

## اثر امواج مایکروویو تلفن همراه با دو فرکانس ۹۵۰ و ۹۱۵ مگاهرتز بر بافت بیضه و پروستات در موش صحرایی نر

- **طیبه امجدیان\***: گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، صندوق پستی: ۱۶۵
- **فرح فرخی**: گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، صندوق پستی: ۱۶۵
- **مسعود قنبری**: گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۱۱۱-۱۴۱۱۵
- **مظفر خزاعی**: مرکز تحقیقات باروری و ناباروری، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، صندوق پستی: ۶۷۱۴۵-۱۶۷۳

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

### چکیده

با گسترش تولید و کاربرد دستگاه‌های مولد امواج الکترومغناطیسی و به‌ویژه پیدایش و استفاده همگانی از دستگاه‌های تلفن همراه، مسئله خطرات احتمالی این امواج به‌طور فزاینده‌ای توجه محققین را در حوزه‌های مختلف زیست‌شناسی و پزشکی به‌خود معطوف کرده است و نگرانی گسترده‌ای از احتمال اثرات سوء امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه وجود دارد. مطالعه حاضر به بررسی تاثیر امواج تلفن‌های همراه با دو فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز بر بافت بیضه و پروستات در رت‌های نر بالغ می‌پردازد. این مطالعه به روش تجربی بر روی ۲۱ سر رت نر بالغ نژاد ویستار با وزن ۲۰۰-۲۵۰ گرم انجام شد حیوانات به‌طور تصادفی به ۳ گروه ۷ تایی شاهد، گروه مواجهه با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز و گروه مواجهه با فرکانس ۹۱۵ مگا هرتز تقسیم شدند. در کلیه گروه‌ها قطر خارجی و داخلی (لومن) لوله‌های سمینفر و ضخامت اپیتلیوم و ضخامت تونیکا آلبوزینه اندازه‌گیری شد و ضریب تمایز لوله ای و ضریب اسپرمیوژن در لوله‌های سمینفر بیضه و ضخامت مجاری ترشحي پروستات بررسی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه و تست توکی و به‌وسیله نرم‌افزار SPSS 16 تجزیه و تحلیل شدند. هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین وزن موش‌ها و بیضه‌ها در بین گروه‌ها مشاهده نشد و قطر لوله‌های سمینفر و ضخامت اپیتلیوم و ضخامت تونیکا آلبوزینه در گروه‌های آزمایش در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری داشت ( $P < 0/05$ ) و همچنین ضریب تمایز لوله ای و ضریب اسپرمیوژن و ضخامت اپیتلیوم مجاری پروستات در گروه آزمایش در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری داشت. ( $P < 0/05$ ). نتایج حاصل از بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که مواجهه با امواج تلفن‌های همراه باعث کاهش وزن پروستات شده و می‌تواند قطر لوله‌های سمینفر، ضخامت اپیتلیوم و ضخامت تونیکا آلبوزینه را در بافت بیضه کاهش دهد و ضخامت مجاری پروستات را نیز کاهش دهد.

**کلمات کلیدی:** تلفن همراه، بیضه، پروستات، موش صحرایی نر



## مقدمه

استاندارد ایمنی ۰/۴ وات بر کیلوگرم برای تابش‌های کنترل شده و ۰/۸ وات بر کیلوگرم برای تابش‌های کنترل نشده توصیه شده است. در هر مورد متوسط زمان برای تمام بدن ۶ دقیقه است که معادل زمان تعادل حرارتی بدن می‌باشد (Cardis و همکاران، ۲۰۰۷).

شواهد موجود نشان می‌دهد که این امواج مضر بوده و بسته به شدت، فرکانس، نوع موج و مدت زمان مواجهه، اثرات بیولوژیکی متفاوتی ایجاد می‌کنند (Banik و همکاران، ۲۰۰۳). از طرف دیگر، نگرانی گسترده‌ای نیز از احتمال تأثیر سوء امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه وجود دارد و محققین در مورد اثرات زیان‌بار این تشعشعات بر بافت‌های مغز (Lahkola و همکاران، ۲۰۰۵)، قلب (Agarwal و همکاران، ۲۰۰۹)، تیروئید (Koyu و همکاران، ۲۰۰۵)، پوست (Ayata و همکاران، ۲۰۰۴)، کلیه (Oktem و همکاران، ۲۰۰۵)، چشم (Ozguner و همکاران، ۲۰۰۶)، کبد (Meo و همکاران، ۲۰۱۰) و تولیدمثل (Wdowiak و همکاران، ۲۰۰۷) هشدار داده‌اند. هرچند یافته‌های ضد و نقیضی نیز توسط Dardage و همکاران (۲۰۰۳)، Ferreira و همکاران (۲۰۰۶) و Ahlbom و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ به روش تجربی بر روی ۲۱ سر موش صحرایی نر بالغ نژاد ویستار در محدوده وزنی ۲۵۰-۲۰۰ گرم در مرکز تحقیقات باروری و ناباروری دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه انجام گردید. موش‌ها از انیستیتو پاستور تهران خریداری شدند و به مدت یک هفته قبل از شروع آزمایش در حیوان‌خانه دانشکده پزشکی کرمانشاه مطابق با شرایط توصیه شده (Erogul و همکاران، ۲۰۰۶)، تحت شرایط آزمایشگاهی و با درجه حرارت (۲۳-۲۱ درجه سانتی‌گراد) دوره نوری طبیعی (۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی)، تهویه و غذا نگه‌داری شدند. رت‌ها مطابق با طرح پژوهشی و به‌طور تصادفی به ۳ گروه ۷ تایی تقسیم شدند: گروه ۱: گروه شاهد، که به مدت ۸ ساعت در روز و ۱۴ روز پیاپی (دو هفته کامل) در شرایط آزمایش ولی بدون تماس با امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه قرار گرفتند.

گروه ۲: به مدت ۸ ساعت در روز و ۱۴ روز پیاپی (دو هفته کامل) در معرض امواج شبیه‌سازی شده آنتن تلفن‌های همراه (فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز) قرار گرفتند.

گروه ۳: به مدت ۸ ساعت در روز و ۱۴ روز پیاپی (دو هفته کامل) در معرض امواج شبیه‌سازی شده گوشی تلفن همراه (فرکانس

تلفن‌های همراه، امروزه یکی از متداول‌ترین وسایل ساطع کننده امواج الکترومغناطیس هستند که به آسانی در دسترس تقریباً نیمی از مردم جهان در رده‌های مختلف سنی قرار دارند. گسترش شبکه‌های تلفن همراه و تنوع خدمات ارائه شده توسط سرویس‌دهندگان این شبکه‌ها نظیر سرویس‌های پیام کوتاه، ارسال آسان تصاویر، فیلم‌ها و پرداخت‌های الکترونی ساده و سریع، موجب افزایش استقبال عموم مردم به استفاده هر چه بیشتر از این وسیله شده است، به‌حدی که تلفن همراه دیگر نه یک وسیله تجملی بلکه یکی از ابزارهای لازم و ضروری زندگی روزمره شده است (Khadrawy و همکاران، ۲۰۰۹).

تلفن‌های همراه اغلب دارای تشعشعات الکترومغناطیسی (Electromagnetic Radiation) هستند و به‌نظر می‌رسد که این دستگاه‌ها به‌دلیل غیریونیزان بودن امواجشان ایمن باشند (Khurana، ۲۰۰۸). فناوری تلفن همراه شامل مجموعه‌ای از ایستگاه‌های مخابراتی، آنتن‌های مراکز و دستگاه‌های تلفن همراه است (Verschaeve، ۲۰۰۹). استفاده روزافزون از این وسیله مولد امواج الکترومغناطیس به‌حدی است که بسیاری از افراد از سن ۳ سالگی تا پایان عمر به‌طور مداوم در معرض تشعشعات آن قرار می‌گیرند (Calvente و همکاران، ۲۰۱۰).

تکنولوژی تلفن همراه براساس تابش‌های الکترومغناطیسی در دامنه فرکانسی مایکروویو ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز عمل می‌کند (Verschaeve و همکاران، ۱۹۹۸). با افزایش روزافزون سیستم تلفن همراه، تابش‌گیری از میدان‌های الکترومغناطیسی گوشی تلفن همراه و آنتن‌های گیرنده و فرستنده تلفن همراه روبه افزایش است. سیستم تلفن همراه GSM ۹۰۰ که در بیش‌تر کشورهای آسیایی و اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، دارای دو باند فرکانسی ۹۱۵-۸۹۰ مگاهرتز (فرکانس گوشی تلفن همراه) و ۹۶۰-۹۳۵ مگاهرتز (فرکانس آنتن‌های گیرنده و فرستنده مخابرات) است که همراه با پالسی ۲۱۷ هرتز (فرکانس مدولاسیون) در یک پهنای باند ۲۰۰ کیلوهرتز اطلاعات را منتقل می‌نماید (Rosch و همکاران، ۲۰۰۴).

واحد اندازه‌گیری اصلی مقدار انرژی امواج رادیویی، سرعت جذب اختصاصی (Specific Absorption Rate) نام دارد که به معنای میزان انرژی جذب شده یا اندازه گرمای تولید شده در هر کیلوگرم بافت بدن است. بنابراین SAR بدن به‌عنوان یک محدودیت پایه اهمیت دارد (محدودیت‌های مربوط به قرارگرفتن در معرض تابش را محدودیت پایه گویند). این میزان توسط هیات‌های



۹۱۵ مگاهرتز) قرار گرفتند.

برای مواجهه حیوانات با امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه، محفظه‌ای از جنس پلکسی گلس و به شکل دو استوانه داخلی و خارجی ساخته شد. استوانه خارجی با شعاع قاعده ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و استوانه داخلی با شعاع قاعده ۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر ساخته شد. حیوانات در مدت آزمایشات در فضای بین استوانه داخلی و خارجی قرار گرفته و دسترسی آزاد به تمام نقاط این فضا را داشتند. علت طراحی استوانه داخلی این بود که حیوانات وارد میدان نزدیک آنتن مونوپل دستگاه شبیه‌ساز که امواج تلفن همراه از طریق آن ساطع و درست در مرکز استوانه داخلی و به شکل عمودی قرار گرفته بود نشوند چرا که در فاصله نزدیک، سنجش چگالی میدان از دقت کافی برخوردار نبود.

برای جلوگیری از انعکاس امواج مایکروویو ساطع شده از آنتن دستگاه شبیه‌ساز، اتاقک تابش (Radiation Chamber) طراحی و ساخته شد. اتاقک به شکل مکعب مربع و به ابعاد ۱۲۰×۱۲۰×۱۲۰ سانتی‌متر از جنس نیوپان طراحی و ساخته شد. بر روی دیواره‌های داخلی این اتاقک، هرم‌هایی با پایه مکعبی به ابعاد ۱۰×۱۰×۶ سانتی‌متر و ارتفاع کل ۳۰ سانتی‌متر از جنس اسفنج طراحی شد. روی این هرم‌ها برای جذب امواج مایکروویو، گرافیت سوار شده بود. دیواره‌های خارجی این اتاقک با فویل آلومینیومی پوشانده شده بود تا از ورود امواج مایکروویو منابع خارجی به داخل اتاقک تابش یا خروج امواج مایکروویو از اتاقک تابش جلوگیری شود (Ferreira و همکاران، ۲۰۰۶). لازم به ذکر است که محفظه مواجهه در مرکز اتاقک تابش مستقر شده بود. آنتن عمودی (مونوپل) دستگاه شبیه‌ساز امواج تلفن‌های همراه در مرکز استوانه داخلی محفظه مواجهه قرار داده شد. چگالی توان (شدت میدان) در فاصله‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متری از آنتن و در ارتفاع ۵ سانتی‌متری از کف محفظه مواجهه با استفاده از دستگاه پرتابل Holaday (ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. میانگین چگالی توان در فواصل ذکر شده، ۱/۶۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع بود.

رت‌های گروه‌های آزمایش (مواجهه با امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه) گروه دوم و گروه سوم به مدت ۸ ساعت در روز و ۱۴ روز پیاپی (دو هفته کامل) در مواجهه تمام بدن با امواج مایکروویو ۹۵۰ و ۹۱۵ مگاهرتز به‌عنوان موج کریر (سوئیچ کریر ۲۱۷ هرتز و مدولاسیون ۲۰۰ کیلوهرتز) قرار گرفتند.

حیوانات هر سه گروه، روز بعد از پایان دوره آزمایش وزن شدند و توسط کلروفورم بی‌هوش شدند. سپس تشریح

شده و بیضه و پروستات آن‌ها خارج گردیده و حدود یک دقیقه گذاشته شد تا کمی خشک شوند، سپس با ترازوی دیجیتالی A&D GF۶۰۰ وزن شدند و نتایج آن‌ها ثبت شد. بیضه‌ها در محلول تثبیت‌کننده بوئن و پروستات‌ها در محلول تثبیت‌کننده فرمالین ۱۰ درصد قرار گرفتند. در مرحله بعد مطابق روش‌های معمول بافت‌شناسی مورد فیکس و آماده‌سازی بافتی قرار گرفتند و سر انجام از بلوک‌های بافتی به‌دست آمده برش‌های با ضخامت ۵ میکرون تهیه گردید در نهایت از هر نمونه ۵ برش با فاصله ۵، ۸، ۱۱، ۱۴ و ۱۷ (به‌منظور پرهیز از شمارش مجدد یک سلول) انتخاب و برای بررسی میکروسکوپی هماتوکسیلین-ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. جهت بررسی مورفومتریک، دو میدان دید از هر لام به‌طور تصادفی در زیر میکروسکوپ انتخاب و توسط دوربین دیجیتال (Moticam ۵۰۰۰ COOLED) عکس تهیه شد. عکس‌ها به کامپیوتر منتقل و با استفاده از نرم‌افزار Motic Image Advanced ۳/۲، (Image Tool) قطر لوله منی‌ساز (فاصله قاعده یک سلول تا قاعده سلول روبه‌روی آن در مقطع عرضی) و قطر لومن لوله‌های منی‌ساز و ضخامت اپیتلیوم و ضخامت تونیک‌آلبوزینه و ضخامت واحدهای ترشچی پروستات اندازه‌گیری شد (رجایی، ۱۳۸۵).

جهت ارزیابی اسپرماتوژنز در بافت بیضه، تعداد ۱۰۰ لوله منی‌ساز در هر بیضه جهت ارزیابی شاخص‌های زیر قرار گرفتند. ضریب تمایز لوله‌ای (TDI): جهت مشخص نمودن این شاخص، درصد لوله‌های منی‌ساز که دارای سه یا بیش‌تر از سه رده سلول‌های اسپرماتوژنز تمایز یافته بودند (TDI مثبت و کم‌تر از سه رده سلولی (TDI منفی) در نظر گرفته شدند (Rezvanfar و همکاران، ۲۰۰۸).

ضریب اسپرمیوژنز (SPI): درصد لوله‌های دارای اسپرم به لوله‌های فاقد اسپرم محاسبه شد.

داده‌های به‌دست آمده برای هر گروه به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد بیان گردید و با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و تست توکی در نرم‌افزار SPSS ۱۶ تجزیه و تحلیل آماری شدند.  $P < 0.05$  به‌عنوان سطح معنی‌دار در نظر گرفته شد.

## نتایج

بررسی آناتومیکی بیضه‌ها و پروستات نشان داد که اختلافی در بین گروه‌های آزمایش با گروه‌های شاهد وجود ندارد و بیضه‌ها و پروستات در کلیه گروه‌های مورد مطالعه در وضعیت نرمال قرار داشتند.



نتایج به دست آمده از میانگین وزن بدن (گرم) در ۲ گروه آزمایش (پس از مواجهه با امواج الکترومغناطیسی) با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی داری را نشان نمی دهد ( $P > 0.05$ ) (جدول ۱).  
نتایج به دست آمده از میانگین وزن بیضه نشان می دهد که وزن بیضه موش های گروه آزمایش با ۲ فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافته اما این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۱).

مقایسه مورفولوژیکی مقاطع میکروسکوپی نشان داد که در گروه شاهد، بافت بیضه و لوله های منی ساز درون آن نظم و ترتیب خاصی داشته اند این در حالی است که در نمونه های آزمایش به هم ریختگی اپیتلیوم مشاهده شد و اتصالات بین سلولی در لوله های منی ساز از بین رفته بود و تخریب غشای پایه دیده شد. در نمونه های شاهد، تجمع نسبی اسپرم ها در بخش میانی لوله منی ساز به صورت طبیعی بود در صورتی که در نمونه های آزمایش این تجمع کم تر دیده شد و ضخامت اپیتلیوم لوله ها کم تر شده بود (شکل های ۱، ۲ و ۳).

جدول ۱: میانگین وزن بدن، وزن بیضه ها در گروه های مورد مطالعه (گرم)

وزن	شاهد	آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز	آزمایش ۹۱۵ مگاهرتز
وزن موش ها (گرم)	۲۴۲/۷۱ ± ۹/۹۹	۲۴۷/۱۴ ± ۳/۵۷	۲۴۲/۲۸ ± ۵/۰۸
وزن بیضه ها (گرم)	۱/۴۱ ± ۰/۶۸	۱/۴۵ ± ۰/۱۳	۱/۴۷ ± ۰/۰۸

داده ها براساس میانگین و انحراف معیار هستند.

نتایج به دست آمده از میانگین وزن پروستات موش ها در ۲ گروه آزمایش با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی داری را نشان می داد ( $P < 0.05$ ) (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه میانگین وزن پروستات در گروه های مورد مطالعه (گرم)

وزن	شاهد	آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز	آزمایش ۹۱۵ مگاهرتز
وزن پروستات (گرم)	۰/۴۴ ± ۰/۰۷	۰/۳۰ ± ۰/۰۸ *	۰/۴۲ ± ۰/۰۶

\* به معنای اختلاف معنی دار با گروه شاهد است.

گروه شاهد کاهش معنی داری داشت ( $P < 0.05$ ). هم چنین نتایج به دست آمده نشان می دهد که بین گروه شاهد و گروه ۹۱۵ مگاهرتز تفاوت معنی داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). ضمناً بین گروه شاهد و گروه ۹۵۰ مگاهرتز تفاوت معنی داری وجود دارد. قطر داخلی لوله ها در گروه های آزمایش کاهش معنی داری را نشان می دهد ( $P < 0.05$ ) (شکل ۵).

میانگین مقادیر قطر خارجی لوله های منی ساز در ۲ گروه آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد، کاهش معنی داری ( $P < 0.05$ ) یافته است (جدول ۳) (شکل ۴). نتایج به دست آمده از میانگین مقادیر قطر داخلی (لومن) لوله های سمنیفر نشان می دهد که قطر داخلی لوله های منی ساز در گروه های آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با

جدول ۳: نتایج حاصل از بررسی های قطر خارجی، داخلی، ارتفاع اپیتلیوم، ضخامت تونیکا آلبوژینه (میکرومتر)

صفات	شاهد	آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز	آزمایش ۹۱۵ مگاهرتز
قطر خارجی (میکرومتر)	۲۸۸/۱۵ ± ۲۰/۱۰	۱۷۵/۶۲ ± ۱۵/۳۰ *	۱۸۴/۱۳ ± ۱۵/۸۴ *
قطر داخلی (میکرومتر)	۸۷/۹۴ ± ۱۸/۸۶	۶۵/۵۵ ± ۱۷/۸۲ *	۷۲ ± ۱۵/۶۵ *
ارتفاع اپیتلیوم (میکرومتر)	۶۱/۲۷ ± ۱۱/۸۳	۵۳/۷۲ ± ۶/۰۶ *	۵۵/۱۲ ± ۷/۶۹ *
ضخامت تونیکا آلبوژینه (میکرومتر)	۳۱/۶۵ ± ۵/۷۹	۱۸/۷۵ ± ۶/۶۴ *	۱۶/۵۲ ± ۴/۱۰ *

\* به معنای اختلاف معنی دار با گروه شاهد است.



بررسی ضریب تمایز لوله‌های منی‌ساز مشخص ساخت که بیش‌تر لوله‌های منی‌ساز در گروه آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز ضریب تمایز منفی را نشان می‌داد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که TDI لوله‌های منی‌ساز در گروه آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد ( $P < 0/05$ ). ضریب تمایز لوله‌های منی‌ساز در گروه آزمایش ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با شاهد کاهش یافته اما این کاهش، از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۴: شاخص‌های اسپرماتوژنز

صفات	شاهد	آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز	آزمایش ۹۱۵ مگاهرتز
تمایز لوله‌ای (%)	۶۸/۰۶ ± ۱۴/۱	۳۵/۲۷ ± ۲۱/۶۹ *	۵۴/۲۵ ± ۱۵/۲
ضریب اسپرمیوژنز (%)	۶۷/۹۱ ± ۱۷/۴	۲۷/۹۴ ± ۳/۹ *	۵۶/۲۹ ± ۱۵/۵

\* به معنای اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد است.

در ۲ گروه آزمایش، ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری یافته بود ( $P < 0/05$ ). همچنین نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که ضخامت اپیتلیوم پروستات گروه آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) دارد و ضخامت اپیتلیوم پروستات گروه آزمایش ۹۱۵ مگاهرتز با گروه شاهد کاهش معنی‌داری دارد ( $P < 0/05$ ) (جدول ۴؛ شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰).

نتایج به‌دست آمده از میانگین مقادیر ضخامت اپیتلیوم نشان می‌دهد که ضخامت اپیتلیوم لوله‌های سمینیفیر در گروه‌های آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد ( $P < 0/05$ ). همچنین نتایج به‌دست آمده از میانگین مقادیر ضخامت تونیک‌آلبوژینه نشان می‌دهد که ضخامت تونیک‌آلبوژینه در گروه‌های آزمایش ۹۵۰ و ۹۱۵ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافته بود ( $P < 0/05$ ) (جدول ۳؛ شکل‌های ۶ و ۷).

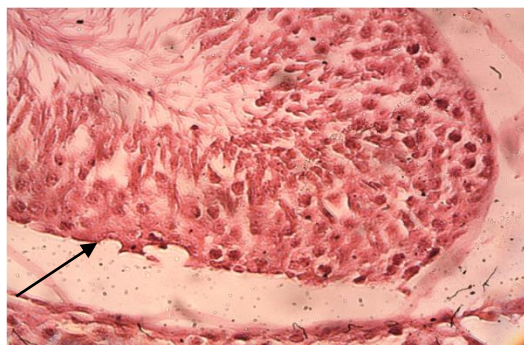
بررسی شاخص اسپرمیوژنز لوله‌های منی‌ساز مشخص ساخت که بیش‌تر لوله‌های منی‌ساز در گروه‌های آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز ضریب اسپرمیوژنز منفی را نشان می‌داد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که شاخص اسپرمیوژنز در گروه‌های آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد ( $P < 0/05$ ) (جدول ۴).

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری ضخامت اپیتلیوم مجاری ترش‌چی پروستات نشان می‌دهد که ضخامت اپیتلیوم پروستات

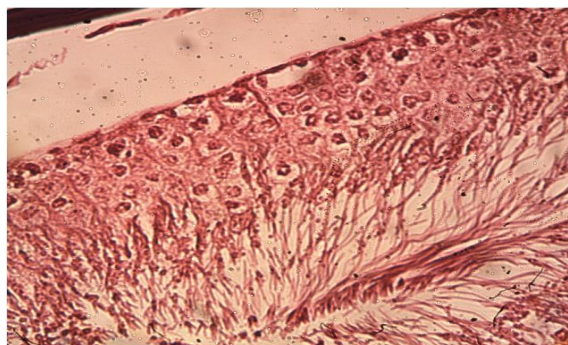
جدول ۵: ضخامت اپیتلیوم مجاری پروستات (میکرومتر)

شاهد	آزمایش ۹۵۰ مگاهرتز	آزمایش ۹۱۵ مگاهرتز	
ضخامت اپیتلیوم مجاری ترش‌چی پروستات (میکرومتر)	۲۱/۷۷ ± ۳/۵۵	۱۰/۱۳ ± ۱/۵۷ *	۹/۵۱ ± ۲/۱۱ *

\* به معنای اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد است.

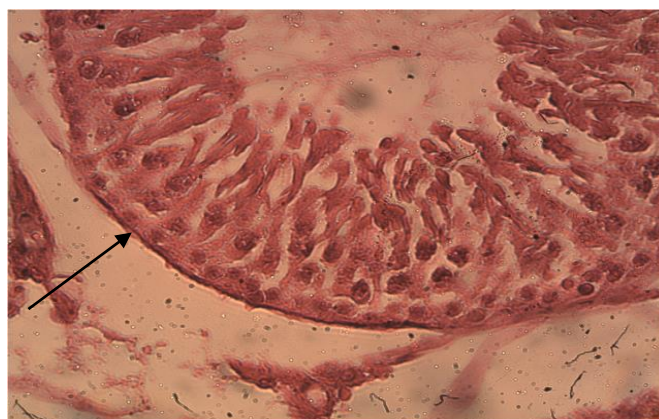


شکل ۲: تخریب غشای پایه در گروه با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز

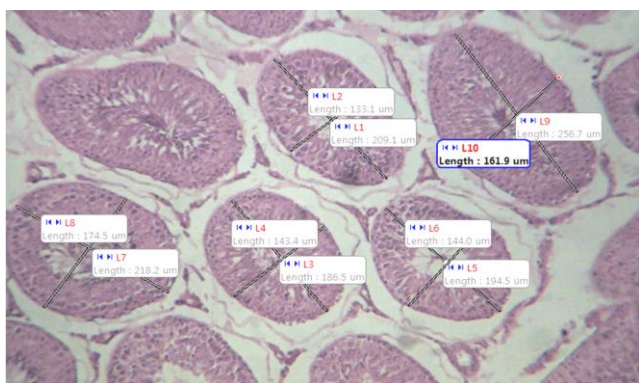


شکل ۱: لوله‌های سمینیفیر گروه شاهد

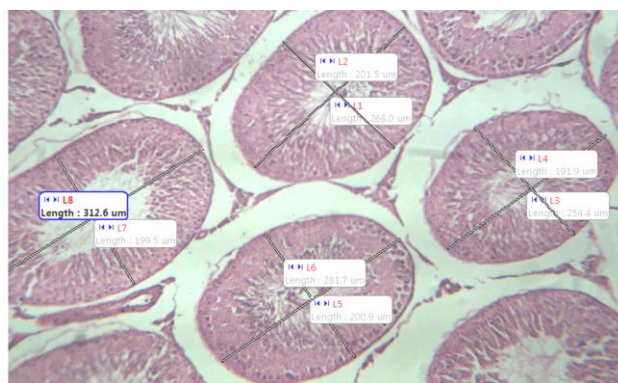




شکل ۳: لوله سمینیفیر در گروه آزمایش با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز

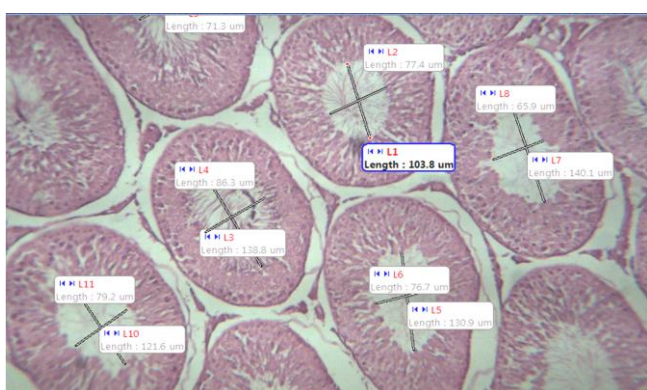


قطر خارجی لوله‌های سمینیفیر گروه ۹۵۰ مگاهرتز

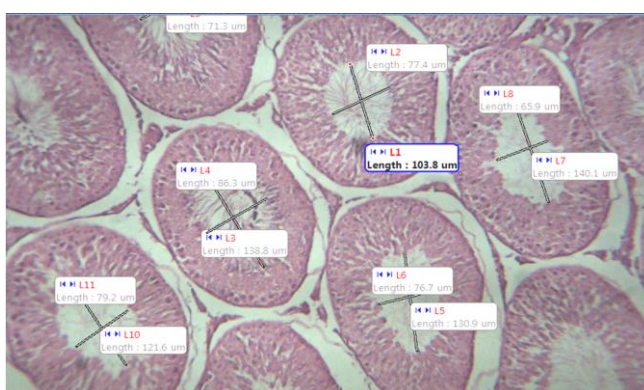


قطر خارجی لوله‌های سمینیفیر گروه شاهد

شکل ۴: مقایسه قطر خارجی لوله سمینیفیر در گروه‌های شاهد و آزمایش

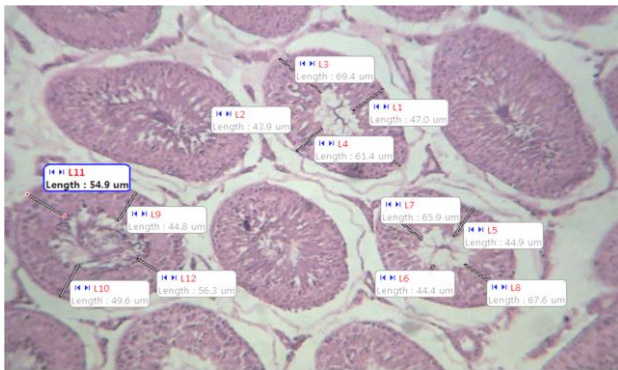


قطر داخلی لوله‌های سمینیفیر گروه ۹۵۰ مگاهرتز

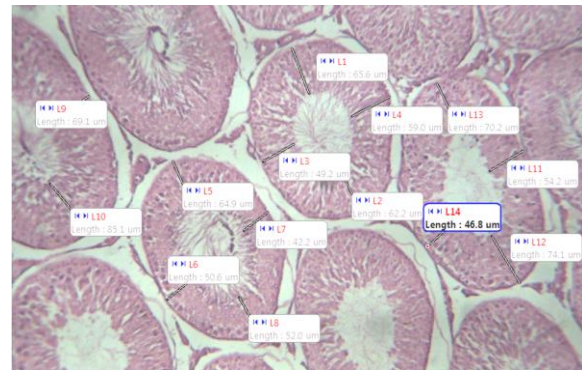


قطر داخلی لوله‌های سمینیفیر گروه شاهد

شکل ۵: مقایسه قطر داخلی لوله سمینیفیر در گروه‌های شاهد و آزمایش

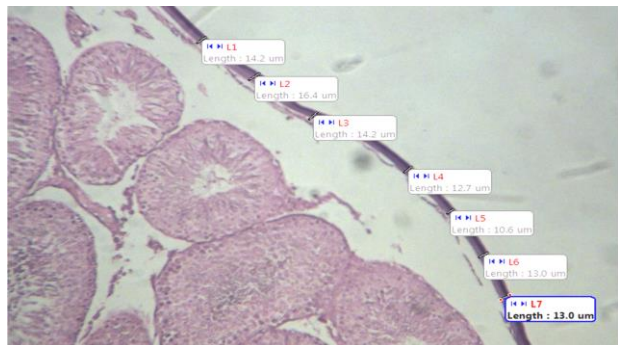


ضخامت اپیتلیوم گروه آزمایش ۹۵۰ مگهرتز

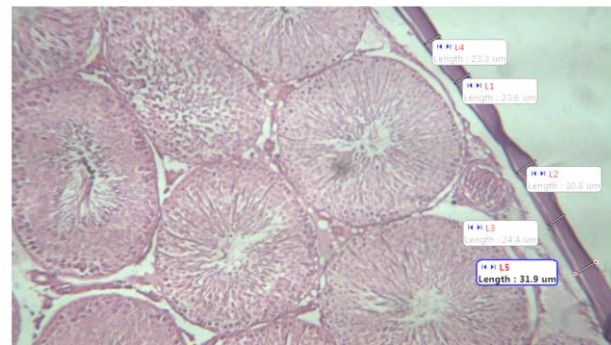


ضخامت اپیتلیوم گروه شاهد

شکل ۶: مقایسه ضخامت اپیتلیوم لوله سمینیفیر در گروه‌های شاهد و آزمایش

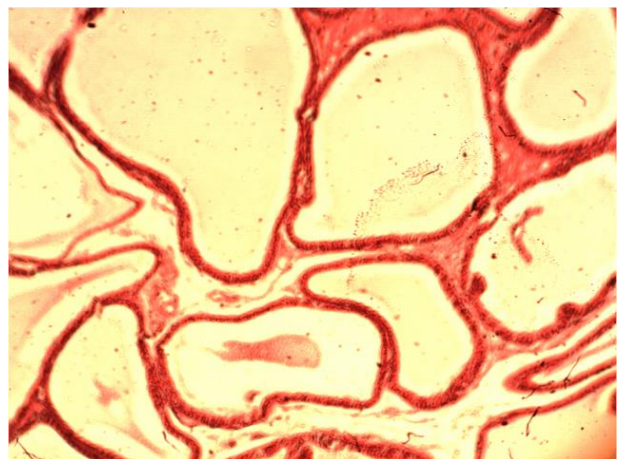


ضخامت تونیکا آلبوزینه در گروه آزمایش ۹۵۰ مگهرتز

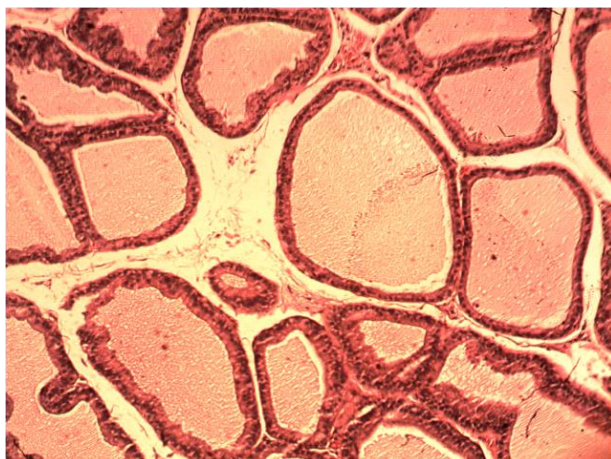


ضخامت تونیکا آلبوزینه در گروه شاهد

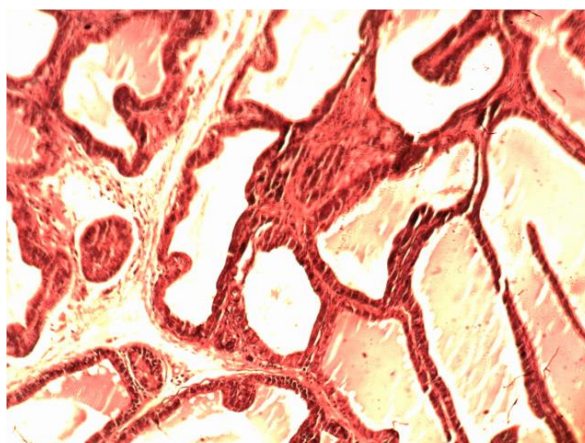
شکل ۷: مقایسه ضخامت تونیکا آلبوزینه در گروه‌های شاهد و آزمایش



شکل ۹: کاهش ضخامت اپیتلیوم مجاری پروستات در گروه آزمایش ۹۵۰ مگهرتز



شکل ۸: ضخامت اپیتلیوم مجاری پروستات در گروه شاهد



شکل ۱۰: کاهش ضخامت اپیتلیوم مجاری پروستات در گروه آزمایش با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز

## بحث

برخی نیز معتقدند که تشعشعات تلفن همراه به طور مستقیم و یا با تاثیر بر غشا سبب تحریک بیان آنزیم ارنیتین دکربوکسیلاز و در نهایت بروز سرطان می شوند (Desai و همکاران، ۲۰۰۹). تغییرات در سطوح کلسیم داخل سلولی و فعالیت آنزیم های ارنیتین دکربوکسیلاز و فسفوکیناز C نیز به هم وابسته هستند. بنابراین، افزایش تولید ROS می تواند بر تمایز سلول از طریق عمل بر روی MAP کیناز، پروتئین شوک حرارتی (Heat shock proteins) ارنیتین دکربوکسیلاز و فسفوکیناز C هدف گیری کند. القاء Hsp ۷۰ توسط فرکانس بسیار پایین، هم چنین با عناصر خانواده فسفوکیناز فعال شده میتوزن (MAPK) آبخارهای پاسخ سلولی درگیر است که جزء سیستم های هدایت سیگنالی یوکاریوت ها شناخته شده اند. مسیرهای MAPK شامل آبخارهای مجزا آنزیم های تنظیم کننده هستند که فعالیت متوالی یکدیگر، بیان مجموعه خاصی از ژن ها در پاسخ به عوامل رشد، سیتوکاین ها، پیش سازهای توموری و دیگر محرک های مهم زیستی را کنترل می کنند. Hsp ۲۷ فسفریله شده (فعال) از طریق تشکیل کمپلکس با آپوپتوزوم (پروتئین ۱-Apaf، پروکاسپاز ۹ و سیتوکروم C) مرگ برنامه ریزی شده را مهار می کند و از فعالیت پروتئولیتیک پروکاسپاز ۹ به شکل فعال کاسپاز ۹ و کاسپاز ۳ جلوگیری می نماید (Makker و همکاران، ۲۰۰۹). به نظر می رسد که افزایش رادیکال های آزاد در مراحل فیزیولوژیکی و سلولی متفاوت می تواند بر بیان ژن ها، آزادسازی کلسیم از مخازن سلولی، رشد و مرگ سلولی نیز تاثیر بگذارد (Dai و همکاران، ۲۰۱۰). هم چنین تشعشعات تلفن های همراه با تولید رادیکال های آزاد سبب کاهش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی (کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز گلوتاتیون) و در نهایت کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی سلول ها می شوند (Ozgun و همکاران، ۲۰۰۷).

گروهی از محققین معتقدند که این امواج با تغییر در ساختار دوم و سوم پروتئین های سلول سبب ایجاد رادیکال های آزاد مخرب می شوند (Repacoli و همکاران، ۲۰۰۱). تحقیقات فراوانی، ارتباط احتمالی بین تلفن همراه و گونه اکسیژن فعال (ROS: Reactive Oxygen Species) را تایید می کند که نتایج حاصل از این آزمایشات افزایش قابل توجهی در سطح پراکسید لیپید، مالون دی آلدئید پلاسما و کاهش شدید فعالیت های دیسموتاز پراکسید، کاتالاز، پراکسیداز گلوتاتیون و ردوکتاز گلوتاتیون در بافت های مغزی را نشان می دهد (Sahar، ۲۰۰۸). به نظر می رسد که تشعشعات امواج الکترومغناطیس با تحریک NADH اکسیداز غشا پلاسمایی، تشکیل گونه های اکسیژن فعال را افزایش می دهد، افزایش ROS متالوپروتئین های ماتریکس را فعال می کند که سبب تحریک گیرنده های فاکتور رشد اپیدرمی و آبخاری از عوامل موثر در مسیر کینازهای تنظیم کننده علائم سلولی (Extra cellular signal regulated kinase) می گردد. آن گاه مسیرهای ERK سبب فعالیت پروتئین های Ras، Raf پروتئین کینازهای فعال کننده میتوزن (MAPK) و در نهایت گسترش تومورهای سرطانی می گردند (Desai و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین ROS با فعال کردن میزان استرس کیناز p38MAPK (Kinase مسیرهای ERK را برای فسفوریلاسیون پروتئین های شوک گرمایی تحریک کرده و مرگ برنامه ریزی شده را مهار می کند. مهار آپوپتوز سرطان زایی را به پیش می برد و سبب بقای سلول هایی با DNA تخریب شده می گردد (Segar و همکاران، ۲۰۰۷).



میدان مولد امواج الکترومغناطیسی باشد. برخی از محققان نیز روش‌های مختلف تشریح جانوران و مدت زمان تاخیر بین مرگ آن‌ها، برش مغز و یا سایر اندام‌ها و نحوه آماده‌سازی اسلایدها را دلیل اصلی تفاوت بین پاسخ‌ها و نتایج آزمایشات مختلف می‌دانند (Tice و همکاران، ۲۰۰۲).

بحث مهمی که درخصوص تأثیر امواج مایکروویو بر دستگاه تولیدمثل مطرح شده استرس اکسیداتیو است (Awanti و همکاران، ۲۰۱۰). در بحث استرس اکسیداتیو و آنتی‌اکسیدان‌های حفاظتی و ارتباط این دو با دستگاه تولیدمثل، جنبه‌های تازه‌ای از ناباروری انسان‌ها مطرح می‌شود (Agarwal و همکاران، ۲۰۰۸). یکی از سلول‌های بدن که در این زمینه بسیار حساس می‌باشد سلول جنسی نر یا همان اسپرم است. غشاء اسپرم پستانداران، غنی از اسیدهای چرب غیراشباع و حساس به اکسیداسیون است. از طرف دیگر، اسپرم‌های غیرنرمال، تولید بیش از حدی از گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را به عهده دارند که همین امر باعث استرس اکسیداتیو شده و به عنوان یکی از چند علل ناباروری در جنس نر مطرح است (Agarwal، ۲۰۱۱).

اصولاً در موقعیت نرمال، پلاسمای منی دارای مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدان‌تی کافی بوده و قادر به خنثی کردن اثر گونه‌های فعال اکسیژن بر اسپرم است اما چنانچه به هر دلیل این تعادل به هم بخورد اسپرم دچار تغییر شده و در نتیجه پارامترهای اسپرم از جمله (قابلیت زیست) نیز در جهت منفی دچار تغییر می‌شوند از جمله عوامل مؤثر بر این تغییر می‌توان به سن، عوامل محیطی مانند تشعشعات و تغذیه اشاره کرد (Sikka، ۱۹۹۶).

در همین خصوص، مطالعه De Iulii و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که مطالعه امواج مایکروویو در شدت و دامنه فرکانسی تلفن‌های همراه قادر است از طریق گونه‌های فعال اکسیژن موجب کاهش میتوکندری‌ها، قدرت تحرک و قابلیت زیست اسپرم شود. مطالعه مشابه دیگری نشان داد که این امواج قادر به افزایش پراکسیداسیون لیپیدی، کاهش غلظت تام تیول‌ها و نیز کاهش ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی پلاسمای خون (FRAP) هستند و استفاده کنندگان از تلفن‌های همراه ممکن است دچار استرس اکسیداتیو شوند (Awanti و همکاران، ۲۰۱۰).

تحقیقی توسط Dasdag و همکاران (۲۰۰۳) انجام گردید حیوانات به مدت ۲۰ دقیقه در روز و برای ۷ روز هفته به مدت یک‌ماه تحت میانگین تابش ۰/۵۲ W/kg قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که امواج تلفن‌های همراه هیچ تأثیری بر ساختار و عملکرد بیضه در رت ندارند. در تحقیق دیگری که توسط Forgacs و همکاران (۲۰۰۴) در خصوص تأثیر امواج

فسفوکیناز C در بخش استوایی اسپرم غلظت بالائی دارد و در تحرک اسپرم نقش مهمی ایفا میکند، اما تشعشعات تلفن همراه با کاهش فعالیت این آنزیم تحرک اسپرم را کاهش می‌دهد (Desai و همکاران، ۲۰۰۹). Desai و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند که تشعشعات تلفن‌های همراه می‌توانند هومئوستازی کلسیم درون سلولی را با عمل بر روی کانال‌های کلسیمی غشاء پلاسمایی تغییر دهند و سبب افزایش اسپایک‌های کلسیم درون سلولی شود که این افزایش بر تکثیر و تمایز سلول از طریق تغییر در فعالیت آنزیم‌های ارنیتین دکربوکسیلاز و فسفوکیناز C اثر می‌گذارد.

مطالعات مختلفی نیز تقاطع DNA-DNA، DNA-protein و افزایش آپوپتوزیس در رت‌های در معرض امواج تلفن همراه نشان می‌دهند (Lai و همکاران، ۲۰۰۴). Nylund و همکاران (۲۰۰۶)، نوع پاسخ متفاوت سلول‌ها به تابش تلفن همراه را وابسته به ژنوم و پروتئوم می‌دانند، آن‌ها معتقدند که به همین دلیل انواعی از سلول‌های متفاوت از گونه‌های مختلف می‌توانند پاسخ‌های متنوعی به تشعشعات تلفن همراه بدهند و یا حساسیت‌های متفاوتی نسبت به تابش‌های الکترومغناطیس از خود نشان دهند که این می‌تواند پاسخ مناسبی برای علت کسب نتایج متفاوت در آزمایشگاه‌های مختلف باشد.

در مورد چگونگی تأثیر امواج الکترومغناطیسی بر سیستم‌های زیستی پیشنهادات متعددی ارائه شده است که از جمله می‌توان به نظرات Mashevich و همکاران (۲۰۰۳) در مورد اثر امواج الکترومغناطیس بر ایجاد آنیوپلوئیدی و جهش اشاره کرد. قرارگیری لنفوسیت‌های انسانی در میدان‌های ۸۳۰ مگاهرتز سبب کاهش یا افزایش تعداد کروموزوم‌ها (آنپلوئیدی) می‌شود که این جهش و بی‌ثباتی ژنی در افزایش خطر سرطان موثر است (Lai و همکاران، ۲۰۰۴).

Khurana و همکاران (۲۰۰۹) نیز علت ایجاد آسیب‌های ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی تلفن‌های همراه را ایجاد رادیکال‌های آزاد، تغییرات رونویسی ژن‌ها، تغییر در تاخوردگی پروتئین‌ها و تولید پروتئین‌های شوک گرمایی عنوان کرده است. تخریب یک‌رشته و یا دو رشته DNA، تغییرات در رونویسی ژن‌ها، تغییرات در تاخوردگی پروتئین (Protein folding) تخریب کروموزوم‌ها، اثر بر سیستم ایمنی و نابودی سلول‌های آن نیز از جمله اثرات احتمالی مایکروویو تلفن همراه معرفی شده است (Ying Han و همکاران، ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد علت اصلی تناقض بین نتایج آزمایشات مختلف مربوط به تفاوت شرایط مطالعه به‌ویژه تغییر فرکانس، شدت و نوع امواج، طول مدت پرتودهی، نوع حیوان مورد آزمایش، محتوی ژنتیکی نمونه تیمار شده و نوع



مایکروویو شبیه‌سازی شده در فرکانس ۱۸۰۰ مگا هرتز بر تولید هورمون‌های جنسی و بافت بیضه در موش انجام گردید این امواج با SAR (ضریب جذب ویژه) ۰/۱۸ تا ۰/۲۳ W/kg به تمام بدن موش‌ها تابانده شد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که این امواج با این شدت تابشی قادر به افزایش میزان هورمون‌های جنسی تستوسترون می‌باشند اما تاثیری بر بافت اندام‌های جنسی به‌جا نمی‌گذارند.

مطالعه‌ای توسط Ozguner و همکاران (۲۰۰۲) در رابطه با تاثیر امواج مایکروویو ناشی از تلفن‌های همراه بر بیضه‌های رت انجام گردید، مشاهده شد امواج الکترومغناطیسی موجب افزایش وزن موش‌ها و بیضه‌ها می‌شود. احتمالاً امواج مایکروویو می‌توانند با تحریک گیرنده‌های هیپوتالاموسی و ترشح هورمون رشد از غده هیپوفیز و یا کاهش ترشح هورمون آزادکننده تیروتروپین از هیپوتالاموس و در ادامه کاهش ترشح هورمون‌های تیروئید و در نتیجه کاهش سوخت و ساز موجب افزایش وزن بدن باشد فرضیه احتمالی دیگر می‌تواند افزایش دما و تاثیر آن در بهبود گردش خون و تغذیه بافتی باشد. به‌نظر می‌رسد که افزایش درجه حرارت بدن باعث تحریک گیرنده‌های هیپوتالاموس شده و در نتیجه باعث تحریک مرکز تشنگی و گرسنگی خواهد شد و سبب افزایش وزن در موش‌های تیمار شده گردیده است.

در تحقیق دیگری که توسط بهارآرا و همکاران (۱۳۸۵) درخصوص تاثیر امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه بر غدد تناسلی موش نر انجام گردید، موش‌های نر بالغ تجربی به‌مدت ۱۰ روز و هر روز ۴ ساعت تحت تاثیر امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۴۰ مگا هرتز قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که امواج شبیه‌سازی شده تلفن همراه بر وزن و اندازه بیضه‌ها در موش‌های تجربی تغییر معنی‌داری ایجاد نموده است. دلیل این تناقض نتایج، می‌تواند ناشی از پاسخ متفاوت بافت‌ها به عوامل محیطی و همچنین دوزهای به‌کار رفته امواج و مدت زمان مواجهه باشد (Elebetielia, ۲۰۰۲). تحقیقی توسط Ozguner و همکاران (۲۰۰۴) در رابطه با تاثیر امواج مایکروویو ناشی از تلفن‌های همراه بر روی موش‌ها انجام گردید. گروه آزمایش روزانه ۳۰ دقیقه و به‌مدت ۴ هفته در معرض امواج مایکروویو با فرکانس ۹۰۰ مگا هرتز قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که قطر لوله‌های سمینی فر و ضخامت اپیتلیوم زاینده به‌طور معنی‌داری در گروه آزمایش نسبت به گروه شاهد کاهش یافته است ( $P < 0.05$ ) و میزان هورمون‌های جنسی تستوسترون، FSH و LH به‌طور معنی‌داری در گروه آزمایش نسبت به گروه شاهد کاهش یافته است. این محققین معتقدند که بیش‌ترین اثر امواج

مایکروویو از طریق افزایش موضعی درجه حرارت یا پیدایش رادیکال‌های آزاد در بدن موجود زنده اتفاق می‌افتد. این امواج با تشکیل رادیکال‌های آزاد باعث شکستن پیوندهای هیدروژنی و آسیب به DNA سلول می‌شوند که با کاهش تعداد سلول‌ها مطابقت دارد و در نتیجه حجم لوله‌ها سمینفر نیز کاهش می‌یابد. نتیجه مطالعه حاضر نشان داد که امواج تلفن همراه مطابق با شرایط پژوهش (امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ و ۹۱۵ مگاهرتز، روزی ۸ ساعت و ۲ هفته مواجهه کامل) باعث کاهش معنی‌داری در اندازه قطر خارجی و داخلی و ضخامت اپیتلیوم و ضخامت تونیکا آلبوژینه شده است. زیرا امواج مایکروویو می‌توانند با تاثیر بر ژنوم سلول و DNA باعث تغییر در کروموزوم‌ها و کاهش ترمیم آپوپتوز شوند در نتیجه این امواج به‌عنوان یک عامل القاکننده می‌توانند سبب کاهش تعداد سلول‌ها و مرگ سلولی شوند و با کم شدن تعداد سلول‌ها و کاهش ارتفاع اپیتلیوم قطر لوله‌ها نیز کاهش می‌یابد.

در تحقیقی که اثر امواج مایکروویو بر روی تغییرات مورفومتریک بیضه خرگوش بررسی شد، گروه‌های آزمایش تحت تاثیر امواج با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز روزی ۲ ساعت به‌مدت ۲ هفته، با توان خروجی ۳ و ۶ وات، قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد، تعداد سلول‌های اسپرماتوگونی بین گروه ۶ وات با گروه شاهد و هم‌چنین بین گروه ۶ وات و ۳ وات کاهش معنی‌داری داشت، درحالی‌که بین گروه‌های ۳ وات و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تعداد سلول‌های اسپرماتوسیت و اسپرماتید در بین هر سه گروه تفاوت معنی‌داری را نشان داد. تعداد اسپرم فقط در گروه ۶ وات با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. کاهش تعداد اسپرماتوگونی و کاهش نسبی سلول‌های اسپرماتید نشان‌دهنده این بود که امواج مایکروویو به‌عنوان عامل القاکننده، موجب تغییر در اسپرماتوژنز می‌شوند. سلول‌های اسپرماتوگونی به‌عنوان اولین سلول دودمان اسپرماتوژنز نقش اساسی در باروری دارند و با آسیب آن‌ها باروری می‌تواند به‌خطر بیافتد. از آن‌جاکه در این تحقیق امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز استفاده شد، احتمالاً این امواج باعث مرگ سلول‌ها و در نتیجه کاهش تعداد آن‌ها می‌شود. مطالعه‌های متعددی نیز نشان داده‌اند که قرارگیری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی باعث افزایش بروز آپوپتوز در بین سلول‌های اسپرماتوژنیک می‌شود (Lee, ۲۰۰۴). در حمایت از این یافته، بررسی‌ها نشان داده‌اند که امواج مایکروویو می‌توانند با تاثیر بر ژنوم سلول و DNA باعث تغییر در کروموزوم‌ها و کاهش ترمیم آپوپتوز شوند، لذا کاهش تعداد سلول‌ها در مطالعه حاضر می‌تواند به‌دلیل القای آپوپتوز و مرگ سلولی به



## منابع

۱. بهارآرا، ج.؛ اشرف، ع.؛ جعفری، م. و هلالات، ه.، ۱۳۸۶. اثرات تابش امواج شبیه‌سازی شده تلفن همراه بر غدد تناسلی موش نر. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک. سال ۱۰، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۹.
۲. رجایی، ف.؛ صفری‌واریانی، ع. و آزادی‌اسکویی، ا.، ۱۳۹۲. اثر امواج مایکروویو بر تغییرات مورفومتریک بیضه خرگوش. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین. سال ۱۷، شماره ۶، صفحات ۱۰ تا ۱۷.
3. Agarwal, A.; Desai, N.R.; Makker, K. and Varghese, A., 2008. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril*. Vol. 92, No. 4, pp: 1318-1132.
4. Agarwal, A., 2009. Cell phones modern man,s nemesis? *Reproductive BioMedicine*. Vol. 18, No. 1, pp: 148-157.
5. Agarwal, A.; Singh, A.; Hamada, A. and Kesari, K., 2011. Cell phones and male infertility: a review of recent innovations in technology and consequences. *Intern Braz J Urol*. Vol. 37, No. 4, pp: 432-454.
6. Agarwal, A.; Deepinder, F.; Sharma, R.K.; Ranga, G. and Li, J., 2008. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertility and Sterility*. Vol. 89, No. 1, pp: 124-128.
7. Ahlbom, A.; Bridges, J.; Seze, R.; Hillert, L.; Juutilainen, J. and Mattsson, M.O., 2008. Possible Effectss of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health Opinion of the Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). *Toxicology*. Vol. 246, pp: 248-250.
8. Awanti, S.M.; Ingin, J.B.; Jeevangi, S.R.; Patil, G.A. and Awanti, B.S., 2010. The effect of radiofrequency radiation emitted from mobile phones on plasma oxidants and antioxidants in mobile phone users. *J. of Clinical and Diagnostic Research*. Vol. 4, pp: 2758-2761.
9. Ayata, A.; Mollaoglu, H.; Yilmaz, H.R.; Akturk, O.; Ozguner, F. and Altuntas, I., 2004. Oxidative stress mediated skin damage in an experimental mobile phone model can be prevented by melatonin. *J Dermatol*. Vol. 31, No. 11, pp: 878-883.
10. Banik, S.; Bandyopadhyay, S. and Ganguly, S., 2003. Bioeffects of microwave. A brief review. *Bioresource Technology*. Vol. 87, pp: 155-159.
11. Calvente, I. ; Fernandez, M.F. ; Villalba, J. and Olea, N., 2010. Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: A systematic review. *Science of the Total Environment*. Vol. 408, No. 16, pp: 3062-3069.
12. Cardis, E.; Richardson, L. and Deltour, I., 2007. The Interphone study: design, epidemiological methods, and description of the study population. *Eur J Epidemiol*. Vol. 22, No. 9, pp: 647-664.
13. Dai, Q.I.; Shu, X.O.; Li, H. and Yang, G., 2010. IsGreen Tea DrinkingAssociated WithaLaterOnsetof Breast Cancer? *AEP*. Vol. 20, No. 1, pp: 74-81.
14. Dasdage, S.; Akdag, M.Z.; Aksen, F.; Yilmaz, F.; Bashan, M. and Dasdag, M.M., 2003. Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes. *Bioelectromagnetics*. Vol. 24, pp: 182-188.
15. Dasdage, S.; Ketani, M.A.; Akdag, Z.; Ersay, A.R.; Sari, I.; Demirtas, O.C. and Celik, M.S., 1997. Whole body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol Res*. Vol. 27, pp: 219-223.
16. Dasdage, S.; Zulkuf Akdag, M.; Aksen, F.; Yilmaz, F.; Bashan, M. and Dasdag, M.M., 2003. Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes. *Bioelectromagnetics*. Vol. 24, No. 3, pp: 182-188.
17. De luliis, G.N.; Newey, R.J.; King, B.V. and Aitken, R.J., 2009. Mobile phone radiation induces reactive

دنبال مواجهه با امواج مایکروویو باشد (رجایی و همکاران، ۱۳۹۲). امواج مایکروویو اغلب سبب اختلال در روند بلوغ و تکامل سلول‌های جنسی نر می‌شوند و سلول‌های سوماتیک بیضه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. امواج مایکروویو می‌توانند با تأثیر بر ژنوم سلول و DNA باعث تغییر در کروموزوم‌ها و کاهش ترمیم آپوپتوز شوند، در نتیجه القای آپوپتوز می‌تواند منجر به کاهش تعداد سلول‌ها شود. در تحقیق حاضر مشاهده شد که امواج مایکروویو قادر به ایجاد تغییر در فرآیند اسپرماتوزنز بودند و اکثر لوله‌های منی‌ساز ضریب تمایز منفی را نشان دادند و هم‌چنین ضریب اسپرمیوتوز در گروه آزمایش کاهش پیدا کرده بود.

براساس نتایج حاصل از تحقیقات Awad و Sahar (۲۰۰۸)، تشعشعات الکترومغناطیس حاصل از خطوط فشار قوی، تلفن‌های همراه، ایستگاه‌های مخابراتی و بسیاری از منابع متصاعدکننده تشعشعات الکترومغناطیس در زندگی روزانه انسان‌ها قابل قبول، مجاز و در حد استانداردهای کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC) است و خطری برای سلامتی ندارد. با این وجود وقتی انسان‌ها برای صدها و هزاران بار و گاهی به‌طور دائم در معرض تابش‌های الکترومغناطیسی قرار می‌گیرند، میزان جذب تابش‌ها از حد استاندارد فراتر رفته و اثرات سوء خود را بروز می‌دهند.

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه و آنتن‌های گیرنده و فرستنده آن موجب کاهش قطر لوله‌های سمینی‌فر، ضخامت اپیتلیوم و کاهش ضخامت تونیک‌آلبوژینه در بافت بیضه و کاهش ضریب تمایز لوله‌ای و ضریب اسپرمیوتوز در لوله‌های سمینی‌فر و هم‌چنین موجب کاهش وزن پروستات شده و ضخامت مجاری پروستات را کاهش می‌دهد. از آن‌جایی که نمی‌توان تلفن همراه را از زندگی انسان‌ها حذف نمود، به‌منظور حفاظت در برابر اثرات احتمالی تشعشعات آن، به‌کارگیری روش‌های حفاظتی از جمله کم کردن مدت زمان مکالمات تلفنی، استفاده از تلفن در مواقع ضروری، دور نگه‌داشتن تلفن از اندام‌های حیاتی، استفاده از پوشش‌های مخصوص ضدامواج برای تلفن‌های همراه و منع استفاده از تلفن‌های همراه در دوران بارداری و کودکی، حضور کم‌تر در محیط‌هایی با مقادیر بالای مایکروویو در مناطق ایستگاه‌های پایه توصیه می‌شود.

## تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از سرکار خانم دکتر فرح فرخی از دانشگاه ارومیه و مدیریت محترم مرکز باروری و ناباروری دانشکده پزشکی کرمانشاه اعلام می‌دارند.



- evidence for role of free-radical toxic stress. *Human & experimental toxicology*. Vol. 27, No. 12, pp: 901-910.
39. **Robert, F.; Cleveland, J.; Jerry, R. and Ulcek, L., 1999.** Office of Engineering and Technology Federal Communications Commission Washington. DC.20554 p.
  40. **Sahar, M. and Awad, S., 2008.** Health risks of electromagnetic radiation from mobile phone on brain of rat. *J.of Applied Sciences Res.* Vol. 4, pp: 1994-2000.
  41. **Sarkar, R.; Mohanakumar, K.P. and Chowdhury, M., 2000.** Effects of an organophosphate pesticide quinalphos, on the hypothalamo-pituitary- gonadal axis in adult male rats. *Journal of Reproduction and Fertility*. Vol. 118, pp: 29-38.
  42. **Seger, R.; Schiff, Y.; Hauptman, Y. and Kraus, S., 2007.** Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fieldat mobile phone frequencies. *Biochem J.* Vol. 405, No. 3, pp: 559-568.
  43. **Serway, R.A. and Jewett, J.W., 2004.** Physics for scientists and engineers (6thed).BilalFarah ISBNO. Vol. 534, pp: 40842-40847.
  44. **Sikka, S.C., 1996.** Oxidative stress and role of antioxidants in normal and abnormal sperm function. *Frontiers in Bioscience*. Vol. 1, pp: 78-86.
  45. **Tablado, L., 1998.** Effect of exposure to static magnetic fields on the morphology and morphometry of mouse epididymal sperm. *Bioelectromagnetics*. Vol.19, pp: 377-383.
  46. **Tenorio, B.M.; Jimenez, G.C.; Moris, R.N.; Piexoto, C.A.; Nogueira, R.A. and Junior, V.A., 2011.** Evaluation of testicular degeneration induced by low-frequency electromagnetic fields. *Journal of Applied Toxicology*. Vol. 32, No. 3, pp: 210-218.
  47. **Tice, R.R.; Hook, G.G.; Donner, M. and McRee, D.L., 2002.** Genotoxicity of radio frequency signals. Investigation of DNA damage and micronuclei induction in cultured human bloodcells, *Bioelectromagnetics*. Vol. 23, No. 1, pp: 113-126.
  48. **Verschaeve, L., 2009.** Genetic damage in subjects exposed to radiofrequency radiation. *Mutat Res.* Vol. 681, No. 2-3, pp: 259-270.
  49. **Verschaeve, L. and Maes, A., 1998.** Genetic, Carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency. *Mutation Research*. Vol. 410, pp: 141-165.
  50. **Valles, M., 2002.** Model of magnetic field induced mitotic apparatus reorientation in frog egg. *Biophys J.* Vol. 82, No. 3, pp: 1260-1265.
  51. **Wdowiak, A.; Wdowiak, L. and Wiktor, H., 2007.** Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Ann Agric Environ Med.* Vol. 14, pp: 169-172.
  52. **Wing, T. and Christensen, K., 1982.** Morphometric studies on rat seminiferous tubules. *Am j Anat.* Vol. 165, pp: 13-25.
  53. **World Health Organization. 2010.** WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 5<sup>th</sup> ed. Geneva, Switzerland. pp: 27-29.
  54. **World Health Organization (WHO). 2006.** WHO research agenda for radio frequency fields. Switzerland. 42 p.
  55. **Yildirim, I.; Kilinc, M.; Okur, E.; Inanc, M.; Tolun, F.; Akif Kilic, M. and Kurutas, E.B., 2007.** The effects of noise on hearing and oxidative stress in textile workers. *Industrial Health*. Vol. 45, pp: 743-749.
  56. **Yan, J.G.; Agresti, M.; Bruce, T.; YAAN, Y.H.; Granlund, A. and Matloub, H.S., 2007.** Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. *Fertility and Sterility*. Vol. 88, No. 4, pp: 957-564.
  57. **Yamashita, D.; Jiang, H.Y.; Schacht, J. and Miller, J.M., 2004.** Delayed production of Free Radicals Following Noise Exposure. *Brain Res.* Vol. 1019, No. 1-2, pp: 201-209.
  58. **Ying Han, Y.; Kano, H.; Davis, D. and Niranjana, A., 2009.** Cell phone use and acoustic neuroma: the need for standardized questionnaires and access to industry data. *Surgical Neurology*. Vol. 72, No. 3, pp: 216-222.
  59. **Zmyslony, M.; Poltanski, P.; Rajkowska, W.; Szymczak, W. and Jajte, J., 2004.** Acute exposure to 930 MHz CW electromagnetic radiation in vitro affects reactive oxygen species level in rat lymphocytes treated by iron ions. *Bioelectromagnetics*. Vol. 25, pp: 324-328.
  60. **Zeni, O.; Di Pietro, R.; Ambrosio, G.; Massa, R.; Capri, M. and Naarala, J., 2007.** Formation of reactive oxygen species in L929 cells after exposure to 900 MHz RF radiation with and without co exposure to 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxyl-2(5H)-furanone. *Radiat Res.* Vol. 167, pp: 306-311.
  18. **Desai, N.; Sharma, R.; Makker, K. and Sabaneh, E., 2008.** Physiologic and pathologic levels of reactive oxygen species in neat semen of infertile men. *Radiat Res.* Vol. 169, No. 3, pp: 319-329.
  19. **Elebetiela, A. and Al-Akhras, M., 2002.** Long term exposure of male and female mice to 50Hz magnetic field: effects on fertility. *Bioelectromagnetics*. Vol. 23, pp: 168-172.
  20. **Erogul, O.; Oztas, E.; Yildirim, I. and Kir, T., 2006.** Effects of Electromagnetic Radiation from a Cellular Phone on Human Sperm Motility: An In Vitro Study. *Archives of Medical Research*. Vol. 37, pp: 840-843.
  21. **Ferreira, A.R.; Bonatto, F.; Bittencourt Pasquali, M.A.; Polydoro, M.; Dal-Pizzol, F. and Fernandez, C., 2006.** Oxidative stress effects on the central nervous of rats after acute exposure to ultra high frequency electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*. Vol. 27, No. 6, pp: 487-493.
  22. **Forgacs, Z.; Somosy, Z.; Kubinyi, G.; Sinay, H.; Bakos, J.; Thuroczy, G.; Surjan, A.; Hudak, A.; Olajos, F. and Lazar, P., 2004.** Effects of whole-body 50-Hz magnetic field exposure on mouse Leydig cells. *ScientificWorld J.* Vol. 2, pp: 83-89.
  23. **Khurana, V.G., 2008.** Cell phone and DNA story overlooked studies. *Letter Science*. Vol. 322, No. 5906, pp: 1325-1326.
  24. **Khurana, V.G.; Teo, C.; Kundi, M. and Hardell, L., 2009.** Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. *Surgical Neurology*. Vol. 72, No. 1, pp: 205-215.
  25. **Koyu, A.; Cesur, G.; Ozguner, F.; Akdogan, M.; Mollaoglu, H. and Ozen, S., 2005.** Effects of 900 MHz electromagnetic field on TSH and thyroid hormones in rats. *Toxicology Letters*. Vol. 157, pp: 257-262.
  26. **Makker, K.; Varghese, A.; Desai, N.R. and Mouradi, R., 2009.** Cell phones: modern man's nemesis? *Reproductive Bio Medicine*. Vol. 18, pp: 148-157.
  27. **Meo, S.A.; Arif, M.; Rashied, S.; Husain, S.; Khan, M.M. and Almasri, A.A., 2010.** Morphological changes induced by mobile phone radiation in liver and pancreas in wistar albino rats. *Eur J Anat.* Vol. 14, pp: 105-109.
  28. **Mobile Phone Base Stations-EMF/Health Fact Pack. 2008.** Mobile Manufacturers Forum. Diamant Building 80 Boul e vard A. Reyers B-1030 Brussels, Belgium. 7 p.
  29. **Nylund, R. and Leszczynski, D., 2006.** Mobile phone radiation causes changes in gene and protein expression in human endothelial cells and the response seems to be genome and proteome dependent. *Proteomics*. Vol. 6, No. 17, pp: 4769-4780.
  30. **Oktem, F.; Ozguner, F.; Mollaoglu, H.; Koyu, A. and Uz, E., 2005.** Oxidative damage in the kidney by 900 MHz emitted mobile phone: protection by melatonin. *Arch Med Res.* Vol. 36, No. 4, pp: 350-355.
  31. **Ozguner, F.; Bardak, Y. and Comlekci, S., 2006.** Protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester against retinal oxidative stress in long term use of mobile phone: a comparative study. *Mol Cell Biochem*. Vol. 282, No. 1-2, pp: 83-88.
  32. **Ozguner, M.; Koya, A.; Cesur, G. and Ural, M., 2005.** Biological and morphological effects on the reproductive organ of rats after exposure to electromagnetic field. *Saudi Med.* Vol. 6, No. 3, pp: 405-410.
  33. **Ozturan, O. and Erde, T., 2002.** Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol.* Vol. 122, No. 3, pp: 269-293.
  34. **Lai, H. and Singh, N.P., 2004.** Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect.* Vol. 112, No. 6, pp: 687-694.
  35. **Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. 2010.** Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). 288 p.
  36. **Radiciera, N., 2002.** Effect of microwave electromagnetic field on skeletal muscle fiber activity. *Arch Physiol Biochem*. Vol. 110, No. 3, pp: 203-214.
  37. **Repacoli, M.H., 2001.** Health risks from the use of mobile phones. *Toxicol let.* Vol. 120, pp: 323-331.
  38. **Rezvanfar, M.A.; Sadrkhanlou, R.A.; Ahmadi, A.; Shojaei-Sadee, H.; Mohammadirad, A. and Salehnia, A., 2008.** Protection of cyclophosphamide-induced toxicity in reproductive tract histology, sperm characteristics, and DNA damage by an herbal source;

