مقاله پژوهشی

لیزرپزشکی؛ ۱۳۸۸، دوره ۶، شماره ۲، صفحات: ۱۷-۱۳.

بررسی اثرات امـواج RF و میـدان الکترومغنـاطیس حاصـل از تـابش MRI بـر فرآیند فولیکولوژنز در موش‌های صحرایی بالغ

جعفر آی[۱،۲]
سعید سرکار[۱]
محمد علی عقابیان[۱]

[۱]دانشگاه علوم پزشکی تهران، مرکز تحقیقات علوم و تکنولوژی در پزشکی
[۲]دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده فناوری نوین پزشکی، گروه مهندسی بافت

نویسنده مسئول: دکتر جعفر آی، تلفن: ۰۹۱۲۵۱۵۰۲۹۶
پست الکترونیک: jafar_ai@tums.ac.ir

خلاصه

زمینه و هدف: با توجه به افزایش روز افزون استفاده از امواج الکترومغناطیس درصنعت و پزشکی، خصوصاً در دستگاه‌های تشخیصی مانند MRI ، بررسی همه جانبه ای دربارهٔ اثرات میدان‌های الکترومغناطیس با شدت های مختلف بر فعالیت بافت‌ها و ارگان های مختلف ضروری بنظر می رسد. لذا بر آن شدیم تا تأثیر امواج RF و میدان الکترومغناطیس با شدت ۱/۵ تسلا که شدت مورد استفاده در اکثر دستگاه‌های تشخیصی MRI می باشد را بر فرآیند فولیکول زایی در موش‌های صحرایی بعنوان مدل حیوانی مورد مطالعه قرار دهیم.

روش بررسی: جهت این تحقیق تعداد ۲۲ رأس موش صحرایی بالغ ماده به سن ۸ هفته و به وزن ۲۰+ ۲۰۰گرم از نژاد ویستار انتخاب شدند و۱۱ رأس از آنها به مدت ۳۰ دقیقه تحت تأثیر امواج دستگاه MRI با شدت ۱/۵ تسلا همراه با امواج (Radiofrequency) RF با فرکانس ۶۳ مگاهرتز قرارگرفتند (گروه تجربی) و۱۱ رأس از آنها تحت تأثیر امواج دستگاه MRI به مدت ۱/۵ تسلا و بدون امواج RF قرار گرفتند (گروه شاهد). پس از بیهوشی، خونگیری از قلب جهت اندازه گیری هورمون‌های استروژن، پروژسترون، FSH و LH انجام شد. در ضمن پس از لاپاراتومی حیوانات، تخمدان‌های آنها برداشته شد و تخمدان‌های خارج شده از بدن حیوانات پس از توزین و اندازه گیری قطر، بلافاصله در فرمالین بافر ۱۰ ٪ جهت انجام عملیات تهیه اسلاید قرار گرفتند و جهت شمارش انواع فولیکول ها از میکروسکوپ Olympus استفاده شد و تمام فولیکول‌های اولیه، ثانویه و بالغ موجود در اسلایدها بطور کامل با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر، مورد شمارش قرار گرفتند. داده‌های کمّی حاصل از اندازه‌گیری‌های وزن و قطر تخمدان، تعداد انواع فولیکول‌ها و تغییرات سطوح هورمونی به کمک آزمون T-test تجزیه و تحلیل و $p<0/05$ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها: نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از عدم وجود تفاوت معنی دار$p<0/05$ در تمام پارامترهای اندازه گیری شده بین گروه‌های تجربی و شاهد می باشد بجز در مقادیر هورمون LH و FSH که گروه تجربی کاهش معنی دار نسبت به گروه شاهد نشان داد.

نتیجه گیری: کاهش مقادیر LH و FSH در این تحقیق احتمالاً ناشی از تأثیرگذاری امواج الکترومغناطیسی بر سطوح بالایی مغز (هیپوتالاموس) و آزاد سازی GnRH بوده و نهایتاً این تحقیق مؤید کم خطر بودن امواج دستگاه MRI جهت تصویربرداری می باشد.

واژه های کلیدی: فولیکولوژنز، پرتو الکترو مغناطیس، MRI، موش صحرایی

مقدمه

گسترش و کاربرد وسیع دستگاه‌های مولد امواج الکترومغناطیس در زندگی روزمره به ویژه تجهیزات مدرن امروزی به انواع دستگاه‌های مولد این امواج وابسته است و گزارش های متعددی که در مورد اثرات زیانبار میدان‌های الکترومغناطیسی بر پدیده‌های رشد و نمو و بافت‌های مختلف بدن منتشر شده است، ضرورت مطالعه دقیق تر بخش‌هایی از طیف امواج الکترومغناطیس که کاربرد وسیع‌تری در زندگی روزمره انسان دارند را نشان می‌دهد. وسایل و تجهیزات مدرن از قبیل تلفن همراه، رایانه و ... به عنوان یکی از نیازهای انسان امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرند و روز به روز نیز به مخاطبان این قبیل ابزارها افزوده می شود. به اعتقاد متخصصان، این قبیل وسایل به عنوان یکی از منابع تولید میدان‌های الکترومغناطیسی شناخته می شوند که تأثیرات متعددی نیز بر سلول‌ها و بافت‌های مختلف بدن انسان بر جای می گذارند [۱].

از آنجایی که میدان‌های الکترومغناطیسی تأثیرات فیزیولوژیکی چون افزایش متابولیسم بدن، انبساط عروق، پیگمانتاسیون، اثر بر روی اعصاب حسی (اثر تسکینی)، اثر بر روی بافت عضلانی، تخریب سلولی و بافتی، افزایش عمومی درجه حرارت بدن، کاهش فشار خون و در نهایت افزایش فعالیت غدد مترشحه عرق ارگانیسم بدن انسان دارند مانند اثرات فیزیولوژیک میدان‌های الکترومغناطیسی به بدن انسان به شمار می روند [۲]. همچنین میدان الکترومغناطیس، منجر به افزایش

[Downloaded from icml.ir on 2025-07-16]

غلظت رادیکال‌های آزاد در محیط شیمیایی می شود و بسیاری از تحقیقات پزشکی وجود رادیکال‌های آزاد غیر قابل کنترل را که به طور مستقیم باعث بروز مشکلات می شوند، نشان داده اند [۳]. رادیکال‌های آزاد قادرند به طور مستقیم یا غیر مستقیم به ترکیبات تمامی گروه‌های بیوشیمیایی شامل اسید نوکلئیک‌ها، پروتئین‌ها، آمینو اسیدهای آزاد، لیپیدها و لیپو پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و ماکرو مولکول‌های بافت همبند آسیب برسانند [۴]. رادیکال‌های آزاد ممکن است فعالیت‌های سلولی مانند اعمال غشا، متابولیسم و بیان ژن را مختل کنند. امروزه مشخص شده است که رادیکال‌های آزاد باعث بیش از ۶۰ نوع بیماری می شوند که آلرژی‌ها، آلزایمر، آنژین، آرتریت، آسم، بیماری مربوط به پروستات، کانسر، سیروز، التهاب بافت‌ها، آسیب کلیه، کبد، سکته، رتینوپاتی، پیری و... از جمله این موارد است [۵]. بیشتر یاخته هایی که در زمان تابش دهی در حال تقسیم هستند، تقسیم را ادامه می دهند و آنرا تکمیل می کنند ولی آن دسته که می خواهند به مرحله تقسیم بعدی وارد شوند ممکن است در مرحله G2 متوقف شوند. ساخت DNA نیز ممکن است به طور ناقص یا کامل در یاخته‌های مرحله S متوقف گردد. ضمناً از ورود یاخته های مرحله G1 به مرحله ساخت هم ممکن است ممانعت به عمل آید [۴]. از آنجاییکه تخمدان ارگانی است که دارای تقسیم میتوز و میوز بالا می‌باشد و همچنین روزانه بیماران زیادی از جمله خانم‌ها در سنین مختلف مخصوصاً زنان جوان و در سن بلوغ جهت تشخیص بیماری تحت تأثیر میدان الکترومغناطیس با شدت ۱/۵ تسلا حاصل از دستگاه MRI قرار داده می شوند، بر آن شدیم تا تأثیر میدان الکترومغناطیس با شدت ۱/۵ تسلا که شدت مورد استفاده در اکثر دستگاه‌های تشخیصی MRI می باشد را بر فرآیند فولیکول زایی در موش‌های صحرایی بعنوان مدل حیوانی مورد مطالعه قرار دهیم.

روش بررسی

تعداد ۲۲ رأس موش صحرایی بالغ ماده به سن ۸ هفته و وزن ۲۰+ ۲۰۰گرم از نژاد ویستار انتخاب شدند و به خانه حیوانات بیمارستان امام خمینی (ره) منتقل گردیدند و به مدت ۱۰ روز جهت تطابق با شرایط محیطی نگهداری شدند. در این مدت شرایط فیزیکی بصورت تقریباً ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود، غذای آنها پلت از شرکت پارس دام وآب آشامیدنی آنها، آب آشامیدنی شهر تهران بود.

بعد از مدت مذکور حیوانات بوسیله قفس های نگهداری از موش‌های صحرایی به بخش تصویربرداری بیمارستان امام خمینی(ره) منتقل شدند و ۱۱رأس از آنها به مدت ۳۰ دقیقه تحت تأثیر امواج دستگاه MRI با شدت ۱/۵ تسلا همراه با امواج RF با فرکانس ۶۳ مگا هرتز قرارگرفتند (گروه تجربی) و ۱۱ رأس از آنها تحت تأثیر امواج دستگاه MRI به مدت ۱/۵ تسلا و بدون امواج RF قرارگرفتند (گروه شاهد).

پس از گذشت یک هفته از تابش بوسیله دستگاه MRI، موش‌های صحرایی به اتاق تشریح بخش کانسر بیمارستان امام خمینی (ره) تهران برده شدند و پس از بیهوشی بوسیله کتامین، خونگیری از قلب جهت اندازه‌گیری هورمون‌های استروژن، پروژسترون، FSH و LH با استفاده از کیت آزمایشگاهی وبه روش رادیو ایمنواسی (RIA) به کمک دستگاه گاماکانتر انجام شد. در ضمن پس از لاپاراتومی حیوانات، تخمدان‌های آنها برداشته شد و تخمدان‌های خارج شده ازبدن حیوانات پس از توزین بلافاصله درفرمالین بافر۱۰٪ جهت انجام عملیات تهیه اسلاید قرارگرفتند و جهت تهیه نمونه های بافتی به ضخامت ۵ میکرون، بارعایت سریال سکشن به فاصله ۴۰ میکرومترو رنگ آمیزی هماتوکسیلین وانوزین به آزمایشگاه پاتولوژی فرستاده شدند. جهت شمارش انواع فولیکول ها و اندازه گیری قطرتخمدان‌ها از میکروسکوپ Olympus استفاده شد و تمام فولیکول‌های اولیه، ثانویه و بالغ موجود در اسلایدها بطور کامل با بزرگنمایی ۱۰۰برابر مورد شمارش قرار گرفتند.

داده‌های کمی حاصل از اندازه‌گیری‌های وزن و قطر تخمدان، تعداد انواع فولیکول‌ها و تغییرات سطوح هورمونی به کمک آزمون T-test تجزیه و تحلیل و $p<۰/۰۵$ معنی دار در نظر گرفته شد.

نتایج

در این تحقیق، اثر میدان الکترومغناطیسی با شدت ۱/۵ تسلا بر تغییرات غلظت گنادوتروپین ها در موش های صحرایی ماده بالغ مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده گردیدکه فقط هورمون های LH و FSH در گروه تجربی نسبت به گروه شاهد کاهش معنی داری در سطح $P\leq ۰/۰۵$ داشت. همچنین هورمون‌های استروژن، پروژسترون، وزن و قطر تخمدان‌ها، تعداد فولیکول‌های اولیه، ثانویه وبالغ در بین دو گروه تجربی و شاهد دارای تفاوت معنی داری در سطح $P\leq ۰/۰۵$ نبودند. نتایج حاصل در جداول شماره ۱تا ۳ و تصویر شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین وزن و قطر تخمدان

معیار اندازه‌گیری شده گروه	میانگین وزن تخمدان (گرم)	میانگین قطر تخمدان (میلی متر)
گروه تجربی	۰/۰۰۷۸	۳/۱۱۶۴
	±۰/۱۶۳	±۰/۶۰۴
گروه شاهد	۰/۰۰۸۱	۳/۱۲۶۱
	±۰/۲۱۳	±۰/۲۴۵

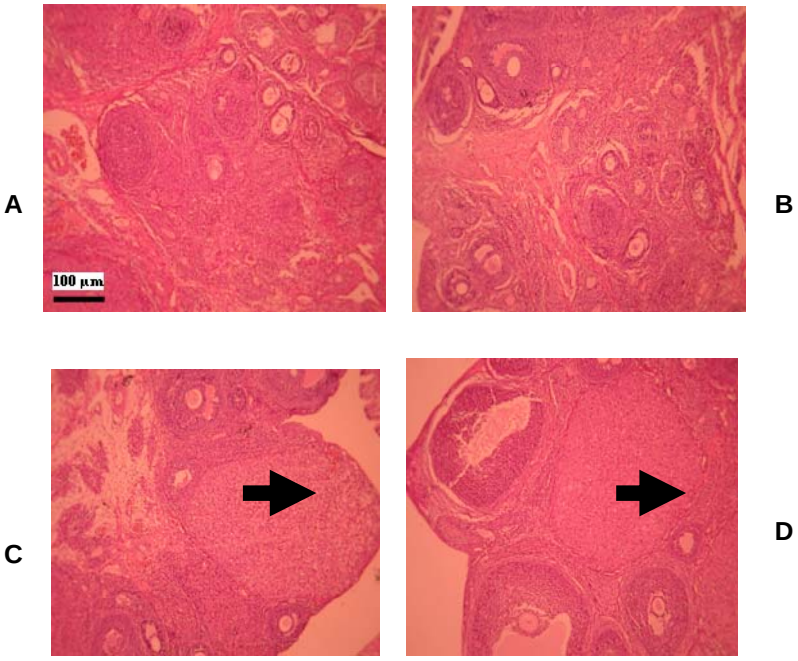
[Downloaded from icml.ir on 2025-07-16]

جدول شماره ۲- مقایسه میانگین تعداد فولیکول‌های‌اولیه، ثانویه و بالغ

معیار اندازه گیری شده گروه	میانگین تعداد فولیکول‌های اولیه	میانگین تعداد فولیکول‌های ثانویه	میانگین تعداد فولیکول‌های بالغ
گروه تجربی	۵/۸۶۲ ±۲/۵۱۶	۸/۹۵۹ ±۳/۱۴۲	۱۰/۹۴۸ ±۲/۲۳۴
گروه شاهد	۶/ ۱۴۳ ۲/۹۷۶	۸/۴۳۲ ± ۳/۱۳۱	۱۱/۱۱۱ ±۲/۲۳۴

جدول شماره ۳- مقایسه تغییرات میانگین مقدار استروژن، پروژسترون، FSH و LH

گروه معیار اندازه گیری شده	گروه تجربی	گروه شاهد
میانگین مقدار FSH(mIU/ml)	۰/۱۱ ±۰/۰۵	۰/۴۵ ±۰/۰۴
میانگین مقدار LH (mIU/ml)	۰/۱۶ ±۰/۱۲	۰/۶۵ ±۰/۱۵
میانگین مقدار پروژسترون(ng/ml)	۷/۱۰ ±۰/۳۳	۹۱/۶ ±۰/۲۸
میانگین مقدار استروژن(pg/ml)	۶/۸۱ ±۰/۲۱	۱۱/۷ ±۰/۳۲



شکل شماره ۱- مقاطع میکروسکوپی از تخمدان موش صحرایی گروه شاهد (A) و گروه تجربی(B) به انواع فولیکول ها و تعدد آنها توجه فرمایید. مقاطع میکروسکوپی از تخمدان موش صحرایی گروه شاهد (C) و گروه تجربی(D) به فولیکول های بالغ و تعدد آنها و جسم زرد (فلش) توجه فرمایید، بزرگنمایی ۱۰۰ برابر

[Downloaded from icml.ir on 2025-07-16]

بحث

اثرات میدان الکترومغناطیسی بر غدد تناسلی و باروری توسط پژوهشگران بسیاری مورد مطالعه قرارگرفته است که می‌توان به تجربیات Mevissen اشاره نمود. این محقق اثرات میدان الکترومغناطیسی ۵۰ هرتز را روی تولید مثل و رشد و نمو جنینی در رت‌ها مطالعه نمود. نتایج پژوهش وی نشان داده است که تعداد جنین‌های زنده در هر زایمان در گروه تجربی مربوط به میدان‌های الکترو مغناطیسی، نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌دار یافته است اما این تغییرات در گروه تجربی معنی‌دار نبود [۶]. به علت کاربرد روز افزون دستگاه‌های مولد امواج الکترومغناطیس و اثرات احتمالی آنها بر فرآیندهای رشد و نموی موجودات زنده، مطالعه اثرات زیستی این امواج مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است [۷و ۸]. در بررسی حاضربه بررسی اثر میدان الکترومغناطیس حاصل از دستگاه MRI با شدت ۱/۵ تسلا بر فرآیند فولیکولوژنز و سطح سرمی هورمون‌های گنادوتروپین در موش‌های صحرایی پرداخته شد. همان‌گونه که از نتایج این تحقیق مشاهده می‌شود با تأثیر میدان الکترومغناطیسی و امواج RF با شدت ذکر شده بر موش‌های ماده، اثرات معنی‌داری بر وزن وقطر تخمدان‌های موش‌های ماده تیمار مشاهده نشد. این نتیجه با گزارش Elebetieha مبنی بر افزایش شدید وزن تخمدان موش‌های ماده تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی تناقض دارد [۹] و احتمالاً این تفاوت به علت تغییر برخی پارامترهای مؤثر نظیر نژاد حیوان، شدت میدان الکترومغناطیسی و مدت زمان تیمار می‌باشد.

در پاره‌ای از مطالعات مربوط به ساختار بافتی تخمدان‌های موش‌های ماده تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی با شدت ۱۵ گاؤس، افزایش معنی‌داری در تعداد انواع فولیکول‌های تخمدانی نشان داده است. حصول این نتایج نشان می‌دهد که احتمالاً در شدت ۱۵ گاؤس میدان الکترومغناطیس، تقسیمات میتوزی سلول‌های جنسی اولیه افزایش یافته و روند میتوز تسهیل یافته است و در نتیجه باعث افزایش تعداد فولیکول‌ها در مراحل بعدی شده است [۱۰] که این نتایج با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت دارد. Valles نشان داد که میدان‌های مغناطیس بر طرح‌های تسهیم و جهت یابی مجدد دستگاه میتوزی مؤثر است [۱۱]. همچنین اثرات میدان‌های الکترومغناطیس بر سرعت تقسیم در چند مطالعه، مورد بررسی قرار گرفته است که از جمله می‌توان به تجربیات Pagnac اشاره نمود وی با به کارگیری میدان‌های الکترومغناطیس متناوب و ثابت نشان داده است که اگر تخم‌های لقاح یافته ارکین دریائی را تحت تأثیر میدان الکترومغناطیس با شدت ۸ میلی تسلا قرار دهیم، تأثیری روی زمان اولین تقسیم کلیواژی ندارد [۱۲] و نتایج این تحقیق که میدان الکترومغناطیس بر تقسیم میتوز اثر نداشته است با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد. در حالی که تجربیات Zeni نشان داده است و هنگامی که تخم‌های لقاح یافته تحت تابش میدان‌های الکترومغناطیس سینوسی قرار می‌گیرند، رشد و نمو آنها تسریع می‌شود [۱۳]. همچنین مطالعات Levin نیز مشخص نمود که میدان‌های الکترومغناطیس ثابت و متناوب قادرند چرخه میتوزی جنین‌های اولیه ارکین دریائی را تغییر دهند [۱۴] که این نتایج با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت دارد. اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس پائین بر توانائی تمایز و تکثیر اسپرماتوگونی‌های موش نیز توسط Furuya گزارش شده است [۱۵]. همچنین به نتایج Fesenko و Pirozzoli نیز می‌توان اشاره داشت [۱۶و ۱۷] و این نتایج با نتایج تحقیق حاضر که نشان می‌دهد میدان‌های الکترو مغناطیس باشدت ذکر شده فرآیند تمایز فولیکول‌های موش را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، مطابقت داشته و با تجربیات Zmyslony که ایجاد رادیکال‌های آزاد را در نتیجه تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی دلیل تخریب سیستم‌های بیولوژیک و اختلال در رشد و نمو فولیکول‌ها می‌داند [۱۸]، مغایرت دارد.

از نتایج دیگر این تحقیق، عدم تأثیر میدان الکترومغناطیسی به کار برده شده بر مقادیر پروژسترون و استروژن است که با نتایج Hjollund و همکاران که بر عدم تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر هورمون‌های تولید مثلی تأکید دارند، [۱۹] مطابقت می‌کند. از طرف دیگر کاهش مقادیر LH و FSH درگروه تجربی نسبت به گروه شاهد در این تحقیق، احتمالاً ناشی از تأثیرگذاری امواج الکترومغناطیسی بر سطوح بالایی مغز (هیپوتالاموس) و تأثیر بر آزادسازی GnRH می‌باشد. مشاهده این تغییرات ممکن است ناشی از وضعیت فیزیولوژیک حیوان در موقع تیمار بوده باشد که اهمیت شرایط فیزیولوژیک حیوان در حین تیمار توسط Hyland نیز تأکید شده است [۲۰] زیرا در غیر این صورت تغییرات LH و FSH می‌بایست بر مقادیر پروژسترون و استروژن نیز تأثیر می گذاشت و متعاقباً باعث تغییر در فرآیند فولیکولوژنز از جمله ازدیاد تعداد فولیکول ها نیز می شد. این بررسی نشان داد که دستگاه MRI تأثیرات معنی داری بر فرآیند فولیکولوژنزدر موش‌های صحرایی ندارد و مؤید کم خطر بودن دستگاه MRI جهت تصویر برداری بر تخمدان موش‌های صحرایی می‌باشد.

نتیجه گیری: در این تحقیق کاهش معنی دار در میزان هورمون‌های LH وFSH در گروه تجربی مشاهده گردید، این کاهش نتوانست تغییراتی را در تعداد فولیکول ها ایجاد کند ولی همین کاهش همراه با کاهش دیگر هورمون های بدن می تواند بسیار خطرناک باشد. پیشنهاد اینکه محققین تأثیر امواج الکترومغناطیس و RF حاصل از دستگاه MRI را بر روی هورمون های دیگر بدن ارزیابی نمایند.

[Downloaded from icml.ir on 2025-07-16]

منابع

1. Brent RL, Gordan WE, Bennett WR, Beckman DA. Reproductive and teratogenic effects of electromagnetic field. Reprod Toxicol 1993; 7: 535-80.
2. Russel JT, Reiter A. Review of neuroendocrine and neurochemical changes associated with static and extremely low frequency electromagnetic field exposure. Integrative Psychological and Behavioral Science 2007; 28(1): 57-75.
3. Crouzier D, Perrin A, Torres G, DabouisV. Pulsed electromagnetic field at 9.71 GHz increase free radical production in yeast (Saccharomyces cerevisiae). Pathologie Biologie 2009; 57(3): 245-51.
4. Sobczak A, Kula B, Danch A. Effects of Electromagnetic Field on Free-Radical Processes in Steelworkers. Part II: Magnetic Field Influence on Vitamin A, E and Selenium Concentrations in Plasma 2002; 44(4): 230-3.
5. Patricia V, Aldo F,Marco A, David E, Leticia V. Effects of whole body exposure to extremely low frequency electromagnetic fields (ELF-EMF) on serum and liver lipid levels, in the rat. Lipids in Health and Disease 2007; 6(31): 177-86.
6. Mevissen M, Buntenkotten S. Effects of static and time-varing magnetic fields on Reproduction and fetal development in Rats. Teratology 1994; 50(3): 229-37.
7. Nakamura H, Matsuzaki I. Nonthermal effects of mobile-phone frequency microwaves on uteroplacental functions in pregnant rat. Reproduction Toxicology 2003; 17: 321-6.
8. Dasdage S, Akdag Z. Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes. Bioelectromagnetics 2003; 24(3): 182-8.
9. Elebetieha A, AL-Akhras M. Long-term exposure of male and female mice to 50HZ magnetic field: effects on fertility. Bioelectromagnetics 2002; 23: 168-72.
10. Denegre M, Valles M. Cleavage planes in frog egg are altered by strong magnetic fields. Proc Natl Acad Sci USA 1998; 95: 14729-32.
11. Valles M. Model of magnetic field induced mitotic apparatus reorientation in frog egg. Biophys J 2002; 82(3): 1260-5.
12. Pagnac C, Geneviere M. No effects of DC and 60-Hz AC magnetic fields on the first mitosis of two species of sea urchin embryos. Bioelectromagnetics 1998; 19: 494-7.
13. Zeni O, Scarfì MR, Della Noce M, La Cara F, Bersani F, De Prisco PP. Influence of 50 Hz sinusoidal magnetic field on sea urchin embryogenesis. In: Bersani F editor. Proceedings of the 2nd World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Philadelphia: Kluwer academic/Plenum publisher 1999; 545-7.
14. Levin M, Ernst SG. Applied AC and DC magnetic fields cause alterations in the mitotic cycle of early Sea urchin in embryos. Bioelectromagnetics 1995; 16(4): 231-40.
15. Furuya H, Aikawa H. Flow cytometric analysis of the effects of 50HZ magnetic field on mouse spermatogenesis. Nippon Eiseigaku Zasshi 1998; 53(2): 420-5.
16. Fesenko E. Microwave and cellular immunity. Bioelectrochemistry and Bioenergetics 1999; (49): 29-35.
17. Pirozzoli MC. Effects of 50HZ electromagnetic field exposure on apoptosis and differentition in a neuroblastoma cell line. Bioelectromagnetics 2003; 24: 510-6.
18. Zmyslony M, Jajre JM. The role of free radicals in mecanisms of biological function exposed to weak, constant and net magnetic fields. Med Pr 1998; 49(2): 177-86.
19. Hjollund NH, Skotte JH. Extremely low frequency magnetic fields and fertility a follow up study of couples planning first pregnancies. Occup Environ Med 1999; 56(4): 253-5.
20. Hyland G. Physics and biology of mobile telephony .The Lancet 2000; 356(9244): 1833-6.

[Downloaded from icml.ir on 2025-07-16]