تأثیر امواج الکترومغناطیسی گوشی تلفن همراه بر پارامترهای آزمایش اسپرموگرام انسان: یک مطالعه In-vitro

دکتر سمیه مکوندی[1*]، حمیده یزدی زاده[2]، دکتر مسعود یزدی زاده[3]، دکتر وحیده ذاکرحسینی[4]، دکتر راضیه مدیحی[5]

۱. دانشجوی دکترای تخصصی بهداشت باروری، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران.
۲. کارشناس ارشد مامایی، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۳. متخصص پاتولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۴. متخصص زنان و زایمان، بیمارستان آپادانا اهواز، اهواز، ایران.
۵. متخصص پاتولوژی، آزمایشگاه تخصصی نور اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۶ **تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۳۹۲/۶/۲

خلاصه

مقدمه: امروزه استفاده از گوشی های تلفن همراه، به بخش اجتناب ناپذیری از زندگی مردم تبدیل شده است. برخی مطالعات گذشته، اثرات خطرناک امواج ساطع شده از گوشی تلفن همراه را بر سلامت انسان نشان داده اند. مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیرات امواج الکترومغناطیسی ناشی از گوشی تلفن همراه بر پارامترهای آزمایش اسپرموگرام انسانی انجام شد.

روش‌کار: این مطالعه کارآزمایی بالینی آینده نگر در سال ۱۳۹۲ بر روی ۵۰ نمونه سیمن مردانی که به آزمایشگاه نور اهواز مراجعه کرده بودند، انجام شد. هر نمونه سیمن قبل از انجام آزمایش اسپرموگرام، به دو قسمت مساوی گروه مورد و شاهد تقسیم شد. برای گروه مورد، یک عدد گوشی تلفن همراه رایج در کشور در وضعیت آنتن دهی فعال به مدت ۶۰ دقیقه در فاصله ۲/۵ سانتیمتری نمونه سیمن قرار داده شد و برای نمونه های گروه شاهد، مداخله خاصی انجام نشد. بعد از ۶۰ دقیقه برای تمام نمونه ها، آزمایش آنالیز سیمن انجام شد. غلظت اسپرم ها، غلظت اسپرم های متحرک و عملکردی و شکل اسپرم ها در دو گروه مورد مقایسه قرار گرفت. داده ها پس از گردآوری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) و آزمون های کولموگروف - اسمیرونوف و تی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: دو گروه از نظر میانگین غلظت کلی اسپرم ها (p=۰/۱۲) و شکل آن (p=۰/۱۱) تفاوت آماری معناداری نداشتند. غلظت اسپرم های متحرک و عملکردی در گروه مورد کمتر از گروه شاهد بود (p=۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: گوشی های تلفن همراه می توانند باعث کاهش غلظت اسپرم های متحرک و اسپرم های عملکردی در مردان شوند.

کلمات کلیدی: اسپرموگرام، امواج الکترومغناطیسی، گوشی تلفن همراه

* **نویسنده مسئول مکاتبات:** دکتر سمیه مکوندی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران. **تلفن:** ۰۹۱۶۶۰۴۲۲۴۷؛ **پست الکترونیک:** somayemakvandi@gmail.com

مقدمه

یکی از مسائل مهم علم پزشکی، مشکل ناباروری و کاهش باروری است. ناباروری به معنای عدم ایجاد بارداری پس از یک سال نزدیکی بدون استفاده از وسایل پیشگیری از بارداری می باشد (۱). حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد زوجین به مشکل ناباروری مبتلا می شوند و این مسأله، بخش مهمی از طبابت بالینی بسیاری از پزشکان محسوب می شود. ناباروری می تواند منجر به بروز مشکلات روانی و تجربیات استرس زای جدی برای افراد مبتلا شود (۲، ۳). برای حدود یک سوم از موارد ناباروری زوجین، نازایی مردان مطرح است. متأسفانه علت ناباروری در اکثر مردان ناشناخته است که می تواند ناشی از شناخت ناکافی از مکانیسم عملکرد بیضه ها، روند اسپرماتوژنز و عوامل تأثیرگذار بر آن باشد (۴).

روش برگزیده برای ارزیابی باروری مردان، آزمایش اسپرموگرام می باشد که باید حداقل ۲ نمونه و به فاصله حداقل ۴ هفته تهیه شود (۳). بر اساس نتایج برخی مطالعات انجام شده طی سال های اخیر، تعداد متوسط اسپرم در مردان کاهش یافته است که عامل اصلی آن، قرار گرفتن در معرض سموم زیست محیطی و به خصوص مواد شیمیایی می باشد (۵-۷). از دیگر عوامل مؤثر بر نازایی مردان می توان به مصرف سیگار و الکل، بیماری واریکوسل، بیضه نزول نکرده و برخی بیماری های سیستمیک مانند دیابت اشاره کرد (۸-۱۱).

در سال های اخیر با افزایش استفاده همگانی از تکنولوژی مدرن در برخی وسایل که استفاده فراوانی در زندگی روزمره دارند، مسأله حفاظت در مقابل تابش های الکترومغناطیسی، به عنوان یک مسأله جدید، اهمیت زیادی یافته است. یکی از مسائل مورد ارزیابی در مطالعات انجام شده در سال های اخیر، تأثیر احتمالی امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از گوشی تلفن همراه بر روی سلامت بدن و بروز ناهنجاری ها و اختلالاتی مانند نازایی و سقط جنین می باشد (۱۲). مطالعه مروری بلانک و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که قرار گرفتن در معرض میدان های الکترومغناطیسی، باعث آسیب DNA سلولی خواهد شد (۱۳). نتایج مطالعه پریور و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که در معرض قرار دادن موش های آزمایشگاهی بالغ با میدان الکترومغناطیسی با فرکانس پایین، باعث تغییراتی در روند اسپرماتوژنز از جمله افزایش تعداد اسپرماتوسیت های ثانویه و تخریب بافت بینابینی بیضه می شود (۱۴). مطالعه آگاروال و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که امواج الکترومغناطیسی گوشی تلفن همراه، بر غلظت کلی اسپرم های انسانی تأثیری ندارند، اما باعث کاهش اسپرم های متحرک و قدرت زنده ماندن اسپرم ها می شوند (۱۵). مطالعه مایلانکوت و همکاران (۲۰۰۹) که بر روی مایع سیمن حیوانی انجام شد، نشان داد که امواج ساطع شده از گوشی تلفن همراه، تأثیری بر تعداد اسپرم ها ندارد، اما منجر به افزایش قابل توجه پراکسیداسیون لیپیدی در بیضه و اپیدیدیم خواهد شد (۱۶).

با توجه به اینکه مردم، ساعات قابل توجهی از فعالیت های روزمره زندگی خود را در معرض میدان های الکترومغناطیسی حاصل از گوشی تلفن همراه صرف می کنند و با توجه به نتایج متناقض مطالعات انجام شده در این زمینه و از آن جایی که اکثر مطالعات، بر روی نمونه های حیوانی انجام شده و مطالعات اندک انجام شده در ایران، بر روی نمونه حیوانی بوده اند (۱۴، ۱۶)، مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر امواج الکترومغناطیسی گوشی تلفن همراه بر پارامترهای آزمایش اسپرموگرام انسانی انجام شد.

روش کار

این مطالعه کارآزمایی آینده نگر در سال ۱۳۹۲ بر روی ۵۰ نمونه سیمن از مردانی که به دلایلی غیر از نازایی به آزمایشگاه تخصصی نور اهواز مراجعه کرده بودند، انجام شد. مطالعه حاضر در محیط آزمایشگاهی (In-vitro) انجام شد. این مطالعه پس از تصویب طرح در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز انجام شد.

معیارهای ورود به مطالعه شامل: جمع آوری نمونه به روش خود تحریکی، جمع آوری نمونه پس از ۴-۳ روز خودداری از مقاربت، تعداد اسپرم بیش از ۲۰ میلیون در میلی لیتر، حجم مایع سیمن بین ۵-۳ میلی لیتر، درصد حرکت اسپرم بیش از ۵۰٪ و شکل طبیعی بیش از ۳۰٪ بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل: ناباروری به دلیل

عامل مردانه بر اساس اظهارات فرد شرکت کننده در مطالعه، مصرف داروهای درمان ناباروری، سابقه ابتلاء به عفونت های تناسلی طبق اظهارات فرد، استعمال بیش از ۵ نخ سیگار در روز، اعتیاد به مواد مخدر و عدم رضایت فرد شرکت کننده در هر مرحله از مطالعه بود.

حجم نمونه با استفاده از فرمول محاسبه حجم نمونه جهت مقایسه میانگین دو جامعه برآورد شد. بدین منظور از نتایج مطالعه مرتضوی و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شد (۱۷). بر اساس این مطالعه، با قرار دادن میانگین و انحراف معیار، حرکت پیشرونده اسپرم ها (درصد) در گروه مورد (s_2=۱۲/۳۱ و x_1=۴۰/۲۰) و شاهد (s_2=۱۸/۶۴ و x_2=۴۸/۹۷) و با در نظر گرفتن α=۰/۰۵، β=۰/۲ و فاصله اطمینان ۹۵، حجم نمونه معادل ۵۰ نفر در هر گروه برآورد شد.

ابزار گردآوری داده ها، فرم اسپرموگرام آزمایشگاه نور اهواز بود که یک فرم از پیش آماده شده می باشد. داده ها به روش مشاهده، مصاحبه و روش شمارش دستی جهت آزمایش اسپرموگرام گردآوری شد. روش کار به این صورت بود که ابتدا توضیحات لازم در خصوص روش کار و محرمانه بودن اطلاعات به افراد مورد مطالعه داده شد و فرم رضایت نامه آگاهانه از آنان گرفته شد. سپس هر نمونه سیمن قبل از انجام آزمایش اسپرموگرام به دو قسمت مساوی گروه مورد و گروه شاهد تقسیم شد. نمونه های هر دو گروه به مدت یک ساعت در یک مکان ثابت با نور و حرارت ثابت قرار داده شدند. طی این مدت، برای گروه مورد، یک عدد گوشی تلفن همراه رایج در کشور (مدل سونی اریکسون K700 با امواج ۱۸۰۰ مگاهرتز) به مدت ۶۰ دقیقه در وضعیت آنتن دهی فعال در فاصله ۲/۵ سانتی متری نمونه سیمن قرار داده شد. به منظور جلوگیری از افزایش دمای محیط، تلفن در یک محفظه چوبی درب دار قرار داشت. برای نمونه های گروه شاهد، مداخله خاصی انجام نشد. پس از ۶۰ دقیقه، از تمام نمونه ها اسمیر تهیه شده و آزمایش اسپرموگرام انجام شد. روش انجام آزمایش اسپرموگرام، به صورت شمارش دستی بود که با استفاده از میکروسکوپ نوری انجام شد. شمارش اسپرم ها در واحد حجم و با استفاده از لام نئوبار صورت گرفت.

پس از انجام آزمایش اسپرموگرام، غلظت اسپرم ها، غلظت اسپرم های متحرک، غلظت اسپرم های عملکردی و شکل اسپرم ها در برگه اسپرموگرام ثبت شدند. سپس اطلاعات مربوط به هر دو گروه وارد نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت بررسی طبیعی بودن متغیرها از آزمون کولموگروف - اسمیرونوف و جهت مقایسه میانگین ها و بررسی معنادار بودن تفاوت ها از آزمون تی در فاصله اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها

متوسط سن مردان شرکت کننده در مطالعه ۶/۰۴±۳۱/۱۸ سال بود. ۱۰ نفر (۲۰٪) مجرد و ۴۰ نفر (۸۰٪) متأهل بودند. ۷ نفر (۱۴٪) سیگاری و ۴۳ نفر (۸۶٪) غیرسیگاری بودند. از نظر میزان استفاده روزانه از تلفن همراه، ۸ نفر (۱۶٪) استفاده کم، ۱۵ نفر استفاده متوسط (۳۰٪)، ۱۲ نفر (۲۴٪) استفاده زیاد و ۱۵ نفر (۳۰٪) استفاده خیلی زیاد داشتند. در خصوص محل نگهداری معمول گوشی تلفن همراه مشخص شد که ۷ نفر (۱۴٪) گوشی تلفن همراه خود را در جیب پیراهن و ۴۳ نفر (۸۶٪) آن را در جیب شلوار خود نگهداری و حمل می کردند.

دو گروه مورد و شاهد از نظر میانگین غلظت کلی اسپرم ها (p=۰/۱۲) و شکل آن ها (p=۰/۱۱)، تفاوت آماری معناداری نداشتند. غلظت اسپرم های متحرک (p=۰/۰۰۱) و غلظت اسپرم های عملکردی (p=۰/۰۰۱) در گروه مورد، به طور معناداری کمتر از گروه شاهد بود (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه پارامترهای آزمایش اسپرموگرام در دو گروه مورد و شاهد

متغیر / گروه	گروه مورد انحراف معیار±میانگین	گروه شاهد انحراف معیار±میانگین	سطح معنی داری
غلظت اسپرم (میلیون/ میلی لیتر)	۶۲/۸۴±۱۰/۴۰	۶۲/۳۰±۱۱/۴۸	۰/۱۲
غلظت اسپرم های متحرک (درصد)	۳۱/۲۰±۹/۶۱	۳۲/۵۷±۱۰/۴۸	۰/ ۰۰۱*
شکل اسپرم (درصد)	۳۶/۳۳±۷/۵۱	۳۶/۱۸±۸/۴۰	۰/۱۱
غلظت اسپرم های عملکردی (درصد)	۲۲/۲۳±۷/۵۱	۲۳/۸۸±۸/۶۶	۰/ ۰۰۱*

* اختلاف آماری معنادار است.

بحث

تاکنون مطالعات متعددی در مورد تأثیر امواج الکترومغناطیس گوشی تلفن همراه بر روی بدن انسان انجام شده است؛ اما نتایج این مطالعات، ضد و نقیض بوده است. همچنین در این مطالعات، تأثیر احتمالی گرمای ایجاد شده توسط گوشی تلفن همراه، نادیده گرفته شده است (۶, ۱۸, ۱۹).

بسیاری از محققین معتقدند تأثیراتی که گوشی تلفن همراه بر بدن انسان می گذارد، علاوه بر این که می تواند ناشی از امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از آن باشد، ممکن است به دلیل تأثیرات تجمعی حرارت تولید شده توسط گوشی تلفن همراه نیز باشد. برخی دیگر معتقدند که تأثیر صرف امواج ساطع شده از گوشی تلفن همراه، بسیار اندک بوده و بیشتر اثرات احتمالی آن، به واسطه انرژی گرمایی می باشد که این وسیله تولید می کند (۲۰-۲۲). این مسأله که گرما، باعث تأثیرات سوء بر بلوغ و تحرک اسپرم ها می شود، مورد قبول همگان می باشد (۵, ۲۳). در مطالعه حاضر، تأثیرات گرمایی گوشی تلفن همراه با نگهداری آن در یک محفظه کوچک چوبی حذف شد و نتایج به دست آمده، تنها بیانگر تأثیرات امواج الکترومغناطیس آن می باشد.

از آنجایی که میزان صحبت کردن افراد با گوشی تلفن همراه از فردی به فرد دیگر متفاوت است، بنابراین تصمیم گیری برای تعیین مدت زمان قرارگیری نمونه های سیمن در معرض امواج تلفن همراه، کاری پیچیده بود. در مطالعات آزمایشگاهی اخیر که بر روی اسپرم انسانی و سلول های اندوتلیال انجام شد، مدت زمان ۶۰ دقیقه برای این کار انتخاب شد (۲۴). از این رو در مطالعه حاضر نیز نمونه های سیمن به مدت ۶۰ دقیقه در معرض امواج گوشی تلفن همراه قرار گرفتند.

مدل های حیوانی و انسانی متعددی نشان داده اند که استرس اکسیداتیو در بافت های مختلف بدن مانند کلیه، آندومتر، چشم، بیضه ها، مغز و میوکارد در پاسخ به رادیاسیون ناشی از گوشی تلفن همراه، ایجاد می شود. استرس اکسیداتیو به وضعیتی اشاره دارد که توانایی سیستم بیولوژیک برای سم زدایی و یا ترمیم آثار مخرب انواع رادیکال های آزاد اکسیژن به قدر کافی نباشد، لذا آسیب های اکسیداتیو به سلول، بافت یا ارگان های بدن را به دنبال خواهد داشت (۲۵-۲۸).

مطالعه آگاروال و همکاران (۲۰۰۹) که بر روی نمونه سیمن انسانی انجام شد، نشان داد که امواج الکترومغناطیس منتشر شده از گوشی تلفن همراه، منجر به ایجاد استرس اکسیداتیو در مایع سیمن می شود (۱۵). مطالعه فریدمن و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که میدان های الکترومغناطیسی، باعث تحریک اکسیدازهای غشای سلولی و تولید سوپراکسید خارج سلولی می شود. همچنین اثرات امواج الکترومغناطیسی بر اکسیدازهای غشای سلولی، می تواند منجر به استرس اکسیداتیو و تأثیرات کارسینوژن آن شود (۲۹). مطالعه مروری دزایی و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که تماس طولانی مدت با امواج الکترومغناطیسی، با ایجاد استرس اکسیداتیو طولانی مدت، می توانند باعث آسیب به DNA شوند که این امر به نوبه خود، باعث مرگ سلول های اسپرماتوزویید خواهد شد (۳۰). مطالعه لی و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داد حتی آن دسته از امواج الکترومغناطیسی که انرژی کافی برای قطعه قطعه کردن DNA سلولی را ندارند نیز می توانند باعث آسیب سلول های زایای مردان شوند (۳۱).

در مطالعه حاضر غلظت کلی اسپرم ها در دو گروه مورد و شاهد تفاوت معناداری نداشت. به نظر می رسد این

تفاوت ناشی از مدت زمان کوتاهی باشد که نمونه های سیمن در معرض گوشی تلفن همراه قرار گرفتند (۶۰ دقیقه). چرا که نتایج مطالعات نشان می دهد در شرایط استرس های اکسیداتیو مزمن in-vivo مانند سیگار کشیدن و ابتلاء به بیماری واریکوسل، غلظت کلی اسپرماتوزوئیدها در نمونه سیمن کاهش می یابد (۳۲، ۳۳).

بر اساس نتایج مطالعات، در شرایط استرس اکسیداتیو، سوپراکسید خارج سلولی تولید می شود. در مطالعه حاضر کاهش غلظت اسپرم های متحرک ممکن است ناشی از غلظت آنیون سوپراکسید در سیمن باشد. زمانی که سوپراکسید خارج سلولی تولید می شود، غشای فسفولیپید سلول ها، اکسیده شده و توانایی زنده ماندن و تحرک آن ها کاهش می یابد (۳۴، ۳۵). همچنین نتایج مطالعه آزمایشگاهی دیولیس و همکاران (۲۰۰۹) که بر روی نمونه اسپرم انسانی انجام شد، نشان داد که امواج الکترومغناطیس ناشی از گوشی تلفن همراه، باعث قطعه قطعه شدن DNA سلولی و کاهش تحرک اسپرم می شود (۳۶)، البته تأثیر عوامل دیگر نباید نادیده گرفته شود.

در مطالعه حاضر تأثیر امواج الکترومغناطیسی گوشی تلفن همراه بر مایع سیمن انسانی مورد ارزیابی قرار گرفت که جزء نقاط قوت مطالعه حاضر می باشد؛ زیرا بسیاری از مطالعات قبلی بر روی نمونه های حیوانی انجام شده بود (۱۴، ۱۶، ۳۷). از دیگر نقاط قوت مطالعه حاضر این بود که این مطالعه در شرایط آزمایشگاهی انجام شد؛ چرا که مطالعات in-vitro، دارای محاسنی نظیر امکان اجرای بهتر و دقیق تر مطالعه، امکان رعایت بهتر ملاحظات اخلاقی و کم بودن هزینه های انجام مطالعه می باشند (۳۸). یکی از محدودیت های مطالعه حاضر این بود که تفاوت های فردی، محیطی و تغذیه ای افراد بر کیفیت سیمن آنان مؤثر است ولی این مورد از کنترل پژوهشگران خارج بود. اما از آن جایی که هر نمونه سیمن با خودش سنجیده شد، این متغیرها تا حد زیادی کنترل شدند.

نتیجه گیری

گوشی های تلفن همراه می توانند باعث کاهش غلظت اسپرم های متحرک و اسپرم های عملکردی در مردان شوند. این مسأله حائز اهمیت است که بسیاری از مردان، تلفن همراه خود را در جیب شلوارشان حمل می کنند. این تکنولوژی، بیضه ها را علاوه بر انرژی گرمایی حاصله، در معرض رادیاسیون پر قدرت ناشی از تلفن همراه قرار می دهد، اگر چه مطالعات بیشتر برای تعیین تأثیرات استفاده طولانی مدت از گوشی تلفن همراه ضروری به نظر می رسد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می باشد. بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تشکر و قدردانی می شود.

منابع

1. Tanagho EA, McAninch JW. Smith's general urology. 17th ed. New York:McGraw-Hill;2008.
2. Sadock BJ, Kaplan HI, Sadock VA. Kaplan & Sadock's synopsis of psychiatry: behavioral sciences/clinical psychiatry. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins;2007.
3. Berek JS, Berek DL. Berek & Novak's gynecology. 15th ed. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins;2012.
4. Speroff L, Fritz MA. Clinical gynaecologic endocrinology and infertility. 7th ed. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins;2005.
5. Jensen TK, Bonde JP, Joffe M. The influence of occupational exposure on male reproductive function. Occup Med (Lond) 2006 Dec;56(8):544-53.
6. Sheiner EK, Sheiner E, Hammel RD, Potashnik G, Carel R. Effect of occupational exposures on male fertility: literature review. Ind Health 2003 Apr;41(2):55-62. Review.
7. Tas S, Lauwerys R, Lison D. Occupational hazards for the male reproductive system. Crit Rev Toxicol 1996 May;26(3):261-307.

8. Davar R, Sekhavat L, Naserzadeh N. Semen parameters of non-infertile smoker and non-smoker men. J Med Life 2012 Dec 15;5(4):465-8.
9. Zalata A, El-Mogy M, Abdel-Khabir A, El-Bayoumy Y, El-Baz M, Mostafa T. Seminal androgens, oestradiol and progesterone in oligoasthenoteratozoospermic men with varicocele. Andrologia 2013 Aug 15; 2013 Aug 15. doi: 10.1111/and.12145.
10. Agbaje IM, Rogers DA, McVicar CM, McClure N, Atkinson AB, Mallidis C, et al. Insulin dependant diabetes mellitus: implications for male reproductive function. Hum Reprod 2007 Jul;22(7):1871-7.
11. Vinardi S, Magro P, Manenti M, Lala R, Costantino S, Cortese M, et al. Testicular function in men treated in childhood for undescended testes. J Pediatr Surg 2001 Feb;36(2):385-8.
12. Juutilainen J, Matilainen P, Saarikoski S, Läärä E, Suonio S. Early pregnancy loss and exposure to 50-Hz magnetic fields. Bioelectromagnetics. 1993;14(3):229-36.
13. Blank M, Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. Int J Radiat Biol 2011 Apr;87(4):409-15.
14. Parivar K, Nabiuni M, Golestanian N, Amini E. [Effect of low frecuency electromagnetic fields on the spermatogenesis and blood serum protein of balb/c mice] [Article in Persian]. J Cell Tissue 2011 Spring;2(1):47-56.
15. Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. Ferti Steri 2009 Oct;92(4):1318-25.
16. Mailankot M, Kunnath AP, Jayalekshmi H, Koduru B, Valsalan R. Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8 GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. Clinics (Sao Paulo) 2009;64(6):561-5.
17. Mortazavi S, Parsanezhad M, Kazempour M, Ghahramani P, Mortazavi A, Davari M. Male reproductive health under threat: Short term exposure to radiofrequency radiations emitted by common mobile jammers. Journal of human reproductive sciences. 2013;6(2):124.
18. Kumar S. Occupational exposure associated with reproductive dysfunction. J Occup Health 2004 Jan;46(1):1-19.
19. Fejes I, Závaczki Z, Szöllosi J, Koloszár S, Daru J, Kovacs L, et al. Is there a relationship between cell phone use and semen quality? Arch Androl 2005 Sep-Oct;51(5):385-93.
20. Black DR, Heynick LN. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions. Bioelectromagnetics 2003 Suppl 6:S187-95.
21. Jauchem JR. A literature review of medical side effects from radio-frequency energy in the human environment: involving cancer, tumors, and problems of the central nervous system. J Microw Power Electromagn Energy 2003;38(2):103-23.
22. Meltz ML. Radiofrequency exposure and mammalian cell toxicity, genotoxicity, and transformation. Bioelectromagnetics 2003;Suppl 6:S196-213.
23. Bonde JP, Giwercman A, Ernst E. Identifying environmental risk to male reproductive function by occupational sperm studies: logistics and design options. Occup Environ Med 1996 Aug;53(8):511-9. Occup Environ Med. 1996 Aug;53(8):511-9.
24. Nylund R, Leszczynski D. Proteomics analysis of human endothelial cell line EA. hy926 after exposure to GSM 900 radiation. Proteomics 2004 May;4(5):1359-65.
25. Oktem F, Ozguner F, Mollaoglu H, Koyu A, Uz E. Oxidative damage in the kidney induced by 900-MHz-emitted mobile phone: protection by melatonin. Arch Med Res 2005 Jul-Aug;36(4):350-5.
26. Ozguner F, Bardak Y, Comlekci S. 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 2006 Jan;282(1-2):83-8.
27. Ozguner M, Koyu A, Cesur G, Ural M, Ozguner F, Gokcimen A, et al. Biological and morphological effects on the reproductive organ of rats after exposure to electromagnetic field. Saudi Med J.2005 Mar;26(3):405-10.
28. Balci M, Devrim E, Durak I. Effects of mobile phones on oxidant/antioxidant balance in cornea and lens of rats. Curr Eye Res 2007 Jan;32(1):21-5.
29. Friedman J, Kraus S, Hauptman Y, Schiff Y, Seger R. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. Biochem J 2007 Aug;405(3):559-68.
30. Desai NR, Kesari KK, Agarwal A. Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. Reprod Biol Endocrinol 2009 Oct 22;7(14):114-22.
31. Li L, Bisht KS, LaGroye I, Zhang P, Straube WL, Moros EG, et al. Measurement of DNA damage in mammalian cells exposed in vitro to radiofrequency fields at SARs of 3-5 W/kg. Radiat Res 2001 Sep;156(3):328-32.
32. Agarwal A, Makker K, Sharma R. REVIEW ARTICLE: Clinical Relevance of Oxidative Stress in Male Factor Infertility: An Update. American Journal of Reproductive Immunology. 2008;59(1):2-11.
33. French DB, Desai NR, Agarwal A. Varicocele repair: does it still have a role in infertility treatment? Curr Opin Obstet Gynecol 2008 Jun;20(3):269-74.
34. Henkel R, Kierspel E, Stalf T, Mehnert C, Menkveld R, Tinneberg H-R, et al. Effect of reactive oxygen species produced by spermatozoa and leukocytes on sperm functions in non-leukocytospermic patients. Fertil Steril 2005 Mar;83(3):635-42.
35. Wirleitner B, Vanderzwalmen P, Stecher A, Spitzer D, Schuff M, Schwerda D, et al. Dietary supplementation of antioxidants improves semen quality of IVF patients in terms of motility, sperm count and nuclear vacuolisation. Int J Vitam Nutr Res 2012 Dec;82(6):391-8.

36. De Iuliis GN, Newey RJ, King BV, Aitken RJ. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. PLoS One 2009 Jul;4(7):e6446.
37. Kesari KK, Kumar S, Behari J. Effects of radiofrequency electromagnetic wave exposure from cellular phones on the reproductive pattern in male Wistar rats. Appl Biochem Bbiotechnol 2011 Jun;164(4):546-59.
38. Polli JE. In vitro studies are sometimes better than conventional human pharmacokinetic in vivo studies in assessing bioequivalence of immediate-release solid oral dosage forms. AAPS J 2008 Jun;10(2):289-99.