

تأثیر سطوح مختلف میدان الکترومغناطیس بر میزان گلوکز سرم موش‌های سوری دیابتی شده با استرپتوزوسین

اقدامی، ا. *^۱، پیری، ح. ^۲، جواهری وایقان، ع. ^۳، صولتی، ا.ع. ^۱

دریافت: ۱۳۸۸/۸/۲۱ پذیرش: ۱۳۸۹/۲/۲۵

خلاصه:

بیماری دیابت، یکی از شایع‌ترین بیماری‌های سیستم غدد درون‌ریز بوده و در جوامع پیشرفته باتوجه به سبک زندگی و روش تغذیه، شیوع آن رو به افزایش است. در سال‌های اخیر استفاده از میدان‌های مغناطیسی در پیشگیری، رفع علائم و درمان بیماری‌ها نظیر درد و زخم، بیماری‌های عصبی و ... به عنوان طب جایگزین بررسی شده است. در این تحقیق از موش‌های سوری نر دیابتی شده با استرپتوزوسین استفاده شده است. موش‌ها در شش گروه شش‌تایی تقسیم شدند. گروه‌ها شامل: ۱- شاهد سالم ۲- دریافت‌کنندگان انسولین ۳- دریافت‌کنندگان متفورمین و گروه‌های ۴، ۵، ۶ که به ترتیب در میدان الکترومغناطیسی ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز با شدت ۲۵۰ میکروتسلا روزانه ۴۵ دقیقه بمدت دو هفته قرار گرفتند. یافته‌ها به‌وسیله آمار ناپارامتری (کروسکال والیس، U - من ویتنی) آنالیز شدند. نتایج نشان داد مقدار گلوکز خون گروه شاهد سالم $130 \pm 4/7$ ، متوسط گلوکز سرم سایر گروه‌ها پس از دیابتی شدن و قبل از درمان برابر با 181 ± 10 و مقدار گلوکز سرم گروه‌های ۲ تا ۶ بعد از درمان به ترتیب عبارت بود از $162 \pm 3/14$ ، $165 \pm 3/7$ ، $141 \pm 13/6$ ، $169 \pm 9/5$. آنالیز آماری نشان داد که میدان مغناطیسی با فرکانس ۲۵ هرتز و شدت ۲۵۰ میکروتسلا بیشترین کاهش را بر روی قند خون موش‌های دیابتی شده ایجاد می‌کند ($p < 0.05$) و میدان مغناطیسی با فرکانس ۱۰۰ هرتز اثر ناچیزی بر کاهش قند خون موش‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: دیابت، استرپتوزوسین، میدان الکترومغناطیس، انسولین، متفورمین

۱. گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران.

۲. گروه بیوشیمی و ژنتیک، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

۳. گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۴. گروه دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران.

* نویسنده مسؤل: eghdami_a@yahoo.co.in

دیابت شیرین شامل گروهی از اختلالات هتروژن است که هیپرگلیسمی و گلیکوزوری از مشخصات بارز آن است. دو نوع اصلی آن شامل دیابت وابسته به انسولین (نوع یک) و دیابت غیر وابسته به انسولین (نوع دو) می‌باشد. در این بیماری اختلال در متابولیسم چربی و پروتئین مشاهده می‌گردد و به دلیل کاهش انسولین و یا عدم حساسیت به اثرات آن، متابولیسم کربوهیدرات‌ها غیر طبیعی است. تعداد افرادی که به دیابت مبتلا هستند در سطح جهان در حال افزایش است و تخمین زده می‌شود که تعداد مبتلایان از ۱۳۵ میلیون نفر در سال ۱۹۹۵ به ۳۰۰ میلیون نفر در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید (Anabela و همکاران، ۲۰۰۷). هرچند درمان‌های دارویی عوامل مؤثری در کنترل بیماری دیابت و کاهش عوارض آن محسوب می‌گردند اما تحقیقات گوناگون نشان داده‌اند که این روش‌های درمانی خالی از اشکال نیستند به طوری که استفاده از این نوع درمان‌ها باعث ایجاد حساسیت (آلرژی)، دیستروفی در محل تزریق، هیپوگلیسمی، تحریکات گوارشی و اسیدوز لاکتیک می‌شوند. علاوه بر این تداخلات دارویی ناشی از مصرف هم‌زمان داروهای دیگر مانند آسپیرین و انواع سالیسیلات‌ها و مقاومت دارویی به عنوان نقطه ضعف درمان دارویی مطرح است (Babri و همکاران، ۲۰۰۴).

محققان به دنبال رفع این معضلات، به استفاده از شیوه‌های درمانی غیر دارویی (طب جایگزین) توجه کرده‌اند؛ از جمله استفاده از میدان‌های الکترومغناطیسی (EMF) و تحریک عصبی مغناطیسی. همچنین مطالعات متعددی بر روی اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر سطح گلوکز و سایر پارامترهای خون انجام شده است. در مطالعه Gabriele و همکاران (۲۰۰۸) روی اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس و شدت پایین بر متابولیسم رت مشاهده شد که در یک اثر طولانی مدت میدان الکترومغناطیسی سبب تغییر بسیاری از پارامترهای متابولیسمی نظیر وزن بدن، گلوکز و اسیدهای چرب می‌شود (Gabriele و همکاران، ۲۰۰۸). در تحقیق دیگری نشان داده شد که میدان الکترومغناطیسی ثابت با قدرت ۵۰ میکروتسلا اثری روی افزایش وزن و مقدار

گلوکز خون موش ندارد (Abassi و همکاران، ۲۰۰۷). Bonhomme-Faivre و همکاران (۲۰۰۳) اثر میدان الکترومغناطیسی بر روی سیستم ایمنی انسان و موش را بررسی کردند و اثرات متفاوتی را در ارتباط با شمارش لنفوسیت‌ها هم در انسان و هم در موش مشاهده نمودند. Harakawa و همکاران، (۲۰۰۴) نیز اثر میدان الکتریکی ۵۰ هرتز بر روی مقدار ACTH، گلوکز، لاکتات و پیرووات در موش‌های تحت استرس را بررسی کردند و مشاهده نمودند که این شرایط باعث افزایش ACTH و گلوکز می‌شود ولی کاهش لاکتات را به دنبال دارد. زخم‌های چرکی (Kuliev و همکاران، ۱۹۹۲)، درمان عوارض مربوط به نفروپاتی (Musaev و همکاران، ۲۰۰۲؛ Musaev و همکاران، ۲۰۰۳) و بهبود زخم در موش‌های دیابتی و موش‌های طبیعی (Callaghan و همکاران، ۲۰۰۸) توسط میدان الکترومغناطیسی مورد بررسی قرار گرفتند. Sakurai و همکاران، (۲۰۰۸) اثرات میدان مغناطیسی با فرکانس بسیار پایین را بر روی ماندگاری و عملکرد سلول‌های بتا ارزیابی کردند. Kost و همکاران، (۱۹۸۷) نیز اثر میدان الکترومغناطیسی در آزادسازی تدریجی انسولین زیر جلدی و کاهش مقدار قند خون را مشاهده نمودند. با توجه به مطالعات انجام شده مذکور و اهمیت یافتن راه‌های درمانی مناسبتر برای درمان دیابت و از سوی دیگر اثرات متفاوت میدان‌های الکترومغناطیسی بر سیستم‌های زنده، در این تحقیق بر آن شدیم تا اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس‌های مختلف بر میزان گلوکز خون را بررسی کرده، میزان تأثیر آنها در کاهش گلوکز خون را با درمان‌های دارویی با متفورمین و انسولین مقایسه کنیم.

مواد و روش کار

این تحقیق در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام گرفت. حیوانات مورد آزمایش، موش‌های سوری نر از نوع آلبینو بودند. میانگین وزن موش‌ها 35 ± 5 گرم بود. حیوانات مورد بررسی ۳۶ سر بودند که در دمای 21 ± 2 درجه سانتی‌گراد در گروه‌های شش‌تایی در هر قفس قرار داده

موازات یکدیگر قرار داشتند. دو حلقه موازی مشتمل بر هزار دور سیم لاکه درون یک جعبه محافظ قرار گرفته بود. در وسط دو کوپل 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 کوپل قرار گیرد 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 ترونیک آلمان استفاده شد.

در ادامه، موش‌های گروه ۲ (موش‌های دیابتی شده) تحت درمان با انسولین قرار گرفتند. غلظت انسولین تهیه شده ۱ واحد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. تزریق زیر جلدی انجام می‌گرفت و میزان تزریق در هر نوبت ۰/۱CC روزانه بود و تا دو هفته ادامه داشت. و موش‌های گروه ۳ تحت درمان با داروی متفورمین قرار گرفتند. قرص‌های متفورمین ۵۰۰ میلی گرمی بود. با توجه به دوز انسانی دارو (روزانه یک قرص ۵۰۰ میلی گرمی) و با توجه به وزن موش‌ها، میزان متفورمین خوراکی حل شده در سرم فیزیولوژی ۰/۲ CC به صورت گاوژ و روزانه یک نوبت برای دو هفته تجویز شد.

آزمون آماری

تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده در گروه‌های مورد مطالعه، از طریق آزمون‌های آماری ANOVA ناپارامتری، با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت.

نتایج:

موش‌های دیابتی شده، در روزهای اولیه بشدت پرنوشی و پراداری داشتند. میانگین قند خون گروه‌های دوم تا ششم (دیابتی شده) در اولین نمونه‌برداری به طور معنی‌داری نسبت به گروه اول (گروه شاهد غیر دیابتی) بالاتر بود ($p < 0/05$). نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌های نمونه‌برداری نوبت دوم نشان داد که میانگین قند خون در شش گروه آخر یکسان نیست و آزمون تعقیبی دانت نشان داد که این اختلاف مربوط به گروه میدان مغناطیسی با فرکانس ۲۵ است. از سه میدان

شدند. حیوانات آزادانه به آب لوله‌کشی و غذای مخصوص دسترسی داشتند. به منظور حصول سازش با محیط آزمایش پس از گذشت دو هفته از استقرار حیوانات عمل تیماردهی انجام گرفت. برای القای دیابت در حیوانات از داروی استرپتوزوسین (STZ) به صورت تک‌دوز داخل صفاقی به میزان 60 mg/kg حل شده در محلول سالین فیزیولوژیک استفاده شد (گودزی و همکاران، ۲۰۰۵). حیوانات با تزریق استرپتوزوسین بعد از ۳ روز، دیابتی شدند. گروه‌های شش‌گانه عبارت از گروه (۱) شاهد سالم، گروه (۲) دریافت‌کننده انسولین، گروه (۳) دریافت‌کننده متفورمین و گروه‌های چهارم، پنجم و ششم که به ترتیب واقع‌شونده در میدان‌های الکترومغناطیسی ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ هرتز با شدت ۲۵۰ میکروتسلا و روزانه ۴۵ دقیقه بمدت دو هفته بودند.

نمونه‌برداری نوبت اول از گروه (۱) پس از استقرار در قفس‌ها و از گروه‌های (۲) تا (۶) بعد از تزریق استرپتوزوسین و دیابتی شدن و نمونه‌برداری نوبت دوم از کلیه گروه‌ها پس از اتمام تیمارها انجام گرفت.

شرایط آزمایش شامل عواملی نظیر مدت زمان استقرار، شدت میدان، دما، زمان قراردادن حیوانات در میدان الکترومغناطیسی، وزن موش‌ها، شرایط غذا و... ثابت و کاملاً مشابه هم بود. موش‌های سه گروه آخر تحت تأثیر امواج الکترومغناطیسی مطابق گروه‌بندی فوق قرار گرفتند. هر گروه از حیوانات قبل از روشن شدن دستگاه الکترومغناطیس در دستگاه خاموش قرار گرفتند تا با محیط دستگاه سازگار شوند. این گروه‌ها به مدت سی روز و روزانه بمدت ۴۵ دقیقه در میدان الکترومغناطیسی قرار گرفتند. خون‌گیری از حیوانات از طریق دم صورت می‌گرفت. از هر حیوان در حدود ۰/۵ CC خون دریافت شد و بعد از جدا شدن سرم، گلوکز آن به روش آنزیمی گلوکز اکسیداز (زیست شیمی) و با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل اسپکترونیک ۲۰ اندازه‌گیری شد.

برای تولید میدان الکترومغناطیس از دستگاه مدل سیگنال لافایت، به عنوان منبع اولیه تولید جریان الکتریکی استفاده شد که عرض پالس آن دو میلی ثانیه بود. مولد میدان الکترومغناطیسی مورد نظر سیم‌پیچ‌هایی با هزار دور سیم لاکه شامل دو حلقه (کوپل) بود که با فاصله سی سانتیمتر به

مغناطیسی مورد استفاده، میدان مغناطیسی با فرکانس ۲۵ هرتز (Hz) بیش از میدان‌های مغناطیسی با فرکانس‌های ۵۰ و ۱۰۰ هرتز قند سرم را نسبت به گروه دیابتی شاهد کاهش داده است، بطوری که استفاده از میدان مغناطیسی با فرکانس ۲۵ هرتز (Hz) سبب کاهش معنی‌دار گلوکز سرم در موش‌های دیابتی گردید ($p < 0.05$). این کاهش برای میدان مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز (Hz) و میدان مغناطیسی با فرکانس ۱۰۰ هرتز (Hz) معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). میدان

مغناطیسی با فرکانس ۲۵ هرتز (Hz) قند سرم را در موش‌های دیابتی بیشتر از انسولین و متفورمین کاهش داد ولی این تفاوت در کاهش معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). نتیجه کلی از مجموع یافته‌ها در گروه‌های مختلف این بود که با کاهش فرکانس میدان مغناطیسی، میزان قند سرم کمتر شد. میانگین و انحراف معیار قند خون در گروه‌های شش‌گانه در جدول ۱ ارائه شده است.

گروه‌های مختلف	شاهد	میانگین کلی گروه های دیابتی شده قبل از درمان	دیابتی شده تحت درمان با انسولین	دیابتی شده تحت درمان با متفورمین	دیابتی نگهداری شده در میدان ۲۵ هرتز	دیابتی نگهداری شده در میدان ۵۰ هرتز	دیابتی نگهداری شده در میدان ۱۰۰ هرتز
میانگین قند سرم	۱۳۰	*۱۸۱	۱۶۲	۱۶۵	**۱۴۱	۱۶۵	۱۶۹
SD	۴/۷	۱۰	۳/۴	۳/۷	۱۳/۶	۱۴/۲	۹/۵

جدول ۱: میانگین قند خون (mg/dL) گروه‌های شش‌گانه تحت درمان با تیمارهای مختلف

• اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد ($p < 0.05$) ** اختلاف معنی‌دار با گروه دیابتی شده ($p < 0.05$)

بحث:

در سال‌های اخیر تحقیقات گوناگونی در ارتباط با تأثیر امواج الکترومغناطیسی بر سیستم‌های زنده صورت گرفته است و این پژوهش نیز در همین راستا بوده و نتایج حاصل از آن نشان داد که میدان الکترومغناطیسی قادر است میزان گلوکز را در موش‌های مورد آزمایش کاهش دهد ولی میزان کاهش در همه فرکانس‌های مورد استفاده یکسان نیست و حتی در بعضی از موارد تغییرات ناچیز بوده و معنی‌دار نمی‌باشد. از سوی دیگر مقایسه درمان‌های دارویی توسط متفورمین و

انسولین با اثر میدان الکترومغناطیسی نیز نشان داد که تنها در یک مورد و آن هم در میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۵ هرتز اختلاف معنی‌داری در کاهش گلوکز خون داشت که از این جهت یافته‌های این تحقیق، هم‌جهت با بعضی از تحقیقات صورت گرفته توسط محققین دیگر است که تأثیر میدان مغناطیسی با فرکانس بسیار پایین بر روی ماندگاری و عملکرد سلول‌های بتا را ارزیابی کرده، افزایش ترشح انسولین را در محیط کشت سلول نشان دادند (Elbetieha و همکاران، ۲۰۰۲؛ Sakurai و همکاران، ۲۰۰۸).

کردند که اختلالاتی معنی‌دار در متابولیسم گلوکز ایجاد گردید و همچنین باروری موش‌ها تحت تأثیر قرار گرفت (Elbetieha و همکاران، ۲۰۰۲).

در مواردی فرکانس بالا و شدت بالای میدان الکترومغناطیس ممکن است سبب شکستن پیوندهای شیمیایی در بیومولکول‌ها گردد که شکسته شدن پیوندها تغییراتی را در پروسه‌های بیوشیمیایی و میزان مواد به وجود می‌آورد (Elbetieha و همکاران، ۲۰۰۲). حتی در بعضی از موارد عنوان شده است که چرخه کربس دچار اختلال می‌شود که احتمالاً ناشی از بلوکه شدن تبدیل آلفا کتوگلو تاریک اسید به سوکسینل کوآنزیم A است. همچنین این امکان وجود دارد که این تغییرات به علت تغییر در عملکرد لاکتات و دهیدروژناز باشد که میدان مغناطیسی موجب آن می‌شود (Al-Akhras و همکاران، ۲۰۰۱).

مقایسه تحقیق حاضر با مجموعه کارهای صورت گرفته، نتایج متفاوت و ضد و نقیضی را نشان می‌دهد که این تغییرات ایجاد شده در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و سایر اعمال بیوشیمیایی بستگی به شرایط کار دارد. علاوه بر نوع حیوان، جنس حیوان، میزان فرکانس، عواملی نظیر زمان استقرار در میدان، شدت میدان مغناطیسی، سینوسی بودن و یا پالسی بودن دستگاه، درجه حرارت، محیط و عوامل فیزیکی دیگر در ایجاد تغییرات نقش مؤثری دارند. در نهایت این که برای پی بردن به این مسأله که بالاخره کدام عامل در تغییر گلوکز و یا سایر پارامترهای بیوشیمیایی مؤثر است و برای دستیابی به یک استاندارد فرکانس و شدت میدان الکترومغناطیسی تحقیقات بیشتری نیاز است و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی با ثابت نگه داشتن فرکانس، شدت میدان را تغییر داده و مقدار گلوکز را اندازه‌گیری کرد.

ابتدا تحقیقات بر روی جنبه‌های منفی احتمالی این امواج متمرکز بود؛ چراکه با ایجاد و گسترش صنایع مختلف از جمله برق، الکترونیک و مخابرات بررسی آثار و پیامدهای مخرب آن نیز مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفت. اما نتایج تحقیقات گوناگون که نشان از اثرات متفاوت بر روی بافت‌های زنده داشت توجه پژوهشگران را به سمت استفاده از آثار مثبت میدان‌ها یا الکترومغناطیس در پزشکی جلب نمود. Zare و همکاران، (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای، کوچک‌هندی را در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس‌های ۵ و ۵۰ هرتز و شدت میدان ۰/۱۳ و ۰/۲۰۷ میکروتسلا بمدت ۲ تا ۴ ساعت قرار دادند که نتیجه آن کاهش معنی‌داری در میزان گلوکز خون در میدان ۵۰ هرتز بود ولی حضور با زمان‌های متفاوت در نتایج حاصل، تفاوتی ایجاد نکرد. یکی از نتایج مورد توجه در تحقیق حاضر این بود که همه فرکانس‌های میدان الکترومغناطیسی مورد استفاده به جز فرکانس ۲۵ هرتز، قادر به تغییر معنی‌دار در کاهش میزان گلوکز خون نبود که از این حیث نیز با نتایج تحقیقات محققان مذکور هم راستاست هرچند نوع فرکانس میدان الکترومغناطیسی و شدت میدان در این تحقیق با تحقیقات دیگر متفاوت است. Harakawa و همکاران، (۲۰۰۴) اثر میدان الکترومغناطیسی ۵۰ هرتز را بر روی مقدار هورمون ACTH، گلوکز، لاکتات و پیرووات را در موش‌های تحت استرس بررسی و مشاهده کردند که میزان ACTH و بویژه گلوکز متفاوت از تحقیق حاضر و سایر تحقیقات مذکور، افزایش نشان داد ولی لاکتات کاهش یافت. اما نتایج گروه دیگری از محققان حاکی از بی‌تأثیر بودن میدان الکترومغناطیسی با شدت میدان ۵۰ میکروتسلا بر گلوکز خون بود (Abassi و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین در سال ۲۰۰۲ گروهی از محققان موش‌های بالغ نر و ماده را در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین قرار دادند و مشاهده

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه به جهت حمایت مالی از طرح انجام گرفته، نهایت تشکر به عمل می‌آید و همچنین از گروه بیوشیمی و ژنتیک دانشگاه علوم پزشکی قزوین به جهت در اختیار گذاشتن آزمایشگاه، تجهیزات و راهنمایی‌های لازم سپاسگزاری می‌شود.



Effect of Electromagnetic Field on Male Diabetic Balb/C Mice Induced by Streptozocin (STZ)

Eghdami, A. ^{1*}, Piri, H. ², Javaheri-Vayeghan, A. ³, Solati, A. ⁴

Received: 12. 11.2009

Accepted: 15.05.2010

Abstract:

Diabetes mellitus is one of the wide spreading endocrine diseases and its prevalent is increasing in human societies based on foreseen on style of modern life and nutrition habits. Use of Electromagnetic Field in preventing and treating diseases such as, pain relief healing ulcers and nervous system disorders has been recently examined as a medication substitute. In this investigate STZ-induced diabetic Balb/c mice were used. These animals were divided in six groups containing six mice in each group. Group 1 control, group 2 using insulin, group 3 using metformin, groups 4, 5, and 6 putting in electromagnetic field with 25, 50 and 100 Hz frequency and 250 μ T intensity, respectively 45 minute daily for two weeks. Results were analyzed by Nonparametric Statistic (kruskal-wallis and U-mann withney) Test.

Results showed that the level of blood glucose for control group was 130 ± 4.7 mg/dl and the mean level of blood glucose for other groups after being diabetic and before treatment was 181 ± 10 mg/dl. The level of blood glucose for groups 2 – 6 after treatment were 162 ± 3.14 , 165 ± 3.7 , 141 ± 13.6 , 165 ± 14.2 , 169 ± 9.5 mg/dl, respectively.

In conclusion, the data indicated that a magnetic field with a frequency of 25 Hz and a field intensity of 250 μ T produced the highest decreasing effect on blood sugar level ($p < 0.05$), and a magnetic field with higher frequency equal to 100 Hz indicated inconsiderable effect on blood sugar.

Key Words: Diabetes mellitus, Streptozocin (STZ), Electromagnetic Field, Insulin, Metformin.

1. Biology group, Islamic Azad University, Saveh Branch, Saveh, Iran.
2. Biochemistry and genetic group, Medical Science University of Ghazvin, Gazvin, Iran.
3. Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran
4. Veterinary group, Islamic Azad University, Saveh Branch, Saveh, Iran.

*Corresponding author: eghdami_a@yahoo.co.in

گودرزی، ا.؛ حاجی‌زاده، س.؛ فیروزآبادی، ع. ۱۳۸۴. تأثیر میدان‌های الکترومغناطیس نوسان‌دار با فرکانس بسیار پایین در ترمیم زخم پوستی موش‌های صحرایی دیابتی. دوماهنامه علمی - پژوهشی دانشگاه شاهد. ۱۲ (۵۶)، ۳۳-۳۸.

Anabela, P., Carlos, M. 2007. Diabetes and mitochondrial function: Role of hyperglycemia and oxidative stress. *Toxicology and Applied Pharmacology*. **225(2)**: 214-220.

Babri, S.H., Khalaji, N. 2004. Deficits on passive avoidance learning after exposure to electromagnetic field in male rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research (IJPR)*. **3(1)**:62-62.

Gabriele, G., Antonella, D.N., Marco, P., Vanni, F., Filippo, B., Sandro, M. 2008. Effect of electromagnetic fields of low frequency and low intensity on rat metabolism. : *BioMagnetic Research and Technology*. **1** : (6). 3-7.

Abassi, M., Nakahjavani, M., Hamidi, S., Azma, T., Esteghamati, A. 2007. Constant magnetic field of 50 mT does not affect weight gain and blood glucose level in BALB/c mice. *Medical Science International*. **13**: 151-154.

Bonhomme-Faivre, L., Marion, S., Forestier, F., Santini, R., Auclair, H. 2003. Effects of electromagnetics fields on the immune systems of occupationally exposed humans and mice. *Archives of Environmental Health*. **58(11)**:712-7.

Harakawa, S., Takahashi, I., Doge, F., Martin, D.E. 2004. Effect of a 50 hz electric field on plasma ACTH, glucose, lactate, and pyruvate levels in stressed rats. *Bioelectromagnetics*. **25(5)**:346-51.

Kuliev, R.A., Babaev, R.F., Akhmedova, L.M., Ragimova, A.I. 1992. Treatment of suppurative wounds in patients with diabetes mellitus by magnetic field and laser irradiation. *Khirurgiia (Mosk)*. **(7-8)**:30-3.

Musaev, A.V., Guseinova, S.G., Imamverdieva, S.S. 2003. The use of pulsed electromagnetic fields with complex modulation in the treatment of patients with diabetic polyneuropathy. *Neuroscience and Behavioral Physiology*. **33(8)**:745-52.

Musaev, A.V., Guseinova, S.G., Imamverdieva, S.S. 2002. Application of impulse complex modulated electromagnetic fields in management of patients with diabetic polyneuropathy. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*. **102(12)**:17-24.

Callaghan, M.J., Chang, E.I., Seiser, N., Aarabi, S., Ghali, S., Kinnucan, E.R., Simon, B.J., Gurtner, G.C. 2008. Pulsed electromagnetic fields accelerate normal and diabetic wound healing by increasing endogenous FGF-2 release. *Plastic and Reconstruct Surgery*. **121(1)**:130-41.

Sakurai, T., Yoshimoto, M., Koyama, S., Miyakoshi, J. 2008. Exposure to extremely low frequency magnetic fields affects insulin-secreting cells. *Bioelectromagnetics*. **29(2)**:118-24.

Kost, J., Wolfrum, J., Langer, R. 1987. Magnetically enhanced insulin release in diabetic rats, *J. Biomed. Journal of Biomedical Materials Research*. **21(12)**:1367-73.

Elbetieha, A., AL-Akhras, M.A., Darmani, H. 2002. Long-term exposure of male and female mice to 50 Hz magnetic field: Effect on fertility. *Bioelectromagnetics*. **23(2)**:168-72.

Zare, S., Hayatgeibi, H., Alivandi, S. 2005. Effect of whole-body Magnetic Field on changes of Glucose and cortisol Hormone in Guinea Pigs. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. **1(4)**:217-219.

Al-Akhras, M.A., Elbetieha, A., Hasan, M.K., Al-Omari, I., Darmani, H., Albiss, B.2001. Effects of extremely low frequency magnetic field on fertility of adult male and female rats. *Bioelectromagnetics*. **22(5)**:340-4.