشاهده به هم‌ریختگی در ساختار بافتی و هتروکروماتینی شدن

متخصصین محترم کانون علمی شریف رسانای دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف و جناب آقای دکتر جعفری مسئول محترم بخش میکروسکوپ الکترونی پژوهشکده بوعلی دانشگاه علوم پزشکی مشهد و پرسنل محترم آزمایشگاه تشخیص طبی فردوس مشهد که در اجرای این طرح پژوهشی همکاری داشتند تقدیر و سپاسگزاری می شود.

شدید هسته‌های سلول‌های جنسی و تغییر شکل اندامک‌ها و تغییرات هورمونی که در طی این تجربه در برخی از نمونه‌های تیماری دیده شد بیانگر لزوم رعایت هرچه بیشتر راهکارهای حفاظتی است که از مهمترین این راهکارها می‌توان به کوتاه کردن زمان مکالمه اشاره کرد.

### تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهندس مجتبی تعالی‌پسند و سایر

## References

- 1- Belgian Bioelectromagnetic Group-Electricity. <http://139.165.92.135/english/pgspectrum.htm>
- 2- Banik S., Bandyopadhyay S. Bioeffects of microwave- a brief review. *Bioresource Technology*.2003;87:155-159.
- 3- Hyland G. Physics and biology of mobile telephony. *Lancet*.2000;356:25.
- 4- Fritze K., Wiessner C., Kuster N. Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain. *Neuroscience*.1997;81(3):627-693.
- 5- Andrea J. Behavioral evaluation of microwave irradiation. *Bioelectromagnetics*.1999;20:64-74.
- 6- Hjollund N.H., Skotte J.H. Extremely low frequency magnetic fields and fertility a follow up study of couples planning first pregnancies. *Occup Environ Med*.1999;56(4):253-5.
- 7- Zmyslony M., Aniolczyk H. Exposure to VHF and UHF electromagnetic fields among workers employed in radio and TV broadcast centers. *Med Pr*.2001;52(5):321-7
- 8- Hamblin D.L., Wood A.W. Effects of mobile phone emission on human brain activity and sleep variables. *Int J Radiat Biol*.2002;78(8):659-69.
- 9- Ozturan O., Erde T. Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol*.2002;122(3):269-93.
- 10- Radichera N. Effect of microwave electromagnetic field on skeletal muscle fiber activity. *Arch Physiol Biochem*.2002;110(3):203-14.
- 11- Hossman Kherrmann D. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics*.2003;24:49-62.
- 12- Nakamura H., Matsuzaki I. Nonthermal effects of mobile-phone frequency microwaves on uteroplacental functions in pregnant rat. *Reprod Toxicol*. 2003;17:321-326.
- 13- Mobile safety debate heats up. *BBC NEWS*. 2002;23:51.
- 14- Mailhe J.B., Young D. Electromagnetic fields enhance chemically induced hyperploidy in mammalian oocytes. *Mutagenesis*.1997;12(5):347-51.
- 15- Soeradi O., Tadjudin M.K. Congenital Anomalies in the offspring of rats after exposure of the testis to an electrostatic field. *Int J Androl*.1989; 9(2):152-60.
- 16- Tablado L., Perez-Sanchez F. Effects of exposure to static magnetic fields on the morphology and morphometry of mouse epididymal sperm. *Bioelectromagnetics*.1998;19:377-383
- 17- Mevissen M., Buntenkotten S. Effects of static and time-varying magnetic fields on reproduction and fetal development in Rats. *Teratology*.1994; 50(3):229-37.
- 18- Fernie K.J., Bird D.M. Effects of electromagnetic fields on the reproductive success of American Kestres. *Physiol Biochem Zool*.2000;73(1): 60-5.
- 19- Dasadage S., Akdag Z. Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes. *Bioelectromagnetics*.2003;24 (3):182-188.
- 20- Bortkiewicz A. A study on the biological effects of exposure mobile phone frequency EMF. *Med Pr*.2001;52(2):101-6.



21-Elebetieha A., AL-Akhras M. Long-term exposure of male and female mice to 50Hz magnetic field :effects on fertility. Bioelectromagnetics.2002;23:168-172.

22- Tipping D.R. Observation on the effects of low frequency electromagnetic fields on cellular transcription in Drosophila larva reared in field

free condition. Bioelectromagnetics.1999;20(2): 129-31.

23-Norton C. Computers and other electrical applicances may threaten fertility. Dially.2000:1-2.

24-Huuskonen H., Saastamoinen V. Effects of low-frequncy magnetic fields on implantation in rats. Reprod Toxicol.2001;15(1):49-59.