

## اثرات میدان مغناطیسی ۲ میلی تسلا با فرکانس ۳۵ هرتز بر کروموزوم‌های لنفوسیت‌های خون محیطی انسان در *in vitro* و موش (*rat*) در *in vivo*

جلیل پیرایش اسلامیان<sup>۱</sup>، دکتر محمد علی حسینپور فیضی<sup>۲</sup>، سیامک اکبری کامران ور<sup>۳</sup>، مهندس قاسم اهرایبان<sup>۴</sup> و سیاوش استخدامی مهین مرادی<sup>۵</sup>

### خلاصه

هدف از این پژوهش، بررسی اثرات میدان مغناطیسی کم فرکانس (low frequency) بر روی کروموزوم‌های لنفوسیت‌های خون محیطی انسان در *in vitro* و موش در *in vivo* بود. بدین منظور ۶۰ نمونه خونی مربوط به ۱۰ نفر مرد و ۴۰ عدد موش (*rat*) مورد استفاده قرار گرفتند. از ۶۰ نمونه خونی انسان، ۴۰ نمونه به عنوان آزمون در دو گروه ۲۰ تایی به ترتیب به مدت ۳۰ و ۶۰ دقیقه در داخل میدان مغناطیسی ۲ میلی تسلا و ۳۵ هرتز قرار داده شدند. سپس به همراه ۲۰ نمونه دیگر به عنوان گروه شاهد، کشت سلولی جهت آنالیز کروموزومی انجام گردید. از ۴۰ عدد موش نیز ۳۰ نمونه در دو گروه ۱۵ تایی در میدان مغناطیسی ذکر شده قرار گرفتند و بعد به همراه ۱۰ موش دیگر به عنوان گروه شاهد، نمونه‌برداری خون و کشت سلولی برای بررسی کروموزومی صورت گرفت. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز ۵۳۷۳ پلاک کروموزومی به دست آمده از نمونه‌های خون انسان (۳۵۷۳ پلاک در گروه آزمون و ۱۸۰۰ پلاک از گروه شاهد) ۰/۱۶ درصد ناهنجاری کروموزومی پایه در نمونه‌های شاهد مشاهده شد که با ۰/۲۲۴ درصد و ۰/۲۹۶ درصد ناهنجاری کروموزومی حاصله در نمونه‌های آزمون به ترتیب ۳۰ و ۶۰ دقیقه‌ای اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۲۸ برای ۳۰ دقیقه و P>۰/۱۵ برای ۶۰ دقیقه). در بررسی ۳۰۸۹ پلاک کروموزومی موش (۲۳۸۹ پلاک از گروه آزمون و ۷۰۰ پلاک از گروه شاهد) نیز هیچگونه ناهنجاری کروموزومی مشاهده نگردید.

واژه های کلیدی: میدان مغناطیسی، میدان کم فرکانس، لنفوسیت، کروموزوم

۱- مری، بخش فیزیک پزشکی و بیوفیزیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز ۲- استاد رادیوبیولوژی، ۳- مری، دانشکده علوم طبیعی، ۴- استادیار، دانشکده برق، دانشگاه تبریز، ۵- کارشناس رادیوبیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز

## مقدمه

جینی افزایش معنی‌دار در اختلاف بین متغیرهای مورد آزمون را نشان داده است (۷،۹،۱۸،۲۲). نتایج مشابهی نیز در مطالعات بر روی سایر حیوانات از جمله موش‌های آزمایشگاهی به دست آمده است (۴،۲۱). افزایش فراوانی سقط جنین در بین افرادی که در معرض میداین الکترومغناطیسی نسبتاً بالا زندگی و یا به طور مداوم کار می‌کنند (۱۲،۱۴،۲۰) و همچنین مطرح شدن احتمال ارتباط بروز سرطان‌های کودکان و زندگی در مجاورت خطوط برق فشارقوی و در مقابل آن قلت نتایج قطعی در مطالعات اپیدمیولوژیک در این زمینه (۱۳،۱۹)، ما را بر آن داشت که بررسی حاضر را بر روی تأثیرات میدان مغناطیسی ۲ میلی‌تسلا با فرکانس ۳۵ هرتز بر کروموزوم‌های (به عنوان حساس‌ترین شاخص بیولوژیک اثرات عوامل محرک مختلف) نفوسیت‌های خون محیطی انسان در *in vitro* و موش (رت) در *in vivo* انجام دهیم. زیرا که این محدوده شدت میدان مغناطیسی و فرکانس پایین به عنوان مقادیر پایه در تحقیقات مرتبط بکار برده می‌شوند.

## مواد و روش‌ها

انتخاب نمونه-۱۰ نفرانسان (مردسال) تحت نمونه‌برداری خون وریدی از ورید جلو بازویی قرار گرفتند و از هر نمونه خون ۶ محیط کشت تلقیح شده و در گروه‌های دو تایی تقسیم بندی شدند (۲ عدد به عنوان شاهد و ۴ عدد به عنوان آزمون). در مورد موش‌ها نیز ۴۰ رت بالغ (از هر دو جنس) در گروه‌های شاهد (۱۰ موش) و آزمون (۳۰ موش) انتخاب شدند.

دستگاه مولد میدان مغناطیسی- برای انجام این پژوهش یک دستگاه مولد میدان مغناطیسی با ولتاژ ورودی ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز و خروجی‌های فرکانسی ۵۱/۱۱، ۲۲، ۳۵، ۵۱ هرتز و شدت میدان در ۴ محدوده ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌تسلا طراحی و ساخته شد. میدان حجمی استوانه‌ای به قطر و ارتفاع مؤثر به ترتیب ۹ سانتی‌متر و ۶/۳ سانتی‌متر از چهار کلاف سولنوئید ۶۰

امواج الکترومغناطیسی در محیط اطراف و مناطق مسکونی با گسترش روزافزون دستگاه‌ها و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی توأم شده و بحث درباره مضرات احتمالی آن را برانگیخته است (۳۸). البته کلیه ساکنان کره زمین در معرض میدان مغناطیسی ثابت زمین (۰/۰۳-۰/۰۲ میلی‌تسلا) قرار دارند که خود این میدان نیز می‌تواند تحت تأثیر میداین مغناطیسی سایر کرات آسمانی (مخصوصاً خورشید و ماه) قرار گیرد. طوفان‌های شدید مغناطیسی در سطح خورشید و بادهای مغناطیسی قادرند بر روی وضعیت آب و هوایی، موجودات روی زمین و تجهیزات حساس به امواج الکترومغناطیسی تأثیرات شدید و گاهاً سوء ایجاد نمایند. کارکنان مجتمع‌های صنعتی به طوردایم تحت تابش میداین مغناطیسی کم فرکانس (low frequency magnetic fields) حاصل از سیستم‌های الکتریکی (با ولتاژهای صنعتی) و دستگاه‌های الکترونیکی مختلف می‌باشند. در نزدیکی خطوط انتقال‌دهنده برق فشارقوی و تجهیزات الکتریکی نظیر دستگاه‌های جوش و کوره‌های مغناطیسی میداین نسبتاً قوی الکترومغناطیسی وجود دارد. برخلاف میدان مغناطیسی زمین، میداین مغناطیسی حاصل از جریان‌های الکتریکی، شکلی متناوب داشته و از فرکانس‌های متفاوتی برخوردارند. بر این اساس میداین مغناطیسی در دستجات کم و پرفرکانس (low & high frequency) طبقه‌بندی شده‌اند. میداین کم فرکانس در دو محدوده کاملاً پایین (با فرکانس بین ۰ تا ۳۰۰ هرتز) و پایین (با فرکانس بین ۳۰۰ هرتز تا ۱۰ کیلو هرتز) تعریف شده‌اند. در محیط زندگی معمول‌ترین فرکانس که مربوط به خطوط انتقال الکتریسیته می‌باشد بین ۵۰ تا ۶۰ هرتز با شدت جریانی در حدود ۱۰-۶ آمپر متر می‌باشد (۱۵). بررسی اثرات میداین مغناطیسی بر روی میزان ناهنجاری‌های رشد و نمو جنین مرغ در فرکانس‌ها و محل‌های جغرافیایی متفاوت و همچنین در دوران‌های مختلف

داخل میدان مغناطیسی ۲ میلی‌تسلا با فرکانس ۳۵ هرتز قرار داده می‌شد (شکل ۱) و بعد از اتمام زمان پرتودهی، بعد از بیهوشی با کلروفورم و باز کردن قفسه سینه، با استفاده از سرنگ ۱ میلی‌لیتری (سرنگ انسولین) هپارینه مستقیماً از قلب نمونه برداری می‌شد. سپس نمونه‌های خون موش در دو لوله محیط کشت کامل، کشت داده شده و جهت تکثیر سلولی ۷۲ ساعت در انکوباتور قرار داده می‌شدند.

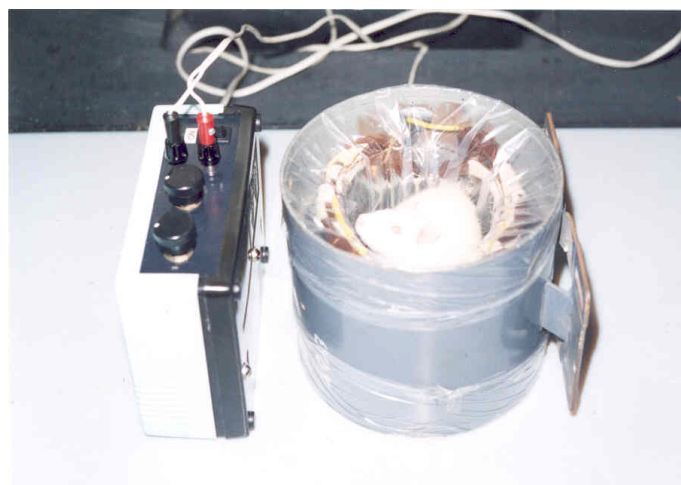
کشت های خون کامل انسانی و موش‌ها بعد از اتمام زمان انکوباسیون با افزودن ماده مهارکننده تقسیم میتوزی (۰/۲ میلی‌لیتر از کلشی‌سین  $10\mu\text{g/ml}$ ) به روش میکرو برداشت می‌شدند (۱). لئوسیت‌های متافازی بعد از گسترش و رنگ آمیزی با گیمسای ۱۰٪ با میکروسکپ نوری ( $\times 1000$ ) مورد مطالعه کروموزومی قرار می‌گرفتند. برای مطالعه آماری یافته‌ها در گروه‌های شاهد و آزمون از روش آزمون آماری Z استفاده گردید. در جداول ۱ و ۲ داده‌های مطالعه کروموزومی لئوسیت‌های خون محیطی گروه‌های شاهد و آزمون انسانی و موش ارائه شده است.

دوری ازسیم پیچ مسی به قطر ۰/۵۵ میلی متر تشکیل می‌شد و شکل موج آن مربعی بود. برای سنجش میدان مغناطیسی حاصل از دستگاه Digital EMF tester 8050 ساخت کشور پرتقال استفاده شد که محدوده اندازه‌گیری آن در حد میکرو تا میلی‌تسلا بود.

#### پرتودهی نمونه‌های آزمون

الف) خون انسان: از ۱۰ نفر مرد نمونه‌های خون وریدی از محل ورید جلو بازویی در شرایط استریل تهیه شده و هر نمونه خون به ۶ حجم ۰/۲ میلی‌لیتری در لوله‌های استریل (لوله‌های ۱ و ۲ به عنوان شاهد و ۳ و ۴ برای تابش‌دهی ۳۰ دقیقه‌ای و ۵ و ۶ برای تابش‌دهی ۶۰ دقیقه‌ای در میدان مغناطیسی ۲ میلی‌تسلا با فرکانس ۳۵) تقسیم گردید. لوله‌های حاوی نمونه‌های خون در داخل میدان مغناطیسی و مجموعه در داخل انکوباتور  $37 \pm 0.2$  درجه سانتیگراد قرار داده می‌شد. بعد از اتمام زمان تابش‌دهی، هر ۶ نمونه خونی با محیط کشت کامل تلقیح شده و جهت تکثیر سلولی ۷۲ ساعت در انکوباتور قرار داده می‌شد.

ب) موش: برای پرتودهی رت‌ها، تعداد ۴۰ رت (نر و ماده) از نژاد ویستار با متوسط وزن ۲۵۰ گرم انتخاب گردید و در سه دسته شاهد (۱۰ رت)، آزمون‌های ۳۰ دقیقه‌ای (۱۵ رت) و ۶۰ دقیقه‌ای (۱۵ رت) تقسیم شدند. هر بار یک موش آزمون در



شکل ۱: نحوه پرتودهی موش (Rat) در داخل حویل میدان مغناطیسی / سداد ۱ میلی با فرکانس ۳۵ Hz (۱۰ استوانه‌ای به فصول ارتفاع مؤثر به ترتیب ۹ سانتی‌متر و ۶ سانتی‌متر متشکل از چهارکلاف سولنوئید ۶۰ دوری ازسیم پیچ مسی به قطر ۰/۵۵ میلی متر.

## نتایج

معنی‌دار نبود ( $p > 0/28$ ) و  $Z=0/571$  برای ۶۰ دقیقه و  $p > 0/15$

و  $Z=1/028$  برای ۳۰ دقیقه پرتوگیری).

ب - نتایج آنالیز کروموزومی خون محیطی موش رت: بررسی داده‌های آنالیز کروموزومی لنفوسیت‌های خون محیطی موش‌های گروه‌های شاهد (۷۰۰ پلاک متافازی) و آزمون ۳۰ دقیقه (۱۰۸۹ پلاک متافازی) و ۶۰ دقیقه (۱۳۰۰ پلاک متافازی) تحت تابش میدان مغناطیسی ۲ میلی‌تسلا و ۳۵ هرتز، درصد ناهنجاری هر سه گروه را صفر نشان داد (جدول ۳). شکل ۲ نمونه‌هایی از گسترش‌های کروموزومی لنفوسیت‌های انسانی و موش که تحت تابش میدان مغناطیسی ذکر شده به مدت ۶۰ دقیقه قرار گرفته‌اند ارائه شده است.

الف - نتایج آنالیز کروموزومی خون محیطی انسان: بررسی داده‌های آنالیز کروموزومی لنفوسیت‌های خون محیطی انسان در گروه شاهد، درصد ناهنجاری پایه کروموزومی را برای ۱۸۰۰ پلاک متافازی ۰/۱۶ درصد نشان داد. در مقایسه داده‌های آنالیز کروموزومی لنفوسیت‌های خونی گروه‌های آزمون ۳۰ و ۶۰ دقیقه تحت تابش میدان مغناطیسی ۲ میلی‌تسلا و ۳۵ هرتز، افزایش درصد ناهنجاری کروموزومی از ۰/۱۶ درصد (در گروه شاهد) به ترتیب به ۰/۲۲۴ درصد (۱۷۸۴ پلاک متافازی) و ۰/۲۹۶ درصد (۱۶۸۹ پلاک متافازی) وجود داشت که از لحاظ آماری (روش آزمون Z) اختلاف ناهنجاری بین دو گروه

جدول ۱: داده‌ها و نتایج بررسی اثر میدان مغناطیسی ۲ mT و فرکانس ۳۵ Hz بر روی کروموزوم‌های لنفوسیت‌های خون محیطی گروه‌های شاهد و آزمون انسان

درصد ناهنجاری کروموزومی		پلاک‌های دارای ناهنجاری		تعداد پلاک‌های کروموزومی بررسی شده گروه آزمون *		پلاک‌های دارای ناهنجاری	تعداد پلاک‌های کروموزومی بررسی شده گروه شاهد	مشخصات پلاک‌ها	نمونه
B	A	B	A	B	A				
۱	۰	۱	۰	۲۰۰	۲۰۰	۰	۲۰۰	۱	
۰	۰	۰	۰	۲۰۰	۱۹۸	۰	۲۰۰	۲	
۱/۰۳	۱/۰۲	۱	۱	۱۹۵	۱۹۶	۱	۲۰۰	۳	
۰	۱/۰۴	۰	۱	۲۰۰	۱۹۶	۰	۲۰۰	۴	
۱	۰	۱	۰	۲۰۰	۲۰۰	۰	۲۰۰	۵	
۱	۱	۱	۱	۱۹۸	۲۰۰	۰	۲۰۰	۶	
۰	۰	۰	۰	۱۹۸	۱۹۶	۱	۲۰۰	۷	
۱	۱	۱	۱	۲۰۰	۲۰۰	۰	۲۰۰	۸	
۰	۰	۰	۰	Δ-	Δ-	۰	Δ-	۹	
۰	۰	۰	۰	۱۹۸	۱۹۸	۱	۲۰۰	۱۰	
%۲۹۶	%۲۲۴	۵	۴	۱۷۸۹	۱۷۸۴	۳	۱۸۰۰	مجموع	

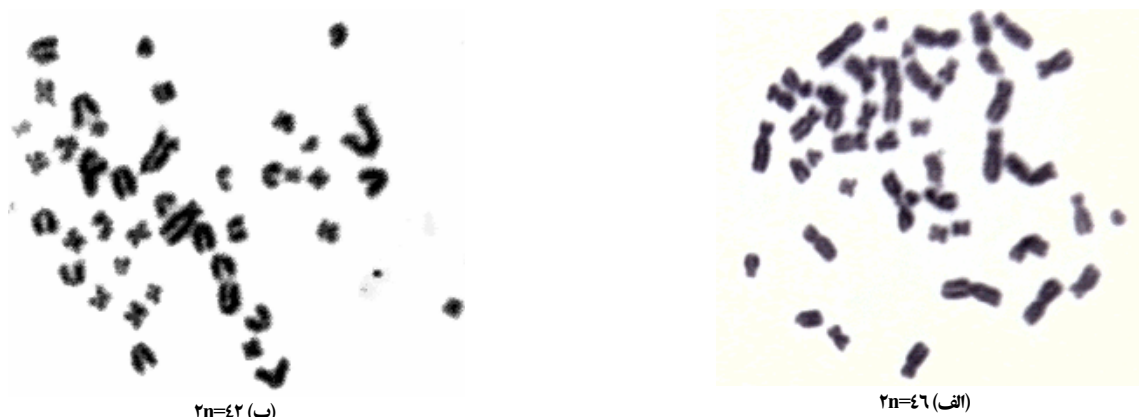
جدول ۲: داده ها و نتایج بررسی اثر میدان مغناطیسی ۲ mT و فرکانس ۳۵ Hz بر روی کروموزومهای لئوسیت‌های خون محیطی گروه های شاهد و آزمون موش (۴۰ رت)

درصد ناهنجاری کروموزومی		پلاک‌های دارای ناهنجاری		تعداد پلاک‌های کروموزومی بررسی شده گروه آزمون *		پلاک‌های دارای ناهنجاری	تعداد پلاک‌های کروموزومی بررسی شده گروه شاهد	مشخصات پلاک‌ها	نمونه
B	A	B	A	B	A				
-	-	-	-	۱۰۰	Δ-	۰	۱۰۰	۱	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۲	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۹۵	۰	۱۰۰	۳	
-	-	-	-	۱۰۰	-	-	Δ-	۴	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۵	
-	-	-	-	Δ-	-	-	-	۶	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۷	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۲۸	۸	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۸۵	۰	۷۲	۹	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۸	۰	۱۰۰	۱۰	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-	۱۱	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-	۱۲	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-	۱۳	
-	۰	-	۰	-	۱۰۰	-	-	۱۴	
۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-	۱۵	
۰	۰	۰	۰	۱۳۰۰	۱۰۸۹	۰	۷۰۰	مجموع	

\* گروه آزمون A: ۳۰ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی ۲ میلی تسلا و فرکانس ۳۵ هرتز  
 گروه آزمون B: ۶۰ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی ۲ میلی تسلا و فرکانس ۳۵ هرتز  
 Δ به علت آلودگی محیط کشت پلاک کروموزومی وجود نداشت.

جدول ۳: داده‌های تأثیر میدان مغناطیسی ۲ mT و فرکانس ۳۵ Hz بر کروموزومهای لئوسیت‌های خون محیطی گروه های شاهد و آزمون انسان و موش (رت)

درصد ناهنجاری	پلاک‌های دارای ناهنجاری	تعداد پلاک کروموزومی	تعداد نمونه‌های خون	مشخصات پلاک‌ها	
				گروه	مشخصات
۰/۱۶۶	۳	۱۸۰۰	۲۰	شاهد	انسان
۰/۲۲۴	۴	۱۷۸۴	۲۰	آزمون ۳۰ دقیقه	
۰/۲۹۶	۵	۱۶۸۹	۲۰	آزمون ۶۰ دقیقه	
۰	۰	۷۰۰	۱۰	شاهد	موش
۰	۰	۱۰۸۹	۱۵	آزمون ۳۰ دقیقه	
۰	۰	۱۳۰۰	۱۵	آزمون ۶۰ دقیقه	



شکل ۲: گسترش‌های کروموزومی از لنفوسیت‌های خون محیطی آزمون‌های الف) انسان (2n=46) و ب) موش (2n=42) که ۶۰ دقیقه تحت تابش میدان مغناطیسی ۲mT با فرکانس ۳۵Hz قرار گرفته‌اند.

### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نتایج داده‌های آنالیز کروموزومی لنفوسیت‌های خون محیطی انسان و موش (رت) که به ترتیب به صورت *in vivo* و *in vitro* تحت تأثیر میدان مغناطیسی ۲ میلی تسلا و فرکانس ۳۵ هرتز قرار گرفته بودند افزایش معنی‌داری بین اختلاف درصدهای ناهنجاری کروموزومی گروه‌های شاهد و آزمون‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه تحت تابش میدان مغناطیسی مذکور نشان نداد. از آنجایی که شرایط نمونه‌برداری، کشت و برداشت سلولی، دمای محیط و محیط کشت سلولی برای تمامی نمونه‌های شاهد و آزمون از خون انسان یکسان بود بنابر این نتایج آنالیز کروموزومی گسترده‌های متافازی، افزایش درصد ناهنجاری در لنفوسیت‌های خون محیطی نمونه‌های آزمون می‌تواند نشانه‌ای دال بر تأثیر میدان مغناطیسی بر لنفوسیت‌ها در *invitro* بوده و مؤید یافته‌های Sing و Lai (۱۹۹۷) در مورد افزایش فراوانی پارگی‌های رشته‌ای DNA در سلول‌های مغزی رت باشد (۱۶). در مطالعه مدرسی اسفه در زمینه بررسی تأثیر میدان الکترومغناطیسی در رشد و نمو جنین موش نژاد Balb/C، نتیجه مشابهی به دست آمده است (۲). از طرفی افزایش آپوپتوز، تغییرات میزان یون کلسیم درون سلولی و تغییرات

عملکردی لنفوسیت‌ها و ماکروفاژهای انسان متعاقب قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی ثابت (۱۱)، تغییرات بیولوژیک رفتارهای سلولی و کاهش قدرت تکثیری لنفوسیت (۵) می‌تواند بیانگر تغییرات گسترده‌تر نامحسوسی در سلول‌ها بوده باشد که در نهایت بر روی ساختار کروموزومی تظاهر پیدا می‌کند. ذکر این نکته نیز لازم است که تا بحال فرضیه اثبات‌شده قطعی راجع به نحوه واکنش مستقیم میدان مغناطیسی با ماده بیولوژیک در ایجاد اثرات بیولوژیکی داده نشده‌است. برخلاف داده‌های آنالیز کروموزومی لنفوسیت‌های خون محیطی انسان، در نمونه‌های خونی از موش‌هایی که در میدان فوق‌قرار گرفته بودند افزایش درصد ناهنجاری کروموزومی نسبت به گروه شاهد مشاهده نگردید. این امر احتمالاً به علت پرتوگیری غیر مستقیم خون در اثر عبور میدان مغناطیسی از لایه‌های بافتی در شرایط *in vivo* بوده و یا اینکه میدان در حد قابل مشاهده‌ای بر روی کروموزوم‌ها اثر نگذارده است. تحقیقات انجام شده توسط Lyle و همکارانش (۱۹۹۱) شواهدی از تغییرات نفوذپذیری غشاء سلولی لنفوسیت‌های T به یون‌ها و به ویژه یون کلسیم و تغییرات عملکردی لنفوسیت‌های موش متعاقب قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی کم فرکانس

مطالعات اپیدمیولوژیک بیشتر برای درک مکانیسم‌های بیوشیمیایی و بیوفیزیکی تأثیر میدان مغناطیسی بر محیط بیولوژیک ضروری به نظر می‌رسند.

#### تقدیر و تشکر

این طرح با حمایت مالی اداره پژوهشی دانشگاه تبریز انجام گرفته است و در اجرای آن گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم طبیعی و گروه برق و الکترونیک دانشکده فنی دانشگاه تبریز و گروه فیزیک پزشکی و بیوفیزیک دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز همکاری صمیمانه ای داشته‌اند. بدینوسیله لازم میدانیم از زحمات و همکاری کلیه همکاران نهایت سپاس و تشکر را داشته باشیم.

داشته‌است (۱۷). از طرفی بررسی بر روی آسیب‌پذیری سلولی گلوبول‌های قرمز خرگوش نیز افزایش استعداد آسیب‌پذیری از مواد اکسیدکننده را در حضور میادین مغناطیسی نشان داده‌است (۱۰). تغییر در تمایز اسپرماٹوگونی موش‌ها متعاقب ۲۸ روز قرارگیری چهارساعته در معرض میدان مغناطیسی ۵۰ هرتزی نشانگانی از تأثیر بر ساختار هسته سلولی این گونه سلول‌ها است (۶). این که این تغییرات به هسته سلولی نیز کشانیده شده و بتواند بر روی کروموزوم‌ها نیز تأثیر بگذارد در مطالعه حاضر شواهدی به دست نداد. زمان‌های پرتودهی بالاتر از ۶۰ دقیقه، شدت میدان‌هایی بیشتر از ۲ میلی‌تسلا و استفاده از روش‌های آنالیز کروموزومی کامل‌تری ( نظیر فلوسیتومتری و روش‌های اختصاصی هیبریداسیون *in situ* در بررسی ساختار ژنی مارپیچ DNA ) برای نتیجه‌گیری صریح لازم است. در این زمینه انجام

#### منابع

- حسین پورفیضی، محمدعلی و پیرایش اسلامی، جلیل: ارزیابی تأثیرات میتوززایی انواع وارته‌های منطقه‌ای لویبای قرمز بر روی لئوسیت‌های خون محیطی انسان در *in vitro* طرح پژوهشی دانشگاه تبریز، رادیوبیولوژی، ۱۳۷۷، ص ۱۹-۷، ۴۷-۴۳.
- مدرسی اسفه مهرداد. بررسی تأثیر میدان الکترومغناطیسی در رشد و نمو جنین موش نژاد Balb/C در روزهای ۶، ۷ و ۸ حاملگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم تهران، دانشکده علوم (زیست‌شناسی) ۱۳۷۰، ص ۱۴۳.
- Bardasano JL, Meyer AT and Picazo L. Pineal cells with multipolar spindles in chicken embryos exposed to mangnetic fields - first trails. *Z Mikrosk Anat Forsch* 1986; 100(1): 851-92.
- Cameron L, Hunter KE and Winters WD. Retardation of embryogenesis by extremely low frequency 60 Hz electromagnetic fields. *Physiol Chem Phys Med NMR* 1985; 17(1): 135-8.
- Conti D, Gigante GE, Cifone MG *et al.* Mitogen dose- dependent effect of weak pulsed electromagnetic field on lymphocyte blastogenesis. *FEBS-Lett.* 1986; 199(1): 130-4.
- De Vita R, Cavallo D, Raganella L, Eleuteri P, Grillino MG and Calugi A. Effects of 50 Hz magnetic fields on mouse spermatogenesis monitored by flow cytometric analysis. *Bioelectromagnetics* 1995; 16(5): 330 - 34.
- Delgado JMR, Leal J, Monteaugudo JL and Garcia MG. Embryological changes induced by weak, extremely low frequency electromagnetic fields. *J Anat* 1982; 134(Pt3): 533-51.
- Ericson A and Kallen B. An epidemiological study of work with video screens and pregnancy out come :A case control study. *Am J Ind Med* 1986; 9(5): 459-75.
- Falugi C, Grattarola M and Prestipino G. Effects of low-intensity pulsed electromagnetic fields on the early development of sea Urchins. *Biophys J* 1987; 51(6): 999-1003 .
- Fiorani M, Biagiarelli B, Vetrano F, Guidi G, Dacha M and Stocchi V. *In vitro* effects of 50 Hz magnetic fields on oxidatively damaged rabbit red blood cells. *Bioelectromagnetics* 1997; 18(2): 125-31.
- Flipo D, Fournier M, Benquet C *et al.* Increased apoptosis, changes in intracellular  $ca^{2+}$ , and functional alterations in Lymphocytes and macrophages after *in vitro* exposure to static magnetic field. *J Toxicol Environ Health* 1998; 54(1): 63-76.
- Goldhaber MK, Polen MR and Hiatt AR. The risk of miscarriage and birth defects among women who

- use visual display terminals during pregnancy. *Am J In Med* 1988; 13(6): 695-706.
13. Jokela K, Aaltonen J and Lukkarinen A. Measurements of electromagnetic emissions from video display terminals at the frequency range from 30-Hz to 1 MHz. *Health Phys* 1989; 57(1): 79-88.
  14. Jordan A, Scholz R, Wust P *et al.* Effects of magnetic fluid hyperthermia MFH on C3H mammary carcinoma *in vivo*. *Int J Hyperthermia* 1997; 13(6): 587-605.
  15. Juutilainen J. Effects of low- frequency magnetic fields on embryonic development and pregnancy. *Scand J Work Environ Health* 1991; 17(3): 149-158
  16. Lai H and Singh NP. Acute exposure to a 60-Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1997; 18(2): 156-165.
  17. Lyle DB, Wang XH, Ayotte RD, Sheppard AR and Adey WR. Calcium Uptake by Leukemic and normal T-lymphocytes exposed to low-frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1991; 12(3): 145-56.
  18. Martin AH. Magnetic fields and time dependent effects on development. *Bioelectromagnetics* 1988; 9(4): 393-406.
  19. McDonald AD, Cherry NM, Delorme C and McDonald JC. Visual display units and pregnancy: evidence from the Montreal survey. *J Occup Med* 1986; 28(12): 1226-31.
  20. McGivern RF, Sokol RZ and Adey WR. Prenatal exposure to a low-frequency electromagnetic field demasculinizes adultscnt marking behavior and increases accessory sex organ weights in rats. *Teratology* 1990; 41(1): 1-8 .
  21. Ueno S, Kitahara T, Harada K and shiokawa L. The effects of ELF magnetic and electric fields on the embryonal development of frogs, Bioelectromagnetics Society, Proceedings of the 7<sup>th</sup> annual meeting. 1985; June 16-20.
  22. Zimmerman S, Zimmerman AM, Winters WD and Cameron IL. Influence of 60Hz magnetic fields on sea Urchin development. *Bioelectromagnetics* 1990; 11(1): 37-45 .