اثر میدانهای الکترومغناطیسی با فرکانس۵۰ هرتز روی فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژنازوغلظت گلوکزخون موش نژاد*NMRI*

نفیسه پذیره [۱] ، پریچهر یغمایی [۲] ، کاظم پریور [۳] ، داوود درانیان [٤]

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثر میدان الکترو مغناطیسی یکنواخت با فرکانس ۵۰ هرتز بر فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز وغلظت گلوکزسرم خون موشهای نر بالغ نژاد NMRIانجام گرفت .در این مطالعه با استفاده ازسیستم پیچه های سولونوئید میدانهای مغناطیسی یکنواختی ایجاد شد بدین منظور دو گروه تجربی (n=12)۲۸ روز پیوسته و در هر روز ٤ ساعت در معرض میدانهای مورد نظر قرار گرفتند. و نتایج با گروه شم (n=6)و کنترل(n=6) مقایسه گردید . نمونه گیری از خون بعد از ۲۸ روزانجام شد. فعالیت آنزیمLDH در سرم به وسیله اتوانالایزربیوشیمی مدل Prestige24i سنجش شد از طرفی غلظت گلوکز خون به وسیله دستگاه اتوآنالایزربیوشیمی HITACHI مدل۷۱۷ انجام شد.

فعالیت آنزیمLDH در سرم برای گروههایی کـه در معـرض فرکانس ۵۰ هرتـز و شـدت ۰/۰٤ و ۰/۰٦ میلـی تـسلا قـرار داشتند به طور معنی داری(p<0/05)بیشتر از گـروه شـم و کنتـرل بـود .و غلظـت گلـوکز در گروهـی کـه در معـرض میدانهایی با شدت 0.04,0.06 میلی تـسلا قـرار گرفتنـد بـه طور معنی داری (p<0/01) کمتراز گروه sham و کنترل بود در این مطالعه میدان الکترو مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز سبب افزایش فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژنازو کاهش غلظت گلوکز موش شد .

کلمات کلیدی: میدان الکترومغناطیسی،ترانس آمیناز،موش سوری ،آسیبهای کبد

مقدمه

امروزه با پیشرفت تکنولوژی میدانهای الکترو مغناطیسی که محیط اطراف انسان را احاطه نموده اند افزایش یافته اند. از نیمه قرن بیستم الکتریسیته یکی از اجزای ضروری زندگی بشر شد به طوری که اکنون بسیاری از وسایل مورد استفاده ما توسط الکتریسیته کار می کنند . استفاده فراوان از منابع تغذیه الکتریکی موجب شده است تا افراد زیادی در معرض میدانهای الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز قرار گیرند[۱]

مطالعات بیوشیمیایی به بررسی ارزیابی اثر میدانهای مغناطیسی روی متابولیسم سلولها در محیط invivoوinvitroو در انسانها پرداخته اند [۳] این مطالعات نشان می دهد تجزیه کربوهیدراتها،لیپیدهاو متابولیسم پروتئینها در اثر قرار گرفتن در معرض میدانها تغییر می کند مشخص شده سطح گلوکز خون تغییر یافته و گلیکولیزافزایش می دهند و این میدانها باعث تغییر در سطح گلوکاگون و تیروکسین خون می شوند.[۳]

در پی استفاده از میدانها مجموعه ای از فعالیتهای سلسله وار آغاز می شود که پیام را از غشاء سلول به طرف هسته و نیز محتوای ژنتیکی هدایت می کند .میدانهای الکترومغناطیسی در بدن انسان عملکرد اکثر ارگانها (قلب،خون،مغز،اعصاب و....)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

۲ - استادیار،دکتری تخصصی زیست شناسی فیزیولوژی جانوری ،عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

۳- استاد،دکتری تخصصی زیست شناسی تکوینی جانوری عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

٤ - استاد،دکتری تخصصی بیوفیزیک عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

را تحت تاثیر قرار می دهد و پتانسیل غشاء سلولی را تغییر می دهد و توزیع یونها را بر سلول برهم می زنند این تغییرات ممکن است ممکن است بر روی پروسه های بیوشیمیایی تاثیر بگذارد و پارامترهای بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمهای سرم را تغییر دهد[٤] در این تحقیق به بررسی اثر میدانهای الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت 0.04,0.06 mT بر فعالیت انزیم لاکتات دهیدروژنازوغلظت گلوکز خون در موشهای نژاد NMRI پرداخته شده است.

مواد و روش کار

حیوانات : تجربیات برروی ٤ گروه ازموشهای سوری نژادNMRI صورت گرفت در این طرح موشهای نر سوری بالغ نژادNMRI از انستیتو پاستور ایران خریداری شده و به حیوانخانه واقع در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات منتقل شدند و در اتاق حیوانات رطوبت ۷۰±٦٥ درصد ،دمای ۱±۲۳ درجه سلسیوس ، و میزان نور (۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) به دقت تنظیم شد. آب و غذا به میزان کافی در اختیار حیوانات قرار داده شد.

میدان مغناطیسی: برای تولید میدان الکترو مغناطیسی از سیستم پیچه های سلونوئیدی با قطر سیم1cm طول سیم50cm تعداد دور1000 قطر میدان 12cmاستفاده شد،فرکانس ایجاد شده میدان 50 هرتزو شد آن 0.06mT,004mT می باشددر این سیستم همچنین منبع تغذیه وتسلامتر برای سنجش شدت میدان مورد استفاده قرار گرفت

روش کار:در هر تجربه ٦ موش در قفس کوچکی از جنس پلاستیک خشک که به این منظور تهیه شده بود قرار گرفته و در مرکز پیچه ها جای داده شدند یکی از گروههای تجربی در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتزو با شدت ۰/۰٤ میلی تسلا و گروه تجربی دیگر در معرض میدان الکترو مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتزو شدت ۰/۰٦ میلی تسلا قرار گرفتند. علاوه بر دو گروه ذکر شده یک گروه به عنوان گروه شم (n=6) که در داخل دستگاه خاموش قرار گرفتند و یک گروه به عنوان گروه کنترل (n=6) در نظر گرفته شدند .بعد ازاینکه هر گروه آزمایش ۲۸ روز و در هر روز ٤ ساعت در معرض میدانهای ذکر شده قرار گرفتند خون گیری ازموشها انجام شد.

فعالیت آنزیمLDH در سرم به وسیله اتوانالایزربیوشیمی مدل Prestige24i سنجش شد از طرفی غلظت گلوکز خون به وسیله دستگاه اتوانالایزربیوشیمی HITACHI مدل۷۱۷ انجام شد.

اطلاعات به دست آمده با استفاده ازنرم اقرار SPSS وآزمون واریانس یکطرفهANOVA و تست توکی تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج

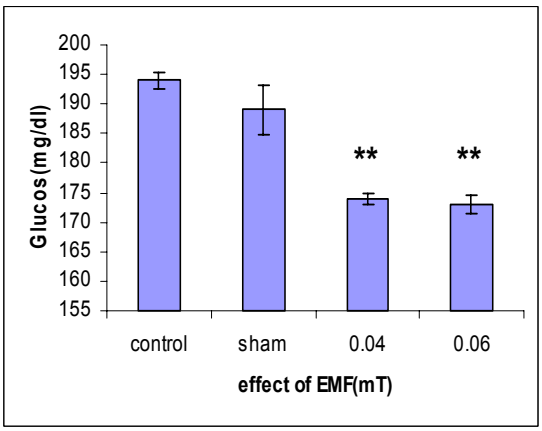
نتایج حاصل از این برسی ها نشان داد که فعا لیت آنزیمLDH در سرم موش هایی که در معرض میدان های الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز وشدت ۰/۰٤ MTو ۰/۰٦MT قرار گرفتند نسبت به گروه کنترل وشم افزایش معنی داری پیدا کرده است(P<0/001) . و با افزایش شدت میزان فعالیت این آنزیم بیشتر میشود . فعالیت آنزیم LDHدر گروه شم نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی داری پیدا نکرده است. غلظت گلوکزدر سرم موشهایی که در معرض میدانهای الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت۰/۰٤MTو ۰/۰٦MT قرار گرفته اند نسبت به گروه کنترل و شم کاهش معنی داری پیدا می کند (P<0/001)و با افزایش شدت میدان غلظت آن کمتر می شود غلظت گلوکزدر گروه شم نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی داری نشان نداد .

داده‌های حاصل از این پژوهش در جدول۱ بیان شده و این مقادیر در نمودارهای ۱ الی ۲مقایسه گردیده.

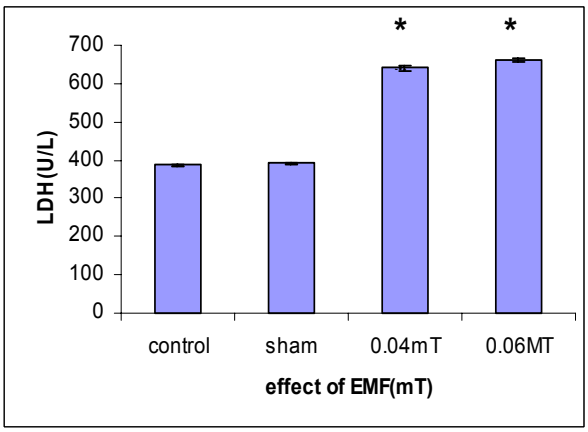
مقایسه میانگین وانحراف معیارغلظت گلوکز و فعا لیت انزیم لاکتات دهیدروژناز بین گروه‌های تجربی ۰/۰۴MTو ۰/۰۶MT با فرکانس ۵۰ هرتز با گروه کنترل و SHAM. * (P<0.05) ، **(P<0.01)

Grup / factor	Control	sham	0.04mT	0.06mT
glucose (gr/dl)	194±1.41	189±4.23	173±1.52**	174±0.96**
LDH (IU/L)	388±2.70	391±3.13	641±5.94*	661±3.91*

نمودار ۱-۱ مقایسه میانگین وانحراف معیارگلوکزبین گروه‌های تجربی ۰/۰۴MTو ۰/۰۶MT با فرکانس ۵۰ هرتز با گروه کنترل و SHAM. **بیانگر (P<0.01)



نمودار۲-۱ مقایسه میانگین وانحراف معیارLDHبین گروه‌های تجربی ۰/۰۴MTو ۰/۰۶MT با فرکانس ۵۰ هرتز با گروه کنترل و SHAM.*بیانگر (P<0.05)



بحث

مطالعات بیوشیمیایی مختلفی به ارزیابی اثر میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر متابولیسم سلولی پرداختند [۵،۶،۷] تاثیر اولیه میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی مسیرهای متابولیکی مختلف در واکنش‌های بیوشیمیایی می‌باشد، به‌طور کلی اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر موجود زنده یک پدیده پیچیده است. مکانیسم‌های اولیه فیزیکوشیمیایی که در طبیعت وجود دارند تحت تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی می‌باشند. میدان‌های الکترومغناطیسی تأثیرات فیزیکوشیمیایی خود را روی الکترون‌ها، یون‌ها و قطبیت و ساختارهای ماکروسکوپی اعمال می‌کنند [۸]

بدین واسطه EMF اختلالات قابل توجهی را در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها از طریق تغییر سطح گلولکز خون نشان دادند که این تغییرات احتمالاً به دلیل تغییر در واکنش‌های گلیکولیز وگلیکوژنولیز به‌واسطه بلوکه کردن مسیر پیرووِیک اسیدبه استیل کوآنزیمA می‌باشد[۹و۱۰ و۱۱]. از طرفی Elbetieha و همکاران در سال ۲۰۰۲ اعلام کردند که میدان‌های الکترومغناطیسی سطح پروتئین‌های عمومی و تجزیه آن‌ها را تغییر می‌دهد در نتیجه چرخه کربس دچار

اختلال شده و این اختلال احتمالاً منجربه بلوکه کردن مسیر آلفاکتوگلوتاریک اسید به سوکسینیل‌کوآنزیمA می‌شود[۱۲]. میدان‌های الکترومغناطیسی در بدن جانور، نفوذ کرده و روی اندام‌ها عمل می‌کنند و باعث تغییر در پتانسیل غشای سلولی و ایجاد اغتشاش در پلاریته و انتقال یون‌ها از غشاء می‌شوند. این تغییرات می‌توانند روی واکنش‌های بیوشیمیایی در سلول تأثیر گذاشته و در نتیجه موجب تغییر پارامترهای بیوشیمیایی و تغییر در فعالیت آنزیم‌های سرم گردند [۱۳].

پس احتمالاً EMF با تأثیر روی قطبیت و تغییر بارهای الکتریکی غشاء سلول موجب تغییر روی فعالیت بعضی از پروتئین‌ها و آنزیم‌های دخیل در فرایند گلیکولیز و گلیکوژنولیز موجب تغییر در غلظت گلوکز در پژوهش حاضر شده است.

از طرفی در این مطالعه ارتباط معنا داری بین افزایش فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز سرم موش بین گروه شاهد و گروهای قرار گرفته در میدان مغناطیسی با فرکانس ۵۰هرتزوشدت 0/04,0/06mT مشاهده شد. مطالعات متعددی در خصوص اثر میدانهای الکترو مغناطیسی با فرکانس پایین بر روی فعالیت آنزیم های لاکتات دهیدروژناز و آنزیم های ترانس آمیناز انجام گرفته است. این آنزیم‌هابه عنوان شاخصی حساس در ارتباط با آسیب سلول‌های کبدی مطرح هستند. به‌طوری که به دنبال تغییر نفوذپذیری غشاءو آسیب سلول‌های کبدی این آنزیمها وارد خون شده و میزان آنها نسبت به حالت طبیعی در سرم افزایش می‌یابد[۱]

میدان‌های الکترومغناطیسی باعث افزایش فشار اسمزی RBC و کاهش الاستیسیته غشاء می‌شوند. تغییر در شرایط فیزیکی پروتئین‌هایی که در ساختار غشاء سلولی هستند می‌تواند منجربه تغییر در نفوذپذیری غشاء RBC گردد. [۱٤] و بدین صورت EMF منجربه برهم زدن توزیع بارها در دو سوی غشاء می‌شود و این به‌هم خوردگی می‌تواند به علت عدم عملکرد صحیح کانال‌های یونی صورت گرفته باشد، در نتیجه این توزیع نابرابر بارها ویژگی‌های سلول RBC تغییر می‌کند. در نتیجه کاتالازهای درون گلبول قرمز فعال شده منجربه ایجاد واکنش‌های اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود. رادیکال‌های آزاد می‌توانند به سلول‌های کبدی آسیب وارد کرده و منجربه افزایش LDH ،ALT و AST گردد [۱۵]. علاوه بر آن بعضی ازمحققین معتقدند که میدان ممکن است باعث تولید رادیکال‌های آزاد و عوامل فعال دیگر شود، که این مواد حدواسط با این‌که عمر کوتاهی دارند ولی بسیار فعال‌اند و با حمله به DNA و لیپید و پروتئین و ماکرومولکول‌های دیگر به آنها آسیب می‌رسانند. شاید بتوان گفت در پژوهش حاضر احتمالاً میدان‌های مغناطیسی با تولید رادیکال آزاد و حمله به DNA و لیپید و پروتئین منجربه آسیب کبدی ودر نهایت افزایش سطح ترانس‌آمینازها و LDH می‌شود[۱٦]

در مطالعه ای که برروی فعالیت آنزیم های ALTو AST سرم کارگران کارخانه فولادسازی انجام شد نیز افزایش معنی داری در فعالیت آنزیم AST سرم در کارگرانی که دارای سابقه کار بیش ازده سال بودند گزارش شدند. در محیط کار این کارگران فرکانس میدان ۵۰ هرتزو شدت میدان مغناطیسی۲ A/m (۲/۵ میلی تسلا معادل ۲۵ گوس) و شدت میدان الکتریکی ۲۰ v/m بودکه با نتایج تحقیق حاضر هماهنگ است [۱۹].

محققین گزارش کردندکه EMF منجربه کاهش الاستیسیته گلبول قرمز شده و از این طریق باعث افزایش مقاومت رگی می‌شود و در نتیجه متابولیسم در رگ دچار اشکال می‌گردد و حالت توکسیسیته و سمیت در خون افزایش می‌یابد. این حالت سمیت نیز می‌تواند منجربه افزایش فالیت سلول‌های کبدی به دلیل خاصیت سم زدایی این سلولهاو افزایش آنزیم-های نام‌برده گردد.[۱۵]

در مطالعه دیگری اثر میدان الکترو مغناطیسی بر روی فعالیت آنزیم های ترانس آمیناز و لاکتات دهیدروژناز . در این مطالعه میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز سبب تغییر فعالیت آنزیم های LDHو ALTو AST در نمونه های مود آزمایش شد [۳] .در این پژو هش اثر میدان الکترومغناطیسی

روی متابولیسم سلولهای کبدی دلیل افزایش فعالیت آنزیم های ALTو AST بیان گردید.[۳]

پس می توان گفت افزایش ALT و AST نشان دهنده تغییر در فعالیت کبد است . میزان این آنزیم‌ها در همه مراحل آسیب‌های سلولی کبدی تغییر می‌کند [۱]

.در مطالعای که توسط پریور و همکاران در سال ۱۳۸۰ انجام شد مشخص گردید میدانهای مغناطیسی با شدت ۵۰گوس می توانند باعث افزایش تجمعات سلولهای مونونوکلئار،اندازه قطر هپاتوسیتها وقطر هسته هپاتوسیتها می گردند همچنین انها اضهار کردند میانگین سلولهای کوپفر در نمونه هایی که در معرض میدان مغناطیسی ۵۰ گوس بودند کاهش پیدا کرده است [۲] .با توجه به اینکه میدان‌های مغناطیسی منجربه تغییرات ساختاری در هپاتوسیت‌ها و فعالیت میتوکندریایی می‌شود (Parofiniuk 2002).می توان گفت آسیبهای کبدی احتمالا باعث افزایش غلظت این آنزیم هاست.

برخی پژوهشگران عقیده دارند که میادین مغناطیسی ضعیف قادرند با اثر بر روی نفوذپذیری غشای پلاسمایی، جریان یون های کلسیم را به داخل سلول افزایش دهندوبا افزایش جریان یون های کلسیم در سلول های کبدی و بالا بردن سرعت تکثیر در آنها، در نهایت منجر به تیپ خاصی از سرطان می شود[۱۸].

در مطالعه دیگری که روی افراد داوطلب انجام شد این افراد به مدت چهار هفته به صورت پیوسته و ناپیوسته در معرض میدان مغناطیسی با شدت ۱۰ میکرو تسلا (۱۰۰میلی گوس) قرار گرفتند . هیچگونه تغییری در مقادیر متغیرهایی بیوشیمیایی در آنها از جمله آنزیمهای ALTو AST مشاهده نشد [۲۰].

چنان که اشاره شد تحقیقات مختلفی در مورد تاثیر میدانهای الکترو مغناطیسی بر فرایندهای زیستی از جمله فعالیت آنزیم های ترانس آمینازانجام گرفته و نتایج متفاوتی گزارش شده است . می توان گفت نتایج متفاوت به دلیل وجود تنوع فاکتورهای موثر از جمله فرکانس شدت میدان ،شکل موج، مدت زمان اثر دهی و نوع حیوان می باشد. نتایج حاصل از مطالعات گذشته در خصوص اثر میدانهای الکترومغناطیسی بر موجودات زنده مشخص نمودند که برخی ازفرایندهای مهم بیو شیمیایی در مسیرهای متابولیک تحت تاثیر میدانهای الکترومغناطیسی قرار می گیرند . توجیه مکانیسم اثر میدانهای الکترو مغناطیسی بر موجودات زنده بسیار پیچیده است .می توان چنین اظهار نمود که میدانهای الکترومغناطیسی ابتدا در موجود زنده ایجاد تغییرات فیزیکوشیمیایی می نمایند که به دنبال آن اثرات زیستی میدان بر سیستم زنده مشاهده می شود. یکی ازاثرات مهم فیزیکوشیمیایی میدانهای الکلترو مغناطیسی تاثیر بر جهت گیری و جابجایی ترکیبات دو قطبی و یونی است [۲۱]

ماحصل این تجربیان نشان می دهند که به طور قطعی نمی توان مدعی شد چه مکانیسمی موجب تغییر بیولوژیک خاص می شود، چرا که عوامل بسیار متنوعی در نحوه تأثیرگذاری میدان مغناطیسی بر موجودات زنده دخیل می باشند. بنابراین، پژوهش های گسترده دیگری برای تعیین مکانیسم عمل و چگونگی تأثیر این میدان ها بر موجودات زنده لازم است تا الگویی مشخص برای محافظت انسان ها و سایر موجودات از اثرات مضر این میدان ها بدست آید.

منابع

۱. ثقفی نیام. مقصودی دماوندی ا. نفیسی ن. محبی ح. بررسی اثرات زیانبار سلاحهای الکترو مغناطیسی بر روی انسان و محیط طب نظامی

۲. پریور-ک.انصاری-ف. اثرمیدان‌های الکترومغناطیسی یکنواخت(۴۰۰،۲۰۰،۱۰۰،۵۰ گوس) با فرکانس ۱۰۰ هرتز بر پروتئین‌های سرم خون و بافت کبد و طحال موش نژاد Balb/Cمجله علوم دانشگاه تهران جلد ۲۸ شماره۳ (۱۸۱-۱۶۷)

3. Salem Amara, Hafdh Abdelmelk,Mohamed Ben Salem ,Effects of static magnetic field exposure on hematologicall and biochemical

parameters in rats2006 ,Braz.arch.biol.technol .Vol46 No.6

4. Zare S, Hayatgeibi H, Alivandi S, Ebadi AG. 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):217-9.

5. Kato,M,K,Hunma T.shigemitus and Y.Shiga, circulary polarized ,sinosoidal ,50Hzmagnetice field exposure does not influence plasma testestron level of rats:1994,Bioelectromagnetics,Vol 15,pp513-518

6. Margonato ,V.P. Nikolini ,R.Conti ,Lzecca,A. Veicsteinas and P.Cerretelli,Biologycal effect of prolonged exposure to ELF electromagnetic filed in rat.1995,Bioelectromagnetic Vol 16,pp:343-355

7. Zecca L. C. Mantegazza ,p.Cerretelli ,M.Caniatti,F.Piva,D.Dondi and N.Hagino ,Biological effect of prolog exposure to ELF electromagnetic filed in rat ,1998,Bioelectromagnetics ,Vol 19 pp57-66

8. Forgacs Z,K .paksy ,P.Lazer and E Tatrai ,Effect of Ni+2 on the testestrone production of mous primary leydig cell culture ,1998, J . Toxical . Environ . Health , Vol 55 , pp:213-224

9. 238)Picazo ,M.L M.P. Demiguel , V. Leyton , P. Franco , Long-term effect of ELF magneticefield on the mous testis and serum testosteron level .,1995, Electromagnetobiology ,Vol 14 , pp 127-134

10. Sert , C ., M. Z. Akdage , M . Bashane , H . Buyukbayram . ELF magnetic field effect on fatty acide composition of phospholipid fraction and reproduction of rats testes ,2002, Electromagn . Biol . Med , Vol 21, pp 19-29

11. Al-Akhras , M . A ., A. Elbetiea , M.K , Hasan Effect of extermely low frequency magnetic field on fertility of adut male and female rat 2001,Bioelectro magnetics , Vol 22 pp 340-344

12. A. Elbetiea , Al-Akhras , M.A , H. Darmani , long-term exposure of male and female mice to 50 HZ magnetic field ,2002, Vol 23 ,pp 168-172

13. De Vita , R ., D. Kavalo , L. Raganella , Effect of 50 HZ magnetice field on mous spermatogenesis monitored by flow cytometric analysis . ,1995, Bioelectromagnetics , Vol 16 , pp 330-334

14. Thanaa E ,.Shalaby.M (2006) Biophicical and biochemical changes in the characteristics of rat blood exposed to combined alternating and static magnetic fields.Romanian J . BIOPHYS.,vol 16,No 3 ,p.169-180

15. Thanaa E ,.Shalaby.M (2006) Biophicical and biochemical changes in the characteristics of rat blood exposed to combined alternating and static magnetic fields.Romanian J . BIOPHYS.,vol 16,No 3 ,p.169-180

16.Ali,F.M., S.Mohamed ., M.Mohamed, (2003)effect of 50 Hz , 0.2 mT magnetic field on RBC properties and heart function of albino rat , bioelectomag .,No,24,P 535-545

17. Pafkova, H., Jerabek, J., Tejnarova, J. and Bednar, V., (1996) Development effects of magnetic field (50 Hz) in combination with ionizing radiation and chemical teratogenes. Toxicology letters. 88,313-316.

18. Repachoil, M.H., (1998) Low - level expasure to radio frequency electromagnetic fields:

health effects and research needs. Bioelectf()magnetics 19(1), 1-19

19. Kula B, Sobczak A, GrabowskaBochenek R, Piskorska O. Effect of electromagnetic field on serum biochemical parameters in steelworkers. J Occup Health 1999;41: 177-80.

20. Selmaoui B, Lambrozo I, 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

21. Pashovkina MS, Akoev IG. Effect of low-intensity pulse-modulated microwave on human blood aspartate aminotransferase activity. Radiats Bioi Radioecol 200 1;41 (I):59-61.