

# تأثیر امواج الکترومغناطیس با فرکانس بسیار پایین بر درد حاد و مزمن در موش‌های سوری

نویسندگان: مهسا هادی پور<sup>۱</sup>، حسین جعفری<sup>۲\*</sup>

۱. دانشیار مرکز تحقیقات فارماکولوژی گیاهی و گروه فارماکولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی تهران.

۲. مدرس فارماکولوژی و توکسیکولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی تهران.

E-mail: hosseinjafari 55@ ymail.com

\* نویسنده مسئول: حسین جعفری

## چکیده

مقدمه و هدف: استفاده از میدان‌های الکترومغناطیس در فرکانس‌های بسیار پایین در افزایش قند، تری‌گلیسیرید و اعتیاد به مورفین گزارش شده است. از آنجایی‌که درد از مشکلات دائمی و داروهای مسکن موجود معمولاً مفید نیستند و مصرف آن‌ها عوارضی دارند، این پروژه با هدف ارزیابی (ELF-Extremely low frequency magnetic field) با استفاده از آزمون فرمالین انجام گردید.

مواد و روش‌ها: مطالعه تجربی تصادفی در گروه‌های کنترل و تست موش‌های سوری انجام گردید. ۳۲ موش سوری نر نژاد Balb/C با میانگین وزنی ۳۰ گرم در ۴ گروه، تقسیم (n=8) شدند. ۳ گروه حیوانات یک هفته، روزانه نیم‌ساعت در معرض ELF-MF در شدت ۲۵۰ میکروتسلا و فرکانس‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ هرتز قرار گرفتند. فرمالین ۱۰ درصد در پیرتوان حیوانات تزریق گردید. پاسخ ناشی از فرمالین در ۶۰ دقیقه مشاهده شد. ۵ دقیقه اول (درد حاد) و دقیقه ۱۶ تا ۶۰ (درد مزمن)، برای ۵ دقیقه اول هر ۱۵ ثانیه همچنین در فاصله زمانی ۱۶ تا ۶۰، هر ۵ دقیقه علائم ثبت و مقایسه گردید.

نتایج: در کاهش علائم در فاز حاد هر ۳ فرکانس معنی‌دار، برای فرکانس‌های ۲۵ و ۵۰ هرتز  $p < 0.001$  و در فرکانس ۷۵ هرتز  $p < 0.05$  به دست آمد. در فاز مزمن، فرکانس‌های ۲۵ و ۵۰ هرتز سبب کاهش معنی‌دار علائم شدند ( $p < 0.05$ ). در هر حال، فرکانس ۵۰ هرتز در کاهش علائم مؤثرترین بود.

نتیجه‌گیری: ELF-MF در کاهش درد ناشی از آزمون فرمالین مؤثر است و احتمالاً برای تسکین درد، قابل استفاده است.

واژگان کلیدی: ELF-MF، درد حاد، درد مزمن، موش سوری

دوماهنامه علمی-پژوهشی  
دانشگاه شاهد  
سال بیست و سوم-شماره ۱۲۲  
اردیبهشت ۱۳۹۵

دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۲

آخرین اصلاح‌ها: ۱۳۹۵/۰۱/۱۸

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۸

## مقدمه

طیف الکترومغناطیس، گستره وسیعی از طول موج‌ها و فرکانس‌ها را در بر می‌گیرد. درحقیقت گستره آن قدر گسترده است که یک مقیاس لگاریتمی برای بررسی آن‌ها لازم است.

ما در دنیایی از امواج و انرژی‌ها زندگی می‌کنیم و هر روز در اخبار و مطالب تحقیقی از مضرات آن‌ها نظیر تلفن همراه، تلویزیون، رادیو، رایانه و... می‌شنویم و تلفن همراه، پرمصرف‌ترین آن‌هاست. ما در این پروژه با فرکانس کوتاه میدانی سروکار داریم که بررسی‌ها فواید و منافع آن‌ها را به اثبات رسانده‌اند.

بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که میدان‌های الکترومغناطیس در فرکانس‌های پایین، نه تنها اثرات سوء بر سلامت روانی و جسمی موجودات زنده ندارند، بلکه در خیلی موارد جنبه درمانی دارند (۱، ۲). تغییرات سلولی و مولکولی القایی تابش‌های این امواج به طول مدت تابش، میزان نفوذ پذیری آن در بافت‌ها و تولید گرما بستگی دارد که این عوامل نیز خود به شدت و فرکانس امواج وابسته است. پاسخ سلول نیز با توجه به ویژگی‌های امواج نظیر شکل موج (سینوسی یا مربعی)، میزان تغییرات، تأثیرات بیولوژیکی و نوع سلول‌هایی که در معرض تابش قرار می‌گیرند، متفاوت است.

در دهه گذشته مطالعه زیادی در رابطه با اثر میدان‌های الکترومغناطیس بر سیستم عصبی انسان و حیوانات صورت گرفته است (۱-۳). میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس‌های بسیار کم (ELFEF، Extremely low - Frequency Electromagnetic Fields)، همان میدان ایجادشده از خطوط نیروی نزدیک به محل‌های سکونت یا سیم‌کشی‌های برق خانگی و یا ابزارهای پزشکی است. گزارش‌هایی مبنی بر اثرات بیولوژیکی مختلف ناشی از ELFE از جمله تداخل با فعالیت مغز، ایجاد آسیب رفتاری و شناختی، تغییر فعالیت حرکتی، تغییر فعالیت سیستم درد، تغییر فعالیت گیرنده‌های N متیل D آسپارتیک اسید (NMDA) و پیام‌دهی کلسیم در هیپوکمپ و نیز اثر امواج شبانه بر

ضربان قلب و خواب وجود دارد (۲). شواهد موجود نشان می‌دهد که امواج، بسته به شدت فرکانس، نوع موج و مدت مواجه‌شدن، اثرات مختلف بیولوژیکی ایجاد می‌کنند (۲، ۳). تحقیقات متعددی که در ارتباط با اثرات امواج الکترومغناطیس بر روی سیستم عصبی انجام شده است. حکایت از تأثیر این امواج بر روی فعالیت‌های مغز از جمله کاهش حساسیت به محرک‌های حسی، تغییر در فعالیت بیوالکتریکی مغز و اختلال در پروسه‌های رفتاری وجود دارد. مطالعات گذشته یک نوع رابطه را بین میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس‌های بسیار کم و برخی از جنبه‌های روانی انسان و حیوان پیشنهاد می‌کند (۲). در حال حاضر دردهای مزمن را با الکترومغناطیس درمان کرده و به‌عنوان طب جایگزین در بسیاری از کشورها مرسوم گردیده است. در سال‌های اخیر، مطالعاتی بر روی سردردهای میگرنی به‌وسیله بیوالکتریک‌مگنت انجام گرفته است (۲). محققین عقیده دارند سطوح بیومولکول‌ها در اثر امواج الکترومغناطیس تغییر می‌نماید (۵).

تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در مغز سبب ترشح نوروترانسمیترهایی نظیر استیل کولین در مغز و خون می‌گردد (۴). مطالعات فراوانی در رابطه با نقش الکترومغناطیس بر فعالیت آنزیم کولین استراز صورت گرفته و معلوم شده آنزیم کولین استراز پلاسمایی در اثر میدان ۲۵ درصد افزایش می‌یابد؛ ولی آنزیم کولین استراز مغزی کاهش ناچیزی داشته است که این قضایا با اهمیت الکترومغناطیس در روند تعدادی از از بیماری‌های عصبی در ارتباط با استیل کولین و کولین استراز نقش مهمی دارد (۴).

بررسی اثرات بخش‌های مختلف طیف امواج الکترومغناطیس بر محتوای ژنتیکی سلول‌ها، از جمله زمینه‌های مطالعاتی مهمی است که در چند سال اخیر به آن توجه شده و گزارشات متعددی در این ارتباط منتشر شده است (۶).

سازمان جهانی بهداشت از سال ۱۹۹۶ پروژه

واحد پزشکی تهران که دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی گراد دارد، نگهداری و بعد از ۲ هفته انطباق با محیط، مورد آزمایش قرار گرفتند. تمامی شرایط برای حیوانات مناسب و استاندارد بود. در ابتدا ۳ سری از حیوانات مدت یک هفته روزی نیم ساعت در دستگاه مولد میدان مغناطیسی در شدت ثابت ۲۵۰ میکرو تسلا در فرکانس‌های ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ هرتز قرار گرفته که این موارد با تسلا متر چک گردید و یک سری به عنوان شاهد در میدان قرار نگرفتند.

تمامی موش‌ها قبل از تزریق فرمالین، ۱۵ دقیقه روی سطح بلندی در زیر قیف نگه داشته شدند. بعد از ۱۵ دقیقه، حیوان را از زیر قیف بیرون آورده و در حدود ۱۵-۲۰ میکرولیتر فرمالین (نیم درصد) زیر جلدی روی پای راست یا چپ حیوان در هر سری یکسان تزریق گردید. در این مرحله، حیوان را زیر قیف رو به سطح بلندی با آینه‌ای با زاویه ۴۵ درجه در زیر قرار داده شد. پاسخ در برابر درد ابتدا در ۵ دقیقه اول (۳۰۰ ثانیه) هر ۱۵ ثانیه ثبت گردید که این ۵ دقیقه اول (فاز ۱ فرمالین یا فاز حاد) نامیده می‌شود. بعد از گذشت ۱۰ دقیقه و از دقیقه ۱۶ مجدداً ثبت علائم هر ۵ دقیقه تا دقیقه ۶۰ صورت گرفت (فاز فرمالین ۲ یا فاز مزمن).

ثبت علائم در دو فاز حاد و مزمن مطابق دستورالعمل زیر بوده است:

پاسخ درد با اعداد ۰، ۱، ۲، ۳ در جدول زیر ثبت می‌گردد (روش (Dennis, Dubuisson))  
عدد صفر: حیوان در راه رفتن کاملاً تعادل دارد و وزن روی دو پا توزیع می‌گردد.

عدد یک: حیوان وزن بدنش را روی پای تزریق شده تحمل ننموده و در راه رفتن مشکل دارد.

عدد دو: وقتی حیوان پنجه دردناک داشته و آن را بالا نگه داشته و هیچ تماسی با کف ندارد.

عدد سه: لیسیدن پنجه دردناک یا تکان دادن شدید آن. امتیازات کسب شده در ۲ جدول جداگانه برای آنالیز آماری یادداشت گردید.

بنابراین برای ۳۲ حیوان در گروه‌های هشت تایی و در

بین‌المللی را با نام پروژه میدین الکترومغناطیس آغاز کرده است که در آن به جمع‌آوری شواهد مرتبط با تأثیر امواج الکترومغناطیس در سلامت افراد می‌پردازد (۷).

در فاصله زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹ در کلینیک زخم‌های مزمن دیابتی مرکز دیابت و بیماری‌های متابولیک وابسته به پژوهشکده غدد و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی تهران، از امواج اولتراسوند با فرکانس پایین برای ۴۰ بیمار استفاده شده است که در ماه‌های دوم و سوم درمان حاصل شده است (۸).

در سال‌های اخیر، مطالعات حیوانی زیاد با میدان الکترومغناطیس در فرکانس‌های پایین انجام شده است (۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳)، اثر میدان الکترومغناطیسی، تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر علائم سندرم قطع مورفین در موش آزمایشگاهی مدل رت یکی از مطالعاتی است که در دانشگاه علوم پزشکی قزوین توسط یکی از نویسندگان این مقاله انجام شده است (۱۲). باتوجه به این مسئله که جریان درد در بسیاری از بیماری‌ها همراه بوده و مقابله با آن با داروهای صورت می‌گیرد که عوارض گوارشی، خونی، کلیوی و عصبی و... به دنبال دارد، استفاده از طب آلترا تیبو و به‌کارگیری امواج الکترومغناطیس، در دستور کار قرار گرفت. در این راستا، اثرات امواج مغناطیسی بر درد با استفاده از صفحه داغ نیز انجام شد که نتایج جالبی به دست آمد و در مقاله‌ای جداگانه تنظیم شده است. اثرات میدان مغناطیسی در فرکانس‌های خیلی پایین بر اضطراب و افسردگی توسط همین نویسندگان کار شده است که نتایج آن به زودی گزارش خواهد شد.

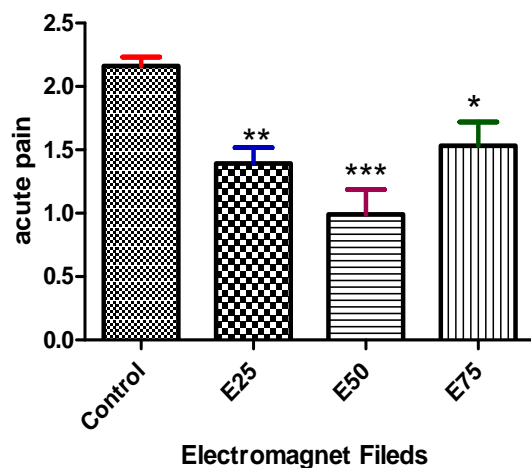
هدف ما در این مقاله، مطالعه و بررسی میدان‌های مغناطیسی در فرکانس‌های خیلی پایین بر درد حاد و مزمن آزمایش فرمالین بر موش آزمایشگاهی مدل آلینو می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

۴ سری حیوان ۸ تایی برای آزمایش فرمالین انتخاب شدند. حیوانات از مرکز تولید انستیتو پاستور خریداری و در محل نگهداری حیوانات در دانشگاه آزاد اسلامی

۷۵ هرتز صورت گرفت. آنالیز ANOVA و T-test برای ۳ گروه مواجه با میدان مغناطیسی ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ نسبت به گروه کنترل معنی‌دار می‌باشد. فرکانس ۵۰ هرتز بیشترین اثر را داشت. برای فرکانس‌های ۲۵ و ۵۰ هرتز  $P < 0/001$  و برای فرکانس ۷۵،  $P < 0/05$  معنی‌دار شده است.

آنالیز ANOVA و T-test در فاز ۲ آزمون فرمالین (در فاصله زمانی ۱۶ تا ۶۰ دقیقه) نشان داد میدان مغناطیسی در ۲ فرکانس ۲۵ و ۵۰ سبب کاهش معنی‌دار علائم ناشی از تزریق فرمالین نسبت به گروه کنترل است و ملاحظه شد که فرکانس ۵۰ هرتز حداکثر و فرکانس ۷۵ هرتز حداقل کاهش را نشان داده است. میزان p-Value برای ۳ گروه مواجه با میدان مغناطیسی ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ نسبت به گروه کنترل به ترتیب ۰/۰۲۸، ۰/۰۱۲ و ۰/۸۲۰ می‌باشد. فرکانس ۵۰ هرتز بیشترین اثر را داشته است. در این مرحله، اثر فرکانس‌های ۵۰ و ۲۵ هرتز نسبت به گروه کنترل معنی‌دار  $P < 0/05$  و فرکانس ۷۵ هرتز معنی‌دار نبود.



نمودار ۱. مقایسه اثر میدان‌های الکترومغناطیس بر علائم فاز ۱ فرمالین (فاز حاد).

در محور عمودی میانگین امتیازات مربوط به درد در حالت حاد برحسب فرکانس‌های سه‌گانه و گروه کنترل، مندرج و مقایسه شده‌اند. در محور افقی، فرکانس‌ها درج گردیده است.

در ۵ دقیقه اول بعد از تزریق فرمالین، تمامی امواج الکترومگنت سبب کاهش علائم شده است که فرکانس ۵۰ هرتز مؤثرترین است. در فاز دوم یعنی فاصله زمانی

جمع ۶۴ جدول کامل شده تنظیم گردید که اطلاعات این جداول برای محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش فرمالین، یکی از آزمایش‌های استاندارد در مورد اندازه‌گیری پاسخ در برابر درد است.

#### مشخصات سیستم مولد میدان مغناطیسی پالسی نورا مدل NI931a

این سیستم با ایجاد شکل موج پالسی و اعمال جریان به سیم‌پیچ‌های هلمهولتز، در فضای بین دو سیم‌پیچ ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت در راستای محور دو سیم‌پیچ می‌نماید. مشخصات این سیستم به ترتیب زیر می‌باشد:

تغییرات فرکانس پالس در محدوده ۱۰ الی ۲۰۰ هرتز  
تغییرات عرض پالس در محدوده ۱ الی ۵/۲ میلی‌ثانیه.  
تغییرات دامنه پالس در محدوده صفر الی ۳۰۰ ولت  
این سیستم دارای اجزای زیر می‌باشد:

۱. دستگاه مولد جریان؛ ۲. سیم‌پیچ‌های هلمهولتز.  
علاوه بر این، سایر اجزا شامل: کلید روشن و خاموش، ولوم تنظیم فرکانس، ولوم تنظیم عرض پالس ولوم تنظیم دامنه پالس، نشان‌دهنده دامنه پالس برحسب ولت، خروجی (جهت اتصال توسط کابل ارتباطی به سیم‌پیچ‌ها)، اتصال زمین، فیوز (۱۰ آمپر)

#### آنالیز آماری

برای بررسی یافته‌ها از آنالیز آماری Graph Pad که دربرگیرنده تست‌های ANOVA و T-test و سایر تست‌ها است، استفاده گردید.

#### مسائل اخلاقی

نگهداری حیوانات آزمایشگاهی مطابق با راهنمای انستیتوی ملی سلامت انجام شده است.

#### یافته‌های تحقیق

در فاز اول آزمون فرمالین میدان‌های الکترومغناطیس سبب کاهش معنی‌دار علائم حاصل از تزریق فرمالین نسبت به گروه کنترل گردید. فرکانس ۵۰ هرتز میزان کاهش علائم را بیش از فرکانس‌های ۲۵ و ۷۵ هرتز نشان داد و کمترین کاهش علائم در میدان مغناطیسی

زمینه با ضریب اطمینان بالایی تأیید می‌گردد. این مطالعه نشان داد که میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین موجب افزایش معنی‌دار آستانه درد و به عبارت بهتر کاهش احساس درد در موش‌های آزمایشگاهی می‌شوند. یافته‌های این مطالعه، نتایج پژوهش‌های پایه و بالینی دیگر مبنی بر خاصیت ضد دردی میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس‌های پایین را که بر روی موش‌های صحرایی و حلزون انجام شده بودند، تأیید می‌نماید (۱۴، ۱۵).

شوپاک و همکاران نیز در یک کارآزمایی بالینی کنترل‌شده با دارونما به‌کارگیری ۳۰ دقیقه میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین را در کاهش درد مبتلایان به آرتریت روماتوئید و فیرومیالژیا مؤثر دانستند (۱۶).

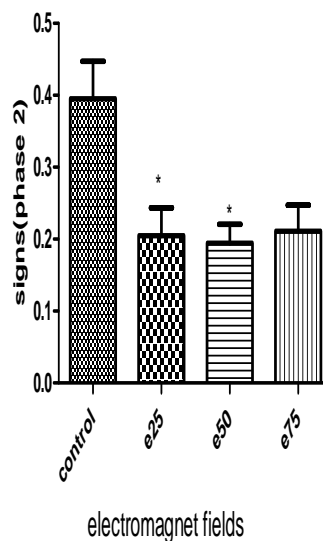
رحیم‌نژاد در مرکز تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، در مقاله‌ای تحت عنوان تأثیر میدان الکترومغناطیس بسیار پایین بر تسکین درد در موش با استفاده از میدان با فرکانس ۶۰ هرتز و شدت ۱۰۰ میکروتسلا، کاهش درد حیوانات را با روش غوطه‌ورسازی دم در آب گرم ۵۲ درجه سانتی‌گراد بررسی نموده که نتایج این بررسی، کار ما را تأیید می‌نماید (۱۱).

در تازه‌ترین کار، بررسی اثرات سینرژیک نیتریک اکساید با میدان‌های الکترومغناطیس در فرکانس‌های خیلی پایین به‌اثبات رسیده است. محققین در تعدادی از بیماران دیابتی نوع ۲ الکترومگنت درمانی انجام داده‌اند و در اثر این عمل، به افزایش نیتریک اکساید در قیاس با گروه کنترل پی برده‌اند و این تغییر اولاً سبب گشادی عروق و افزایش جریان خون در ارگان‌ها شده و ثانیاً از دردهای احتمالی کاسته است (۱۳).

پزشکان هندی آرتریت و آرتریت روماتوئید و آستئوآرتریت را در فرکانس ۵۰ هرتز میدان الکترومگنت درمان نموده‌اند (۱۷) و فرکانس ۵۰ هرتز در مطالعات ما ایتیم بود.

جعفری و همکاران بر روی درد ناشی از علائم سندرم قطع مرفین WSSM گزارش نموده‌اند که فرکانس

۱۶ تا ۶۰ دقیقه که مبین درد مزمن می‌باشد، فرکانس ۷۵ هرتز اثری نداشته و فرکانس‌های ۲۵ و ۵۰ هرتز مؤثر بود. در این مورد از فرکانس ۵۰ هرتز پاسخ مناسب‌تری به‌دست آمد. با انجام مطالعات هیستولوژیک، ایمونولوژیک، هماتولوژیک و کارهایی در سطح سلولی و مولکولی، می‌توان نتایج چنین پروژه‌هایی را قطعی نمود.



نمودار ۲. مقایسه اثر میدان‌های مغناطیسی بر علائم فاز ۲ فرمالین (فاز مزمن).

در محور عمودی میانگین امتیازات مربوط به درد در حالت مزمن برحسب فرکانس‌های سه‌گانه و گروه کنترل، مندرج و مقایسه شده‌اند. در محور افقی فرکانس‌ها درج گردیده است. میزان p-Value برای ۳ فرکانس در درد حاد و مزمن در جدول زیر مشاهده می‌گردد.

	N=25 P<0.0001	N=50 P< 0.0001	N=75 P<0.05
درد حاد			
درد مزمن	N=25 P<0.05	N=50 P<0.05	N=75 P=0.82 معنادار نیست

### بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که میدان الکترومغناطیس با فرکانس بسیار پایین منجر به افزایش معنی‌دار آستانه درد حاد و مزمن می‌گردد. به عبارت بهتر و در تفسیر این نتایج می‌توان گفت، متعاقب اعمال میدان الکترومغناطیس، حس درد حاد و مزمن در موش‌ها کاهش یافت. بنابراین پژوهش حاضر توسط نتایج پژوهش‌های دیگر در این

همچنین یکی از مهم‌ترین کاربردهای درمانی این میدان‌ها می‌تواند در تسکین درد باشد (۵، ۱۱).

هاگیوارا و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر میدان‌های الکترومغناطیس بر تسکین درد مزمن با استفاده از الگوی درد التهابی در موش رت نشان دادند که تزریق داخل مغزی متی‌سرژید (آنتاگونیست غیراختصاصی گیرندهٔ سروتونین)، MDL72222 آنتاگونیست اختصاصی 5-HT<sub>3</sub> و یوهیمین (آنتاگونیست گیرندهٔ آلفا ۲-آدرنژیک) به‌طور معنی‌داری اثر تسکین‌دهنده در میدان‌ها را مهار می‌نمایند. آن‌ها نتیجه گرفتند اثر تسکینی میدان‌های الکترومغناطیس، دربرگیرندهٔ افزایش مسیر مهارکنندهٔ درد نزولی نور آدرنژیک و سروتونین است (۷). رحیم‌نژاد و همکاران با تعدادی از سمپاتوبلوکرها اثر ضددردی میدان الکترومغناطیس را با استفاده از فرمالین تست مورد مطالعه قرار داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که دردهای ناشی از فرمالین در فاز ۱ با سمپاتوبلوکرها مختلف تقویت نشده، ولی با یک داروی سمپاتومیمتیک که اثر مرکزی دارد این اثر تشدید می‌گردد (۲۱). بنابراین احتمالاً میدان درد ناشی از فرمالین را از طریق CNS کاهش می‌دهد. در این رابطه، محققین اثرات میادین مغناطیسی با فرکانس‌های پایین را بر جنبه‌های مختلف عملکرد سیستم عصبی مورد مطالعه قرار داده‌اند (۲۲، ۲۳).

طی یک بررسی در سال ۲۰۰۴ بر روی موش‌های صحرایی، مشخص شد که میدان‌های الکترومغناطیس، خاصیت تسکین‌دهنده قوی معادل ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم مرفین را دارند که با تجویز نالوکسان (۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) این اثر به‌طور کامل مهار می‌شود و با تزریق مرفین آشکارا افزایش می‌یابد. این امر نشانگر نقش اپیوئیدهای درون‌زا در تسکین درد توسط این میدان‌ها می‌باشد (۱۴).

در سال‌های اخیر و اواخر قرن بیستم، مطالعات زیادی با میدان‌های الکترومغناطیس در فرکانس‌های پایین در موش‌های سوری انجام گرفته است که نمونه‌های آن را در مجلهٔ Bio electromagnetics به‌چاپ رسیده است.

۲۵ هرتز میدان الکترومغناطیس در کاهش درد معنی‌دار نبوده؛ اما فرکانس‌های ۷۵ و ۱۰۰ هرتز درد ناشی از سندرم قطع را به‌خوبی کاهش داده‌اند ( $P < 0.01$ ) (۱۰). در پروژهٔ مورد نظر ما، فرکانس ۷۵ هرتز پاسخ کاهشی معنی‌داری نداشت؛ برعکس فرکانس پایین‌تر ۲۵ هرتز با اختلاف معنی‌دار سبب کاهش علائم که حاکی از درد را نشان داده است (۱۲).

در کاهش درد گوارشی عصبی ناشی از تحریکات واگ، میدان‌های مغناطیسی در فرکانس‌های پایین (۱۰۰ تا ۱۰) هرتز مؤثر بوده که این نتایج با یافته‌های ما همخوانی دارد (۱۸). نتایج تحقیق مزبور، دال بر آن است که احتمالاً میدان مغناطیسی، دردها را از طریق استیل‌کولین و سیستم عصبی کولینرژیک در CNS و سیستم محیطی کاهش می‌دهد.

در تمامی مطالعات گونهٔ حیوان، مدت زمان مواجهه با میدان، شدت میدان، زمان آزمایش، فرکانس و سایر عوامل دخیل است. در مجموع می‌توان گفت، میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین می‌تواند در موجودات زنده احساس درد و همچنین اضطراب را کاهش دهد (۱۹، ۲۰)؛ ولی این مطالعات در زمینهٔ فرایندهای احتمالی آن مراحل آغازین خود را طی می‌کند. قدر مسلم پی‌بردن به مکانیسم میدان مغناطیسی در کاهش درد نیاز به مطالعه و تحقیق فراوان دارد و در این راستا می‌توان تداخل میدان را با استیل‌کولین، دوپامین، سروتونین، نیتریک اکساید، اسپاراتات و گلوتامات، سیستم اپیوئیدی اندوژن و کانال‌های یونی سدیم، پتاسیم و کلسیم و هیستامین و... بررسی کرد.

اثرات میدان‌های مغناطیسی بر جنبه‌های مختلف عملکرد سیستم عصبی بوده است که تاکنون از جنبه‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است که موارد متعددی از این پژوهش‌ها در ارتباط با احساس درد و تسکین درد توسط میدان‌های مغناطیسی می‌باشد (۴، ۹، ۱۱).

احساس درد شاخص خوبی از حساسیت موجودات زنده (حیوانات یا انسان) به محرک‌های محیطی احتمالاً زیان‌بار همچون میدان‌های الکترومغناطیسی است و

میدان الکترومغناطیس با داروها را مورد بررسی قرارداد (۳۰). مطالعه ما نشان داد، میدان الکترومغناطیس در فرکانس‌های خیلی پایین قادر به کاستن دردهای حاد و مزمن آزمون فرمالین می‌باشد. اینکه در دردهای ناشی از فرمالین کدام واسطه عصبی نقش دارد و میدان مغناطیسی از طریق کدام واسطه سبب کاهش درد می‌شود، نیاز به کار و بررسی‌های بعدی دارد. بررسی تداخل میدان مغناطیسی و گیاهان دارویی که در درد مطالعه و پیشنهاد شده‌اند، می‌تواند در برنامه مطالعاتی پژوهشگران جوان قرار بگیرد. کارهای پاتولوژیکی، هیستولوژیکی، ایمونولوژیکی، اندوکرینولوژی، سلولی و مولکولی، سبب تقویت نتایج حاصله در این پروژه‌ها خواهد بود.

یکی از مسائلی که در مورد این میدان‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است، ارزیابی این میدان‌ها بر اساس روش‌ها، روندها با دستگاه‌های مختلف اندازه‌گیری است، شناخت نوع و کارکرد دستگاه‌های اندازه‌گیری و روش‌های عملی استاندارد برای این امر ضروری است. ما با انجام این پروژه دریافتیم که میدان‌های مغناطیسی با فرکانس‌های خیلی پایین، می‌تواند به‌عنوان یک عامل ضد درد عمل نماید. لذا میدان مغناطیسی را تحت این شرایط می‌توان در رده طب آلترا تاتو منظور نمود.

#### تقدیر و تشکر

از معاونت محترم پژوهشی و همکاران ایشان در دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی تهران که در اجرای این پروژه همکاری صمیمانه داشته‌اند، سپاسگزاری می‌نمایم. این مقاله حاصل بخشی از یک پروژه تحقیقاتی با عنوان:

«بررسی امواج الکترومغناطیس با فرکانس‌های پایین (ELFEF) بر درد حاد و مزمن در موش‌های سوری نر» بوده که در مرکز تحقیقاتی گیاهان دارویی این واحد دانشگاهی طی قرارداد ۳۴۸ مصوب ۹۳/۱/۱۸ اجرا شده است.

اثرات میدان در فرکانس پایین بر گیرنده‌های گابا - A و گابا B- مطالعه و اثرات آرام‌بخشی و ضد اضطرابی آن به‌اثبات رسیده است (۲۵،۲۶). همچنین Kitaoka و همکاران در انستیتو علوم زیستی دانشگاه توکیوشیما در ژاپن در اکتبر سال ۲۰۱۳ تأثیر چنین میدان‌ها با فرکانس پایین را در افزایش ترشح هورمون‌های کورتیکوستروئیدی بررسی نموده‌اند (۲۸،۲۷). آن‌ها موش‌های سوری را تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی با فرکانس‌های پایین قرار داده و توانسته‌اند آزاد شدن کورتیزون را بدون دخالت در محور هیپوفیز-هیپوتالاموس-آدرنال بررسی نمایند. گیرنده‌های NMDA اسپاراتات و گلوتماتات تحت تأثیر میدان مغناطیسی با فرکانس پایین قرار گرفته و سبب کاهش اضطراب می‌گردد (۲۹).

با عنایت به مطالب فوق، ارزیابی علمی میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی با فرکانس کم دارای اهمیت بوده و بایستی مورد توجه قرار بگیرند. در ایران مطالعات زیادی در مورد میدان‌های مغناطیسی که در پیرامون ما قرار دارند و یا در محیط‌های کاری به‌طور قهری با آن‌ها مواجه هستیم، انجام نشده است؛ لذا مطالعات بیشتری را می‌طلبد و بایست جنبه‌های مختلف آن مورد بررسی قرار بگیرد.

محققین جوان با استفاده از آگونست‌ها و آنتاگونست‌های سیستم‌های مختلف می‌توانند مطالعاتی داشته باشند و مهم‌تر آنکه نقش درمانی میدان را در درد و بیماری‌های مختلف دنبال نمایند. عوارض و مشکلات داروهای ضد درد غیراستروئیدی و نارکوتیک‌ها بر پزشکان و نورولوژیست‌ها پوشیده نیست؛ لذا ادامه این تحقیقات، مؤکد توصیه می‌گردد. در مجموع می‌توان گفت میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس پایین می‌تواند بر حس درد اثر گذاشته (۱۴، ۲۴) و در مواقعی آن را کاهش دهند. این اثر از جهت سازوکارهای مؤثر در پیدایش آن و همچنین ارتباط ویژگی‌های مؤثر و اثرگذاری این میدان‌ها بر درد، نیاز به تحقیق بیشتری دارد. از جنبه درمانی می‌توان تداخل

## منابع

- Nafisi S, Athari SS, Kazemi R, Hosseini E. Effect of Low and Moderate Frequency Electromagnetic Fields on Stress Behavior in Rat. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences* 2009 ;34:347-52.
- Akhtary Z, Rashidy-Pour A, Vafaei A, Jadidi M. Effects of extremely low-frequency electromagnetic fields on learning and memory and anxiety-like behaviors in rats. *Journal of Semnan Medical Sciences University* 2011; 12:435-446
- Miladi-Gorgi H, Vafaei A. Effect of Systemic Injection of Vasopressin on Anxiety in Plus Maze in mice. *Journal of Guilan medical Sciences* 2005; 53:14-19.
- Amaroli A, Trielli F, Bianco B, Giordano S, Moggia E, Corrado M. Effects of time-variant extremely low-frequency (ELF) electromagnetic fields (EMF) on cholinesterase activity in *Dictyostelium discoideum* (Protista). *Chemico-biological interactions*. 2005; 156-157:355-6.
- Goodman E. M, Greenebaum B, Maron M. Effects of Electromagnetic Fields on Molecules and Cells *International Cytology* 1995; 158: 279-338.
- Baharara J, Hadad F, Ashraf A, Khanderoo E. The effect of extremely low frequency electromagnetic field(50Hz) on induction of chromosomal damages on bone marrow erythrocytes of male Balb/C mouse. *Jorunal of Arak University of Medical Sciences* 2008; 11:19-26.
- Fiorani M, Cantoni O, Sestili P, Conti R, Nicolini P, Vetrano F, Dacha M. Electric and/or magnetic field effects on DNA structure and function in cultured human cells *Mutation, Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 1992; 1: 25-29
- Amini.S and et al. Effect of low Ultrasound waves on diabetic wounds associated with osteomyelitis in clinical trial. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism* 2011; 5:1390-98.
- Baharara J, Parivar K, Ashraf A, Rostami R. The synergetic effects of low frequency electromagnetic fields and vitamin A on the development of skin in Balb/C mice. *Journal of Arak University of Medical Sciences* 2010; 12:10-18.
- Gharamaleki H, Soleymani Rad J, Roshangar L, Vatankhah A, Valipour A. Effect of Extremely Low-frequency electromagnetic field exposure on biomarkers of oxidative stress in pregnant rats. *Journal of Iranian Association of Clinical Laboratory Doctors*. 2014; 25:31-35.
- Rahimnejad MR, BabapourV, Zarindast MR, KhanlariMR. Analgesic effects of extremely low frequency electromagnetic fields in mice. *Journal of Qazvin University of Medical sciences* 1386; 11:26-31.
- Jafri. H, and et al. Effects of low frequency electromagnetic fields on withdrawal syndrome signs in rat. *Iranian Journal of Neurology* 1385; 14: 33-40.
- Rahmani T, Bahrpeyma F, Iranparvar M; Taghikhani M. Study on Effect of Electromagnetic Therapy on Nitric Oxide Level and Ankle Brachial Index of Type 2 Diabetic Patients. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences* 2014; 53:292-300.
- Martin LJ, Koren SA, Persinger MA. Thermal Analgesic effect from week, complex magnetic fields and pharmacological interaction, *journal of Pharmacology Biochemistry And Behavior* 2004; 78: 217-27.
- Thomas AW, Kavaliers M, Prato FS, Assenkopp KP. Antinoceptive effects of pulsed magnetic field in the land snail, *Cepaea nemoralis*. *Neuroscience Letters* 1997; 23:107-110.
- Stupak NM, McKay jc, Nilsson WR, et al. Exposure to a specific Pulsed low frequency magnetic field: A double-blind placebo-controlled study of effects on pain ratings in rheumatoid arthritis and fibromyalgia patients. *Pain Research and Management* 2006; 11:85-90.
- Ganesan K, Gengadharan AC, Balachandran C, Manohar BM, Puvanakrishnan. Low frequency pulsed electromagnetic field--a viable alternative therapy for arthritis. *Indian Journal of Experimental Biology* 2009; 47:939-48.
- PawlukW. Magnetic Field Therapy: Pain Management with Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) Treatment. *Radio Sci Bull* 200; 307: 9-32.
- Clément Y, Joubert C, Kopp C, Lepicard EM, Venault p, Misslin R, et al. Anxiety in mice: a principal component analysis study. *Journal of Neural plasticity* 2007: doi: 10.1155/2007/35457
- Pinheiro SH, Zangrossi H, Graeff FG. Elevated mazes as animal models of anxiety: effects of serotonergic agents. *Journal of Academia Brasilia de ciencias* 2007; 79:71-85.
- Rahimnejad M.R. The role of adrenergic system on the effect of EMF on acute pain sensation. *Journal of veterinary clinical Researches* 2010; 4:253-259.
- Del seipia c, Luschi p, Choloris E, Kavaliers M. Pain perception and electromagnetic fields. *Journal of Neurosciences and Biobehavioral Reviews* 2007: 619-42 .
- Prato FS, Kavaliers M, Cullen AP, Thomas AW. Light - dependent and independent behavioral effects of extremely low frequency magnetic fields in a land snail are consistent with parametric resonance mechanism. *Journal Electromagnetic Biology and Medicine* 1997; 18: 284-91.
- Naomi M, Parto FS, Thomas AW. Human exposure to a specific pulsed magnetic field: effects on thermal sensory and pain thresholds. *Neuroscience Letters* 2004; 363:157-62.
- Taherianfard M, Bahaddini A, Keshtkar S. Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Field and GABAA Receptors On Serum Testosterone Level of Male Rats. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2013; 11(4): e11029.
- Taherian Fard M, Bahaeddini A, ShomaliT. Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Field on GABAB Receptors on Foot Shock-induced Aggression in Rats. *Basic Clin Neurosci*. 2014; 5: 169-172.
- Kitaoka K, Kitamura M, Aoi S, Shimizu N, Yoshizaki K. Chronic exposure to an extremely low-frequency magnetic field induces depression-like behavior and corticosterone secretion without enhancement of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in mice. *Journal of Bioelectromagnetics* 2013; 34: 43 – 51.
- KitaokaK, Kitamura M, Shimizu M, Yoshiza K. Low-frequency magnetic field induces depression-like behavior and corticosterone secretion without enhancement of the hypothalamic-pituitary-adrenal Axis in mice. *Journal of Bioelectromagnetics* 2013; 34(7): 562-562.
- Salunke BP, Umathe SN, Chavan JG. involvement of NMDA receptor in low-frequency magnetic field-induced anxiety in mice. *Journal of Electromagn Biol Med* 2014; 33: 312 – 326.
- Babri S .Bavil FM. Effects of piracetam on memory disturbance due to electromagnetic field exposure. *Medical Journal of Ardebil University of Medical (In press)*.



## The effect of extremely low frequency magnetic field (ELF-MF) on acute and chronic pain in mice

Mahsa Hadipour Jahromi, Hossein.Jafari\*

School of Medicine, Islamic Azad University, Tehran, Iran

\* Corresponding author e-mail: hosseinjafari 55@ ymail.com

### Abstract

**Background and Objective:** Use of extremely low frequency magnetic field (ELF-MF) has been reported in increasing blood sugar, cholesterol, triglyceride and reduction of withdrawal syndrome signs of morphine. Since pain is one of the main considerations and usually analgesic drugs are not very useful and have side effects, therefore, the present project was carried out using formalin test to evaluate the effect of ELF-MF.

**Materials and Methods:** A randomized experimental study was done on test and control groups of mice. 32 male BALB/c mice (mean of weight = 30 g) were divided into 4 groups (n=8). 3 groups of animals exposed to ELF-MF for one week 30 min daily with 25, 50, and 75 HZ and an intensity of 250 $\mu$ T. Formalin 10% was injected i.p. to animals. The responses to formalin were observed for 60 min. Pain scores for the first 5 min (acute pain) and 16-60 min (chronic pain) every 15 s were recorded and compared to control group.

**Results:** In acute phase, the signs significantly reduced by 3 frequencies, i.e., for 25 and 50HZ (p<0.001) and for 75 HZ (p<0.05). In chronic pain, the signs significantly reduced for 25 and 50 HZ (p<0.05). However 50 HZ frequency was the most effective frequency.

**Conclusion:** The findings showed that ELF-MF is effective in formalin induced pain and could be helpful in reduction of pain in general.

**Key words:** ELF-MF, Acute pain, Chronic pain, Mice