

## بررسی تاثیر الکترومغناطیس بر سیستم ایمنی سلولی موش‌های نژاد BALB/c

عراز محمد میرابی (M.Sc.)<sup>+</sup>      ربابه رضائی پور (Ph.D.)<sup>\*\*</sup>      عقیل تبار ملاحسن (M.Sc.)<sup>\*\*\*</sup>  
 زرین شریف نیا (M.Sc.)<sup>\*\*\*\*</sup>      حامد اخروی (M.Sc.)<sup>\*\*\*\*\*</sup>      شهرام فدائی (Ph.D.)<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
 یداله محرابی (M.Sc.)<sup>\*\*\*\*\*</sup>      ابوالقاسم عجمی (Ph.D.)<sup>\*\*\*\*\*</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** تحقیقات حاکی از شیوع سرطان در افرادی است که در نزدیکی خطوط انتقال نیرو زندگی می‌کنند. بنابراین از اثرات میدان‌های الکترونیکی بر سلامت بشر نباید غافل ماند. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی بر سیستم ایمنی ذاتی و اختصاصی (ایمنی با واسطه سلولی) می‌باشد تا با کسب آگاهی در این زمینه بتوان از اثرات این میدان‌ها برای اهداف درمانی، تقویت و یا حتی سرکوب سیستم ایمنی استفاده نمود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه از موش‌های ماده نژاد BALB/c استفاده شد. موش‌ها به ۱۰ گروه ۸ تایی تقسیم شدند و به هر یک از موش‌ها (گروه مورد و شاهد) تعداد  $10^8$  گلبول قرمز (SRBC) در حجم ml ۰/۱ به دو طریق زیر جلدی و داخل جلدی (کف پا) تزریق شد و سپس گروه‌های مورد (۵ گروه) تحت تاثیر میدان‌های مغناطیسی با شدت ثابت ۰/۴ میلی تسلا ولی با فرکانس‌های متفاوت ۵، ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز به مدت ۶ روز متوالی، هر روز به مدت ۸ ساعت قرار گرفتند (هر گروه تحت یکی از فرکانس‌ها) و گروه‌های شاهد در همان شرایط ولی در خارج میدان مغناطیسی نگهداری شدند. سنجش ایمنی ذاتی و اختصاصی به ترتیب با تست NBT و DTH انجام گرفت. در روز هفتم، از موش‌های گروه‌هایی مورد و شاهد خون‌گیری شد و تست NBT به صورت کیفی و نیمه کمی انجام شد و برای انجام تست DTH در روز هفتم بار دیگر همان مقدار SRBC به کف پای موش‌ها (گروه‌های مورد و شاهد) تزریق گردید و بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت ضخامت کف پای موش‌ها به وسیله میکرومتر اندازه‌گیری و ثبت گردید و با استفاده از آزمون آماری تی تست غیر وابسته تجزیه و تحلیل شد.

**یافته‌ها:** نتایج تست کیفی NBT در تمام گروه‌ها بجز گروهی که در فرکانس صفر میدان مغناطیسی قرار گرفته بودند اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های مورد و شاهد نشان داد. در بررسی NBT نیمه کمی در گروه‌های مورد در مواجهه با فرکانس‌های ۵، ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز نتایج دارای اختلاف معنی‌داری بود. نتایج حاصل از پاسخ DTH در گروه‌های مواجهه با فرکانس‌های ۵، ۵۰ و ۵۰۰ هرتز معنی‌دار نبوده اما در گروه‌های مواجهه با فرکانس‌های ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز در مقایسه با گروه کنترل در اندازه‌گیری ۲۴ ساعته به ترتیب اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ولی در اندازه‌گیری ۴۸ ساعت و ۷۲ ساعت اختلافی مشاهده نگردید.

**استنتاج:** از یافته‌های تحقیق نتیجه گرفته می‌شود که فرکانس‌های ۵، ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز پاسخ‌های ایمنی ذاتی را در موش‌های ماده نژاد BALB/c کاهش می‌دهد ولی ایمنی سلولی اختصاصی تغییری نمی‌کند.

### واژه‌های کلیدی: الکترومغناطیس، فرکانس، ایمنی سلولی، NBT، DTH

\* کارشناس ارشد ایمنی شاسی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران  
 \*\* گروه ایمنی شاسی، عضو هیأت علمی (استاد) دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی  
 \*\*\* دانشجوی دکتری ایمنی شاسی دانشگاه تربیت مدرس  
 \*\*\*\* کارشناس ارشد ایمنی شاسی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی  
 \*\*\*\*\* گروه فیزیک پزشکی، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی  
 \*\*\*\*\* متخصص ایمونولوژی، عضو هیأت علمی (دانشیار) دانشگاه علوم پزشکی مازندران  
 ☞ تاریخ دریافت: ۸۴/۱/۸      تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۸۴/۴/۵      تاریخ تصویب: ۸۴/۷/۲۷

## مقدمه

تعداد سلول‌های T گزارش نمودند (۱۱). با توجه به این که اکثر تحقیقات مطالعه شده با فرکانس ثابت و شدت میدان‌های مغناطیسی متفاوت صورت گرفته (۱۱، ۹) لذا در این تحقیق اثر فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی (با شدت ثابت ۰/۴ میلی‌تسلا) بر سیستم ایمنی ذاتی (فاگوسیتوزیس) و ایمنی با واسطه سلولی (پاسخ DTH) در موش‌های ماده نژاد BALB/c مورد مطالعه قرار گرفت تا با کسب آگاهی در این زمینه شاید بتوان از اثرات این میدان‌ها برای اهداف درمانی و تقویت و یا حتی سرکوب سیستم ایمنی بهره جست.

## مواد و روش‌ها

بررسی حاضر یک پژوهش تجربی در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران می‌باشد. در این مطالعه (۸۲-۱۳۸۱) از موش‌های ماده نژاد BALB/c به وزن تقریبی ۲۲-۱۸ گرم استفاده شد. تعداد نمونه ۸۰ سر موش است که به ۱۰ گروه ۸ تایی تقسیم شدند (هر گروه مورد و شاهد ۸ سر موش). جهت تحریک سیستم ایمنی از SRBC<sup>۱</sup> به عنوان آنتی‌ژن استفاده گردید و جهت پاسخ‌دهی بهتر آنتی‌ژن، به دو صورت زیرجلدی (نزدیک ابتدای دم موش) و داخل جلدی (کف پا) به تعداد  $10^8$  در حجم ۰/۱ سی‌سی SRBC به هر یک از موش‌ها (هر دو گروه مورد و شاهد) تزریق شد. سپس گروه‌های مورد (در پنج گروه) هر کدام به ترتیب تحت تاثیر فرکانس‌های ۰، ۵، ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز میدان مغناطیسی با شدت ثابت ۰/۴ میلی‌تسلا به مدت ۶ روز متوالی، هر روز به مدت ۸ ساعت قرار گرفتند. موش‌های گروه شاهد از هر نظر با موش‌های گروه مورد یکسان بودند و تنها تفاوت آنها عدم مواجهه با فرکانس‌های میدان مغناطیسی بود.

نقش الکتریسته در زندگی متمدن امروزی برای همه آشکار است ولی نباید از اثرات سوء آنها بر روی موجودات زنده غافل ماند. همه انسان‌ها به نوعی در معرض امواج الکترومغناطیس از قبیل استفاده از کامپیوتر، اجاق مایکروفر، تلفن همراه، خطوط انتقال نیرو (۱) و یا استفاده از دستگاه تشخیصی MRI (۲) قرار می‌گیرند. امواج حاصل از این میدان‌های ساخته شده دست بشر دائما در محل زندگی ما وجود دارد و در طول شبانه روز با این میدان‌ها به طرق مختلف مواجه می‌شویم. در وسایل الکتریکی مصرفی منازل میدان‌های مغناطیسی متفاوتی بسته به نوع دستگاه به وجود می‌آید که می‌تواند شدت آن‌ها بین  $10^{-10}$  تا  $0/01$  متغیر باشد (۱). اولین گزارش در مورد اثرات سوء میدان‌های الکترومغناطی توسط Werthimer انتشار یافت که حاکی از بالا بودن نسبت ابتلا به انواع مختلف سرطان‌ها در افرادی بود که در نزدیکی‌های خطوط انتقال نیرو زندگی می‌کردند (۱). محققین عقیده دارند که یکی از دلایل ایجاد سرطان توسط میدان‌های الکترومغناطیس ناشی از اختلال در سیستم ایمنولوژیک است (۳). در رابطه با اثر میدان‌های مغناطیسی بر سیستم ایمنی گزارش‌های متناقضی وجود دارد. تحقیقات انجام شده با شدت ۲۲ میکروتسلا و فرکانس ۵۰ هرتز کاهش فعالیت سلول‌های فاگوسیتوز را نشان می‌دهد (۴) و پژوهش‌های انجام شده با شدت ۰/۱ میلی‌تسلا و فرکانس ۶۰ هرتز افزایش انفجار تنفسی را گزارش کردند (۶) اما دیگر مطالعات با فرکانس ثابت ۶۰ هرتز و شدت میدان‌های متفاوت اختلاف معنی‌داری را از نظر پاسخ DTH مشاهده نکردند (۹) از طرفی دیگر محققان با فرکانس ۶۰ هرتز و شدت میدان‌های ۲۰۰، ۲۰، ۲ و ۲۰۰۰ میکروتسلا کاهش معنی‌داری را در

1. Sheep Red Blood Ceel



### NBT(HIGH)(+++)

تصویر شماره ۳: NBT نیمه کمی (۳+)

جهت ارز یابی سنجش تست DTH در روز هفتم بار دیگر ۰/۱ سی سی SRBC به تعداد  $10^8$  گلبول قرمز به کف پای چپ تمام موش‌های مورد و شاهد و ۰/۱ سی سی PBS (به عنوان کنترل) به کف پای راست همه موش‌های شاهد و مورد تزریق شد. ضخامت کف پای چپ و راست همه موش‌ها بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت به وسیله دستگاه ضخامت سنج (میکرومتر) اندازه گیری و ثبت گردید. بدین ترتیب اختلاف ضخامت کف پای چپ از ضخامت کف پای راست موش‌های هر دو گروه مورد و شاهد به طور مجزا در زمان‌های مذکور محاسبه شده و اطلاعات به دست آمده به وسیله آزمون آماری تی تست غیر وابسته تجزیه و تحلیل شد.

### یافته‌ها

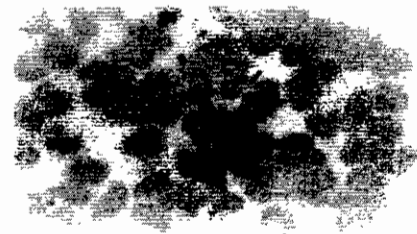
ارزیابی فعالیت فاگوسیتوزیس نوتروفیل‌ها با استفاده از تست NBT کیفی در گروه‌های مورد آزمایش نشان داد که فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی (با شدت ثابت ۰/۴ میلی تسلا) به جز در فرکانس صفر در بقیه فرکانس‌ها (۵۰۰، ۵۰، ۵، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز) اختلاف معنی داری ( $P < 0.001$ ) با گروه شاهد دارد؛ جدول شماره ۱.

جهت بررسی ایمنی سلولی از دو روش NBT (برای سنجش ایمنی سلولی ذاتی یا فاگوسیتوزیس) و DTH (برای سنجش ایمنی سلولی اختصاصی) استفاده گردید. جهت بررسی فعالیت ایمنی فاگوسیتوزیس، در روز هفتم (بعد از پایان مواجهه) از عروق موجود در گوشه داخلی چشم موش در هر دو گروه مورد و شاهد به وسیله پیت پاستور استریل خون‌گیری شده و با ماده ضد انعقاد EDTA به نسبت ۱mg/mL مخلوط و فعالیت فاگوسیتوزیس به وسیله تست NBT به دو صورت کیفی و نیمه کمی بررسی شد. بررسی تست NBT توسط همکارانی انجام شد که از شاهد یا مورد بودن نمونه‌ها اطلاعی نداشتند (Blind). جهت انجام تست کیفی، ۲۰۰-۳۰۰ نوتروفیل شمارش شده و درصد NBT مثبت و منفی در آن‌ها تعیین گردید و جهت انجام تست نیمه کمی در نوتروفیل‌های NBT مثبت، شدت آنها به سه گروه؛ کم (۱+)، متوسط (۲+) و شدید (۳+) تقسیم‌بندی شد. تصویر شماره ۱.



### NBT(LOW)(+)

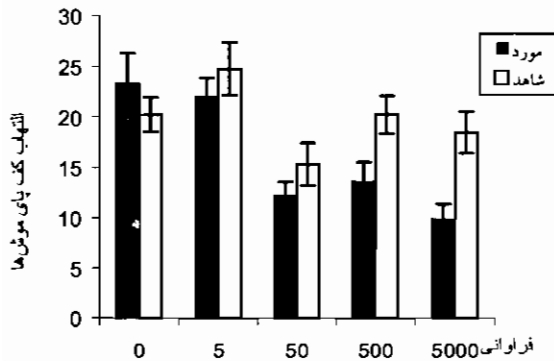
تصویر شماره ۱: NBT نیمه کمی (۱+)



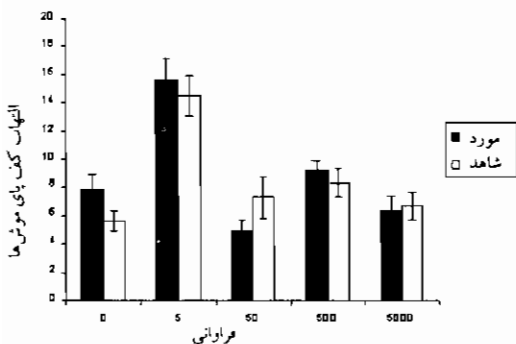
### NBT(MODERATE)(++)

تصویر شماره ۲: NBT نیمه کمی (۲+)

ارزیابی پاسخ‌های با واسطه سلولی (پاسخ DTH) گروه‌های مواجهه با فرکانس‌های ۵، ۵۰ و ۵۰۰ هرتز میدان مغناطیسی با شدت ثابت ۰/۴ میلی‌تسلا در اندازه‌گیری ضخامت کف پای موش BALB/c بعد از زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته هیچگونه تفاوت معنی‌داری بین گروه مورد و شاهد نشان نداد در حالی که در گروه‌های مواجهه یافته با فرکانس‌های ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز میدان مغناطیسی در اندازه‌گیری ضخامت کف پای موش بعد از ۲۴ ساعت کاهش معنی‌داری (به ترتیب با  $P < 0/034$  و  $P < 0/004$ ) در مقایسه با گروه شاهد نشان داد (نمودار شماره ۱). و نیز در اندازه‌گیری ضخامت کف پا؛ بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تزریق در این دو فرکانس هم هیچ‌گونه تغییری در مقایسه با گروه شاهد دیده نشد، (نمودارهای شماره ۲ و ۳).



نمودار شماره ۱: مقایسه میانگین التهاب کف پای موش در گروه مورد با کنترل در فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی در اندازه‌گیری ۲۴ ساعته



نمودار شماره ۲: مقایسه میانگین التهاب کف پای موش در گروه مورد با کنترل در فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی در اندازه‌گیری ۴۸ ساعته

جدول شماره ۱: نتایج حاصل از تست NBT کیفی در فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی

P	گروه		فرکانس (هرتز)
	مورد	شاهد	
0/034	میانگین ± انحراف معیار (تعداد)	میانگین ± انحراف معیار (تعداد)	۵
0/001	۹۲/۱۱ ± ۱/۱۷ (۹)	۸۸/۰۰ ± ۱/۷۷ (۸)	۵۰
0/001	۹۲/۷۵ ± ۲/۷۶ (۸)	۸۷/۵۶ ± ۲/۴۶ (۹)	۵۰۰
0/001	۹۲/۵۷ ± ۲/۳۰ (۷)	۸۷/۲۰ ± ۳/۰۱ (۱۰)	۵۰۰۰
0/001	۹۱/۰۰ ± ۱/۹۱ (۷)	۸۶/۶۷ ± ۲/۴۵ (۹)	
0/001	۹۴/۱۳ ± ۱/۸۱ (۸)		

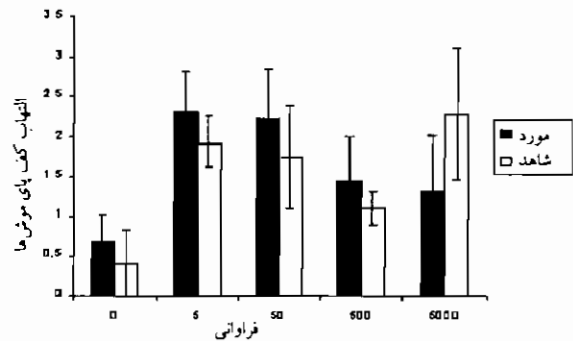
بررسی NBT نیمه کمی با شدت‌های کم (+۱)، متوسط (+۲) و زیاد (+۳) نشان داد که در فرکانس‌های ۵ و ۵۰ هرتز میدان مغناطیسی اثری روی شدت NBT نداشته اما در فرکانس‌های ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/001$ ) بین نتایج تست NBT نیمه کمی در گروه مورد و شاهد مشاهده شد، جدول شماره ۲. نتایج حاصل از بررسی NBT (کیفی و نیمه کمی) حاکی از تاثیر فرکانس‌های ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز میدان مغناطیسی در جهت کاهش میزان و شدت انفجار تنفسی (ایمنی ذاتی سلولی یا فاگوسیتوزیس) بود.

جدول شماره ۲: نتایج حاصل از تست NBT نیمه کمی (+۳) در فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی

P	گروه		فرکانس (هرتز)
	مورد	شاهد	
0/928	میانگین ± انحراف معیار (تعداد)	میانگین ± انحراف معیار (تعداد)	۵
0/198	۵۱/۶۰ ± ۷/۵۴ (۵)	۵۱/۳۳ ± ۳/۱۶ (۹)	۵۰
0/001	۴۱/۲۵ ± ۲/۰۵ (۸)	۳۹/۰۰ ± ۴/۲۴ (۸)	۵۰۰
0/001	۴۵/۲۹ ± ۶/۲۹ (۷)	۳۱/۵۶ ± ۴/۵۹ (۹)	۵۰۰۰
0/001	۴۸/۱۴ ± ۳/۶۲ (۷)	۳۸/۸۰ ± ۳/۱۶ (۱۰)	
0/001	۵۳/۰۰ ± ۳/۷۴ (۸)	۴۰/۸۹ ± ۴/۴۸ (۹)	

سلولی موش‌های ماده نژاد BALB/c نداشت اما فرکانس‌های ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز فقط پاسخ DTH را در زمان ۲۴ ساعت کاهش داد. با توجه به این که فعالیت‌های ایمنی ذاتی از قبیل حضور نوتروفیل‌ها و فعال شدن کمپلمان باعث افزایش التهاب در محل تزریق می‌شود و حضور لئوسیت‌ها و منوسیت‌ها در محل تزریق (ایمنی سلولی اختصاصی) ۷۲ - ۴۸ ساعت به طول می‌انجامد؛ می‌توان استنباط نمود که فرکانس‌های بالای میدان مغناطیسی، مکانیزم‌های التهاب‌زای ایمنی طبیعی از قبیل حضور نوتروفیل‌ها را تحت تاثیر قرار داده و آنها را تضعیف می‌کند ولی مکانیزم‌های اختصاصی ایمنی سلولی تغییری نمی‌کند. نتایج مطالعات Robert و Ikeda نیز همانند نتایج این مطالعه عدم تاثیر میدان مغناطیسی را روی ایمنی سلولی اختصاصی نشان داد (۹، ۱۰). Tremblay در بررسی تاثیر میدان مغناطیسی بر سیستم ایمنی اثرات کاهشی را بر روی تعداد سلول‌های CD4 و CD8 گزارش کرده است (۱۱) و هم‌چنین کاهش ظرفیت سیتولیتیک لئوسیت‌های تابش گرفته در خارج از بدن در فرکانس ۶۰ هرتز نیز نشان داده شده است (۱۲، ۱۳). در مطالعه‌ای دیگر که شدت میدان مغناطیسی به کار رفته ۶۰ میلی‌تسلا بود متفاوت با نتایج این مطالعه افزایش پاسخ DTH گزارش شد (۱۴). بالا بودن شدت میدان (۶۰ میلی‌تسلا در مقابل ۰/۴ میلی‌تسلا) و متفاوت بودن زمان مواجهه و مدل حیوانی مختلف می‌تواند علت تفاوت نتایج با مطالعه حاضر باشد.

از نتایج فوق نتیجه گرفته می‌شود که فعالیت‌های نوتروفیل‌ها تحت تاثیر فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی کاهش پیدا می‌کند و نتیجتاً سیستم فاگوسیتوزی نوتروفیل‌ها دچار اختلال می‌شود ولی فعالیت‌های اختصاصی ایمنی سلولی در مواجهه با فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی تغییری نمی‌کند.



نمودار شماره ۳: مقایسه میانگین التهاب کف پای موش در گروه مورد با کنترل در فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی در اندازه گیری ۷۲ ساعته

## بحث

سنجش سیستم ایمنی طبیعی و اختصاصی در بررسی تاثیر فرکانس‌های مختلف میدان مغناطیسی به ترتیب به وسیله تست NBT و DTH مورد بررسی قرار گرفت. در سنجش ایمنی ذاتی به وسیله تست NBT در فرکانس صفر هرتز با شدت ثابت میدان مغناطیسی (۰/۴ میلی‌تسلا) اختلاف معنی داری در گروه مورد با گروه شاهد مشاهده نشد در صورتی که در فرکانس‌های ۵، ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز تست NBT کاهش معنی داری را نشان داد. Korneva نیز نشان داد که میدان‌های مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز فعالیت سلول‌های فاگوسیتوز کننده را کاهش می‌دهد (۴) هم‌چنین نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات Gridland یکسان می‌باشد (۵) اما محققان دیگر نشان دادند که میدان مغناطیسی با شدت ثابت ۰/۱ میلی‌تسلا و فرکانس ۶۰ هرتز باعث افزایش میزان انفجار تنفسی (NBT) می‌گردد (۶). مطالعات Noda و Simko نیز نشان دهنده افزایش انفجار تنفسی نوتروفیل‌ها در اثر مواجهه شدن با میدان مغناطیسی می‌باشد (۷، ۸). یکسان نبودن شدت میدان مغناطیسی و استفاده از مدل حیوانی Rat و طول مدت مواجهه با میدان مغناطیسی و یکسان نبودن فرکانس‌ها، ممکن است باعث این تفاوت گردیده باشد. در این مطالعه فرکانس‌های ۵، ۵۰ و ۵۰۰ هرتز میدان مغناطیسی، تاثیری بر پاسخ‌های DTH سیستم ایمنی

## فهرست منابع

1. Adam L, Metcalfe J, Hesketh R. Biological responses to electromagnetic fields. *FASEB J*. 1998; 12: 395-420.
2. Heine J, Scheinichen D, Jaeger K, Herzog T, Sumpelmann R. Effect of magnetic resonance imaging on human respiratory burst of neutrophils. 1999 Mar; 446(1): 15-7.
3. Lyle D, Wang X. Calcium uptake by leukemia and normal T-Lymphocytes exposed to low frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 1991; 12: 145-156.
4. Korneva H, Grigoriev V. Effects of low level 50Hz magnetic fields on level of host defense and on spleen colony formation *Bioelectromagnetics*. 1999; 20: 57-63.
5. Gridland. et al. 50Hz magnetic field exposure alters onset of s-phase in normal human fibroblasts. *Bioelectromagnetics*. 1999; 20: 446-452.
6. Mevissen M, Haussler M, Szamel M, Emmendorffer A, Thun-Battersby S, Loscher W. complex effect of long-term 50Hz magnetic fields exposure. 1998; 19(4): 259-70.
7. Simko M, Droste S, Krichuber R, Weiss D. stimulation of phagocytosis and free radical production in murine macrophages by 50Hz electromagnetic fields. *Eur J cell Biol*. 2001 Aug; 80(8): 562-6.
8. Noda Y, Mori A, Liburdy R, Packer L. Magnetic fields and lipoic acid influence the respiratory burst activated peritoneal neutrophils. *pathophysiology*. 2000 Jul; 7(2): 137-142.
9. Robert V, Helen V, James R, TIM R, Peter T, David L. Immune function and host defense in rodents exposed to 60Hz magnetic fields. 1996; 34: 228-239.
10. Ikeda K, Shinmura Y, Mizoe H. No effects of extremely low frequency magnetic field found on cytotoxic activities and cytokine production of human peripheral blood mononuclear cells invitro. *Bioelectromagnetics*. 2003 Jan; 24(1): 21-31.
11. Tremblay L, Mandeville R, Mercier G, Gagnon J, Houde M. differential modulation of natural and adaptive immunity in Fisher Rats exposed for 6 weeks to 60 Hz linear sinusoidal continuous-wave MF. *Bioelectromagnetics*. 1996; 17: 373-383.
12. Jasti AC, Wetzel BJ, Aviles H, Vesper DN, Nindel G, Johnson MT. effect of a Wound healing electromagnetic field on inflammatory cytokine gene expression in rats. *Biomed Sci Instrum*. 2001; 37: 209-14.
13. Lyle D, Ayotte RD, Sheppaer AR, Adey WR. Suppression of T-lymphocyte cytotoxicity following exposure to 60 Hz sinusoidal electric fields. *Bioelectromagnetics*. 1998; 9(3): 303-313.
14. Jankovic, Maric D, Ranin J, Veljic J. Magnetic fields Brain and immunity: effect on humoral and cell mediated immune responses. *inter-J-neuroscience*. 1991; 59(1-3): 25-43.