

تحقیقی

اثر میدان الکترومغناطیسی بر اپیدیدیم و مجرای دفران موش: یک مطالعه مورفومتریک

دکتر فرزاد رجایی*^۱، مهدی فروخی^۲، ناظم قاسمی^۲، دکتر مجید سررشته داری^۳ دکتر نعمت الله غیبی^۴، دکتر مهرزاد سرایی صحنه سرایی^۴
۱- دانشیار گروه علوم تشریح، مرکز تحقیقات باروری و ناباروری دانشگاه علوم پزشکی قزوین. ۲- کارشناس ارشد علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی قزوین.
۳- استادیار گروه بیماری‌های داخلی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین. ۴- استادیار گروه بیوشیمی و بیوفیزیک، مرکز تحقیقات علوم پایه، دانشگاه علوم پزشکی قزوین.

چکیده

زمینه و هدف: پیشرفت در حال توسعه صنایع الکترونیک و استفاده روزافزون از دستگاه‌های الکتریکی منجر به افزایش مواجهه افراد با امواج الکترومغناطیسی شده است. این مطالعه به منظور بررسی اثر امواج الکترومغناطیسی بر شاخص‌های مورفومتریک اپیدیدیم، مجرای دفران و بیضه موش انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی ۳۰ سر موش نر نژاد BALB/c انتخاب و به صورت تصادفی در سه گروه تجربی، شام (sham) و کنترل قرار داده شدند. موش‌های گروه تجربی به مدت ۸ هفته، هر هفته ۶ روز و هر روز ۴ ساعت در معرض امواج الکترومغناطیسی با شدت ۰/۵ میلی‌تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفتند. موش‌های گروه کنترل و شام در معرض امواج قرار نگرفتند. بعد از پایان دوره آزمایش موش‌ها تحت بیهوشی کشته و لاپاراتومی شدند و بیضه‌های طرف چپ موش‌ها خارج و وزن گردید. نمونه‌ها با میکروسکوپ نوری تحت فرآیندهای روتین بافتی قرار گرفتند. قطر و ارتفاع اپیتلیوم مجاری اپیدیدیم و دفران تعیین گردید. نتایج به دست آمده با آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون تعقیبی Tukey مورد ارزیابی آماری قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین قطر اپیدیدیم در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). میانگین قطر مجرای دفران، ارتفاع سلول‌های اپیتلیال اپیدیدیم و مجرای دفران در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل و شام کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). همچنین میانگین وزن بیضه در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل و شام کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که میدان الکترومغناطیسی به مدت ۸ هفته و به میزان ۰/۵ میلی‌تسلا سبب تغییرات مورفومتریک سلول‌های اپی‌تلیوم اپیدیدیم و مجرای دفران و کاهش وزن بیضه موش می‌گردد.

کلید واژه‌ها: میدان الکترومغناطیسی، موش، اپیدیدیم، مجرای دفران، بیضه، مورفومتري

* نویسنده مسؤول: دکتر فرزاد رجایی، پست الکترونیکی: farzadraj@yahoo.co.uk

مقدمه

کاربرد وسیع امواج الکترومغناطیس (EMF) در زندگی روزمره نگرانی‌های زیادی را در این خصوص ایجاد کرده است. دستگاه‌ها و تجهیزات زیادی به عنوان تابش کننده این امواج به‌شمار می‌آیند که بعضی از آنها با ایجاد EMF می‌توانند کاربرد درمانی برای انسان داشته باشند (۱). ولی بعضی دیگر مانند تجهیزاتی که در تولید و انتقال برق به کار می‌روند، می‌توانند باعث اثرات سوء برای انسان شوند. خطوط فشار قوی برق، تلویزیون، تلفن همراه و غیره از مواردی هستند که می‌توان به عنوان وسایل ساطع کننده امواج الکترومغناطیس از آنها نام برد. درضمن در جوامع مدرن امروزی آمیخته شدن این امواج با صنعت غیرقابل اجتناب است. اما در مورد اثرات سوء این امواج می‌توان به تغییرات بیولوژیکی در حشرات، چونندگان و انسان اشاره کرد (۲ و ۳). مطالعات اپیدمیولوژی این احتمال را مطرح می‌کند که بین استفاده از این امواج با بیماری‌های خاصی چون لوسمی، سرطان مغز، سرطان پستان و بیماری‌های قلبی - عروقی رابطه وجود دارد (۷-۴). اما ارتباط بین EMF با برخی بدخیمی‌ها هنوز ناشناخته مانده است. امواج الکترومغناطیس با اثر بر روی غشاء پلاسمایی می‌تواند، باعث ایجاد تغییر در پتانسیل عمل به دلیل تغییرات بیوشیمیایی و متعاقب آن تغییر در میزان ترابری یون‌ها شود (۸). واکنش فیزیکی بین EMF با پیوندهای شیمیایی اتم‌ها می‌تواند باعث ایجاد رادیکال‌های آزاد در بدن موجودات شود (۹ و ۱۰). AL-Akhras در پژوهشی نشان داد که این امواج می‌تواند روی هورمون‌های جنسی و دیگر متغیرهای باروری اثر داشته باشد (۱۱). تعدادی از مطالعات، حاکی از اثرات مخرب امواج EMF بر دستگاه باروری و تکامل جنین هستند (۱۲). در حالی که تعداد دیگر از مطالعات نشان دادند که میدان‌های الکترومغناطیسی بر باروری تاثیر ندارند. به‌طوری که Hjoellund با مطالعه اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر شاخص‌های باروری گزارش کرد که این امواج بر مقادیر هورمون‌های تولید مثلثی تاثیر معنی‌داری ندارد (۱۳). همچنین Huuskonen با به کارگیری میدان الکترومغناطیسی با شدت ۱۳۰ میکروتسلا هیچ تغییر معنی‌داری در سطح هورمون‌های استرادیول و پروژسترون مشاهده نکرد (۱۴).

Livingston نشان داد که پرتوتابی ۹۶-۲۴ ساعته فیروبیلاست تخمدان همستر چینی در میدان ۶۰ هرتزی با شدت‌های ۳، ۳۰، ۳۰۰ و ۳۰۰۰ میکروآمپر بر سانتی‌متر، تغییری در میزان رشد و تولید مثل این سلول‌ها ایجاد نمی‌کند (۱۵). حتی Iorio در سال ۲۰۰۷ نشان داد که میدانی با شدت ۵ میلی‌تسلا و با فرکانس ۵۰ هرتز می‌تواند، باعث بهبود حرکت اسپرماتوزوآ شود (۱۶). مجرای دفران نقش مهمی را در توانای باروری و بهتر شدن کارایی و بقاء اسپرم در انسان ایفا می‌نماید و هرگونه نقص در عملکرد این مجرا می‌تواند باروری را تحت تاثیر قرار دهد (۱۷ و ۱۸). همچنین مجرای اپیدیدیم نیز جزء محیط‌هایی محسوب می‌شود که بیشترین تغییر در پروتئین‌های غشاء اسپرم را باعث می‌شود. زیرا اسپرم پس از خروج از بیضه و قبل از انزال بیشترین زمان را در اپیدیدیم می‌گذرانند. اسپرم اکثر تغییرات لازم برای قدرت باروری و تحرک را طی عبور از اپیدیدیم کسب می‌کند. مجموعه این تغییرات را بلوغ اسپرم می‌گویند (۱۹). به ویژه بخش‌های ابتدایی این مجرا، محیط لازم را برای بلوغ اسپرم فراهم می‌سازد. محیط داخلی مجرای اپیدیدیم نتیجه عملکرد سلول‌های اپیتلیالی آن می‌باشد (۲۰). با توجه به نقش مجرای دفران و اپیدیدیم در باروری از یک طرف و کاربرد وسیع دستگاه‌های تولیدکننده امواج الکترومغناطیس از طرف دیگر، مطالعه حاضر اثرات بلند مدت این امواج را روی بافت‌های ذکر شده مورد بررسی قرار داد. لازم به ذکر است، مشخصات امواج الکترومغناطیس مورد استفاده نزدیک به مشخصات اصلی دستگاه‌هایی بودند که افراد جامعه به صورت معمول در معرض آن قرار دارند و در بسیاری از مطالعات قبلی نیز با شدت مشابه انجام شده است (۲۱). این مطالعه به منظور بررسی اثرات امواج الکترومغناطیسی بر شاخص‌های مورفومتریک اپیدیدیم، مجرای دفران و بیضه موش انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع تجربی است که در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۵ در دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. در این مطالعه تعداد ۳۰ سر موش نر سوری از نژاد BALB/c با وزن ۲۸-۲۴ گرم از موسسه واکسن و سرم‌سازی رازی خریداری شدند و سپس به مدت یک هفته در حیوان‌خانه در

بعد از این مرحله به منظور آب گیری و شفاف سازی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه پاساژ بافتی (Shandon-citadel 1000) قرار گرفتند. بعد از طی این مرحله نمونه‌ها با استفاده از پارافین قالب گیری و سپس توسط دستگاه میکروتوم روتاتوری مدل Shandon-AS 325 برش‌های سریالی ۵ میکرونی تهیه شد. از هر نمونه برش‌های شماره ۴، ۱۲، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۴ انتخاب و برای بررسی میکروسکوپی با روش H&E رنگ آمیزی شد. در انتها ۴۰ فیلد میکروسکوپی از ۴۰ لام در هر گروه به صورت تصادفی انتخاب و توسط دوربین دیجیتال عکس برداری گردید و با بزرگ‌نمایی ۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند. در ضمن با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Image Tool 3.0 SDK قطر مجاری و طول ارتفاع اپیتلیوم در اپیدیدیم و مجاری دفران اندازه گیری شد و با آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون تعقیبی Tukey ارزیابی‌های آماری صورت گرفت. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ برای مطالعه حاضر در نظر گرفته شد.

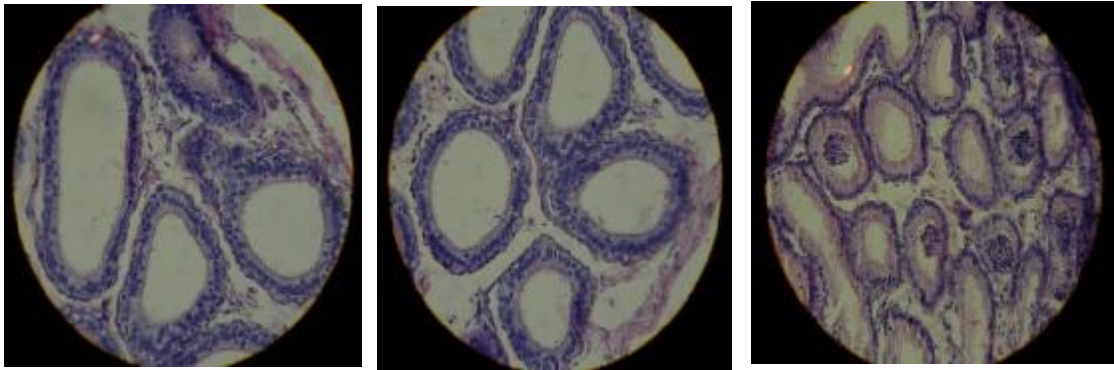
یافته‌ها

وزن بیضه‌ها در گروه تجربی نسبت به دو گروه دیگر کاهش معنی‌داری یافته است ($P < 0/007$). قطر اپیدیدیم در گروه تجربی ($104/4 \pm 22/3$) در مقایسه با گروه کنترل ($150/7 \pm 13/29$) به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P < 0/001$)، ولی نسبت به گروه شم ($204/26 \pm 91/91$) تفاوتی وجود نداشت (شکل ۱). مقایسه میانگین قطر مجرای دفران در گروه تجربی ($105/6 \pm 20/9$) با گروه شم و کنترل ($168/4 \pm 10/20$)، $1020/68 \pm 276/68$ ، نیز کاهش معنی‌داری ($P < 0/001$) را نشان داد (شکل ۱). نتایج نشان داد

درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۵-۷۰ درصد و در ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی به منظور تطابق با شرایط محیطی قرار داده شدند. برای تولید میدان الکترومغناطیس از دستگاه مدل سیگنال لافایت به عنوان منبع اولیه تولید جریان الکتریکی استفاده شد. این دستگاه دارای قابلیت تغییر عرض و سرعت پالس است که عرض پالس ۲ میلی‌ثانیه و فرکانس برای گروه تجربی، ۵۰ هرتز و شدت میدان الکترومغناطیس ۰/۵ میلی‌تسلا تعیین گردید. دستگاه مذکور از دانشگاه صنعتی شریف تهیه گردید. قبل از استفاده از دستگاه، سیستم برق‌رسانی، مولد فرکانس، اطاقک قرارگیری حیوانات و سیم‌های رابط به منظور صحت کار بررسی شدند. قابل ذکر است، قبل و در حین انجام این مطالعه توسط تسلا متر، دستگاه مولد امواج، شدت سنجی شد. ۳۰ سر موش نر از نژاد BALB/c به صورت تصادفی در سه گروه ۱۰ تایی تجربی، شم و کنترل قرار داده شدند. گروه تجربی به مدت ۸ هفته و هر هفته به میزان ۶ روز و هر روز نیز به مدت ۴ ساعت در معرض EMF با شدت ۰/۵ میلی‌تسلا و با فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفتند. گروه شم تحت شرایط محیطی یکسانی در داخل دستگاه مولد امواج قرار داده شدند و هیچ‌گونه موجی به آنها تابانده نشد. گروه کنترل هم در همان شرایط بدون قرارگیری در دستگاه نگهداری شدند. در پایان ۸ هفته حیوانات هر سه گروه به روش جابجایی مهره‌های گردنی (cervical dislocation) کشته شدند. ابتدا بیضه طرف چپ حیوانات جدا و وزن شد. در ادامه از مجاری اپیدیدیم و دفران طرف چپ نمونه‌هایی گرفته شد و برای تثبیت بافتی در محلول فرمالین ۱۰ درصد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند.

جدول ۱: مقایسه میانگین متغیرهای مورد مطالعه در گروه‌های تجربی، شم و کنترل

ارزش P	انحراف معیار ± میانگین			
	گروه کنترل	گروه شم	گروه تجربی	
$P < 0/007$	$0/123 \pm 0/08$	$0/116 \pm 0/015$	$0/082 \pm 0/035$	وزن بیضه‌ها
$P < 0/001$	$1329/23 \pm 150/7/6$	$917/91 \pm 204/26$	$522/3 \pm 104/4$	قطر اپیدیدیم
$P < 0/001$	$1553/06 \pm 276/68$	$1020/68 \pm 168/4$	$820/9 \pm 105/6$	قطر دفران
$P < 0/001$	$79/1 \pm 6/6$	$81/2 \pm 6/05$	$44/5 \pm 11/3$	ارتفاع اپیتلیوم اپیدیدیم
$P < 0/001$	$242/7 \pm 43/9$	$187/4 \pm 42/2$	$152/4 \pm 22/7$	ارتفاع اپیتلیوم دفران

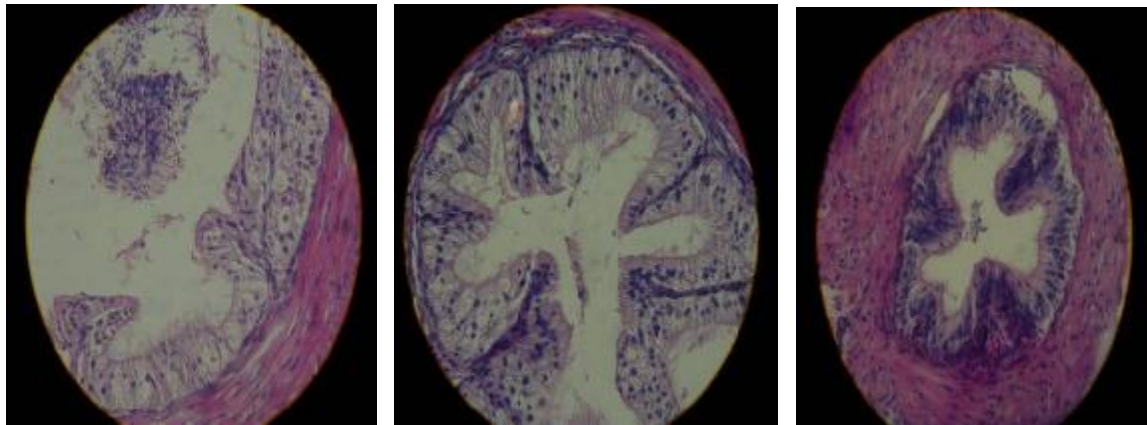


گروه کنترل

گروه شم

گروه تجربی

شکل ۱: مقطع میکروسکوپی از اپیدیدیم که تفاوت قطر و ارتفاع سلول‌های اپیتلیالی اپیدیدیم را در گروه تجربی نسبت به گروه شم و گروه کنترل نشان می‌دهد (رنگ‌آمیزی H&E با بزرگ‌نمایی ۴۰۰).



گروه کنترل

گروه شم

گروه تجربی

شکل ۲: مقطع میکروسکوپی از مجرای دفران که تفاوت قطر و ارتفاع سلول‌های دفران را در گروه تجربی نسبت به گروه شم و گروه کنترل نشان می‌دهد (رنگ‌آمیزی H&E با بزرگ‌نمایی ۴۰۰).

فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز روی بیضه‌رت‌هایی که به مدت ۲۰ روز در میدان بودند، نشان داد که وزن بیضه‌ها در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل تغییری نداشت. ولی قطر لوله‌های منی‌ساز و میانگین ارتفاع اپیتلیوم‌ها به طور محسوسی کاهش داشت (۲۲). این تغییر در بافت و مجرای لوله‌های منی‌ساز هم‌راستا با کاهش ارتفاع بافت اپیتلیالی و قطر مجرای اپیدیدیم و دفران در آزمایش حاضر بود. در تحقیق Tablado در سال ۱۹۹۸ موش‌های گروه تجربی در معرض امواج الکترومغناطیسی با شدت ۰/۷ تسلا قرار گرفتند. اسپرم‌های به‌دست آمده از ناحیه اپیدیدیم دچار تغییرات مورفولوژیکی مانند پیچ‌دار شدن دم، ناهنجاری سر و قطعه میانی شدند (۲۳). Tablado در تحقیقی دیگر نشان داد که اگر موش‌های باردار را در معرض امواج EMF با شدت ۰/۵ تا ۰/۷ تسلا در روز ۷ بارداری تا زمان تولد قرار دهند، تغییرات هیستوپاتولوژیک

میانگین ارتفاع سلول‌های اپیتلیالی اپیدیدیم در گروه تجربی (۴۴/۵±۱۱/۳)، نسبت به گروه شم (۸۱/۲±۶/۰۵) و گروه کنترل (۷۹/۱±۶/۶) کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0/001$). همچنین میانگین ارتفاع سلول‌های اپیتلیالی مجرای دفران در گروه تجربی (۱۵۲/۴±۲۲/۷) به‌طور معنی‌داری ($P < 0/001$) در مقایسه با دو گروه دیگر یعنی گروه شم و کنترل (۱۸۷/۴±۴۲/۲، ۲۴۲/۷±۴۳/۹) کاهش پیدا کرده بود (شکل ۲).

بحث

این مطالعه نشان داد که میدان الکترومغناطیسی در مدت ۸ هفته باعث کاهش معنی‌دار وزن بیضه، قطر و ارتفاع سلول‌های اپیتلیالی در گروه تجربی نسبت به گروه شم و گروه کنترل شد. مطالعه Ozgunerm در سال ۲۰۰۵ برای بررسی اثرات مورفولوژیکی و بیولوژیکی میدان الکترومغناطیس با

در وزن بیضه نشان نداد، ولی وزن کیسه‌های منوی و تعداد اسپرم‌ها دچار کاهش شده بود. همچنین سطوح هورمون‌های تستوسترون، FSH و LH افزایش پیدا کرده بود (۱۱).

Ozguner در تحقیقی که در سال ۲۰۰۲ روی بیضه انجام داد، مشاهده کرد که EMF باعث تکثیر سلول‌های لایدیگ، افزایش تستوسترون، افزایش وزن بیضه و کاهش سلول‌های زایا شده است (۲۹). این مطالعه با یافته‌های ما در تضاد می‌باشد. این تغییر در وزن بیضه در پژوهشی که در سال ۲۰۰۴ بر روی موش‌های نژاد BALB/c که در معرض ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌تسلا با فرکانس ۶۰ هرتز قرار گرفته بودند، نیز مورد تایید قرار گرفت (۳۰). شاید بتوان این عدم کاهش وزن بیضه را، کوتاه‌تر بودن زمان قرارگیری در میدان نسبت به مطالعه کنونی دانست. Suleyman در سال ۲۰۰۸ اثرات میدانی با شدت ۹۰۰ مگاهرتز را به منظور بررسی میزان آپوپتوز در اسپرماتوزن مورد ارزیابی قرار داد. در این مطالعه رت‌ها به مدت ۱۰ ماه در معرض امواج الکترومغناطیس قرار گرفتند. نتایج نشان داد که این امواج نمی‌توانند، باعث افزایش میزان آپوپتوز شوند (۳۱). همچنین در سال ۲۰۰۸ اثرات امواج موبایل روی متغیرهای اسپرم در تحقیق Agarwal بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که تعداد اسپرم، حرکت، بقا و مورفولوژی طبیعی اسپرم دچار کاهش شده است (۳۲). این نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر که تغییر در مورفولوژی بافت‌های اپیدیدیم و مجرای دفران را نشان می‌دهد، هم‌راستا می‌باشد. مطالعه دیگر در سال ۲۰۰۷ نشان داد که امواج موبایل، میزان مرگ و میر و ایجاد توده‌های غیرطبیعی در اسپرم رت را افزایش می‌دهد (۳۳). در نهایت شاید بتوان اثرات مخرب امواج الکترومغناطیس را ناشی از افزایش درجه حرارت بدن (۳۴) و ایجاد رادیکال‌های آزاد (۹ و ۱۰) دانست که هر دو عامل می‌توانند، به عنوان عوامل آسیب‌رسان برای بافت‌های بدن به خصوص سیستم باروری در نظر گرفته شوند. لذا به منظور کاهش این امواج بر روی سیستم باروری حتی المقدور توصیه می‌شود، از استفاده غیر ضروری دستگاه‌های مولد این امواج اجتناب شود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که امواج الکترومغناطیسی با شدت ۰/۵ میلی‌تسلا می‌تواند، سبب تغییرات مورفومتریک سلول‌های

بارزی در بیضه و اپیدیدیم جنین این موش‌ها دیده نخواهد شد (۲۱). نتایج حاصل از مطالعه ما تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در اپیتلیوم و قطر مجاری دفران و اپیدیدیم نشان داد. این تغییرات می‌تواند در روند تکامل و قدرت باروری اسپرم ایجاد اختلال نماید (۱۸ و ۱۹). در تایید این موضوع مطالعه دیگری که در سال ۲۰۰۵ توسط Aitken صورت گرفت، آسیب ژنومی در اسپرماتوزوآهای به‌دست آمده از ناحیه اپیدیدیم موش‌هایی که در معرض امواج رادیویی با شدت ۹۰۰ مگاهرتز قرار گرفته بودند، مشاهده شد (۲۴). Tablado برای ارزیابی متغیرهای حرکتی اسپرم در موش از میدانی با شدت ۰/۷ تسلا به مدت ۱۰ تا ۳۵ روز استفاده کرد. بعد از این دوره اسپرم‌های به‌دست آمده از اپیدیدیم موش‌های گروه تجربی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که سرعت حرکت و تعداد اسپرم‌های متحرک در مجرای اپیدیدیم نسبت به گروه کنترل افزایش نشان داده است (۲۵). Wdowiak در سال ۲۰۰۷ اثرات مخرب امواج ساطع شده از موبایل را روی اسپرم انسان مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش جامعه مورد مطالعه در سه گروه تقسیم‌بندی شدند. گروه اول افرادی بودند که از تلفن همراه استفاده نکردند. گروه دوم از این وسیله به صورت محدود و به مدت ۱ یا ۲ سال استفاده کردند و گروه سوم افرادی را شامل می‌شد که در مدت ۱ یا ۲ سال از تلفن همراه به صورت مداوم بهره می‌بردند. بررسی بر روی مایع منی نشان داد که اسپرم افرادی که به صورت مستمر در معرض امواج تلفن همراه بودند، دچار تغییرات مورفولوژی شده است (۲۶). در مطالعه حاضر کاهش ارتفاع اپیتلیوم مجاری اپیدیدیم و دفران شاید از رکود اسپرم‌ها در این نواحی جلوگیری کرده و عبور سریع اسپرم‌ها می‌تواند در بلوغ آنها اختلال ایجاد نماید. Wilson نشان داد که میدانی با شدت ۰/۱ تسلا و با فرکانس ۵۰ هرتز می‌تواند منجر به کاهش وزن بیضه‌ها شود (۲۷). مطالعات Kim نیز کاهش وزن بیضه‌ها را به دنبال قرارگیری در معرض امواج الکترومغناطیسی تایید نموده است (۲۸). این نتایج با یافته‌های مطالعه کنونی مطابقت دارد. AL-Akhras در سال ۲۰۰۶ اثرات میدانی با شدت ۲۵ میلی‌تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز را روی متغیرهای باروری و هورمون‌های جنسی در رت مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این مطالعه کاهش معنی‌داری را

اپی تلیوم اپیدیدیم و مجرای دفران و کاهش وزن بیضه موش گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح مصوب (شماره ۴۱۶۹/۲۰/۲۸)

دانشگاه علوم پزشکی قزوین بود. بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین برای تامین هزینه انجام این مطالعه تقدیر و تشکر به عمل می آید.

References

- 1) Dragasevic N, Potrebić A, Damjanović A, Stefanova E, Kostić VS. Therapeutic efficacy of bilateral prefrontal slow repetitive transcranial magnetic stimulation in depressed patients with Parkinson's disease: an open study. *Mov Disord*. 2002;17(3):528-32.
- 2) Prolic Z, Jovanovic R, Konjevic G, Janac B. Behavioral differences of the insect *Morimus funereus* (Coleoptera, Cerambycidae) exposed to an extremely low frequency magnetic field. *Electromagn Biol Med* 2003; 22(1):63-73.
- 3) Pesić V, Janać B, Jelenković A, Vorobyov V, Prolić Z. Non-linearity in combined effects of ELF magnetic field and amphetamine on motor activity in rats. *Behav Brain Res*. 2004;150(1-2): 223-7.
- 4) Bethwaite P, Cook A, Kennedy J, Pearce N. Acute leukemia in electrical workers: a New Zealand case-control study. *Cancer Causes Control*. 2001;12(8):683-9.
- 5) Håkansson N, Gustavsson P, Sastre A, Floderus B. Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and mortality from cardiovascular disease. *Am J Epidemiol*. 2003; 158(6):534-42.
- 6) Labrèche F, Goldberg MS, Valois MF, Nadon L, Richardson L, Lakhani R, et al. Occupational exposures to extremely low frequency magnetic fields and postmenopausal breast cancer. *Am J Ind Med*. 2003;44(6):643-52.
- 7) Loomis A, Kromhout H, Kleckner RC, Savitz DA. Effects of the analytical treatment of exposure data on associations of cancer and occupational magnetic field exposure. *Am J Ind Med*. 1998;34(1):49-56.
- 8) Berg H, Zhang L. Electrostimulation in Cell Biology by Low-Frequency Electromagnetic Fields. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 1993; 12(Issue 2):147-163.
- 9) Rollwitz J, Lupke M, Simkó M. Fifty-hertz magnetic fields induce free radical formation in mouse bone marrow-derived promonocytes and macrophages. *Biochim Biophys Acta*. 2004; 1674(3):231-8.
- 10) Till U, Timmel CR, Brocklehurst B, Hore PJ. The influence of very small magnetic fields on radical recombination reactions in the limit of slow recombination. *Chemical physics letters*. 1998; 298 (1-3): 7-14.
- 11) Al-Akhras MA, Darmani H, Elbetieha A. Influence of 50 Hz magnetic field on sex hormones and other fertility parameters of adult male rats. *Bioelectromagnetics*. 2006; 27(2):127-131.
- 12) Al-Akhras MA, Elbetieha A, Hasan MK, Al-Omari I, Darmani H, Albiss B. Effects of extremely low frequency magnetic field on fertility of adult male and female rats. *Bioelectromagnetics*. 2001; 22(5): 340-344.
- 13) Hjollund NH, Skotte JH, Kolstad HA, Bonde JP. Extremely low frequency magnetic fields and fertility: a follow up study of couples planning first pregnancies. The Danish First Pregnancy Planner Study Team. *Occup Environ Med*. 1999;56(4):253-5
- 14) Huuskonen H, Saastamoinen V, Komulainen H, Laitinen J, Juutilainen J. Effects of low-frequency magnetic fields on implantation in rats. *Reprod Toxicol*. 2001;15(1):49-59.
- 15) Livingston GK, Witt KL, Gandhi OP, Chatterjee I, Roti Roti JL. Reproductive integrity of mammalian cells exposed to power frequency electromagnetic fields. *Environ Mol Mutagen*. 1991;17(1):49-58.
- 16) Iorio R, Scrimaglio R, Rantucci E, Delle Monache S, Di Gaetano A, Finetti N, et al. A preliminary study of oscillating electromagnetic field effects on human spermatozoon motility. *Bioelectromagnetics*. 2007;28(1):72-5
- 17) Michel MC. Alpha1-adrenoceptors and ejaculatory function. *Br J Pharmacol*. 2007;152(3):289-90.
- 18) Chinoy NJ. Structure and physiology of mammalian vas deferens in relation to fertility regulation. *J Biosci*. 1985; 7(2): 215-221.
- 19) Moore HD. Contribution of epididymal factors to sperm maturation and storage. *Andrologia*. 1998;30(4-5):233-9.
- 20) Moore HD, Akhondi MA. In vitro maturation of mammalian spermatozoa. *Rev Reprod*. 1996;1(1):54-60.
- 21) Tablado L, Pérez-Sánchez F, Núñez J, Núñez M, Soler C. Effects of exposure to static magnetic fields on the morphology and morphometry of mouse epididymal sperm. *Bioelectromagnetics*. 1998;19(6):377-83.
- 22) 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;26(3):405-10.
- 23) Tablado L, Soler C, Núñez M, Núñez J, Pérez-Sánchez F. Development of mouse testis and epididymis following intrauterine exposure to a static magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2000;21(1):19-24.
- 24) Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *Int J Androl*. 2005;28(3):171-9.
- 25) Tablado L, Pérez-Sánchez F, Soler C. Is sperm motility maturation affected by static magnetic fields? *Environ Health Perspect*. 1996;104(11):1212-6.
- 26) Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H. Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Ann Agric Environ Med*. 2007;14(1):169-72.

- 27) Wilson BW, Matt KS, Morris JE, Sasser LB, Miller DL, Anderson LE. Effects of 60 Hz magnetic field exposure on the pineal and hypothalamic-pituitary-gonadal axis in the Siberian hamster (*Phodopus sungorus*). *Bioelectromagnetics*. 1999;20(4):224-32.
- 28) Kim YW, Lee JS, Jang IE, Choi YH, Kang SH, Jung KC, et al. Effects of continuous exposure of 60Hz magnetic fields on the mice through the third-generation. *IEEK* 2001;28:220-33.
- 29) Ozguner IF, Dindar H, Yagmurlu A, Savas C, Gokcora IH, Yucesan S. The effect of electromagnetic field on undescended testis after orchiopexy. *Int Urol Nephrol*. 2002;33(1):87-93.
- 30) Lee JS, Ahn SS, Jung KC, Kim YW, Lee SK. Effects of 60 Hz electromagnetic field exposure on testicular germ cell apoptosis in mice. *Asian J Androl*. 2004;6(1):29-34.
- 31) Dasdag S, Akdag MZ, Ulukaya E, Uzunlar AK, Yegin D. Mobile phone exposure does not induce apoptosis on spermatogenesis in rats. *Arch Med Res*. 2008;39(1):40-4.
- 32) Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil Steril*. 2008;89(1):124-8.
- 33) Yan JG, Agresti M, Bruce T, Yan YH, Granlund A, Matloub HS. Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. *Fertil Steril*. 2007;88(4):957-64.
- 34) Thalau HP, Raczek J, Marx B, Hombach V, Cooper J. Temperature changes in chicken embryos exposed to a continuous-wave 1.25 GHz radiofrequency electromagnetic field. *Radiat Res*. 2003;159(5):685-92.