مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۸۷، ۱۵۶-۱۴۷

اثرات میدان‌های مغناطیسی ثابت بر ترشح هورمون‌های تستوسترون، LH و FSH در موش صحرایی نر

اکرم آهنگرپور[۱]، هادی فتحی‌مقدم[۲]، محمدجواد طهماسبی بیرگانی[۳]، حاجیه شهبازیان[۴]، محمد بدوی[۵]

دریافت مقاله: ۸۶/۹/۱۴ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۸۷/۲/۴ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۸۷/۳/۱۱ پذیرش مقاله: ۸۷/۴/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: گزارش‌های متعددی وجود دارند که نشان می‌دهند قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در فرکانس‌های ۵۰ و ۶۰ هرتز باعث به خطر افتادن سلامتی می‌شود. اعمال این میدان‌ها ممکن است روی دستگاه تولید مثل اثرگذار بوده و برای افرادی که در اطراف آن‌ها زندگی می‌کنند مضر باشد. هدف این مطالعه ارزیابی اثرات میدان‌های مغناطیسی ثابت بر محور تولید مثلی موش صحرایی نر است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تجربی بر روی ۱۴۴ سر موش صحرایی نر بالغ نژاد ویستار که از نظر سن و وزن شرایط یکسانی داشتند، انجام شد. مطالعه شامل سه پروتکل می‌گردید که هر پروتکل شامل چهار دسته ۱۲ تایی (۴۸ سر) موش بود. موش‌ها پس از سازگاری با شرایط آزمایش به طور تصادفی در معرض میدان‌های مغناطیسی ثابت با شدت‌های ۰، ۶، ۱۲ و۲۴ میلی‌تسلا (mT) روزانه ۴۰ دقیقه به مدت ۳۴ روز (گروه ۱)، ۲ ساعت به مدت ۱۷ روز (گروه ۲) و ۲ ساعت به مدت ۳۴ روز(گروه ۳) قرار گرفتند. همه پروتکل‌ها روزانه ساعت ۹ صبح شروع می‌شد. بعد از انجام آزمایشات، حیوان‌ها بیهوش و نمونهٔ خون آن‌ها در لوله‌های جداگانه جمع‌آوری می‌گردید. سپس سرم آن‌ها جدا شده و تا زمان اندازه‌گیری هورمون‌ها در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شدند. هورمون‌های تستوسترون و گنادوتروپ‌ها با استفاده از دستگاه گاما کانتر و به روش رادیو ایمونواسی اندازه‌گیری شد. اطلاعات به دست آمده با آزمون آماری ANOVA و تست پشتیبان توکی آنالیز و $p<0/05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: در پروتکل اول (روزانه ۴۰ دقیقه به مدت ۳۴ روز) اعمال میدان مغناطیسی در گروه ۶ میلی‌تسلا سبب افزایش تستوسترون نسبت به گروه‌های دیگر شد ($p<0/01$). پروتکل دوم، اعمال میدان‌های مغناطیسی ثابت (روزانه ۲ ساعت به مدت ۱۷ روز)، کاهش معنی‌داری در سطوح تستوسترون و FSH ایجاد کرد ($p<0/05$). در پروتکل سوم، اعمال میدان مغناطیسی ثابت (روزانه ۲ ساعت به مدت ۳۴ روز) شدت ۱۲ میلی‌تسلا نسبت به ۶ میلی‌تسلا باعث کاهش معنی‌دار در میزان تستوسترون شد ($p<0/05$). در ضمن در هیچ یک از پروتکل‌ها میزان هورمون LH تغییر معنی‌داری پیدا نکرد.

نتیجه‌گیری: میدان‌های مغناطیسی ثابت اختلالاتی در محور هیپوتالاموس– هیپوفیز- گونادی در موش صحرایی نر به وجود می‌آورند و با افزایش شدت در معرض قرار گرفتن، این اختلال ممکن است در سطح اندام هدف و یا درسطح سیستم عصبی افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: میدان مغناطیسی، هورمون محرک فولیکولی، هورمون لوتئینی، تستوسترون

۱- (نویسنده مسؤول) استادیار گروه آموزشی فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیولوژی و مرکز تحقیقات دیابت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور
تلفن: ۳۳۶۷۵۴۳-۰۶۱۱، فاکس: ۳۳۳۰۰۷۴-۰۶۱۱، پست الکترونیکی: ahang1002002@yahoo.com
۲- دانشیار گروه آموزشی فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور
۳- دانشیار گروه آموزشی فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور
۴- دانشیار گروه آموزشی داخلی، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات دیابت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور
۵- دانشیار گروه آموزشی فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

مقدمه

مطالعات اپیدمیولوژی پیشنهاد می‌دهند که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس‌های خیلی پایین [Extremely low frequency - Electromagnetic field (ELF-EMFs)] مثل خطوط انتقال برق، سیم‌کشی الکتریکی و وسایل برقی ممکن است در انسان سبب لوسمی [۱]، سرطان مغز [۲] و کانسر پستان [۳] شود. علی‌رغم این که الکتریسیته دارای فواید آشکاری برای بشر است ولی گزارش‌های متعدد اپیدمیولوژیک [۴] و آزمایشگاهی [۵] در مورد اثرات سوء میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر سیستم‌های بیولوژیک وجود دارد. این میدان‌ها ممکن است سبب کاهش تولید ملاتونین از غدهٔ پینئال شوند و احتمالاً از این طریق پدیده‌های بیولوژیکی متفاوتی نظیر تکثیر سلولی، تغییرات گیرنده هورمونی و سرطان ایجاد نمایند [۶].

از طرفی با توجه به انتقال الکتریسیته از مراکز تولید به مصرف توسط خطوط انتقال برق، عموم مردم به اجبار در معرض مقادیری از این میدان‌ها قرار می‌گیرند. افزایش نقش الکتریسیته در زندگی بشر، میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس‌های خیلی پایین در محیط کار و زندگی انسان ایجاد کرده است که اساساً از میدان الکترومغناطیسی زمین (10^{-13} تسلا و 10^{-4} ولت بر متر) بیشتر است [۷]. Okano و همکاران گزارش کردند با اعمال میدان‌های مغناطیسی به مدت ۶ هفته در موش‌های هیپرتانسیو خودبخودی Spontaneously Hypertensive Rats (SHR)، متابولیت‌های نیتریک اکسید و سطوح آنژیوتانسین II و آلدوسترون کاهش می‌یابد. [۸]. در بررسی دیگری نشان داده شده است که در موش‌های با همین نژاد که به مدت ۹-۲ هفته در معرض میدان مغناطیسی ۱۰ و ۲۵ میلی‌تسلا قرار گرفتند فشارخون کاهش و بروز فشارخون به تأخیر افتاد [۹].

نتایج متناقضی در مورد اثر میدان‌های مغناطیسی بر میزان ترشح هورمون‌های تستوسترون و گونادوتروپین‌های هیپوفیزی در متون علمی یافت می‌شود. برای مثال بعضی مطالعات نشان می‌دهند اگر موش‌های صحرایی را از روز ۲۰ تا ۵۶ زندگی در معرض میدان الکتریکی ۶۰ هرتز با شدت میدان ۸۰ کیلو ولت بر متر قرار دهند تغییری در میزان هورمون‌های تستوسترون، Luteinizing hormone (LH) و Follicle-stimulating hormone (FSH) این موش‌ها ایجاد نمی‌شود [۱۰].

Zecca و همکاران از میدان‌های الکترومغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت‌های ۵ میکروتسلا، ۱ کیلو ولت بر متر و ۱۰۰ میکروتسلا، ۵ کیلو ولت برای ۵ روز، روزانه ۸ ساعت استفاده کردند. آن‌ها هیچ تغییری در غلظت LH سرم مشاهده نکردند [۱۱] این یافته مشابه گزارش Kato و همکاران بود به طوری که آن‌ها نیز با استفاده از میدان‌های مغناطیسی سینوسی ۵۰ هرتز با شدت ۱، ۵ یا ۵۰ میکروتسلا به مدت ۶ هفته، هیچ‌گونه تغییری در تستوسترون پلاسمای موش‌های صحرایی مشاهده نکرده بودند [۱۲].

از طرف دیگر مطالعات دیگری متناقض با مطالعات فوق وجود دارد که نشان می‌دهد میدان‌های مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت ۱ میلی‌تسلا در موش سوری نر به مدت ۱۳ روز غلظت تستوسترون سرم را به طور معنی‌داری در مقایسه با گروه کنترل بالاتر می‌برد [۱۳]. ضمناً در مطالعه اثر میدان‌های مغناطیسی سینوسی ۵۰ هرتز با شدت ۱۰۰ میکروتسلا بر میزان تولید پایه و تحریک شده تستوسترون به وسیله هورمون گونادوتروپین جفتی (HCG) Human Chorionic Gonadotrophin در سلول‌های کشت شدهٔ لیدیگ موش سوری در آزمایشگاه (*In vitro*)، ترشح پایه هورمون تستوسترون توسط این سلول‌ها افزایش یافت ولی در میزان ترشح تحریک شده به وسیله HCG افزایشی در غلظت هورمون تستوسترون پدید نیامد [۱۴].

Ozguner و همکاران با استفاده از میدان‌های الکترومغناطیسی بر موش‌های صحرایی نر مشاهده نمودند که این میدان‌ها سبب تکثیر سلول‌های لیدیگ و افزایش سطح تستوسترون و وزن بیضه‌ها می‌شوند ولی جمعیت سلول‌های زایای اسپرماتوگونی را کاهش می‌دهند [۱۵].

Yokus و همکاران با قرار دادن موش‌های صحرایی در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی نتیجه گرفتند که این میدان‌ها سبب نقص‌های اکسیداتیو در DNA می‌شوند [۱۶].

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

از طرفی بیضه به استرس‌های گوناگون حساس است این استرس‌ها شامل هیپرترمی، التهاب، تشعشعات و عوامل ایجادکننده مرگ در لایه‌های زایا می‌باشد. استرس‌های اکسیداتیو در بیضه یکی از عوامل مهم در القای مرگ سلولی بافت زایا به شمار می‌آیند، آنتی‌اکسیدان‌ها مانند گلوتاتیون (GSH)، ویتامین C و ویتامین E در بیضه به مقدار کمی وجود دارند، به این دلیل سلول‌های زایای آن در برابر عوامل آسیب‌رسان به DNA حساس می‌باشند (DNA اکسیده می‌شود). افزایش توزیع الکتریسیته و استفاده از ماشین‌های الکتریکی و الکترونیکی منجر به توجه به اثرات سوء زیستی میدان‌های مغناطیسی در موجودات زنده گردیده است [۱۷].

نتایج مطالعات قبلی در مورد اثرات میدان مغناطیسی روی محور تولید مثل با تنوع پروتکل‌ها، متفاوت گزارش شده است در این مطالعات از ابزارهای متفاوت با شدت جریان، فرکانس، مدت زمان در معرض بودن و انواع حیوان‌ها استفاده شده است. به دلیل اهمیتی که اثرات میدان‌های مغناطیسی بر مقادیر هورمون‌های دستگاه تولید مثل جنس مذکر دارند و هم‌چنین با توجه به این حقیقت که استفاده از میدان‌های الکترومغناطیسی در زندگی بشر و استفاده‌های درمانی (ترمیم استخوان) و تشخیصی مخصوصاً برای پرسنلی که با وسایلی مانند Nuclear Magnetic Resonance و Magnetic Resonance Imaging کار می‌کنند روزافزون می‌باشد، این مطالعه با استفاده از محدوده‌های اعمال شده در این موارد، شدت‌های میدان ۰/۳±۶، ۰/۶±۱۲ و ۱/۲± ۲۴ میلی‌تسلا روزانه ۴۰ دقیقه به مدت ۳۴ روز و یا ۲ ساعت به مدت ۱۷ و یا ۳۴ روز، انجام شد. این شدت‌های میدان مغناطیسی تقریباً در محدوده شدت و مدت زمانی است که فرد ممکن است در معرض این میدان‌ها قرار گیرد [۱۸]. علاوه بر آن به دلیل این که اثر شدت‌های میدان مغناطیسی و مدت زمان‌های متفاوت بر محور تولید مثل موش صحرایی نر تا به حال مطالعه نشده است در این بررسی اثرات میدان‌های مغناطیسی ثابت با شدت‌های صفر، ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا با مدت‌های متفاوت (۴۰ دقیقه به مدت ۳۴ روز، ۲ ساعت به مدت ۱۷ روز و ۲ ساعت به مدت ۳۴ روز) بر محور تولید مثل موش‌های صحرایی نر مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

میدان مغناطیسی به وسیله دستگاه ساخت بخش فیزیک دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز که قدرت تولید میدان‌های مغناطیسی ثابت و متناوب را دارد، ایجاد شد و به وسیله دستگاه گوس متر (ساخت شرکت Brockhause messtechnic انگلستان مدل ۴۱۰) میزان میدان در فواصل مختلف از دستگاه اندازه‌گیری شد، حیوان‌ها در ظروف پلاستیکی کائولین (رزین) شفاف در میدان‌های مشخص قرار گرفتند.

در این مطالعه تجربی از ۱۴۴ سر موش صحرایی نر بالغ نژاد ویستار استفاده شد. در سه پروتکل، چهار گروه ۱۲ تایی (در هر پروتکل ۴۸ سر موش) به صورت تصادفی که از نظر سن و وزن شرایط یکسانی داشتند، بررسی شدند. یک هفته پس از سازگاری، یک گروه به عنوان گروه شاهد کاذب یا Sham exposed و سه گروه در معرض میدان‌های مغناطیسی ثابت با استفاده از محدوده‌های ۰/۳±۶، ۰/۶±۱۲ و ۱/۲±۲۴ میلی‌تسلا روزانه ۴۰ دقیقه به مدت ۳۴ روز و یا ۲ ساعت به مدت ۱۷ و یا ۳۴ روز قرار گرفتند که در محدوده مدت زمانی می‌باشد که فرد ممکن است در معرض میدان قرار گیرد [۹-۸]. همه پروتکل‌ها هر روز ساعت ۹ صبح شروع می‌شدند.

گروه اول: ۴۸ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار (۵-۴ ماهه) در محدوده وزنی ۲۷۴-۲۴۴ گرم به مدت ۳۴ روز و هر روز ۴۰ دقیقه در معرض میدان‌های مغناطیسی ثابت ۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا قرار گرفتند.

گروه دوم: ۴۸ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار (۴-۳ ماهه) در محدوده وزنی ۱۷۳-۱۶۳ گرم به مدت ۱۷ روز و هر روز ۲ ساعت در معرض میدان‌های مغناطیسی ثابت، ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا قرار گرفتند.

گروه سوم: ۴۸ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار (۴-۳ ماهه) در محدوده وزنی ۱۷۳-۱۶۳ گرم به مدت ۳۴ روز

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

و هر روز ۲ ساعت در معرض میدان‌های مغناطیسی ثابت ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا قرار گرفتند.

پس از پایان هر پروتکل، حیوان‌ها با اتر بیهوش و از قلب آن‌ها خونگیری شد، سپس حیوان‌ها کشته شدند. پس از سانتریفیوژ کردن خون به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۳۵۰۰، سرم جدا شده و تا زمان اندازه‌گیری هورمون‌ها، در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سنجش هورمون‌ها به روش رادیوایمونواسی (Radioimmunoassay) انجام گرفت [۷]. جهت تعیین غلظت هورمون تستوسترون سرم از کیت BioSource TESTO-RIA-CT Kit (شرکت BioSource Europe S.A. ساخت بلژیک) استفاده گردید. غلظت هورمون LH و FSH به ترتیب با استفاده از روش ایمونورادیومتریک (IRMA) و کاربرد کیت‌های DSL-4600 و DSL-4700 (ساخت شرکت آمریکایی Diagnostic Systems Laboratories) تعیین شد. در تعیین غلظت هورمون LH و FSH از روش ایمونورادیومتریک (IRMA) به ترتیب با کاربرد کیت LH (rat)-IRMA از شرکت آمریکایی DRG International با شمارهٔ کد RIA 3732 و با شمارهٔ کد RIA 3729 استفاده شد. کیت‌ها از نظر آزمایشات کنترل کیفی قابل قبول بودند.

لازم به ذکر است به دلیل گران قیمت بودن کیت‌های هورمونی موش صحرایی، در یک پروتکل از کیت‌های انسانی استفاده شد، البته پروتکل‌های مختلف به دلیل این که در یک زمان انجام نمی‌شدند از ابتدا با یکدیگر مقایسه آماری نشده و فقط گروه‌های یک پروتکل که از نظر وزن و سن همسان‌سازی شده بودند مقایسه می‌شدند. در مورد هورمون‌های گلیکوپروتئینی که لزوم استفاده از کیت اختصاصی وجود دارد، تست Cross-Reactivity کیت‌های مورد استفاده انجام شد. ۱۵ سر موش صحرایی نر با اتر بیهوش شده و سر آن‌ها جدا گردید. سپس جمجمه حیوان‌ها باز و هیپوفیز جدا شد. هیپوفیزها به داخل لوله‌های آزمایشی که در یخ قرار داشتند، منتقل شدند. سپس به ازای هر ۵ هیپوفیز ۴ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و با دستگاه هموژنیزه کننده عمل هموژنیزاسیون انجام شد. سوسپانسیون در تمام مراحل در یخ قرار داشت. با استفاده از سانتریفوژ یخچال‌دار در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد عصاره‌ها سانتریفوژ و محلول رویی مورد آزمایش قرار گرفت [۱۹].

ابتدا در هفت لوله آزمایش مقادیر ۱۰، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرولیتر از محلول عصاره هیپوفیز اضافه گردید، سپس با افزودن آب مقطر حجم همه لوله‌ها با لوله‌های استاندارد متناسب شده (۱۰۰ میکرولیتر)، عمل اندازه‌گیری میزان هورمون‌های LH و FSH، مشابه LH و FSH سرم انجام شد. تعداد حیوان‌های لازم برای اندازه‌گیری هورمون‌ها بر اساس میانگین و انحراف معیار و واریانس بدست آمده از آزمایشات پایلوت محاسبه گردید. داده‌ها با روش آماری ANOVA یک طرفه برای مقایسه گروه‌های مختلف با گروه شاهد از نظر شدت میدان‌های متفاوت و تست پشتیبان Tukey بررسی شدند. مقایسه آماری فقط درون گروه‌ها با هم صورت گرفته است. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار عرضه شدند و P کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار تلقی شد.

نتایج

در مورد هورمون‌های گلیکوپروتئینی که لزوم استفاده از کیت اختصاصی وجود دارد، Cross-Reactivity کیت‌های مورد استفاده FSH و LH تعریف شد و در هر دو مورد α بزرگ‌تر از ۰/۸۹ به دست آمد. این امر نشان می‌دهد که از کیت‌های فوق برای سنجش هورمون‌های گلیکوپروتئینی موش صحرایی در یکی از پروتکل‌ها می‌توان استفاده نمود.

در مطالعه حاضر ابتدا میزان هورمون‌های LH، FSH و تستوسترون سرم ۱۲ سر موش صحرایی نر گروه Sham با سه گروه ۱۲ تایی دیگر که در معرض شدت‌های مختلف میدان‌های مغناطیسی ثابت (۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا به مدت ۳۴ روز هر روز ۴۰ دقیقه) قرار گرفته‌اند، مقایسه شدند.

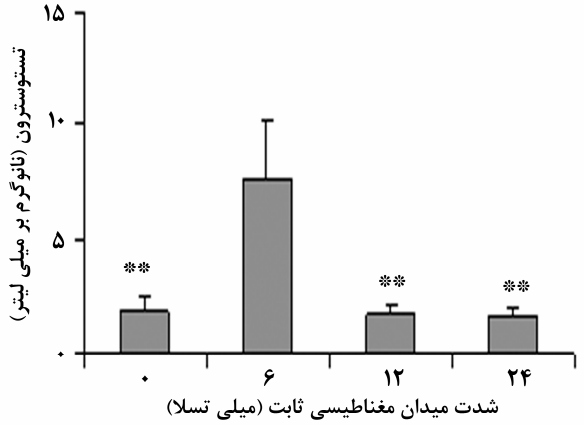
نتایج اندازه‌گیری‌های میزان هورمون‌های LH، FSH و تستوسترون سرم گروه کنترل با سه گروه دیگر با استفاده از آزمون آماری ANOVA یک طرفه و تست پشتیبان توکی مقایسه شد. گروه ۶ میلی‌تسلا افزایش معنی‌داری ($p<0/01$)

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

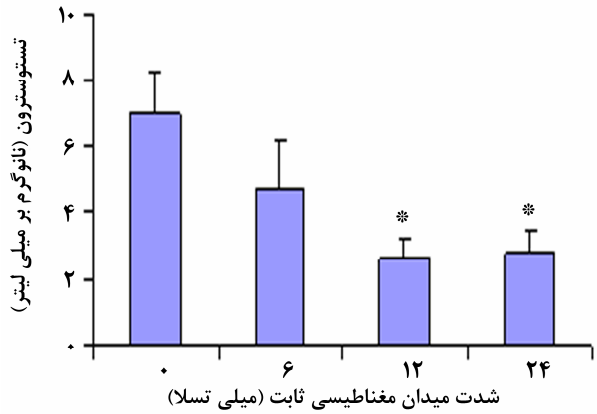
نسبت به سه گروه دیگر از نظر هورمون تستوسترون نشان داد (نمودار۱). البته بقیهٔ هورمون‌ها تغییر معنی‌داری نداشتند.

در طرح میدان مغناطیسی ثابت روزانه ۲ ساعت به مدت ۱۷ روز، از نظر تستوسترون گروه ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) داشت (نمودار۲). در این پروتکل، FSH گروه ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) نشان داد (نمودار۳). میزان هورمون LH تغییر معنی‌داری پیدا نکرد.



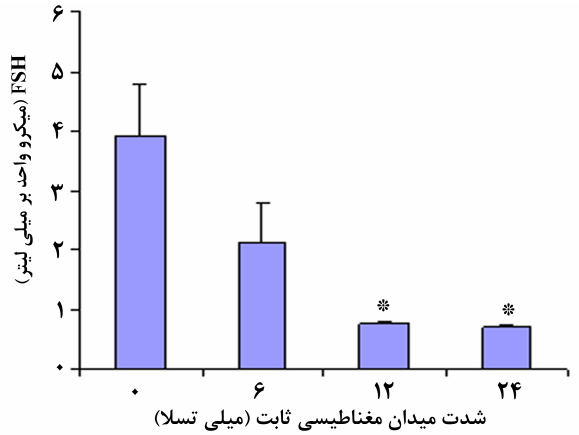
نمودار ۱- مقایسه میانگین تستوسترون سرم موش‌های صحرایی نر تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی ثابت با شدت‌های مختلف (۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا) ۴۰ دقیقه روزانه به مدت ۳۴ روز.

***** با آزمون ANOVA یک طرفه و تست پشتیبان توکی $p<۰/۰۱$.***



نمودار ۲- مقایسه میانگین تستوسترون سرم موش‌های صحرایی نر تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی ثابت با شدت‌های مختلف (۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا) ۲ ساعت به مدت ۱۷روز.

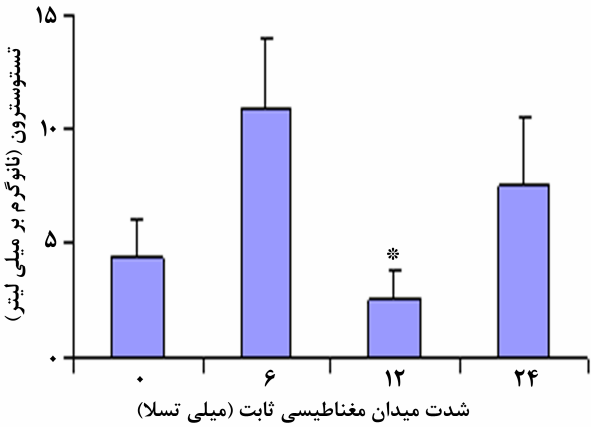
**** با آزمون ANOVA یک طرفه و تست پشتیبان توکی $p<۰/۰۵$.***



نمودار ۳- مقایسه میانگین FSH سرم موش‌های صحرایی نر تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی ثابت با شدت‌های مختلف (۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا) ۲ ساعت به مدت ۱۷روز.

**** با آزمون ANOVA یک طرفه و تست پشتیبان توکی $p<۰/۰۵$.***

در طرح میدان مغناطیسی ثابت روزانه ۲ ساعت به مدت ۳۴ روز، تستوسترون گروه ۲۴ میلی‌تسلا نسبت به گروه شاهد کاذب و گروه ۶ میلی‌تسلا نسبت به گروه ۱۲ میلی‌تسلا افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$) (نمودار ۴). میزان هورمون LH تغییر معنی‌داری پیدا نکرد.



نمودار ٤- مقایسه میانگین تستوسترون سرم موش‌های صحرایی نر تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی ثابت با شدت‌های مختلف (۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا) روزانه ۲ ساعت به مدت ۳٤ روز.

**** با آزمون ANOVA یک طرفه و تست پشتیبان توکی $p<۰/۰۵$.***

بحث

در مورد تأثیر میدان‌های الکترومغناطیس بر هورمون‌های تستوسترون، LH و FSH مطالعات زیادی انجام شده‌است که بعضی از نتایج و گزارش‌ها متضاد و متناقض هستند. در مطالعه قبلی که توسط Fathi Moghaddam و همکاران انجام گرفت [۲۰]، نشان داده شد که میدان مغناطیسی با زمان

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

کوتاه بر میزان هورمون‌های LH، FSH و تستوسترون سرم بی‌تأثیر است که در توافق با نتایج بعضی از محققین می‌باشد. برای مثال نشان داده شده است که قرار دادن موش‌های صحرایی باردار (۲۰-۱۵ روز سن بارداری) در معرض میدان الکترو مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت میدان ۰/۸ میلی‌تسلا تغییری در میزان هورمون‌های تستوسترون، LH و FSH ایجاد نمی‌کند [۲۱]. هم‌چنین در مطالعات دیگر مشاهده شده است که قرار دادن موش‌های صحرایی نر در میدان الکتریکی ۵۰ هرتز تغییری در میزان هورمون‌های تستوسترون، LH و FSH به وجود نمی‌آورد [۲۲]. در تحقیق دیگری تأثیر میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت میدان ۵ میکروتسلا به مدت ۲۲ ساعت در روز برای ۳۲ هفته مورد مطالعه قرار گرفت ولی تغییرات مورفولوژیک و هیستولوژیک در بیضه این حیوان‌ها ایجاد نشد [۲۳].

غیر از مطالعاتی که روی حیوان‌های آزمایشگاهی انجام شده است و نتایج متفاوتی ملاحظه گردیده، در انسان نیز با استفاده از میدان‌های مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت ۱۰ میکروتسلا روی مردان جوان ۳۰-۲۰ ساله به مدت ۹ ساعت (از ۱۱ شب تا ۸ صبح) هیچ تغییری در هورمون‌های LH و FSH مشاهده نشد [۲۴].

بر عکس در طرح‌های دوم و سوم که حیوان‌ها مدت زمان طولانی‌تری در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفتند، در توافق با نتایج آن عده از محققینی بود که تأثیر میدان تغییر هورمون‌های فوق را گزارش داده‌اند. برای مثال در مورد افزایش غلظت تستوسترون در گروه ۶ میلی‌تسلا که در مطالعه حاضر به دست آمد، مطالعاتی وجود دارد که نشان می‌دهند میدان‌های مغناطیسی غلظت تستوسترون سرم را به طور معنی‌داری در مقایسه با گروه کنترل بالا می‌برد [۱۵- ۱۳]. Furuya [۱۳] از موش سوری و Forgacs [۱۴] از سلول‌های لیدیگ کشت داده شده موش سوری و میدان متناوب استفاده کرده‌اند. در حالی که Ozguner [۱۵] از میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی تکثیر سلول‌های لیدیک و افزایش ترشح این سلول‌ها استفاده کرده است. Yokus [۱۶] نیز از میدان‌های مغناطیسی ۰/۸ میلی‌تسلا به مدت ۵ هفته و روزانه ۳ ساعت استفاده کرده است که طول مدت زمان در معرض بودن حیوانات بیشتر از آزمایش حاضر می‌باشد.

لازم به ذکر است اثر افزایشی فقط در طرح میدان مغناطیسی ثابت روزانه ۴۰ دقیقه به مدت ۳۴ روز، گروه ۶ میلی‌تسلا نسبت به بقیه گروه‌ها افزایش معنی‌دار ($p<0/001$) پیدا کرد. در طرح میدان مغناطیسی ثابت روزانه ۲ ساعت به مدت ۳۴ روز، گروه ۶ میلی‌تسلا نسبت به گروه ۱۲ میلی‌تسلا افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) نشان داد. در مجموع می‌توان گفت در گروه‌هایی که در معرض میدان مغناطیسی ثابت ۶ میلی‌تسلا در مدت زمان ۳۴ روز (روزانه ۴۰ دقیقه و یا ۲ ساعت) قرار گرفته‌اند افزایش هورمون تستوسترون مشاهده شد. به عبارت دیگر میدان‌های مغناطیسی ثابت با شدت پایین (۶ میلی‌تسلا) در طولانی مدت (۳۴ روز) اثر افزایشی بر هورمون تستوسترون دارند. افزایش هورمون تستوسترون در موش‌های صحرایی نر در این طرح‌ها حدود ۳ برابر است. سطح LH طبیعی در این مورد نشان‌دهندهٔ افزایش احتمالی در گلوبولین متصل شونده به هورمون جنسی (SHBG) می‌باشد و ممکن است هورمون آزاد تغییر نکرده و فقط تغییر در سطح تستوسترون تام بوده است. البته Ozguner و همکاران [۱۵] در مورد مشکل بیضه‌های پایین نیامده که منجر به عقیم شدن می‌شود، تحقیق کردند و با استفاده از این فرضیه که تحریک EMF سبب تکثیر سلولی و سنتز پروتئین و DNA می‌شود، با استفاده از میدان‌های الکترومغناطیسی برای ۳۰ روز به طور دایم با بستن بیضهٔ چپ با کمربند به دیوارهٔ شکمی- قدامی موش‌های صحرایی نر و یا روزانه ۲ ساعت به مدت ۱۰ روز مشاهده نمودند که این میدان‌ها سبب تکثیر سلول‌های لیدیگ و افزایش سطح تستوسترون و وزن بیضه‌ها می‌شود. در نتیجه شاید با استفاده از این میدان‌ها که سبب افزایش سطح تستوسترون شده‌اند، بتوان راه‌هایی برای درمان مشکل بیضه‌های پایین نیامده که منجر به عقیم شدن می‌شود پیشنهاد داد.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

البته تستوسترون و FSH در طرح میدان مغناطیسی ثابت روزانه ۲ ساعت به مدت ۱۷ روز، در گروه‌های ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت. گرچه علت این تضادها شاید به دلیل نوع و شدت میدان و نوع حیوان مورد آزمایش باشد. شاید بتوان گفت میدان مغناطیسی ثابت در مدت زمان کوتاه‌تر (۱۷ روز) ولی در معرض قرار گرفتن روزانه ۲ ساعت و با شدت میدان ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا اثر کاهشی روی تستوسترون و FSH دارد. غلظت FSH سرم تناسب معکوسی با اسپرم‌سازی دارد [۲۵]. لازم به ذکر است، در تحقیقی اثر میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت میدان ۵ میلی‌تسلا به مدت ۱، ۲ و ۴ هفته روی هورمون‌های تستوسترون، LH و FSH موش آلبینو بررسی شد. هیچ تغییری روی میزان تستوسترون پیدا نشد ولی FSH در مدت زمان کوتاه افزایش و LH در طولانی مدت افزایش پیدا کرد [۲۶]. در طرح‌های میدان مغناطیسی ثابت در گروه ۶ میلی‌تسلا غلظت تستوسترون هیچ‌گاه کاهش معنی‌دار پیدا نکرد. شدت‌های میدان گروه ۶ میلی‌تسلا حتی سبب افزایش عملکرد سیستم تولید مثلی نر نیز می‌شود ولی بالا رفتن شدت‌های میدان (گروه‌های ۱۲ و ۲۴ میلی‌تسلا) ممکن است اثرات معکوسی بر این دستگاه بگذارد. در خاتمه با توجه به اثراتی که در مورد شدت میدان‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر بر روی سیستم گردش خون در موش‌های SHR دیده شده بود [۱۳-۱۲] باید خاطرنشان کرد که این شدت میدان‌ها نیز بر روی سیستم تولید مثل تأثیر دارند.

نتیجه‌گیری

به طور خلاصه میدان مغناطیسی ثابت با مدت زمان کوتاه و هم‌چنین در معرض قرار گرفتن با شدت پایین در طول روز، اثر افزایشی بر محور هیپوتالاموس- هیپوفیز - گونادی دارد. ولی با افزایش مدت در معرض قرار گرفتن در طول روز، یا افزایش روزهای در معرض قرار گرفتن و یا افزایش شدت در معرض قرار گرفتن، اختلالاتی در محور هیپوتالاموس– هیپوفیز- گونادی در موش صحرایی نر به وجود می‌آید. این اختلال ممکن است در سطح اندام هدف و یا در سطح سیستم عصبی ایجاد گردد.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز جهت تأمین هزینه طرح ۳۸۷ صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

References

[1] Coleman M, Beral V. A review of epidemiological studies of the health effects of living near or working with electricity generation and transmission equipment. *Int J Epidemiol*, 1988; 17(1): 1-13.

[2] Theriault G, Goldberg M, Miller AB, Armstrong B, Guenel P, Deadman J, et al. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France 1970-1989. *Am J Epidemiol*, 1994; 139(6): 550-72. Erratum in: *Am J Epidemiol*, 1994; 139(10): 1053.

[3] Kliukiene J, Tynes T, Andersen A. Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women: a population-based study. *Am J Epidemiol*, 2004; 159(9): 852-61.

[4] Stevens RG, Davis S, Thomas DB, Anderson LE, Wilson BW. Electric power, pineal function, and the risk of breast cancer. *FASEB J*, 1992; 6(3): 853-60.

[5] Wertheimer N, Leeper E. Adult cancer. related to electrical wires near the home. *Int J Epidemiol*, 1982; 11: 345-55.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

[6] Verschaeve L. Can non ionizing radiation induce cancer? *Cancer J*, 1995; 8: 237-49.

[7] Lacy-Hulbert A, Metcalfe JC, Hesketh R. Biological responses to electromagnetic fields. *FASEB J*, 1998; 12(6): 395-420.

[8] Okano H, Masuda H, Ohkubo C. Decreased plasma levels of nitric oxide metabolites, angiotensiin II, and aldosterone in spontaneously hypertensive rats exposed to 5 mT Static magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2005; 26(3): 161-72.

[9] Okano H, Ohkubo C. Effects of static magnetic fields on plasma levels of angiotensin II and aldosterone associated with arterial blood pressure in genetically hypertensive rats. *Bioelectromagnetics*. 2003; 24(6): 403-12.

[10] Free MJ, Kaune WT, Phillips RD, Cheng HC. Endocrinological effects of strong 60-Hz electric fields on rats. *Bioelectromagnetics*. 1981; 2(2): 105-21

[11] Zecca L, Mantegazza C, Margonato V, Cerretelli M, Caniatti M, Piva F, et al. Biological effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic field in rats: III. 50 Hz electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 1998; 19(1): 57-66.

[12] Kato M, Homna K, Shigemitsu T, Shiga Y. Circularly polarized, sinusoidal, 50 Hz magnetic field exposure does not influence plasma testosterone levels of rats. *Bioelectromagnetics*. 1994; 15(6): 513-8.

[13] Furuya H, Aikawa H, Hagino T, Yoshida T, Sakabe K. Flow cytometric analysis of the effects of 50 Hz magnetic fields on mouse spermatogenesis. *Nippon Eiseigaku Zasshi*, 1998; 53 (2): 420-5.

[14] Forgacs Z, Thuroczy G, Paksy K, Szabo LD. Effect of sinusoidal 50 Hz magnetic field on the testosterone production of mouse primary leydig cell culture. *Bioelectromagnetics.* 1998; 19(7): 429-31.

[15] 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.

[16] Yokus B, Cakir DU, Akdag MZ, Sert C, Mete N. Oxidative DNA damage in rats exposed to extremely low frequency electro magnetic fields. *Free Radic Res*, 2005; 39(3):317-23

[17] Amara S, Abdelmelek H, Garrel C, Guiraud P, Douki T, Ravanat JL, et al. Effects of subchronic exposure to static magnetic field on testicular function in rats. *Arch Med Res*, 2006; 37(8): 947-52.

[18] Morgan MG, Florig HK. Biological effects of power frequency electric and magnetic fields. Washington, DC: Congress of the United States office of technology assessment. 1989; pp: 1-21.

[19] Ahangarpour A, Fathi Moghaddam H, Tahmasebi Biragani MJ, Shahbazian H. Badavi M. The effect of magnetic field on the secretion of hypothalamic-tituilary-thyroid and gonadal axes in the male rat. Thesis in Phd of physiology. Jundishapour *Ahvaz Univ of Med Sci*, 2005; 389. [Farsi]

[20] Fathi Moghaddam H, Ahangarpour A, Tahmasebi Birgani MJ, Shahbazian H, Badavi M. The effect of 17 days exposure to static magnetic fields on the hypothalamic – pituitary - gonadal axis in the male Rat. *Iranian J Pharmaceutical Res*, 2005; 3: 161-6.

[21] McGivern RF, Sokol RZ, Adey WR. Prenatal exposure to a low-frequency electromagnetic field demasculinizes adult scent marking behavior and increases accessory sex organ weights in rats. *Teratology Jan*, 1990; 41(1): 1-8.

[22] Margonato V, Veicsteinas A, Conti R, Nicolini P, Cerretelli P. Biologic effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic field in rats. I. 50 Hz electric fields. *Bioelectromagnetics*. 1993; 14 (5): 479-93.

[23] Margonato V, Nicolini P, Conti R, Zecca L,Veicsteinas A, Cerretelli P. Biologic effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic field in rats. I. 50 Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 1995; 16(6): 343-55.

[24] Selmaoui B, Lambrozo J, Touitou Y. Endocrine functions in young men exposed for one night to a 50-Hz magnetic field. A

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

circadian study of pituitary, thyroid and adrenocortical hormones. *Life Sci*, 1997; 61(5): 473-86.

[25] Kasper DL, Braunwald E, Fauci AS, Hauser S, Longo DL. Jameson JL. Harrison's principles of internal medicine. Vol. 2: 16th ed, 2005; pp: 2067-197.

[26] Mostafa RM, Moustafa YM, Ali FM, Shafik A. Sex hormone status in male rats after exposure to 50 Hz, 5 mTesla magnetic field. *Arch Androl*, 2006; 52(5): 363-9.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]

Effects of Constant Static Magnetic Fields Exposure on Testosterone, FSH and LH Secretion in Male Rat

A. Ahangarpour[1], H. Fathi Moghaddam[2], M.J. Tahmasebi Biragani[3], H. Shahbazian[4], M. Badvi[5]

Received: 05/12/07 **Sent for Revision: 23/04/08** **Received Revised Manuscript: 31/05/08** **Accepted: 05/07/08**

Background and Objectives: Several investigators have reported that exposure to electric and magnetic fields is a risk factor for human health. In addition EMFs have negative effects on reproduction and development, and are harmful to people who are working with or living around them. The aim of this study was to evaluate the effect of static magnetic fields on the male rat reproduction hormones.

Material and Methods: This experimental study was performed on 144 male Wistar rats. Animals were divided into three protocols. Each protocol included four groups (with the same range of age and weight) and each group contained 12 rats. After one-week adaptation, rats were randomly exposed to SMF as follow: (0, 6, 12 and 24 mT), 40 min daily for 34 days (group 1), 2 hours for 17 days (group 2) and 2 hours for 34 days (group 3). All protocols were started from 9:00 a.m. After experiments, animals were anaesthetized and blood samples were collected in separate tubes. Their serum was isolated and kept at -20°C for fatuere use. Testosterone, FSH and LH hormones were measured by RIA methods using gamma counter equipment. The data were analyzed using one-way ANOVA followed by post hoc Tukey's test.

Results: Our results for the protocol of experiments (40 min/day for 34 days) indicated that SMF has increased serum testosterone significantly compared to the other groups (6mT) ($p<0.01$). The second protocol SMFs (2 h/day for 17 days) decreased both serum testosterone and FSH levels ($p<0.05$). For the third protocol, SMFs (2 h/day for 34 days) decreased serum testosterone 12mT vs 6 mT ($p<0.05$). LH did not change significantly in presence of static MFs.

Conclusions: Our results suggest that SMFs probably cause gonadal axis dysfunction at the hypothalamic-pituitary level in male rats. In higher SMFs intensities, we have seen dysfunction in target organ or nervous system levels.

Key words: Magnetic field, Follicular stimulating hormone, Lutenizing hormone, Testosterone

Funding: This research was funded by Jundishapour Ahvaz University of Medical Sciences. Number 389.

Conflict of interest: None declared.

Ethical approval: The Ethics Committee of Jundishapour Ahvaz University of Medical Sciences approved the study.

1- Assistant Prof., Dept. of Physiology, Medical School, Physiology Research Center and Diabetic Reaserch Center, Joundishapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
(Corresponding Author) Tel:(0611)3367543, Fax: (0611)3330074, E- mail: ahang1002002@yahoo.com
2- Associate Prof., Dept. of Physiology, Medical School, Physiology Research Center, Joundishapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
3- Associate Prof., Dept. of Biophysic, Medical School, Joundishapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
4- Associate Prof., Dept. of Internal Medicine, Medical School, Diabetic Reaserch Center, Joundishapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
5- Associate Prof., Dept. of Physiology, Medical School, Physiology Research Center, Joundishapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1387.7.3.4.7]