

بررسی اثر میدان الکترومغناطیس ضعیف بر حجم کبد و تعداد مگا کاریوسیت های آن در جنین موش سوری نژاد NMRI

سعید بابائی*، دکتر پرویندخت بیات**، دکتر محمد رفیعی***

دریافت: ۸۶/۵/۳، پذیرش: ۸۶/۱۰/۴

چکیده:

مقدمه و هدف: طی چند دهه اخیر مطالعات فراوانی جهت بررسی رابطه میدانهای الکترومغناطیس با شدتهای مختلف بر بروز سر درد، احساس گرما در گوش، ضعف حافظه، شیوع اختلالات تکاملی جنین، نازایی، بروز اختلالات و تیکهای عصبی، خواب، بیماریهای گوارشی، قلبی عروقی، نئوپلاسمهای گوناگون از جمله بافت خونساز، لنفاوی و حتی اختلالات فرایند خونسازی صورت گرفته است. نتایج بدست آمده از این مطالعات بسیار متنوع و بعضاً متناقض بوده و لذا دامنه تحقیق در این زمینه همچنان گسترده میباشد. این مطالعه اثر امواج الکترومغناطیس ضعیف (LEMF) با فرکانس ۵۰ Hz و شدت میدان ۵ میلی تسلا را بر حجم کبد و تعداد مگا کاریوسیتهای آن در جنین موش سوری از نژاد NMRI مورد بررسی قرار داده است.

روش کار: این مطالعه از نوع تجربی بوده و طی آن اثر میدان الکترومغناطیس ایجاد شده با فرکانس ۵۰ Hz بر حجم کبد و تعداد مگا کاریوسیتهای آن در جنینهای ۶۶ سرموش ماده نژاد NMRI با سن حدود ۳ ماه که به شش گروه تقسیم شده بودند بررسی گردید. گروههای آزمایش در معرض امواج الکترومغناطیس قرار گرفته و سپس از هر مادر بصورت تصادفی یک نوزاد انتخاب و کبد آن پس از خارج نمودن از شکم فیکس گردید. پس از انجام مراحل تهیه لام با استفاده از روش استریولوژی اندازه گیری حجم کبد و شمارش مگا کاریوسیتهای آن انجام شد و اطلاعات حاصله با استفاده از روش و فرمولهای متداول استریولوژیک و نرم افزار آماری (SPSS version 11.5) و بوسیله آزمون کروسکال والیس و آزمون مجذور کای مورد آنالیز استریولوژیک و محاسبات آماری قرار گرفت.

نتایج: تعداد مگا کاریوسیتهای کبد در تمام گروههای آزمایش نسبت به گروههای شم و کنترل کاهش یافته اما این اختلاف از نظر آماری معنی دار نمی باشد ($p > 0.05$) بیشترین کاهش مگا کاریوسیتها در گروه ۲۱-۱۷ روزه و کمترین کاهش مربوط به گروه ۱۴-۱۰ روزه میباشد. حجم کبد در گروه های آزمایش نسبت به گروه های شم و کنترل کاهش یافته اما این اختلاف از نظر آماری معنی دار نمی باشد ($p > 0.05$) و بیشترین اختلاف مربوط به گروه ۱۷-۱۳ روزه می باشد.

نتیجه نهایی: نتایج این مطالعه نشان داد در موشهای بارداری که در دوران بارداری خود صرفنظر از طول زمان بارداری در معرض میدان های الکترومغناطیس ضعیف قرار گرفته اند، تغییر قابل توجهی در حجم کبد و تعداد مگا کاریوسیتهای کبد جنینهای آنها ایجاد نمیشود.

کلید واژه ها: کبد / مگا کاریوسیت / موش / میدان الکترو مغناطیس

مقدمه:

محیط های کاری، بیمارستانها و یا حتی وسایل الکترونیکی که افراد با خود حمل میکنند، توجه پژوهشگران به تهدیدات احتمالی این وسایل بر سلامتی بشر جلب شده

در طی چند دهه گذشته با استفاده روزافزون از وسایل تولیدکننده میدانهای الکترومغناطیس ضعیف در منازل،

* عضو هیأت علمی گروه آناتومی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اراک

** استادیار گروه آناتومی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اراک (bayatanat@yahoo.com)

*** استادیار گروه آمار زیستی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اراک

معرض میدانهای الکترومغناطیس بوده اند بارها گزارش شده است (۱۲) مطالعات *In vitro* بر امواج الکترومغناطیس نیز بی شک بیانگر آنست که این امواج سبب افزایش کلسیم داخل سلول (۱۳،۱۴)، تولید رادیکالهای آزاد (۱۵،۱۶) و حتی فعال کردن برخی ژنها بنام *Jumping Genes* می شوند (۱۵). ساویتز (Savitz) مدت طولانی با روش مورد - شاهدهی کودکان سرطانی رامطالعہ نمود و نشان داد در کودکانی که در معرض میدانهای الکترومغناطیس ضعیف قرار داشته اند خطر ابتلا به انواع نئوپلاسمها بیشتر از دیگران بوده است و نئوپلاسمهای دستگاه لنفاوی را بیشترین نوع آنها گزارش نمود (۱۷،۱۸). نتایج مطالعات لینو و همکارانش در رابطه با اثر میدانهای الکترومغناطیس بر روی سیستم خونسازی مبین آنست که این امواج ضمن افزایش ESR (۱۹) سبب کاهش میزان هماتوکریت می شوند. مطالعات ینش در رابطه با اثر میدانهای الکترومغناطیس حاصل از تلفن همراه با فرکانس ۹۰۰ Mhz تا ۱ Ghz بر روی وزن کبد حاکی از بی اثر بودن این امواج بر روی وزن کبد در موشهای مورد مطالعه بوده است (۲۰).

باعنایت به این نکته که نتایج مطالعات متعدد امواج الکترومغناطیس غالباً "ارگانهای لنفاوی و خونساز را مورد هدف قرار میدهد و تا کنون هیچ گونه مطالعه ای در رابطه با تاثیر امواج الکترومغناطیس ضعیف بر روی حجم کبد و تعداد مگاکاریوسیتهای آن صورت نگرفته است این مطالعه در ادامه مطالعات قبلی به بررسی اثرات (LEMF) Low electromagnetic field با شدت میدان ۵ میلی تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز بر تکامل جنینی کبد بعنوان یکی از ارگانهای خونساز در جنین موش و اثر این امواج بر تعداد مگاکاریوسیتها و تغییر حجم کبد پرداخته است. علت انتخاب میدان LEMF با شدت میدان ۵ میلی تسلا تولید این شدت میدان در اطراف اغلب دستگاههایی است که ما بطور روزمره در منزل و یا محل کار از آنها استفاده میکنیم (۴) و تا کنون نیز مطالعه ای در این زمینه صورت نگرفته است.

روش کار:

این مطالعه از نوع تجربی بوده و در آزمایشگاه تحقیقات دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اراک انجام شده است. برای انجام آن از ۶۶ سرموش ماده نژاد NMRI (تهیه شده از انستیتو پاستور ایران) با سن حدود ۳ ماه استفاده گردید. موشها در حیوانخانه با رطوبت ۵۰٪ حرارت ۲۰-۲۲ درجه سانتیگراد و نور ۱۱-۱۳ لوکس بترتیب،

است (۱،۲). در محیط زندگی معمولی ترین فرکانس مورد استفاده توسط دستگاهها بین ۶۰-۵۰ هرتز و شدت جریان آنها نیز بین ۶ تا ۱۰ آمپر متغیر میباشد لذا شدت میدان مغناطیسی حاصل از این دستگاهها بسته به شدت جریان و فاصله از دستگاه بین ۰/۱ تا ۸ میلی تسلا متغیر است (۳). در همین رابطه امواج الکترومغناطیس ضعیف در تقسیم بندی این امواج از دیدگاه موجی در ناحیه امواج با طول موج بالاماند امواج مادون قرمز، رادیویی و ماکروویو قرار گرفته و در تقسیم بندی این امواج در گروه امواج مولد حرارت، در ناحیه امواج متوسط (Intermediate) و سطح کوتاه (level Low) قرار می گیرند (۴). نتایج مطالعات فراوان در رابطه با اثرات گوناگون امواج الکترومغناطیس حاکی از آنست که تغییرات شدت میدان حتی به اندازه چند میلی تسلا نیز دارای اثرات زیستی متفاوتی است لذا تحقیق در باره تاثیرات امواج الکترومغناطیس می تواند در طیف بسیار گسترده ای انجام شود. مطالعات درباره اثرات میدانهای الکترومغناطیس بر روی ارگانهای زنده نخستین بار توسط اپیدمیولوژیستها صورت گرفت، نتایج منتشره از این سلسله مطالعات حاکی از آنست که میدانهای الکترومغناطیس حاصل از فرکانسهای فوق پائین بین ۵۰ تا ۸۰ هرتز در واقع خطرناکترین فرکانسها بوده و در این فرکانسها آثار بیولوژیک مخرب فراوانی به چشم می خورد در همین رابطه تحقیقات نشان میدهد که امواج با فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز و شدت جریان ۲۳ میلی آمپری تواند منجر به شوک دردناک، مشکلات شدید تنفسی و قلبی شود (۵). امواج با فرکانس بین ۲۷ تا ۲۵۰ مگا هرتز به دلیل توانایی گرم کردن بدن دارای اثرات درمانی می باشد (۶) و در یک جمع بندی میتوان گفت میدانهای الکترومغناطیس با شدتهای مختلف بر شیوع اختلالات تکاملی جنین، نازایی، بروز اختلالات عصبی و خواب، بیماریهای گوارشی، قلبی عروقی، نئوپلاسمهای گوناگون از جمله بافت خونساز، لنفاوی و غیره موثر می باشند (۱۰-۷). در مطالعه ای رابطه بروز سرطان در کودکان (عمدتاً لوسمی و تومورهای مغزی) بر اثر مواجهه با میدانهای الکترومغناطیس با شدت و فرکانسهای مختلف روی جنین جوجه نتایج متفاوتی به همراه داشته است (۸،۹). اگر چه بررسی نقش میدانهای الکترومغناطیس در تسریع رشد تومورهای مغزی و کبدی در افراد مبتلاء حاکی از بی اثر بودن این میدانها بوده است (۱۱) با اینحال ابتلا به لنفوم و لوسمی در بین نظامیانی که دایماً در

۱- منبع تغذیه با ورودی ۲۲۰ ولت و خروجی ۲۵ ولت و با شدت جریان خروجی ثابت ۳ آمپر .

۲- دستگاه مولتی متر برای کنترل دایمی شدت جریان ورودی به دستگاه.

۳- یک دستگاه بوبین ۳۸۰ دور بشکل استوانه، بقطر ۱۹ و طول ۱۵/۵ سانتیمتر که حول یک آهنربا پیچیده شده و حاوی محفظه ای برای نگهداری موشها در زمان تابش امواج الکترومغناطیس است.

۴- دستگاه گوس متر (Teslameter-51662) ساخت کارخانه COMPENSATON جهت محاسبه دقیق شدت میدان الکترو مغناطیس در محور مرکزی دستگاه که محل استقرار نمونه های مورد مطالعه است.

۵- محفظه های حاوی حیوانات که در امتداد محور بوبین و در نقطه وسط آن قرار می گرفت، در این محل حداکثر میدان بشکل یکنواخت و با شدت ۵ میلی تسلا ایجاد میشود. شدت میدان تولید شده توسط دستگاه گوس متر اندازه گیری شد و شدت مذکور تأیید گردید. دستگاههای فوق مشترکا توسط متخصصین گروه فیزیک دانشگاه اراک و گروه فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اراک طراحی و تست گردید. در طول مدت آزمایش شدت جریان بین ± 0.1 آمپر متغیر بود که در حالت حد اکثر تغییرات شدت جریان، حد اکثر تغییرات شدت میدان حدود 0.1 میلی تسلا بود که این تغییر قابل اغماض است.

روش برآورد تقریبی تعداد مگا کار یوسیتها بر اساس آنالیز استریو لوژی یک: جهت برآورد تقریبی تعداد مگا کار یوسیتهای کبد در نوزادان گروههای مختلف از روش کوالیتری (Cavalieri) استفاده شده است (۲۱). روش کوالیتری بر مبنای ایجاد فرصت شانس یکسان برای انتخاب تصادفی نمونه ها، برشها، میدانهای دید میکروسکوپی و تطابق صفحه شمارش (Grid point) میباشد. براساس روش کوالیتری از آنجا که میانگین طول تقریبی کبد نوزادان برابر با $7/5$ میلیمتر معادل با 7500 میکرون است و قطر تقریبی کوچکترین مگا کار یوسیتها کبد به کمک لام مدرج (Graticule) برابر با 30 میکرون برآورد شد، تعداد 750 برش با ضخامت تقریبی 30 درصد ابعاد هر مگا کار یوسیت معادل با 10 میکرون از تمام طول هر کبد تهیه شد، طبق روش کوالیتری از هر کبد 15 برش دوتایی شامل برش اول برش مرجع و برش دوم برش شمارش تهیه خواهد شد لذا برای تعیین محل انتخاب

روشنایی- تاریکی و غذای مخصوص موش (تهیه شده از شرکت دامدانه) نگهداری شدند و در تمام مدت آزمایش شرایط مذکور ثابت بود. موشها در ظروف مخصوص نگهداری موش از جنس گلاسه با درب فلزی به ابعاد $40 \times 40 \times 30 \text{ cm}^3$ نگهداری شدند و آب و غذا با اندازه کافی در اختیارشان قرار گرفت پس از انتقال موشها، به آنها یک هفته فرصت داده شد تا با محیط جدید سازگار شوند. بعد از یک هفته موشهای ماده بارور شده و روز دیدن پلاک واژینال روز صفر حاملگی در نظر گرفته شد. موشهای حامله بصورت تصادفی به ۶ گروه تقسیم شدند (جدول ۱).

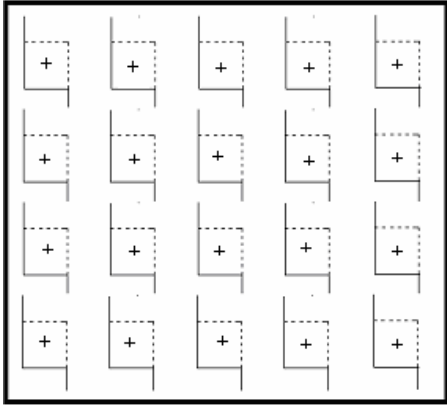
جدول ۱: مشخصات گروههای مختلف شرکت کننده در مطالعه

ردیف	گروه	توضیح
۱	شم	در دستگاه خاموش قرار می گرفتند
۲	کنترل	بدون هر گونه عملیات خاص
۳	آزمایش ۱	روزهای ۱۱-۷ حاملگی زمان تشکیل کیسه زرده و کبد در معرض امواج قرار گرفت.
۴	آزمایش ۲	روزهای ۱۴-۱۰ حاملگی زمان تشکیل کبد و کبد در معرض امواج قرار گرفت.
۵	آزمایش ۳	روز های ۱۷-۱۳ حاملگی زمان رشد و نمو کبد، کبد و مغز استخوان در معرض امواج قرار گرفت.
۶	آزمایش ۴	روزهای ۲۱-۱۷ حاملگی زمان شروع خون سازی تا اخر حاملگی در معرض امواج قرار گرفت.

در زمان آزمایش هر بار ۲ موش بمدت ۶ ساعت در روز در معرض امواج الکترومغناطیس ضعیف با فرکانس 50 Hz و شدت میدان حدود ۵ میلی تسلا قرار گرفتند. در این مطالعه یکصد و هشتاد و هشت عدد نوزاد بدنیا آمد که در روز اول تولد با ترازوی آزمایشگاهی Triple Beam Balance ساخت انگلیس با دقت 0.01 گرم وزن شدند سپس از هر مادر بصورت تصادفی یک نوزاد انتخاب (مجموعا ۶۶ نوزاد) قطع نخاع شده و پس از تشریح کبد آن خارج گردید و در فرمالین ۴٪ قرار گرفت و پس از یک هفته با روش H&E رنگ آمیزی و تا مرحله تهیه بلوک پارافینی پیش رفت. سپس بلوکها توسط دستگاه میکروتوم و بر مبنای روشهای استریو لوژی یک به ضخامت یک سوم قطر جسم مورد مطالعه (مگا کار یوسیت) و به ضخامت 10 میکرون برش داده شد و برشهای مخصوص شمارش تفکیک و رنگ آمیزی گردید.

دستگاه مولد میدان الکترومغناطیس ضعیف: در این مطالعه دستگاه ایجاد کننده میدان الکترومغناطیس ضعیف و یکنواخت شامل این اجزاء می باشد:

شرایط برخوردار باشند: دارای هسته باشند، با خط ممنوعه برخورد نداشته باشند، در تصویرمقطع مرجع باشند اما در مقطع شمارش مشاهده نشوند (تصویر ۲).



تصویر ۲: تصویر ترانسپرنت (تصویرلام شمارش) حاوی فریمهای (۲۰ فریم). شمارش ذرات به ابعاد 13×13 میلیمتر جهت انطباق با تصویر میکروسکوپی کبد.

سپس با استفاده از فرمول ۱ بطور مقایسه ای تعداد تقریبی مگا کاربوسیتها در هر کبد در واحد حجم معین و یکسان برآورد شد (۲۳).

$$Nv = \frac{1}{\frac{a}{f}} \times \frac{\sum Q-}{\sum P} \quad (\text{فرمول ۱})$$

Nv تعداد مگا کاربوسیتها در واحد حجم.

$\sum Q$ مجموع مگا کاربوسیتهای شمارش شده در تمام برشها.

$\sum P$ مجموع فریمهای حاوی مگا کاربوسیت در تمام برشها.

h ارتفاع دیسکتور.

a/f مساحت هر فریم بر حسب میکرون.

M بزرگنمایی خطی تصاویر پس از پروجکشن.

محاسبه ضریب خطای برآورد تقریبی تعداد مگا کاربوسیتها: برای محاسبه این ضریب از فرمول ۲ استفاده گردید (۲۲).

$$estCE_{Nv} = \left[\frac{K}{K-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^K Liver \theta}{\sum_{i=1}^K Liver \sum_{i=1}^K Liver U} + \frac{\sum_{i=1}^K MV^2}{\sum_{i=1}^K MV \sum_{i=1}^K MV} - 2 \frac{\sum_{i=1}^K Liver U x MV}{\sum_{i=1}^K Liver \sum_{i=1}^K MV} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{فرمول ۲})$$

$estCE_{Nv}$ ضریب خطای شمارش تقریبی مگا کاربوسیتها در واحد حجم.

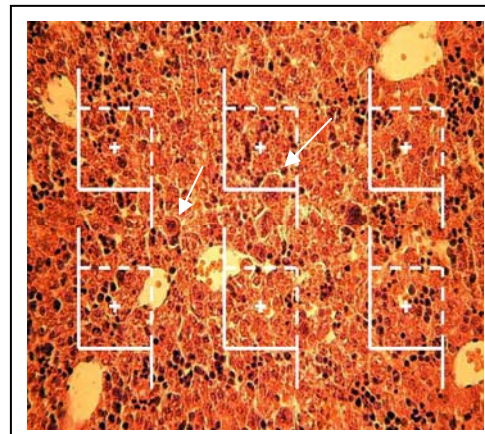
MV تعداد مگا کاربوسیتهای شمارش شده در تمام فریمها.

$Liver U$ تعداد فریمهایی از کبد که حاوی هر تعداد مگا کاربوسیت بوده اند.

K تعداد مقاطعی که مورد شمارش واقع شده اند.

Nv تعداد مگا کاربوسیتها در واحد حجم.

اولین برش دو تایی با استفاده از جدول اعداد تصادفی عددی در فاصله صفر و یک انتخاب شده و در مقدار فاصله بین برشهای دوتایی ($500 = 15 \div 7500$ میکرون) بر حسب میکرون ضرب می شود عدد حاصله بیانگر تعداد برشهایی است که باید کنار گذاشت تا اولین برش دوتایی را انتخاب و رنگ آمیزی نمود. باید توجه داشت که شمارش و انجام اولین برش قبل از رسیدن به بافت آغاز می شود. برای محاسبه تعداد مگا کاربوسیتها از تکنیک دیسکتور فیزیکی (۲۲) استفاده گردید. برای اجرای این تکنیک، برشهای دوتایی بطور همزمان با هم و در شرایطی که بطور کاملا تصادفی بر روی STAGE میکروسکوپ قرار میگیرند توسط دو میکروسکوپ نوری مجهز به دستگاه پروژکتور مورد مطالعه قرار گرفت و تصویر آنها بر روی میز کار پروجکت شد این تصاویر یکی به عنوان مرجع و دیگری به عنوان شمارش مورد استفاده قرار می گرفت. جهت شمارش تعداد مگا کاربوسیتها از هر برش بطور تصادفی ۵ میدان دید انتخاب شده و بر میز کار پروجکت شد. بر اساس روش کواالیثری برای برآورد تقریبی تعداد مگا کاربوسیتها، تصویر یک ترانسپرنت نیز که متشکل از فریمهای استاندارد به ابعاد 13×13 میلی متر است بطور تصادفی روی تصاویر پروجکت شده بر روی میز کار قرار گرفت (تصویر ۱).



تصویر ۱: تصویر ترانسپرنت (تصویر لام شمارش)

حاوی فریمهای (۲۰ فریم) شمارش ذرات به ابعاد 13×13

میلیمتر منطبق شده با تصویر میکروسکوپی کبد حاوی چندین مگا کاربوسیت (پیکانها).

هر فریم دارای یک خط آزاد (خط منقطع) و یک خط ممنوعه (خط ممتد) میباشد. برای شمارش تعداد مگا کاربوسیتها فقط سلولهایی شمرد می شوند که از این

شم و کنترل حجم کبد در گروههای آزمایش کاهش یافته و کمترین حجم مربوط به گروه ۱۴-۱۰ روزه می باشد اما این اختلاف از نظر آماری معنی دار نمی باشد ($P>0.05$).

بحث:

با توجه به نتایج مطالعه به نظر میرسد که میانگین تعداد مگاکاریوسیتها و حجم کبد در مقایسه گروههای آزمایش با گروه های شم و کنترل کاهش یافته اما این کاهش از نظر آماری معنی دار نمی باشد. به نظر میرسد امواج الکترومغناطیس بدون در نظر گرفتن زمان حاملگی دارای اثرات تقریبا یکسانی بر روی جنینها بوده است. تحقیقات انجام شده در زمینه القاء مرگ سلولی توسط امواج الکترومغناطیس در سلولهای مختلف بیانگر آنستکه که این امواج قادر به ایجاد نوعی علایم القاء کننده

سایر اطلاعات بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS و بوسیله آزمون کروسکال والیس و مجذور کای مورد آنالیز قرار گرفت.

نتایج:

یافته ها نشان داد علیرغم آنکه میانگین تعداد مگاکاریوسیتهای کبد در تمام گروه های آزمایش نسبت به گروههای شم و کنترل کاهش یافته اما این کاهش از نظر آماری معنی دار نمیباشد ($P=0.106$) (جدول ۲). کمترین تعداد مگاکاریوسیتهای کبد در گروه ۱۴-۱۰ روزه و بیشترین آن مربوط به گروه ۱۷-۱۳ روزه می باشد. اطلاعات جدول ۳ بواسطه برآورد استریولوژیک تقریبی میانگین حجم ۶۶ کبد جنینی در گروههای مختلف بدست آمده است و به کمک آزمون ناپارامتریک مورد بررسی آماری قرار گرفته است. در مقایسه گروههای سه گانه آزمایش با گروههای

جدول ۲: برآورد تقریبی میانگین تعداد مگاکاریوسیتهای کبد در واحد حجم در گروههای شش گانه تحت تاثیر امواج الکترومغناطیسی ضعیف

میانگین برحسب میکرو متر مکعب	ضریب خطا	میان برحسب میکرو متر مکعب	حداقل برحسب میکرو متر مکعب	حداکثر برحسب میکرو متر مکعب	شم
۴۵/۰۹×۱۰-۶	۰/۱۲۲	۶۵/۵۱×۱۰-۶	۱۸/۷۷×۱۰-۶	۷۵/۰۹×۱۰-۶	شم
۴۸/۷۵×۱۰-۶	۰/۲۱۴	۳۶/۲۷×۱۰-۶	۲۱/۹۰×۱۰-۶	۵۹/۴۵×۱۰-۶	کنترل
۳۶/۴۵×۱۰-۶	۰/۱۱۲	۳۶/۲۴×۱۰-۶	۳۱/۲۹×۱۰-۶	۴۷/۸۰×۱۰-۶	۷-۱۱ روزه
۲۳/۳۶×۱۰-۶	۰/۱۶۵	۲۵/۹۷×۱۰-۶	۹۸/۴۱×۱۰-۷	۳۸/۵۱×۱۰-۶	۱۰-۱۴ روزه
۳۳/۸۸×۱۰-۶	۰/۲۳۴	۳۹/۵۴×۱۰-۶	۱۶/۸۷×۱۰-۶	۵۳/۰۶×۱۰-۶	۱۳-۱۷ روزه
۲۵/۲۳×۱۰-۶	۰/۳۱۳	۲۶/۹۴×۱۰-۶	۱۱/۴۵×۱۰-۶	۳۹/۷۷×۱۰-۶	۱۷-۲۱ روزه

جدول ۳: برآورد استریولوژیک تقریبی میانگین حجم کبد جنینها در گروههای شش گانه تحت تاثیر امواج الکترومغناطیسی ضعیف

میانگین حجم برحسب میکرو متر مکعب	میان برحسب میکرو متر مکعب	ضریب خطای محاسبه حجم	حداقل حجم برحسب میکرو متر مکعب	حداکثر حجم برحسب میکرو متر مکعب	شم
۶۹۲×۱۰-۳	۷۲۲×۱۰-۳	۰/۲۹۸	۴۹۶×۱۰-۳	۱۰۳×۱۰-۴	شم
۹۶۸×۱۰-۳	۸۲۵×۱۰-۳	۰/۳۶۷	۵۱۴×۱۰-۳	۱۱۲×۱۰-۴	کنترل
۵۱۶×۱۰-۳	۵۴۳×۱۰-۳	۰/۱۳۹	۵۳۱×۱۰-۳	۸۶۵×۱۰-۳	۷-۱۱ روزه
۵۳۵×۱۰-۳	۵۶۵×۱۰-۳	۰/۱۳۹	۴۸۹×۱۰-۳	۷۱۵×۱۰-۳	۱۰-۱۴ روزه
۶۲۸×۱۰-۳	۶۱۱×۱۰-۳	۰/۲۳۴	۳۲۸×۱۰-۳	۶۸۶×۱۰-۳	۱۳-۱۷ روزه
۴۸۷×۱۰-۳	۴۹۸×۱۰-۳	۰/۲۸۱	۳۲۷×۱۰-۳	۹۷۳×۱۰-۳	۱۷-۲۱ روزه

پروترومبین بر هر دو مرحله زندگی مگاکاریوسیتها موثر است و توسط LEMF در هر دو مرحله کاهش می یابد. بنابر این بنظر میرسد که میدانهای با شدت ۵ میلی تسلا تاثیر چندانی بر کاهش تولید پروترومبین، اینترلوکین III و یا Stem cell factor ندارد. از آنجایی که مگاکاریوسیتهای اجدادی دارای چرخه سلولی بوده و از طرفی پروترومبین در بلوغ سلولهای مگاکاریوسیت نا بالغ موثر است بنابر این می توان گفت که عدم ایجاد اختلال در بلوغ سلولهای مگاکاریوسیت نا بالغ می تواند ناشی از عدم تاثیر یا کمبود تاثیر LEMF حاصل از میدان با شدت ۵ میلی تسلا در روند بلوغ این سلولها باشد. در عین حال بر اساس نتایج این مطالعه کاهش تعداد مگاکاریوسیتها در گروه ۱۴-۱۰ روزه ممکن است به علت وقفه در چرخه سلولی بوده و ممکن است از نوع اپوپتوزیس باشد. اپوپتوزیس در سایر سلولهای دارای قدرت تقسیم در اثر امواج LEMF نیز گزارش شده است (۳۰). همچنین در همین گروه در رابطه با کاهش سلولهای مگاکاریوسیت بالغ که فاقد قدرت تقسیم هستند میتوان گفت که مرگ سلولی ناشی از LEMF بدون تغییر در چرخه سلولی رخ داده است و ممکن است از نوع نکروز (مرگ سلولی غیر اپوپتوتیک) باشد این نوع مرگ سلولی بر اثر امواج LEMF در سایر سلولهای فاقد قدرت تقسیم نیز گزارش شده است (۳۱، ۳۲).

همچنین تاثیر زمان در معرض بودن در برابر امواج را در کاهش تعداد مگاکاریوسیتها کبد در همین گروه می توان با بررسی الگوی رشد سلولهای خونساز (۳۳) این ارگان بدست آورد زیرا طبق الگوی رشد ارگانهای خونساز در زندگی جنینی، رشد و تکامل کبد طی روزهای ۱۳-۶ حاملگی بوده و این زمان با روزهای ۱۴-۱۰ منطبق میباشد. براساس شواهد موجود بنظر میرسد که امواج LEMF در گروههایی که هنوز به مرحله ثبات نرسیده اند موجب کاهش تعداد مگاکاریوسیتها می گردد و پس از این مرحله تاثیر محسوسی بر تعداد آنها ندارد (۳۴). اگر چه برخی محققین نشان داده اند که LEMF می تواند در بسیاری از سلولها محرک فرایند تکثیر سلولی باشد (۲۶، ۲۷)، اما بر اساس نتایج مطالعه حاضر به نظر میرسد که این مسئله در مورد سلولهای اجدادی مگاکاریوسیتها که تحت تاثیر شدت میدان ۵ میلی تسلا قرار داشته اند مصداق چندانی ندارد.

باتوجه به اینکه تغییرات شدت میدان الکترومغناطیس

در سلولها میباشد (۲۴، ۲۵) که محصولات نهایی آن بر چرخه سلولی تاثیر گذار است. این محصولات در گذشته بطور کلی بعنوان stress proteins (۲۶) شناخته می شد اما امروزه مشخص شده است که این پروتئینها در سلولهای مختلف از تنوع زیادی برخوردار است و اثرات آنها نه تنها بصورت توقف چرخه سلولی بلکه حتی به شکل متناقض به صورت افزایش سرعت تقسیم سلولی نیز مشاهده می شود. در رابطه با تاثیر امواج الکترو مغناطیس بر مگاکاریوسیتها و یا حجم کبد جنینها باید به برخی خصوصیات عمومی و شناخته شده این امواج توجه داشت. علیرغم آن که امواج الکترومغناطیس در روند هایی مانند ایجاد میکرونوکلئا و توقف چرخه سلولی که به طور معمول در مراحل مرگ سلولی در سلولهای مختلف ایجاد می شود موثرند (۲۴، ۲۵) اما بنظر میرسد که امواج الکترو مغناطیس میتواند دارای اثرات کاملا معکوس نیز باشند در همین رابطه تاثیر امواج الکترو مغناطیس بر سلولهای عصبی و ماست سلها (۲۷) نیز قابل توجه است بگونه ای که در سلولهای عصبی با تولید نوعی اپیوئید (Opioid) و یا در ماست سلها با القاء علائم القاء کننده تقسیم سلولی همراه است. بنابر این بنظر میرسد که احتمالاً امواج الکترو مغناطیس دارای نقش دو گانه ای در تقسیم سلولی باشند و تاثیر آنها بر ارگانهای مختلف می تواند متفاوت باشد بگونه ای که گاه بصورت کاهش و گاه بصورت افزایش تعداد سلولها میباشد.

سلولهای مگاکاریوسیت دارای دو مرحله زندگی میباشد در مرحله اول بدنال تقسیمات میتوزی متعدد که در اجداد آنها (مگاکاریوسیتهای اجدادی) ایجاد میشود سلولهای غول پیکر مگاکاریوسیت بالغ تولید می شود در مرحله دوم مگاکاریوسیتهای بالغ تکه تکه شده و هسته خود را از دست می دهند که این قطعات را تحت عنوان پلاکت می شناسیم. بنابر این مگاکاریوسیتهای اجدادی دارای قدرت تقسیم و مگاکاریوسیتهای بالغ فاقد قدرت تقسیم می باشند، تقسیم سلولهای اجدادی و همچنین تشکیل پلاکتها ناشی از تولید پروترومبین در سلولهای مگاکاریوسیت اجدادی و بالغ است امواج LEMF در سلولهای مگاکاریوسیت نیز با القاء نوعی علائم القاء کننده (۲۸) همراه است که موجب کاهش تولید پروترومبین، اینترلوکین III و stem cell factor می گردد (۲۹) در این بین کاهش پروترومبین بیشترین تاثیر را بر بروز اثرات امواج الکترومغناطیس بر سلولهای مگاکاریوسیت دارد. از آنجا که

7. Kaszuba-Zwoinska J, Ziomber A, Gil K, Bugajski A, Zaraska W, Thor P. Pulsating electromagnetic field induces apoptosis of rat's bowel Cajal's cells. *Folia Med Cracov* 2005; 46(3-4): 87-95.
8. Mezei G, Kheifets L. Selection bias and its implications for case-control studies: a case study of magnetic field exposure and childhood leukemia. *Int J Epidemiol* 2006; 35(2): 397-406.
9. Akdag MZ, Dasdag S, Aksen F, Isik B. Effect of ELF magnetic fields on lipid peroxidation, sperm count, p53, and trace elements. *Med Sci Monit* 2006;12(11):366-371.
10. Christ A, Samaras T, Klingenberg A, Kuster N. Characterization of the electromagnetic near-field absorption in layered biological tissue in the frequency range from 30 MHz to 6,000 MHz. *Phys Med Biol* 2006 Oct; 51(19): 4951-65.
11. Moulder E, Erdreich AL, Malyapa RS, Merritt J, Pickard WF. Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection? *Radiation Research* 1999;151: 513-531
12. Takahashi K, Doge F, Yoshioka M. Prolonged Ca²⁺ transients in ATP-stimulated endothelial cells exposed to 50 Hz electric fields. *Cell Biol Int* 2005; 29(3): 237-43.
13. Lyle DB. Intracellular calcium signaling by jurkat T-lymphocytes exposed to a 60 HZ magnetic field. *Bioelectromagnetic* 1997; 18: 439-445.
14. Kamimura Y, Sato K. Effects of 245GHz microwave radiation on monkey eye. *IEICE Transcommunications* 1994; 77: 762-765.
15. Sun Y. Free radicals, antioxidant enzymes and carcinogenesis. *Free Rad Med* 1990; 8: 583- 587.
16. Tipping DR, Chapman KE, Birley AJ, Anderson M. Observations on the effects of low frequency electromagnetic fields on cellular transcription in *Drosophila* larvae reared in field-free conditions. *Bioelectromagnetics* 1999; 20(2): 129-31.
17. Savitz DA, Poole C. Do studies of wire code and childhood leukemia point towards or away from magnetic fields as the causal agent? *Bioelectromagnetics* 2001; (Suppl 5): 69-85.
18. De Roos AJ, Teschke K, Savitz DA, Poole C, Grufferman S, Pollock BH, et al. Parental occupational exposures to electromagnetic fields and radiation and the incidence of neuroblastoma in offspring. *Epidemiology* 2001 Sep; 12(5): 508-517.
19. Lino M, Effects of a homogenous magnetic field on erythrocyte sedimentation and aggregation. *Bioelectromagnetics* 1997;18: 215-222.
20. Jensch RP. Behavioral teratogenic studies

حتی به اندازه چند دهه میلی تسلا می تواند دارای اثرات متفاوتی بر سلولها باشد لذا تحقیق در زمینه اثرات امواج الکترومغناطیس مطالعات گسترده تری را به چالش می طلبد.

نتیجه نهایی:

نتایج این مطالعه نشان داد در موشهای بارداری که در دوران بارداری خود صرفنظر از طول زمان بارداری در معرض میدان های الکترومغناطیس ضعیف قرار گرفته اند، تغییر قابل توجهی در حجم کبد آنها ایجاد نمیشود و علیرغم آنکه میانگین تعداد مگا کاربوسیت های کبد در تمام گروههای آزمایش نسبت به گروههای شم و کنترل کاهش یافته اما این کاهش از نظر آماری معنی دار نمی باشد.

سپاسگزاری:

بدینوسیله از مساعدتهای همکاران محترم جناب آقای دکتر مسعود بوجار استادیار گروه بیوشیمی، جناب آقای مهندس یدالله فتحی کارشناس ارشد فیزیک و کارشناس آزمایشگاه فیزیک پزشکی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اراک، جناب آقای دکتر غلامرضا نبیونی مسئول آزمایشگاه فیزیک جدید دانشگاه اراک، جناب آقای احسان ا... غزنوی، کارشناس ارشد میکروبیشناسی و مربی گروه میکروبیشناسی، سرکار خانم مینا قدمیان، کارشناس محترم آزمایشگاههای بافت شناسی و آسیب شناسی و کارشناسان محترم آزمایشگاه تحقیقات دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اراک که در به ثمر رسیدن این تحقیق ما را یاری نمودند صمیمانه تشکر می نمایم.

منابع:

1. Wood AW. How dangerous is mobile phones, transmission masts, and electricity pylons? *Arch Dis Child* 2006; 91(4): 361-6.
2. Torregrossa MV. Biological and health effects on electric and magnetic fields at extremely low frequencies. *Ann Ig* 2005;17(5):441-53.
3. Salzinger K. Behavioral effects of electromagnetic fields in animals. *Biological effects of Electric and Magnetic fields*. 1st ed. New York: Academic press, 1994; 315-319.
۴. جعفری پور مهناز، شرفی علی اکبر. فیزیک برای پرتو نگارها. واحد انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه علوم پزشکی ایران. ۱۳۶۷: ۹۴-۸۹.
5. Polk CE. *Biological effects of electromagnetic fields*. 2nd ed. Boca Raton : IL, CRC, 1996:364-370.
۶. کیانی علی. آثار بیولوژیک امواج رادیویی و مایکروویو بر بدن انسان. مجله طب نظامی. سال سوم، شماره ۱ و ۲، ۱۳۸۰: ۷۳-۷۹.

- using microwave radiation: is there an increased risk from exposure to cellular phones and microwave ovens? *Reprod Toxicol* 1997; 11(4): 601-611.
21. Howard CV, Reed MG. In: Priscilla Goldby Editors, *Number Estimation Unbiased Stereology, Three-Dimensional Measurement in Microscopy*. 1st ed. London: Bios Scientific Publisher 1998: 78-79.
 22. Howard CV, Reed MG. *Unbiased stereology: Three-Dimensional measurement in microscopy*. 1st ed. New York: Bios Scientific, 1998; 153(1):93-192
 23. Kee GR, Bithell T, Ferster J, Athens W J N. in: *Clinical Hematology*. Ninth edition. Volume 1. US: Lea & Febiger, 2003. 436-441.
 24. Follet H, Li J, Phipps RJ, Hui S, Condon K, Burr DB. Risedronate and alendronate suppress osteocyte apoptosis following cyclic fatigue loading. *Bone* 2007 Apr; 40(4): 1172-7.
 25. Karkabounas S, Havelas K, Kostoula OK, Vezyraki P, Avdikos A, Binolis J, et al. Effects of low intensity static electromagnetic radiofrequency fields on leiomyosarcoma and smooth muscle cell lines. *Hell J Nucl Med* 2006 Sep-Dec; 9(3): 167-72.
 26. Kavaliers M, Prato FS. Light-dependent effects of magnetic fields on nitric oxide activation in the land snail. *Neuroreport* 1999 Jun 23; 10(9): 1863-7.
 27. Rajkovic V, Matavuli M, Lazetic B. Stereological analysis of thyroid mast cells in rats after exposure to extremely low frequency electromagnetic field and the following "off" field period. *Acta Biol Hung* 2005; 56(1-2): 43-51.
 28. Harris PA, Lamb J, Heaton B, Wheatley DN. possible attenuation of the G2 DNA damage cell cycle checkpoint in HeLa cell by extremely low frequency electromagnetic field. *Cancer cell international* 2002; 2:3-18.
 29. Willams J, saliva V, komoto D. Duration determination and follow up of biochemical stress parameters with regard to EMF levels variation in rat. *J. Biochem Bioelectrivity* 2000; 7(3): 317-326.
 30. Kaszuba-Zwoinska J, Ziomber A, Gil K, Bugajski A, Zaraska W, Thor P. Pulsating electromagnetic field induces apoptosis of rat's bowel Cajal's cells. *Folia Med Cracov* 2005; 46(3-4): 87-95.
 31. Tenuzzo B, Chionna A, Panzarini E, Lanubile R, Tarantino P. Biological effects of 6 mT static magnetic fields: a comparative study in different cell types. *Bioelectromagnetics* 2006 Oct; 27(7): 560-77.
 32. Festil G, Karan L, William T. variation in alkaline phosphatase activities in liver in response to environmental and internal teratogenic factors. *Environ Toxicol Tissue Kinetic* 1990; 14(2): 611-61.
 33. Schwarz LD, Piroma C. The effect of low frequency EMF as an environmental stressor on the living systems invitro and invivo. *Free Radical Liv Sys* 1996; 83(8): 507-520.
 34. Ronald H, Leslie E, Edward J, Sanford J, Bruce F. *Hematology Basic An principles and practice*. 3rd ed. Vol 1. New York: Churchill Livingstone, 2000: 127-128.