

اثر میدان‌های الکترومغناطیسی یکنواخت (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گاوس) با فرکانس ۱۰۰ هرتز بر پروتئین‌های سرم خون و بافت کبد و طحال موش نژاد Balb/C

فرحناز انصاری، کاظم پریور، نعمت... گلستانیان

دانشگاه خاتم، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

دانشگاه تربیت معلم، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

(دریافت: ۱۳۸۱/۱۲/۲۷؛ پذیرش: ۱۳۸۱/۸/۶)

چکیده

در این تحقیق اثرات هر یک از میدان‌های الکترومغناطیسی با شدت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ گاوس و فرکانس ۱۰۰ هرتز روی پروتئین‌های اصلی سرم خون و بافت‌های کبد و طحال موش‌های ماده بالغ نژاد Balb/C مورد بررسی قرار گرفت. این میدان‌ها مدلی از میدان‌های مغناطیسی رایج در جوامع بشری است، و در این مطالعه شرایط کاری برخی مشاغل و وضعیت انسان در آن مکان‌ها باز سازی شده است. با استفاده از سیستم پیچ‌های هلمهولتز، میدان‌های مغناطیسی یکنواختی ایجاد شد. بدین منظور، چهار گروه تجربی ($n=24$) یک‌هفته بطور مداوم در معرض میدان‌های مورد نظر قرار گرفتند و نتایج با گروه‌های شم ($n=6$) و کنترل ($n=6$) مقایسه گردید. بررسی‌های الکتروفورتیک روی پروتئین‌های سرم خون نشانگر کاهش معنی‌دار در میانگین آلبومین ($p < 0.001$) و افزایش معنی‌دار گاماگلوبومین سرم خون ($p < 0.05$) در موش‌هایی است که در میدان مغناطیسی با شدت ۵۰ گاوس قرار داشته‌اند، ولی میانگین گلوبولین‌های آلفا یک، آلفا دو و بتا در گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. بررسی ساختار بافتی کبد بیانگر افزایش معنی‌دار ($p < 0.05$) در تجمع سلول‌های منونوکلئار، قطر هیپاتوسیت‌ها و قطر هسته‌ها و هیپاتوسیت‌ها در گروه‌هایی است که در معرض میدان‌های مغناطیسی ۵۰ و ۱۰۰ گاوس قرار داشته‌اند و میانگین تعداد سلول‌های کوپفر در گروهی که در معرض میدان ۵۰ گاوس قرار گرفته بودند کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) پیدا کرده است. همچنین، بررسی هیستولوژیک بافت طحال بیانگر افزایش معنی‌داری ($p < 0.05$) در تعداد سلول‌های مگاکاریوسیت و قطر پولپ‌های سفید در میدان‌های با شدت ۵۰ و ۱۰۰ گاوس می‌باشد. به این ترتیب باتوجه به اینکه عامل مدت زمان میدان‌دهی در کلیه مراحل ثابت بوده، نتایج نقش شدت اثر میدان‌دهی، بخصوص در میدان‌های ۵۰ و ۱۰۰ گاوس، مثبت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: میدان الکترومغناطیسی، پروتئین‌های سرم خون، بافت کبد و طحال، موش سوری نژاد Balb/C.

مقدمه

بدنبال استفاده روزافزون و گسترده از الکتریسته در صنایع و کاربرد انواع وسایل الکتریکی و مغناطیسی در منازل و محیط کار، و تأثیر احتمالی میدانهای الکترومغناطیسی بر سلامت انسان، توجه بسیاری از پژوهشگران به بررسی اثرات مضر این میدانها معطوف شده است. خطوط انتقال نیرو، گرمایش القایی، تصویرگیری پزشکی و کلیه وسایل برقی که در منزل مصرف دارند، سیستم‌های حمل و نقل برقی و بسیاری از ابزارهای دیگر، از جمله منابع تولید میدانهای الکتریکی و مغناطیسی می‌باشند.

تحقیقات متعددی که توسط اپیدمیولوژیست‌ها صورت گرفته است، بیانگر ارتباط میدانهای مغناطیسی در منازل و محیط کار با افزایش خطر انواع سرطان‌ها، بویژه سرطان خون، در دوران کودکی و بزرگسالی می‌باشد (Wertheimer *et al.*, 1995; Leeper, 1979)، ولی برخی مطالعات دیگر چنین ارتباطی را گزارش نکرده‌اند (Myers *et al.*, 1990).

مطالعات روی تغییر رشد سلولی توسط پریور و همکاران (۱۳۷۵)، بررسی کاهش در میزان تنفس سلولی توسط Goodman (۱۹۹۴)، تغییر در متابولیسم کربوهیدراتها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک توسط Lyle (۱۹۹۷)، تغییرات در غدد درونریز توسط محسنی کوچصفهانی و همکاران (۱۳۷۹)، تغییر در واکنش هورمونی سلولها و بافتها (شامل اثرات روی گیرنده‌های سطح سلولی)، توسط Gandhi (۱۹۷۶)، نشان داده‌اند که هیچ‌گاه صدمات حاصل از پدیده الکترومغناطیسی از زندگی روزمره حذف نمی‌شود و باید در صدد به حداقل رسانیدن آن بود.

در این تحقیق با توجه به مطالعات انجام شده قبلی، اثرات القایی میدانهای الکترومغناطیسی یکنواخت با شدت‌های متفاوت بر میزان پروتئین‌های خون، کبد و طحال موش نژاد Balb/C بررسی شده است. با توجه به اهمیت مطالعه تغییرات پروتئین‌های خون در تشخیص بیماریهای مختلف و بستگی آن به تغییرات متابولیسم در بدن موجودات زنده، تغییرات پروتئین‌های اصلی سرم خون هر گروه تجربی که بمدت یک هفته در میدانهای مغناطیسی با شدت معین قرار داشته‌اند، مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین بدلیل اهمیت اندام‌های کبد و طحال در تغییرات متابولیسمی بدن، ارتباط با سیستم ایمنی و واکنش‌های استرسی احتمالی ناشی از میدانهای مغناطیسی که متوجه حیوان می‌شود، بافت‌های مربوط نیز مورد مطالعات بافتی قرار گرفته‌اند.

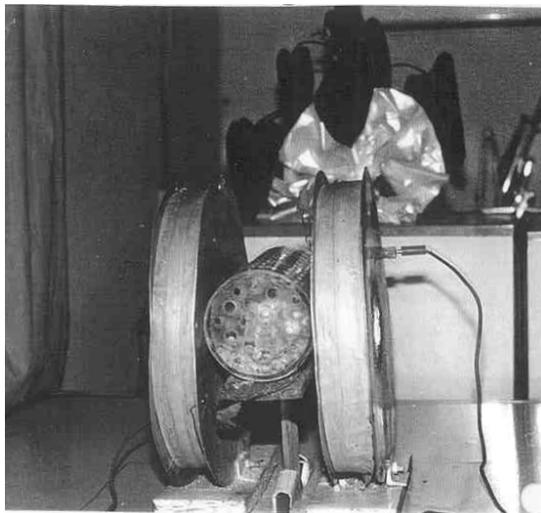
مواد و روشها

تجربیات بر روی چهار گروه از موش‌های سوری نژاد Balb/C صورت پذیرفت. در این طرح موشهای ماده نابالغ یک ماهه (تهیه شده از انستیتو پاستور ایران) در اتاق حیوانات با رطوبت (۶۵-۷۰٪)، دمای $23 \pm 1^\circ\text{C}$ و میزان نور (۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی) نگهداری شدند تا به سن بلوغ (با وزن ۲۷-۳۰ گرم) رسیده و برای انجام تجربیات مورد استفاده قرار بگیرند.

برای تولید میدان الکترومغناطیسی از سیستم پیچ‌های هلمهولتز که بطور سری در مدار قرار می‌گرفتند، استفاده شد. مدار طراحی شده، منبع تغذیه یکسو کننده جریان، ترانسفورماتور واریاک، جهت تغییر میزان جریان ورودی به سیم‌پیچ‌های هلمهولتز و بدست آوردن شدت‌های مورد نیاز در هر مرحله، مولتی‌متر، اوسیلوسکوپ، سیم‌های رابط و یک جفت سیم‌پیچ جهت تولید میدان مغناطیسی (شکل ۱) را شامل می‌شود. جهت اندازه‌گیری میدان با استفاده از ولت‌متر و مولتی‌متر، ولتاژ و شدت جریان الکتریکی در مدار اندازه‌گیری شده و سپس با انجام محاسبات ریاضی شدت میدان حاصل از مدار مورد بحث با استفاده از ضریب ثابتی که بستگی به شدت جریان بکار رفته دارد قابل محاسبه خواهد بود، یعنی شدت میدان در یک سیم پیچ به این ترتیب بدست می‌آید:

$$B_1 = 209/54 I_m \quad (I_m = \text{شدت جریان ماکزیمم})$$

باتوجه به اینکه در بوبین هلمهولتز دو سیم پیچ داریم، از رابطه $B = 1/43 B_1$ می‌توان ماگزیمم شدت میدان در سیستم مورد استفاده را محاسبه کرد.



شکل ۱- جفت سیم پیچ‌های هلمهولتز جهت تولید میدان مغناطیسی

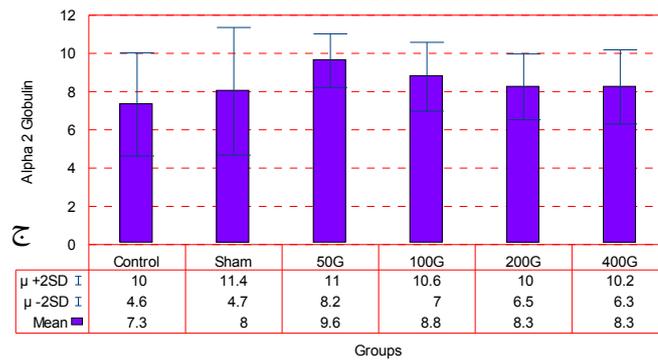
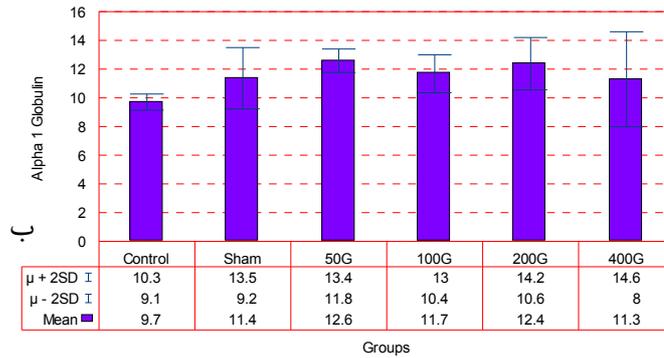
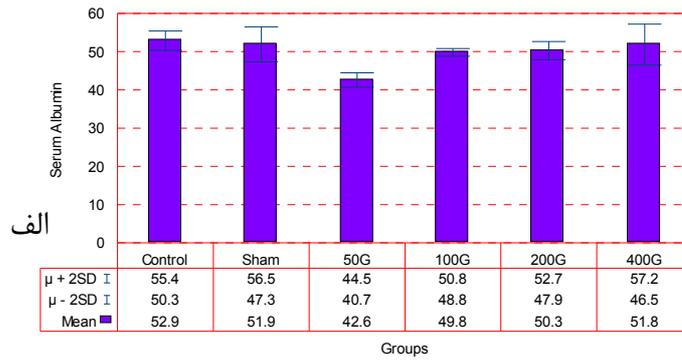
در هر تجربه شش موش در دو گروه سه‌تایی در قفس کوچکی از جنس پلاستیک خشک که به این منظور تهیه شده بود، قرار گرفته و در مرکز پیچه‌ها جای داده شدند. غذا در داخل قفس و آب از طریق بطری شیشه‌ای در اختیار موش‌ها قرار می‌گرفت. علاوه بر چهار گروه تجربی، یک گروه شم ($n=6$) و یک گروه کنترل ($n=6$) نیز در نظر گرفته شد. پس از اینکه هر گروه تجربی به مدت یک هفته در میدانهای مغناطیسی مورد نظر قرار گرفتند، موشها تشریح شده و ابتدا از قلب آنها خون‌گیری شد و پس از جدا کردن سرم خون، جهت انجام بررسی‌های الکتروفوریتیک روی کاغذ استات سلولز آماده شد. با استفاده از این بررسی‌ها پنج پروتئین اصلی خون (آلبومین و گلوبولین‌های α_1 ، α_2 ، β و γ) بر حسب گرم در دسی‌لیتر با استفاده از دانسیتومتر (در طول موج ۵۲۰ نانومتر) اندازه‌گیری شد. کبد و طحال کلیه نمونه‌ها نیز در فیکساتور بوئن تثبیت شد و پس از انجام مراحل آگیری، الکل‌زدایی و نفوذ پارافین، قالب‌گیری با پارافین انجام شد. سپس قالب‌ها با ضخامت ۵ میکرون برش‌برداری عرضی شده و با هماتوکسیلین-ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. در مورد نمونه‌های شم و کنترل نیز بررسی‌های فوق‌عیناً انجام گرفت و نتایج گروههای تجربی، شم و کنترل با یکدیگر مقایسه گردید. داده‌های حاصل با استفاده از آنالیز واریانس و آزمون مقایسه چندگانه توکی و بکارگیری نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج

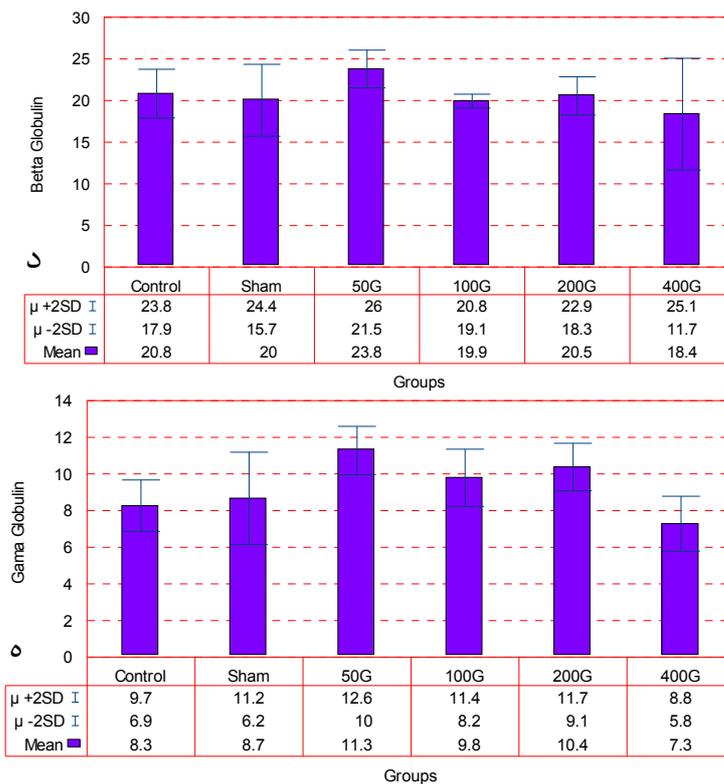
قبل از بررسی نتایج حاصله، ذکر تغییرات ظاهری و رفتاری در حیوانهای مورد مطالعه جالب توجه می‌باشد، بطوری که علائم ظاهری مثل بسته شدن پلک‌ها، قرمزی چشم (ocular osthenopia) و تورم عروق لاله گوش بخوبی قابل تشخیص بود. همچنین از نظر رفتاری تحرک آنها کمتر شده بود و تمایل بیشتری را به خواب نشان می‌دادند.

الف - تأثیرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر پروتئین‌های اصلی خون: نتایج آماری نشان می‌دهند که میانگین مقدار آلبومین سرم خون گروهی که در میدان مغناطیسی با شدت ۵۰ گاوس قرار داشته کاهش معنی‌داری نسبت به گروههای شم و کنترل پیدا کرده‌است. همچنین، گاماگلوبولین سرم خون موشهایی که در میدان ۵۰ گاوس قرار داشته‌اند افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد. این در حالی است که میزان گلوبولین‌های آلفا یک، آلفا دو و بتا در گروههای مورد آزمایش نسبت به گروههای شم و کنترل اختلاف معنی‌دار آماری ندارند، به عبارت دیگر، شدت میدانهای بکار رفته در مقدار این پروتئین‌ها بی‌تأثیر بوده است (نمودارهای ۱ الی ۵).

ب - تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر کبد: نمودارهای ۸-۶ نشان می‌دهند که متوسط تعداد تجمعات سلولهای منونوکلئار، اندازه قطر هیپاتوسیت‌ها و قطر هسته هیپاتوسیت‌ها

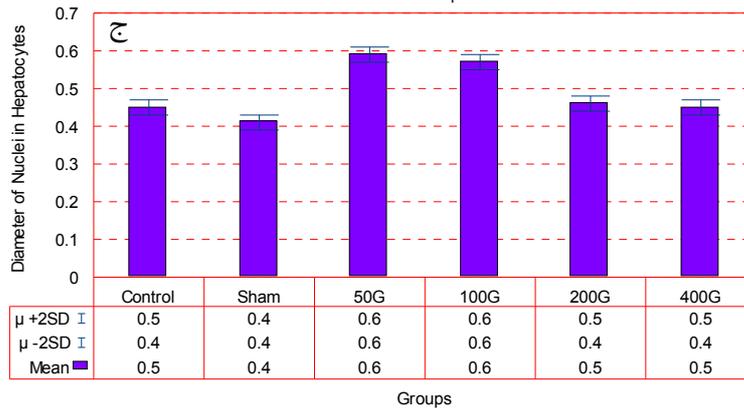
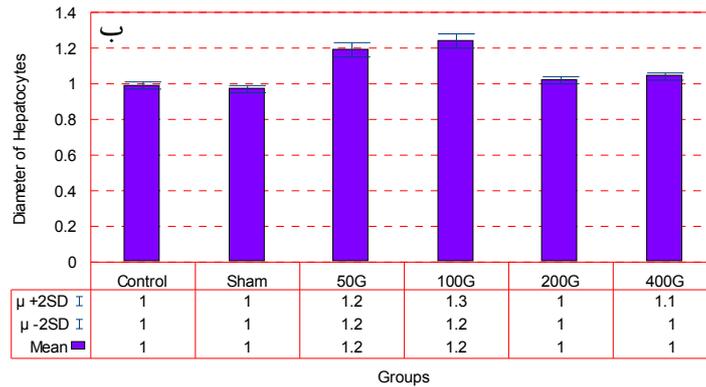
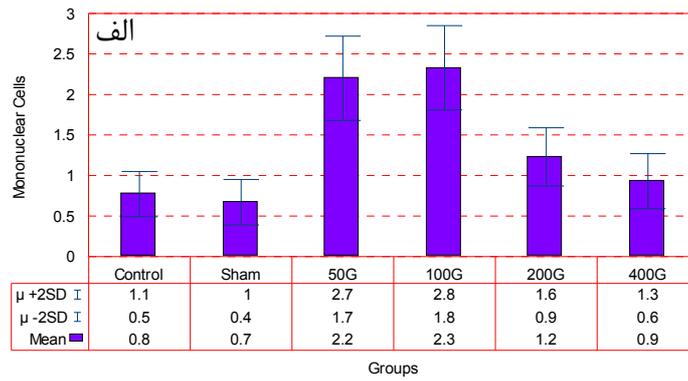


نمودارهای ۵-۱- مقایسه میانگین پروتئین‌های اصلی سرم خون بین گروه‌های تجربی و کنترل * بیانگر ۰/۰۵ P کاهش معنی‌دار مقدار آلبومین سرم خون (الف) و افزایش معنی‌دار مقدار گاماگلوبولین (هـ) موشه‌هایی که در میدان مغناطیسی با شدت ۵۰ گاوس قرار داشته‌اند. در صورتی که میزان گلوبولین‌های آلفا یک (ب) ، آلفا دو (ج) و بتا (د) در گروه‌های مختلف تغییرات معنی‌داری نداشته‌اند.

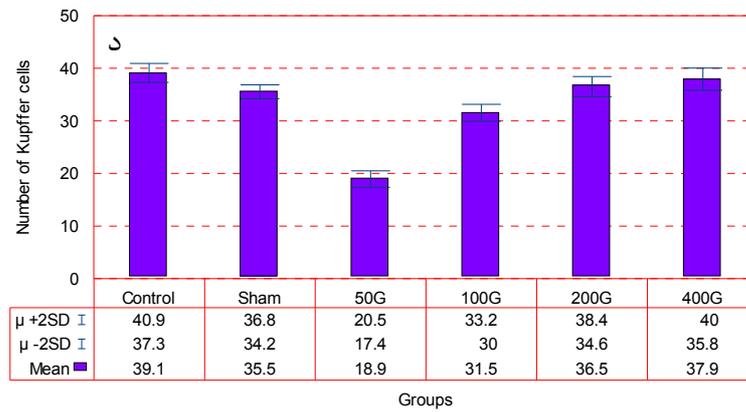


نمودارهای ۵-۱-۱- ادامه

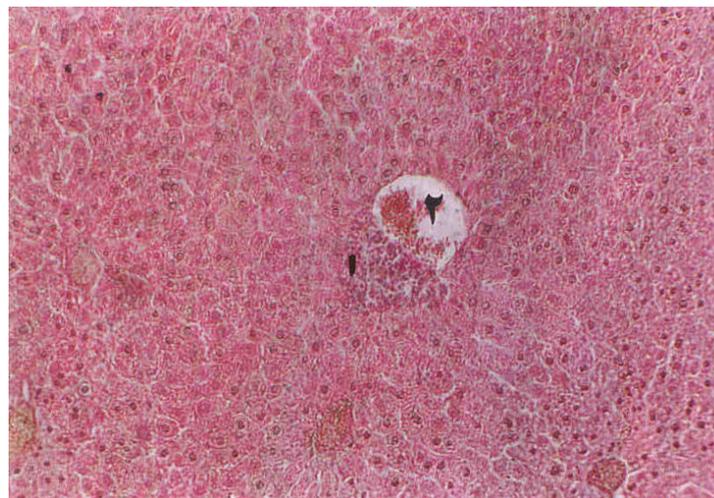
در گروههایی که در معرض میدانهای مغناطیسی ۵۰ و ۱۰۰ گاوس قرار داشتند بیشتر از گروههای دیگر است. همچنین، نمودار ۹ نشان می‌دهد که میانگین سلولهای کوپفر در گروهی که در معرض میدان مغناطیسی ۵۰ گاوس بوده بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است (شکل‌های ۲ و ۳).



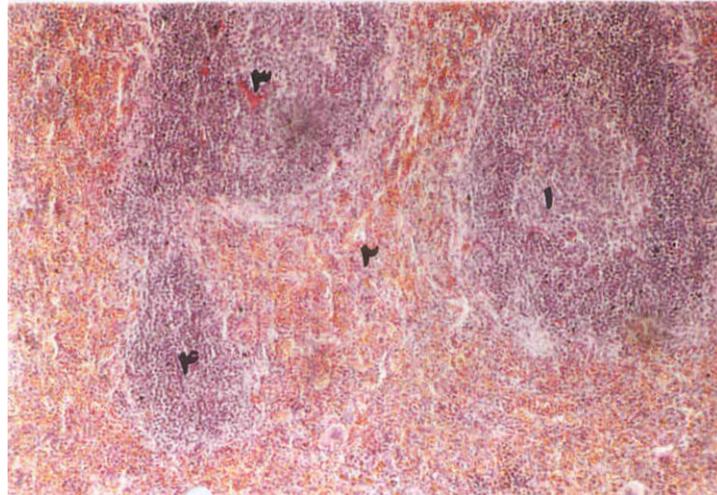
نمودارهای ۹-۶- مقایسه تغییرات بافتی کبد بین گروههای تجربی، و کنترل* بیانگر $P < 0.05$ و افزایش معنی دار در تعداد تجمعات سلولهای منونوکلئار (الف) - اندازه قطر هیاتوسیتها (ب) - و قطر هسته هیاتوسیتها (ج) - در گروههایی است که در معرض میدانهای ۵۰ و ۱۰۰ گاوس قرار داشتند. ولی میانگین تعداد سلولهای کوپفر در گروهی که در معرض میدان ۵۰ گاوس بوده کاهش پیدا کرده است (د).



نمودارهای ۹-۶- ادامه

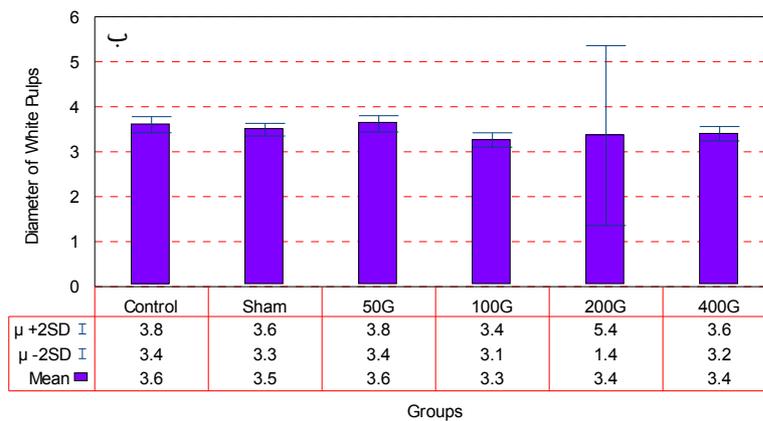
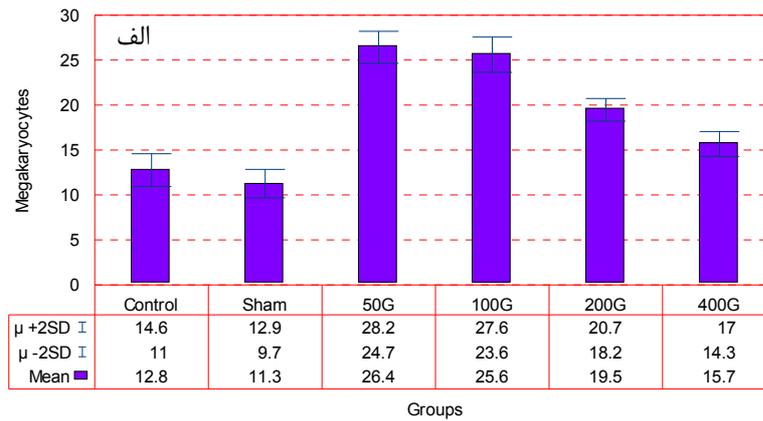


شکل ۲- بافت کبد موش در معرض میدان مغناطیسی ۵۰ گاوس بوده است. تجمع سلولهای منونوکلئار در اطراف رگ بخوبی قابل مشاهده است. ۱- تجمع سلولهای منونوکلئار ۲- مقطع عرضی موی رگ



شکل ۳- بافت طحال موش در معرض میدان ۵۰ گاوس بوده است. ۱ و ۴- پولپ‌های سفید
۲- پولپ قرمز ۳- موی‌رگ مرکز پولپی

ج - تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر طحال: تعداد سلولهای مگاکاریوسیت در دو گروه تجربی که تحت تأثیر میدانهای ۵۰ و ۱۰۰ گاوس قرار داشته‌اند به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است، درحالی که میانگین اندازه قطر پولپ‌های سفید نیز در دو گروه ۵۰ و ۱۰۰ گاوس نسبت به گروه‌های شم کنترل اختلاف معنی‌داری پیدا کرده است (نمودارهای ۱۰ و ۱۱). با توجه به حذف عامل مدت‌زمان میدان‌دهی در تحقیق حاضر (در کلیه مراحل مدت‌زمان میدان‌دهی ثابت می‌باشد)، نتایج آماری نقش شدت اثر میدان‌دهی را مثبت نشان می‌دهند و ملاحظه می‌شود که میدان‌های ۵۰ و ۱۰۰ گاوس با فرکانس ۱۰۰ هرتز تأثیر معنی‌داری بر روی پروتئین‌های خون و برخی از بافت‌ها و سلول‌های کبد و طحال داشته است. در تحقیقات الکترومغناطیس بین نتایج و پارامترهایی از میدان نظیر فرکانس امواج یا شدت میدان، یک رابطه علت و معلولی حاکم نیست. در واقع بایستی در یک تجربه علمی با کاهش یا افزایش علت، نتیجه آزمایش یا معلول نیز به دنبال آن کم یا زیاد شود، درحالی‌که در بیشتر بررسی‌های الکترومغناطیس چنین وضعیتی بوجود نمی‌آید.



نمودارهای ۱۰ و ۱۱: مقایسه تغییرات بافتی طحال بین گروههای تجربی و کنترل. * بیانگر $P < 0.05$ ، افزایش معنی دار تعداد سلولهای مگاکاریوسیت در میدانهایی با شدت ۵۰ و ۱۰۰ گاوس (الف) و همچنین میانگین قطر پولپ سفید در دو گروه ۵۰ و ۱۰۰ گاوس نسبت به گروههای شم و کنترل اختلاف معنی دار آماری نشان می دهد (ب).

بحث و تفسیر نتایج

میدانهای الکترومغناطیسی که در این پروژه مدنظر قرار گرفته اند (۵۰ الی ۴۰۰ گاوس با فرکانس ۱۰۰ هرتز)، مدلی از میدانهای مغناطیسی رایج در جوامع بشری است. گزارشات حاکی از افزایش فعالیت نسخه برداری RNA و بدنبال آن افزایش سنتز پروتئین در سلولها تحت تأثیر میدان الکترومغناطیسی است (Liboff, 1984; Goodman, 1989) عدهای نیز معتقدند سیگنالهای الکترومغناطیسی در هدایت کلسیم و تغییر در سیستمهای آنزیمی داخل سلولی دخالت می نماید (Adey, 1988; Fraizer, 1990). این سیستمهای آنزیمی نسبت به

میدان مغناطیسی حساس می‌باشند، بطوری‌که فعال شدن چنین سیستمی از طریق رسپتورهای خاص در غشا سلول منجر به نوسان در ورود کلسیم به داخل سلول شده و در نتیجه فرایندهای دیگر سلولی که وابسته به کلسیم می‌باشد (مثل سنتز DNA) تحت تأثیر قرار می‌گیرد. البته اثرات میدان‌های مغناطیسی فقط محدود به فعالیت‌های آنزیمی مربوط به کلسیم نمی‌باشد، بلکه هرمکانیزم دیگری مثل پروتئین‌های حساس به میدان مغناطیسی و یا کانال‌های یونی و پمپ‌های غشایی نیز می‌تواند یک اثر مستقیم روی سیکل واکنش آنزیمی داشته و اثر مستقیم را روی سیستم زنده متجلی کند. VanHunse (۱۹۹۸) معتقد است که استرس می‌تواند درصد پروتئین‌های سرم خون را تغییر دهد و در این صورت حیوان می‌تواند در پاسخ به استرس ناشی از میدان به صورتهای مختلف واکنش نشان دهد. در حالی که کاهش آلبومین سرم و افزایش درصد گلبولین‌های α_1 و α_2 در افرادی که در مواجهه با استرس‌های روانی بودند نیز گزارش شده است (Alejandro *et al.*, 1997).

در این مطالعه نتایج الکتروفورتیک که جهت بررسی تداوم اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی روی پروتئین‌های شاخص سرم خون انجام گرفت نشان می‌دهد که میدان‌های الکترومغناطیسی بر مقدار پروتئین‌های سرم خون اثر دارند، بطوری‌که کاهش معنی‌دار آلبومین سرم در میدان مغناطیسی ۵۰ گاوس قابل مشاهده می‌باشد و در مقابل این کاهش، افزایش گاماگلوبولین در میدان ۵۰ گاوس جالب توجه است. بدین سان، میدان می‌تواند سیستم را به نوعی تحت تأثیر قرار دهد و منجر به تغییرات ایمونولوژیکی مشخص و معنی‌دار گردد. البته پاسخ سیستم‌های بیولوژیکی به میداین مغناطیسی نه تنها به پارامترهای میدان بستگی دارد، بلکه مشخصه‌های فیزیولوژیکی سیستم بیولوژیکی و وضعیت در معرض قرارگیری نیز باید در نظر گرفته شود. برخی پژوهشگران عقیده دارند که میداین مغناطیسی ضعیف‌قادرند با اثر بر روی نفوذپذیری غشای پلاسمایی، جریان یونهای کلسیم را به داخل سلول افزایش دهند (Carson *et al.*, 1990; Walleczek, 1992). Repachoil (۱۹۹۸) نیز معتقد است که میدان مغناطیسی با افزایش جریان یونهای کلسیم در سلولهای کبدی و بالا بردن سرعت تکثیر در آنها، در نهایت منجر به تیپ خاصی از سرطان می‌شود. این در حالی است که Kwang *et al.* (۱۹۹۸) و Shiro *et al.* (۱۹۹۷) با بررسی بافت کبدی هیچ تغییر معنی‌داری را مشاهده نکرده‌اند. در مورد علت سرطانی شدن نظرات مختلفی ارائه شده است. عده‌ای معتقدند که میدان ممکن است باعث تولید رادیکال‌های آزاد و عوامل فعال دیگر شود که این مواد حد واسط با اینکه عمر کوتاهی دارند، ولی بسیار فعالند و با حمله به DNA، لیپید، پروتئین و ماکرومولکول‌های دیگر به آنها آسیب می‌رسانند (Pafkova *et al.*, 1996).

smit (۱۹۹۹) معتقد است که میدان‌هایی در محدوده، فرکانس کاربردهای الکتریکی و خانگی یک نوع استرس محیطی را بوجود می‌آورند و به این ترتیب میدان به صورت یک عامل استرس‌زا روی رونوشت برداری و بیوسنتز پروتئین در برخی نواحی کروموزومی اثر می‌گذارد، بطوری که نوع تاثیر و شدت نفوذ منجر به شکل‌گیری انواع مختلف تغییرات در سطح بافت‌ها و سلول‌ها می‌شود (Smit, 1999). مکانیسم احتمالی دیگر در نفوذ میدان روی ساختارهای زیستی و اعمال ترمیمی DNA می‌باشد. امکان تاثیر میدان می‌تواند از جهت نفوذ بر روی واکنش‌های آنزیمی مرتبط با اعمال ترمیمی و نیز واکنش متقابل میدان مغناطیسی با رادیکال‌های آزاد جهش‌زا که قبلاً نیز به آن اشاره شد در نظر گرفته شود (Koana et al., 1997). بررسی‌های اخیر نشان داده است که میدان‌هایی در محدوده ۵۰ و ۱۰۰ گاوس با مشخصات تمام موج یکسو شده (با فرکانس ۱۰۰ هرتز، با مدت تأثیرگذاری یک هفته بطور مداوم) بی‌تأثیر نیستند. از جمله این تأثیرات می‌توان به افزایش تجمعات سلول‌های منونوکلئار در بافت کبد، افزایش قطر هیاتوسیت‌ها و هسته آنها، کاهش سلول‌های کوپفر و افزایش مگاکاریوسیت‌های طحال اشاره کرد. به هر حال آنچه که در تحقیقات ما جالب توجه می‌باشد این است که نتایج نشان‌دهنده افزایش درصد تغییر در برخی از شدت‌های بکار رفته است. باتوجه به اینکه شدت میدان یکی از عوامل اصلی و شناخته شده در ایجاد اثرات مضر بر روی موجودات می‌باشد، اغلب پژوهشگران نشان داده‌اند که الگوی تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بصورت اثر پنجره‌ای می‌باشد (Ubeda et al., 1983; Jutilainen et al., 1986; Delgado et al., 1982).

به همین دلیل، تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی با شدت‌های بالا و محدوده کم مورد بررسی قرار گرفت تا در صورت وجود اثر پنجره‌ای، شدت‌های نزدیک به هم مقایسه شوند. مشاهدات نشان می‌دهند که افزایش شدت با افزایش تغییرات رابطه‌ای ندارد و مطالعات آماری و محاسبه رگرسیون آنها نسبت به تغییر شدت نشان می‌دهند که نحوه تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر بافت‌های مختلف موش‌های مورد آزمایش براساس پدیده پنجره‌ای می‌باشد. برای توجیه نحوه تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر سیستم زنده مکانیسم‌های مختلفی ارائه شده است، اما باتوجه به بررسی‌هایی که پژوهشگران در این زمینه انجام داده‌اند، این موضوع مشخص است که میدان‌های الکترومغناطیسی بر ترکیبات درون سلولی، DNA، RNA و پروتئین (Chernoff et al., 1992) و همچنین بر متابولیسم تکثیر و رشد سلولی تأثیر می‌گذارند (Jutilainen, 1991).

به این ترتیب، میدان مغناطیسی می‌تواند وقایع سطوح مختلف سلولی را میانجی‌گری کند. مثلاً ارسال سیگنال سلولی یا اتصال هورمون‌ها، نوروترانسمیترها و آنتی‌بادی‌ها به رسپتورشان

در سطح سلولی را تغییر می‌دهد. در واقع وقتی که میدان الکترومغناطیسی خارجی بر سلول اعمال می‌شود، اگر سلول بتواند آن را بصورت یک علامت درک کند، این سیگنال می‌تواند باعث ایجاد تغییراتی در سلول شود. این تغییرات اغلب باعث خطا در ارسال سیگنال به هسته (از طریق پیامبرهای ثانویه) و دیگر اندام‌ها شده و باعث تغییر در فعالیت سلولی می‌شود. به عنوان مثال با فعال کردن برخی از پروتئین کینازهای مخصوص می‌توان ژنهای fos و jun را فعال کرده و باعث شروع و ادامه تکثیر سلول شده و تومور یا سرطان بوجود آورد. یا اینکه با فعال کردن ژن ممانعت کننده از تشکیل تومور P53 یا IL-3 باعث توقف تقسیم و فعال شدن سیستم آنزیمی خود خواری در سلول شده و باعث آپوپتوزی یا مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده گردد.

ماحصل این تجربیات نشان می‌دهند که بطور قطعی نمی‌توان مدعی شد چه مکانیسمی موجب تغییر بیولوژیک خاص می‌شود، چرا که عوامل بسیار متنوعی در نحوه تأثیر میدان مغناطیسی بر موجودات زنده دخیل می‌باشند. بنابراین، پژوهش‌های گسترده دیگری برای تعیین مکانیسم عمل و چگونگی تأثیر این میدانها بر موجودات زنده لازم است تا الگویی مشخص برای محافظت انسانها و سایر موجودات از اثرات مضر این میدانها بدست آید.

تشکر و قدردانی

از ریاست محترم دانشگاه خاتم و همچنین از ریاست محترم دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت معلم تهران که امکانات اجرای این طرح را تأمین نمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Adey, W.R., (1988) *Cell membranes: The electromagnetic environment and cancer promotion*. Neurochem. Res. **13**, 671-677
- Alejandro, Ubeda, Martinez M.A., Parreno, (1997) *Hematological changes in rats exposed to weak electromagnetic fields*. Life sciences **61(17)**, 1651-1656.
- Carson, J.J., Prato, F.S., Drost, D.J., Diesbourg, L.D., Dixon, S.J., (1990) *Time Varying magnetic fields increase cytosolic free Ca^{2+} in HL-60 cells*. Am. J. Physiol. **259** (cell physiol., 28), C687.
- Chernoff, N., Rogers, J.M., Kavert, R.A., (1992) *Review of the literature on potential reproductive and developmental toxicity of electric and magnetic fields*. Toxicology **74 (2,3)**, 91-126.
- Delgado, J.M.R., Leal, J., Monteagudo, J.L., Garcia, M., (1982) *Embryological changes induced by weak extremely low frequency EMF*. J. Anatomy **134**, 531-51.
- Fisher, M. and Solursh, M. (1977) *Glycosaminoglycan localization and role in magnetence of tissue spaces in the early chick embryo*. J. of Embryol. and Exp. Morpho. **42**, 195-207.

- Fraizer, M.E., (1990) *Exposure of mammalian cells to 60Hz magnetic or electric fields: Analysis of DNA repair of induced, singlestrand breaks*. Bioelectromagnetics, **11**, 224-234.
- Gandhi, O., Sedigh, k., Beck, G., (1976) *Distribution of electromagnetic energy deposition in models of man with frequencies near resonance*. In : *Biological effects of electromagnetic waves*. Selected papers of the USNGIURSI Annual Meeting. BouHer (Colorado). October 20-23, Oep. of Healt Educe. And wafave Publ. (FDA), II, 44-67.
- Goodman, R., (1994) *Electromagnetic fields and cells*. J., cell Biochem. 54, 281-288.
- Goodman, R., Wei, L.X., Henderson, A., (1989) *Exposure of human cells to low frequency electroma – genetic fields results in quantitative changes in transcripts*. Biochem. Biophys. Acta. **1009**, 216-220.
- Jutilainen, J., (1991) *Effects of low-frequency mognetic fields on embryonic development and pregnancy*. Scand. J. work Environ. Health **17(3)**, 149-58 .
- Jutilainen, J., Harri, M., Saadi, K., Lahtinen, T., (1986) *Effects of 100-Hz magnetic fields with various wave forms an the development of chick embryos*. Radiat. Environ. Biophy. **25**, 35-74.
- Koana, T., Okada, M.O., Ikehata, M., Nakagawa, M. (1997) *Increase in the mitotic recombination frequency in drosophila melanogaster by magnetic field exposure and its suppression by vitamin E supplement*. Mutation research, **373**, 55-60.
- Kwang, I., Kang, Maria, Grazia, C., (1998) *Luciferase octivity and synthesis of HSPQO are in sensitive to 50Hz electromagnetic fields*. Life sciences, **63(6)**, 489-497.
- Leeper, E., Wertheimer, N., (1979) *Electrical wiring configurations and childhood cancer*. Am.J.Epidemiol, **109(3)**, 273-286.
- Liboff, A.R., (1984) *Varying magnetic fields : effect on DNA synthesis*. Sience, **(212)**, 818-825.
- Lyle, D.B., Fuchs, T.A., Casamento,J.P., Davis,C.C., Swicord, M.L., (1997) *Intracellular calcium signaling by Jurkat T-Lymphocytes exposed to a 60 Hz magnetic field*. Bioelectromagnetics, **18**, 439-445.
- Maria, A., Stuchly, (1986) *Human exposure to static and time varying magnetic fields*. Health phys. **51(2)**, 215-225.
- Myers, A., Clayden, A.D., Cartwright, R.A., Cartwright, S.C., (1990) *childhood cancer and overhead power lines: A case – control study*. Br.J.Cancer **62**, 1008-1014.
- Pafkova, H., Jerabek, J., Tejnarova, J. and Bednor, V., (1996) *Development effects of magnetic field (50 Hz) in combination with ionizing radiation and chemical teratogenes*. Toxicology letters. **88**, 313-316.
- Repachoil, M.H., (1998) *Low – level expasure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs*. Bioelectromagnetics **19(1)**, 1-19.
- Shiro, I., Shiba, K., Inone, J., Yoshida, T., and kimura, M., (1997) *Simultaneous analysis of microheterogeneity of immunoglobulins and serum protein froction using high-Voltoge isoelectric focusing on six cellulose acetate membranes*. Jurnal of Clinical Laboratory Analysis **(11)**, 220-224.

- Tenford, T.S. (1987) *Interaction of Extremely low Frequency Electric Field with humans*. Health physics. **53(6)**, 567-606.
- Ubeda, A., Leal, J., Trillo, M.A., Jimenez, M.A., Delgado, J.M., (1983) *Pulse shape magnetic fields influences chick embryogenesis*. J.Anal., **137(3)**, 513-36.
- Van hunsel, F., (1998) *The influence of psychological stress on total serum protein and patterns obtained in serum protein electrophoresis*. Psychological Medicine, **28**, 301-309.
- Walleczek, J., (1992) *Electromagnetic field effects on cells of the immune system: system: The role of calcium signalling*. FASEB, (Lett.6), 3177-3185.
- Wertheimer, N., Savitz, D., Leeper, E., (1995) *Childhood cancer in relation to indicators of magnetic fields from ground currents sources*. Bioelectromagnetics **16(2)**, 86-96.
- پریور، ک.، قلیان اول، ع.، (۱۳۷۴) *بررسی اثرات موتاژنیک میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار پایین (50Hz, 60G) در نسل اول موشهای نر بالغ، نژاد Balb/C*، جلد ۷، شماره ۱ و ۲، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، (۳۷-۴۵).
- پریور، ک.، قلیان اول، ع.، (۱۳۷۸) *بررسی اثرات میدانهای الکترومغناطیسی متغیر با فرکانس بسیار پایین بر بیضه‌ها، غدد ضمیمه جنسی آدرنال و هیپوفیزگناد و میزان باروری در موش نژاد Balb/C*، جلد ۱، شماره ۲، مجله علوم دانشگاه فردوسی مشهد، (۶-۱۸).
- پریور، ک.، گلستانیان، ن.، سرگزی، ش.، (۱۳۷۵) *تأثیر میدان الکترومغناطیسی متغیر بر رشد و نمو رویانی بافت استخوانی موش سوری نژاد Balb/C*، شماره ۴، مجله علوم تشریحی (۳۹-۵۰).
- محسنی کوچصفهائی، ه.، گلستانیان، ن.، پریور، ک.، (۱۳۷۹) *اثر میدان الکترومغناطیسی سینوسی ۵۰Hz با استفاده از دستگاه سولنوئید بر رشد و نمو قبل و بعد از تولد سیستم خون‌سازی موش*، جلد ۲۶، شماره ۱، مجله علوم دانشگاه تهران، (۱-۱۵).

