

اثر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز روی فعالیت آنزیم آلانین ترانس آمیناز و آسپارات ترانس آمیناز سرم موش

دکتر مجید سیرتی ثابت*، پرتو شیراوژن سیلاخوری**

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۱۰/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۶/۱۱/۳۰

* دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قزوین، دانشکده پزشکی، گروه بیوشیمی و ژنتیک

** هنرستان فنی و حرفه‌ای فلق، تهران

چکیده

زمینه و هدف: استفاده فراوان از منابع تغذیه الکتریکی موجب شده است تا افراد زیادی در معرض میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس ۶۰-۵۰ هرتز قرار گیرند. تاکنون گزارشات متناقضی در ارتباط با اثر میدان‌های الکترومغناطیسی روی سیستم‌های زنده ارائه شده است. آنزیم آلانین ترانس آمیناز (ALT) و آنزیم آسپارات ترانس آمیناز (AST) آنزیم‌های غیراختصاصی پلاسما هستند که افزایش فعالیت آن‌ها در سرم بیانگر آسیب سلولی است. این مطالعه به منظور بررسی اثر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس کم بر فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم موش آزمایشگاهی انجام شد.

مواد و روش کار: این مطالعه تجربی بر روی ۲۴ سر موش نر با وزن تقریبی 5 ± 30 گرم در چهار گروه (هر گروه شش موش) در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. سه گروه در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز و شدت میدان ۲۵۰ میکروتسلا به مدت سی روز و روزانه یک ساعت قرار گرفتند. یک گروه نیز به عنوان شاهد در شرایط مشابه بود اما در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار نگرفت. نمونه خون موش‌ها بعد از ۳۰ روز گرفته شد. فعالیت آنزیم‌های ALT و AST در سرم به روش کینتیکی در 37°C سنجش شد. از نرم افزار کامپیوتری (SPSS (11) و آزمون t و واریانس یک طرفه جهت بررسی آماری و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. **یافته‌ها:** فعالیت آنزیم ALT سرم موش برای گروه‌هایی که در معرض فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز قرار گرفتند به ترتیب $62/2 \pm 44/3$ IU/L، $14/3 \pm 89/8$ IU/L و $10/8 \pm 84/8$ IU/L و میزان فعالیت آنزیم AST به ترتیب $9/1 \pm 183/8$ IU/L، $10/5 \pm 185/5$ IU/L و $15/7 \pm 163/5$ IU/L بود. بین فعالیت آنزیم‌های ALT و AST گروه‌های قرار گرفته در معرض میدان و گروه شاهد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: در این مطالعه، میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز و شدت ۲۵۰ میکروتسلا سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آلانین و آسپارات ترانس آمیناز سرم موش آزمایشگاهی شد. افزایش فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز در سرم می‌تواند به دلیل اثر میدان الکترومغناطیسی بر سلول‌های کبدی باشد. (مجله طبیب شرق، دوره ۹، شماره ۳، پائیز ۸۶، ص ۱۶۳ تا ۱۷۰)

کلیدواژه‌ها: میدان الکترومغناطیسی، ترانس آمیناز، موش، آسیب سلولی

مقدمه

تغذیه الکتریکی موجب شده است تا افراد زیادی در معرض میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز قرار گیرند. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی خطوط نامرئی نیرو هستند که هر وسیله الکتریکی روشن را احاطه نموده‌اند. خطوط

میدان‌های الکترومغناطیسی، محیط اطراف انسان را احاطه نموده‌اند. از اواسط قرن بیستم الکتریسته یکی از اجزای ضروری زندگی بشر شد به طوری که اکنون بسیاری از وسایل مورد استفاده ما بوسیله الکتریسته کار می‌کنند. استفاده فراوان از منابع

گردش خون همراه با شوک و هیپوکسی اتفاق می افتد.^(۱۴،۱۵) تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر فرایندهای زیستی از جمله فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز انجام گرفته و نتایج متفاوتی گزارش شده است.^(۱۰،۱۲،۱۶،۱۷) در برخی از این مطالعات میدان‌های الکترومغناطیسی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز شدند اما در تعدادی از بررسی‌های دیگر تغییری در فعالیت این آنزیم‌ها مشاهده نشد. می‌توان گفت نتایج متفاوت به دلیل وجود تنوع فاکتورهای موثر از جمله فرکانس، شدت میدان، شکل موج، مدت زمان اثردهی و نوع حیوان می‌باشد.

با توجه به اهمیت اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر فرایندهای زیستی و به خصوص اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس‌های پایین که فرکانس مورد استفاده اکثر وسایل الکتریکی است و نیز توجه به این نکته که فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز در سرم می‌تواند شاخصی از میزان تخریب بافتی به ویژه بافت کبد باشد، در این تحقیق اثر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس پایین (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز) و شدت ۲۵۰ میکروتسلا روی فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم موش بررسی گردید.

روش کار

این مطالعه‌ی تجربی در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. از موش‌های آزمایشگاهی نر نژاد آلبینو (موسسه تحقیقات و سرم سازی رازی، کرج) با وزن 30 ± 5 گرم استفاده شد. تعداد ۲۴ سر موش در چهار گروه (هر گروه شش موش) تقسیم شدند. درجه اتاق نگه‌داری حیوانات 22 ± 5 درجه سانتیگراد بود و حیوانات مورد مطالعه در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی ۱۲ ساعت تاریکی قرار داشتند. حیوان‌ها آزادانه به آب و غذای مخصوص موش (شرکت خوراک دام پارس، کرج) دسترسی داشتند. قبل از شروع مراحل مختلف آزمایش جهت آماده‌سازی موش‌ها، ۱۰ روز به آن‌ها اجازه داده شد تا به محل جدیدشان عادت کنند. گروه شاهد (گروه یک) در معرض

انتقال نیرو، سیم‌های حاوی جریان الکتریکی و دستگاه‌های الکتریکی روشن همگی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ایجاد می‌کنند. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (میدان‌های الکترومغناطیسی) نیز مانند اشعه ایکس، امواج نور مرئی، امواج کوتاه و امواج رادیویی از جمله انرژی‌های الکترومغناطیسی هستند. انرژی‌های الکترومغناطیسی در فرکانس متفاوت هستند. میدان‌های الکترومغناطیسی منابع تغذیه الکتریکی دارای فرکانس ۵۰ الی ۶۰ هرتز هستند. این میدان‌ها انرژی کمی را حمل می‌کنند و فاقد اثر یونیزان بوده و در اغلب موارد حتی اثرات حرارتی نیز ندارند. مشخص شده است که میدان‌های الکترومغناطیسی دارای فرکانس بالا آثار گرمایی دارند اما میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس پایین سبب تحریکات عصبی می‌گردند.^(۱) محققین در مطالعات مختلف اثر میدان‌های الکترومغناطیسی را بر فرایندهای مهم زیستی از جمله روند تکثیر سلولی^(۲،۳)، انتقالات یونی^(۳،۴)، ترمیم استخوان^(۵)، ترمیم عصب^(۶)، تولید رادیکال‌های آزاد^(۷)، تغییر مقدار هورمون‌ها^(۸)، تعدیل فعالیت آنزیم‌ها^(۱۰،۱۱) و تغییر مقدار برخی از پروتئین‌های غشا و داخل سلول^(۱۲،۱۳) بررسی نموده‌اند.

ترانس آمینازها آنزیم‌هایی هستند که انتقال گروه آمین را بین یک اسید آمینه و یک آلفاکتواسید کاتالیز می‌کنند. دو آنزیم ترانس آمیناز مهم آنزیم‌های آلانین ترانس آمیناز (ALT) یا گلوتامات پیرووات ترانس آمیناز (GPT) و آسپارات ترانس آمیناز (AST) یا گلوتامات اگزوالوآستات ترانس آمیناز (GOT) می‌باشند. آنزیم ALT (EC 2.6.1.2) آنزیمی سیتوپلاسمی است که واکنش برگشت‌پذیر تبدیل آلانین به پیرووات را کاتالیز می‌نماید. آنزیم AST (EC 2.6.1.1) هم در سیتوپلاسم و هم در میتوکندری وجود دارد و واکنش برگشت‌پذیر تبدیل آسپارات به اگزوالوآستات را کاتالیز می‌کند. آنزیم‌های ALT و AST آنزیم‌های غیراختصاصی خون هستند که افزایش فعالیت آن‌ها در سرم به هنگام آسیب سلول‌های پارانشیم کبد از جمله هپاتیت ویروسی، نکروز کبدی حاصل از سموم و نارسایی

ECOM-E 6125 بررسی گردید. میزان آنزیم بر حسب واحد بین‌المللی فعالیت آنزیم بر لیتر (IU/L) گزارش شد.^(۱۴) اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS (ویرایش ۱۱/۵) در کامپیوتر وارد گردید. از آزمون t، آنالیز واریانس یک طرفه و جهت بررسی Post Hoc از آزمون LSD برای تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد. سنجش‌ها دو بار تکرار شد و از میانگین نتایج در محاسبات آماری استفاده شد. نتایج به صورت « میانگین \pm انحراف معیار» بیان شده است. اختلاف آماری با $P < 0/05$ معنی‌دار تلقی گردید.

یافته‌ها

میانگین فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم موش‌ها در گروه‌های مختلف در جدول شماره ۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که فعالیت آنزیم ALT در سرم موش‌های گروه دو، سه و چهار که به ترتیب در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز بودند به ترتیب $84/3 \pm 6/2$ IU/L، $89/8 \pm 14/3$ IU/L و $84/8 \pm 10/8$ IU/L بود. فعالیت ALT در سرم موش‌های گروه یک (گروه شاهد) $3/8 \pm 6/2$ IU/L بود. فعالیت آنزیم ALT در سرم موش‌های گروه‌های قرار گرفته در میدان الکترومغناطیسی نسبت به گروه شاهد افزایش داشت و این افزایش از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$). تفاوت آماری معنی‌داری در فعالیت آنزیم ALT بین گروه‌های قرار گرفته در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز مشاهده نشد.

فعالیت آنزیم AST در سرم موش‌های گروه دو، سه و چهار که به ترتیب در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز بودند به ترتیب $183/8 \pm 9/1$ IU/L، $10/5 \pm 10/5$ IU/L و $163/5 \pm 15/7$ IU/L بود و نسبت به گروه یک (گروه شاهد) که $147/2 \pm 7/5$ IU/L بود افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$).

میدان الکترومغناطیسی قرار نگرفت و گروه‌های دوم، سوم و چهارم به ترتیب تحت میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز و شدت میدان ۲۵۰ میکروتسلا قرار گرفتند. هر گروه از حیوانات قبل از روشن شدن دستگاه الکترومغناطیس در دستگاه خاموش قرار گرفتند تا با محیط دستگاه سازگار شوند. گروه‌های حیوانی به مدت سی روز و روزانه یک ساعت در میدان الکترومغناطیسی قرار گرفتند. عرض پالس دو میلی‌ثانیه در نظر گرفته شد. برای تولید میدان الکترومغناطیس از دستگاه مدل سیگنال لافایت به عنوان منبع اولیه تولید جریان الکتریکی استفاده شد. مولد میدان مغناطیسی مورد نظر سیم‌پیچ‌هایی با هزار دور سیم لاکمی بود. دستگاه شامل دو حلقه (کویل) بود که با فاصله سی سانتیمتر به موازات یکدیگر قرار داشتند. دو حلقه موازی مشتمل بر هزار دور سیم لاکمی بود که درون یک جعبه محافظ قرار داشت. در وسط دو کویل داخل جعبه (کمد مانند) صفحه‌ای محکم تعبیه شده بود که وقتی قفس مخصوص حیوان بر روی این صفحه قرار می‌گرفت حداکثر جریان مغناطیسی به داخل قفس وارد می‌گشت. قفس کوچک موش به راحتی می‌توانست بین دو کویل قرار بگیرد و موش‌ها در قفس آزادانه در حرکت بودند. برای اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی از دستگاه تسلا متر با پروب اثر هال مدل کوشاوا ساخت کارخانه و نترونیک آلمان استفاده شد.

فعالیت آنزیم‌های ALT و AST توسط کیت شرکت شیم آنزیم سنجش شد. فعالیت آنزیم ALT در سرم به روش کنتیکی بر اساس تبدیل آلانین به پیرووات و به دنبال آن تبدیل پیرووات به لاکتات که همراه با مصرف NADH است سنجش شد. برای سنجش فعالیت آنزیم AST در سرم به روش کنتیکی از واکنش تبدیل اسپاراتات به اگزالواتات و به دنبال آن تبدیل اگزالواتات به مالات که همراه با مصرف NADH است استفاده شد. میزان تغییر جذب در طول موج ۳۴۰ نانومتر در ۳۷ درجه سانتیگراد توسط دستگاه طیف‌سنج ایندورف مدل

جدول ۱ - میانگین فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم موش‌ها در گروه‌های مختلف

گروه‌ها	گروه یک (شاهد)	گروه دو (فرکانس = ۲۵ هرتز)	گروه سه (فرکانس = ۵۰ هرتز)	گروه چهار (فرکانس = ۱۰۰ هرتز)
فعالیت آنزیم ALT (IU/L)	۶۶/۲ ± ۳/۸	۸۴/۳ ± ۶/۲*	۸۹/۸ ± ۱۴/۳*	۸۴/۸ ± ۱۰/۸*
فعالیت آنزیم AST (IU/L)	۱۴۷/۲ ± ۷/۵	۱۸۳/۸ ± ۹/۱*	۱۸۵/۵ ± ۱۰/۵*	۱۶۳/۵ ± ۱۵/۷*

* P < ۰/۰۵ در مقایسه با گروه شاهد.

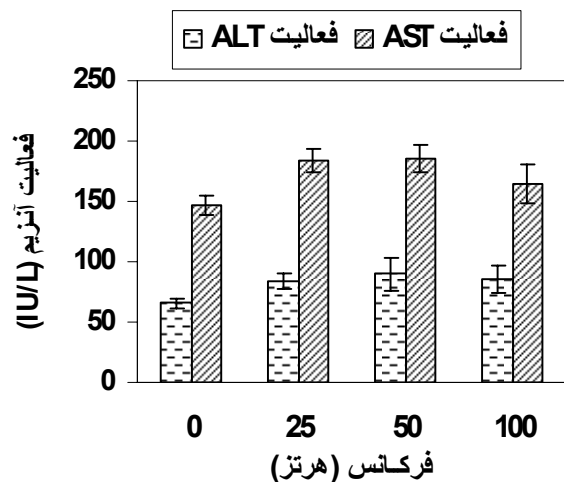
بحث

در این مطالعه ارتباط معنی‌داری بین افزایش فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم موش بین گروه شاهد و گروه‌های قرار گرفته در میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز مشاهده شد. مطالعات متعددی در خصوص اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس پایین بر روی فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز انجام گرفته است. بخشی از نتایج این بررسی با مطالعه‌ای که در سال ۱۹۹۹ که بر روی فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم کارگران در یک کارخانه فولادسازی انجام شد هم‌خوانی دارد. در مطالعه فوق افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم AST سرم در کارگرانی که دارای سابقه کار بیش از ده سال بودند گزارش شد. در محیط کار این کارگران فرکانس میدان ۵۰ هرتز و شدت میدان مغناطیسی ۲ A/m (۲/۵ میلی‌تسلا معادل ۲۵ گوس) و شدت میدان الکتریکی ۲۰ V/m بود^(۱۰). در مطالعه‌ی دیگری اثر میدان الکترومغناطیسی بر روی فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز در کبد خوکیچه‌های هندی بررسی شد. در این مطالعه میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز سبب تغییر فعالیت آنزیم‌های ALT و AST کبد خوکیچه‌های هندی شد. در این پژوهش اثر میدان الکترومغناطیسی روی متابولیسم سلول‌های کبدی دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های ALT و AST در کبد خوکیچه‌های هندی بیان گردید^(۱۲). اما در مطالعه‌ی دیگری که روی افراد داوطلب انجام شد این افراد به مدت چهار هفته به صورت پیوسته و ناپیوسته در

تفاوت معنی‌داری در فعالیت آنزیم AST بین گروه‌های قرار گرفته در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵ و ۵۰ هرتز مشاهده نشد اما بین این گروه‌ها و گروهی که در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۱۰۰ هرتز بود تفاوت معنی‌داری در فعالیت آنزیم AST وجود داشت (P < ۰/۰۵).

نسبت DeRitis که نسبت AST/ALT است در مورد گروه‌هایی که در معرض میدان بودند نسبت به گروه کنترل تغییر فاحشی نداشت. این نسبت در گروه دو، سه و چهار که به ترتیب در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز بودند برابر ۲/۲، ۲/۱ و ۱/۹ و در گروه یک (گروه شاهد) ۲/۲ بود.

نمودار ۱ - میانگین فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم موش‌ها در گروه‌های مختلف



معرض میدان مغناطیسی با شدت ۱۰ میکروتسلا (۱۰۰ میلی‌گوس) قرار گرفتند. هیچ‌گونه تغییری در مقادیر آنزیم‌های ALT و AST مشاهده نشد^(۱۶). همچنین در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۸۲ روی کارگران واحدهای انتقال برق انجام شد تغییری در فعالیت آنزیم‌های ALT و AST مشاهده نشد^(۱۷).

نتایج حاصل از مطالعات گذشته در خصوص اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر موجودات زنده مشخص نمودند که برخی از فرایندهای مهم بیوشیمیایی در مسیرهای متابولیک تحت تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی قرار می‌گیرند. توجیه مکانیسم اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر موجودات زنده بسیار پیچیده است. می‌توان گفت که میدان‌های الکترومغناطیسی ابتدا در موجود زنده تغییرات فیزیکی و شیمیایی ایجاد می‌نمایند و به دنبال آن اثرات زیستی میدان بر سیستم زنده مشاهده می‌شود. یکی از اثرات مهم فیزیکی و شیمیایی میدان‌های الکترومغناطیسی تاثیر بر جهت‌گیری و جابجایی ترکیبات دو قطبی و یونی است.^(۹،۱۰) در این مطالعه افزایش فعالیت آنزیم‌های ALT و AST سرم در حیواناتی که در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار گرفتند مشاهده شد. این دو آنزیم ترانس آمیناز به عنوان شاخص حساس در ارتباط با آسیب سلول‌های کبدی مطرح هستند. این آنزیم‌های ترانس آمیناز غلظت بالایی در داخل سلول‌های کبدی دارند و به دنبال تغییر در نفوذپذیری غشاء و یا تخریب سلول‌های کبدی وارد خون شده و میزان آن‌ها نسبت به حالت طبیعی در سرم افزایش می‌یابد. میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند به طرق مختلف روی فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز اثر داشته باشند که از جمله می‌توان به تاثیر آن‌ها بر سلول‌های پارانشیم کبد اشاره نمود. با توجه به عدم تغییر فاحش نسبت AST به ALT در این بررسی می‌توان توجیه نمود که احتمالاً هنگام آزمایش تغییرات ساختمانی میتوکندری‌ها در سلول‌های کبدی ایجاد نشده است. البته باید به این نکته اشاره نمود که افزایش فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز

مختص آسیب سلول‌های کبدی نیست و می‌تواند در موارد دیگری از جمله آسیب‌های عضلانی نیز مشاهده شود. دلیل دیگری که می‌توان جهت افزایش فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز ذکر نمود تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر ترشح و عملکرد هورمون‌های موثر بر فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز از جمله هورمون‌های گلوکوکورتیکوئیدی در بافت‌ها می‌باشد. در برخی از بررسی‌ها مشاهده شد که میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند روی مقدار برخی از هورمون‌ها در خون اثر نمایند از جمله در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۵ بر روی خوکچه هندی انجام شد افزایش هورمون کورتیزول در حیواناتی که در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار داشتند مشاهده شد.^(۹)

با توجه به موارد اشاره شده می‌توان بیان نمود که عوامل متعددی می‌توانند در افزایش فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز در شرایط این مطالعه اثر داشته باشند لذا پیشنهاد می‌شود که با انجام مطالعات تکمیلی در مورد اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر فعالیت آنزیم‌ها، نقش احتمالی هر کدام از موارد ذکر شده روی فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز دقیق‌تر بررسی گردد.

سپاسگزاری

قسمتی از نتایج این پژوهش مربوط به طرح تحقیقاتی مصوب کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی قزوین بود که با همکاری مرکز توسعه تحقیقات علوم پایه پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی و کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی قزوین جهت حمایت مالی از این طرح پژوهشی و مرکز توسعه تحقیقات علوم پایه پزشکی جهت همکاری در اجرای طرح سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از همکاری آقایان مرتضی سعیدی‌یگانه، سلمان شیخی، علی حاج‌احمدیان، اسماعیل عباسی و فرهاد خباز قدردانی می‌گردد.

References

۱. ثقفی نیا م، مقصودی دماوندی ا، نفیسی ن، محبی ح. بررسی اثرات زیانبار سلاح های الکترومغناطیس بر روی انسان و محیط. طب نظامی، دوره هفت، شماره ۱، سال ۱۳۸۴، ص ۷۴-۶۹.
۲. پریور ک، محسنی کوچصفهانی ه، مشهدی اکبربوچار م، حیاتی رودباری ن. بررسی آثار میدان الکترومغناطیسی بر رشد جوانه های اندام حرکتی فوقانی و تحتانی جنین موش نژاد Balb/C در شرایط invitro. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، دوره چهارم، شماره ۱، سال ۱۳۸۳، ص ۳۲۶-۳۱۵.
۳. محبت کار ح. تاثیر توام میدان الکترومغناطیس و آنتی بیوتیک پلی میکسین بر رشد سودوموناس آئروژینوزا و باسیلوس سرئوس. مجله ارمان دانش، شماره ۳۴، سال ۱۳۸۳، ص ۲۱-۱۳.
4. Blank M, Soo L. Optimal frequencies for magnetic acceleration of cytochrome oxidase and Na, K-ATPase reactions. *Bioelectrochemistry* 2001; 53(2):171-174.
5. Landry PS, Sadasivan KK, Marino AA, et al. Electromagnetic fields can affect osteogenesis by increasing the rate of differentiation. *Clinical Orthopaedics* 1997; 338:262-270.
۶. نیکروش م، بهنام رسولی م، مهدوی شهری ن، پوربخشی م. بررسی اثرات میدان های الکترومغناطیس بر حفظ نورون های گانگلیون های ریشه خلفی عصب سیاتیک ضایعه دیده در رت. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان، دوره بیست و هشت، شماره ۲، سال ۱۳۸۲، ص ۳۵-۲۹.
7. Kula B, Sobczak A, Kuska R. Effects of electromagnetic field on free-Radical Processes in Steelworkers. Part I: Magnetic Field Influence on the Antioxidant Activity in Red Blood Cells and Plasma. *Journal of Occupational Health* 2002;44(4):226-229.
8. 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.
9. Zare S, Hayatgeibi H, Alivandi S, et al. Effects of whole-body magnetic field on changes of glucose and cortisol hormone in guinea pigs. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 2005;1(4):217-219.
10. Kula B, Sobczak A, Grabowska-Bochenek R, et al. Effect of electromagnetic field on serum biochemical parameters in steelworkers. *J Occup Health* 1999;41:177-180.
11. Pashovkina MS, Akoev IG. Effect of low-intensity pulse-modulated microwave on human blood aspartate aminotransferase activity. *Radiats Biol Radioecol* 2001;41(1):59-61.
12. Kula B. Effect of electromagnetic fields on the living body. II. Changes in alanine and aspartate aminotransferase activities in subcellular fractions of the liver of guinea pigs. *Med Pr* 1988;39(1):8-14.
13. Moses GC, Martin AH. Effect of magnetic fields on membrane associated enzymes in chicken embryos, permanent or transient? *Biochem Mol Biol Int* 1993;29(4):757-762.

14. Moss DW, Henderson AR, Kachmar JF. Enzymes. In: Tietz NW, editor. Textbook of clinical chemistry. Philadelphia: W. B. Saunders Company; 1986: 691-697.
15. Nemesanszky E. Enzyme test in hepatobiliary disease. In: Moss DW, Rosalki SB, editors. Enzyme tests in diagnosis. London: Arnold; 1996: 32-35.
16. Selmaoui B, Lambrozo J, Touitou Y. Assessment of the effects of nocturnal exposure to 50-Hz magnetic fields on the human circadian system. A comprehensive study of biochemical variables. *Chronobiol Int* 1999; 16(6):789-810.
۱۷. سعادت م، پارسایی م، بهالدینی ا، محبت کارج. تغییرات در آزمون کارکرد کبدی در اثر مواجهه شغلی با میدان الکترومغناطیس. *ارمغان دانش*، شماره ۳۲، سال ۱۳۸۲، ص ۳۹-۳۳.

Effects of electromagnetic field with 25, 50 and 100 Hz frequency on serum alanine transaminase and aspartate transaminase activity in mice

Sirati Sabet M, PhD*; Silakhori P, MSc**

Background: *The widespread use of electric power results in exposure of humans to low level 50/60 Hz electric and magnetic fields. There are some controversial reports about the impact of electromagnetic field (EMF) on biological systems. Alanine transaminase (ALT) and aspartate transaminase (AST) are nonspecific enzymes of plasma whose elevations are an indicator of cellular damage. The aim of this investigation was to study the effect of low frequency EMF exposure on activities of serum ALT and AST of mice.*

Materials and Methods: *In this experimental study twenty four male mice weighting 30 ± 5 g were divided into four groups each of six animals. The treatment groups were exposed to electromagnetic field (EMF) intensity of 250 microtesla and with frequency of 25, 50 and 100 Hz for one hour per day for thirty days. The control group was in the similar situation without exposure to EMF. The blood samples were taken after thirty days. ALT and AST activities were determined at 37°C by kinetic method. The data were analyzed by SPSS (version 11.5) computer software.*

Results: *Mice serum ALT activity was 84.3 ± 6.2 , 89.8 ± 14.3 and 84.8 ± 10.8 IU/L and AST activity was 183.8 ± 9.1 , 185.5 ± 10.5 and 163.5 ± 15.7 IU/L in groups exposed to 25, 50 and 100 Hz electromagnetic fields respectively. Significant differences were detected in ALT and AST activities between exposed groups and control group ($P < 0.05$).*

Conclusion: *In this study, 250 microTesla intensity EMF with 25, 50 and 100 Hz frequency increased the mice serum ALT and AST activities. Serum ALT and AST activities enhancement can be due the electromagnetic fields effect on liver.*

KEY WORDS: *Electromagnetic Field, Transaminase, Mice, Cellular Damage*

* Dept of Biochemistry and Genetic, Faculty of Medicine, Ghazvin University of Medical Sciences and Health Services Ghazvin, Iran.

** Falagh Industrial School, Tehran, Iran