

## اثر میدان الکترومغناطیسی فرکانس پایین بر قلب جنین جوجه

نرگس فریدونی\*، فهیمه ورزیده<sup>۱</sup>، مرتضی سیف‌الله‌زاده زوارم<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد زیست‌شناسی سلولی تکوینی جانوری. ۲- کارشناس ارشد زیست‌شناسی بیوسیتماژیک جانوری.

### چکیده

**زمینه و هدف:** مطالعاتی نشان‌دهنده اثرات مخرب میدان الکترومغناطیسی بر بافت‌های گوناگون بدن است. این مطالعه به منظور تعیین اثر میدان الکترومغناطیسی فرکانس پایین پیش از انکوباسیون بر قلب جنین جوجه ۱۴ روزه انجام شد.

**روش بررسی:** در این مطالعه تجربی ۹۰ تخم مرغ نطفه‌دار نژاد لگهورن سفید به صورت تصادفی در گروه‌های کنترل، شام و آزمایشی قرار گرفتند. گروه کنترل در انکوباتور گذاشته شد. گروه شام درون سیم لوله دستگاه خاموش الکترومغناطیس قرار گرفت. گروه‌های آزمایشی I، II، III و IV در معرض میدان الکترومغناطیسی فرکانس پایین (۵۰ هرتز) به ترتیب با شدت‌های ۱/۳۳، ۲/۶۶، ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی‌تسلا به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. سپس همه گروه‌های مورد مطالعه در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۰ درصد به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند.

**یافته‌ها:** در بررسی هیستوپاتولوژی بهم‌ریختگی نظم سلولی در گروه آزمایشی I، تراکم هسته سلول‌های میوکارد و افزایش فضای بین سلولی در گروه آزمایشی II، تجمع گلبول‌های قرمز در بافت و تخریب سلولی در گروه‌های آزمایشی III و IV، نسبت به دو گروه کنترل و شام مشاهده شد. افزایش معنی‌داری در سطح فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه شام و کنترل وجود داشت و این افزایش وابسته به دوز بود.

**نتیجه‌گیری:** میدان الکترومغناطیسی فرکانس پایین سبب تغییرات بافتی و آنزیمی در قلب جنین‌های جوجه ۱۴ روزه می‌گردد.

**کلید واژه‌ها:** میدان الکترومغناطیس، آلکالین فسفاتاز، جنین جوجه، هیستولوژی، قلب

\* نویسنده مسؤل: نرگس فریدونی، پست الکترونیکی narges.fereydouni2020@gmail.com

نشانی: تهران، ولنجک، اوین، میدان شهید دکتر شهریاری، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زیستی، تلفن و نمابر ۰۲۱-۸۸۱۰۲۵۲۰

وصول مقاله: ۹۰/۱۲/۱۷، اصلاح نهایی: ۹۱/۶/۴، پذیرش مقاله: ۹۱/۶/۱۸

### مقدمه

الکترومغناطیس، تغییراتی در ضربان قلب به وجود می‌آورد و میزان افزایش یافته گلوتامین نیز تحت تاثیر الکترومغناطیس عامل مهمی در بروز ناهنجاری‌های تکوینی است (۴). در معرض قرار گرفتن طولانی مدت میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس پایین، شانس ابتلا به پرفشاری خون را افزایش می‌دهد. همچنین فشارخون سیستولی و دیاستولی، کلسترول کل و LDL را به‌طور معنی‌داری می‌افزاید (۵). با مطالعه تاثیر امواج دکل‌های برق بر روی وزن بدن، شاخص‌های خونی و آنزیم‌های کبدی موش‌های آل‌بینو، کاهش معنی‌دار در میزان رشد و افزایش معنی‌دار در شاخص‌های خونی، گلبول‌های سفید، غلظت میانگین هموگلوبین، مقدار هماتوکریت، حجم میانگین گلبول‌ها، افزایش سرم آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز مشاهده گردید (۶).

میدان‌های الکترومغناطیس ۶۰-۵۰ هرتز، سیستم‌های بیولوژیکی را با طولانی کردن عمر رادیکال‌های آزاد اکسیژن تحت تاثیر قرار

میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس پایین، امواج غیر یونیزه کننده حاصل از جریان الکتروسیسته، امواج مایکروویو و امواج تلفن همراه هستند که بخش اعظم میدان‌های الکترومغناطیسی پیرامون ما را در زندگی روزمره تشکیل می‌دهند. این امواج دارای طول موج بلند و انرژی کم بوده و نمی‌توانند پیوندهای شیمیایی مواد را بشکنند. اثرات بیولوژیکی LF-EMF در فرکانس‌های خاصی (اثرات پنجره‌ای) بروز می‌کند و ممکن است برخی اثرات با دانسیته خاصی مشخص شوند (۱). در حالی که بعضی دیگر بعد از یک دوره خاص از تابش دیده می‌شوند که نشان‌دهنده جمع شدن این اثرات طی مدت زمان طولانی است (۲). ارتباط پاسخ به شدت امواج غیرخطی است. یعنی امکان دارد که ناهنجاری‌ها با افزایش شدت امواج شدت نیابد (۳).

تغییرات القا شده در سطح نورایی‌نفرین توسط میدان

N: تعداد دور سیم در سیم لوله

I: شدت جریان ورودی به سیم لوله (آمپر)

L: طول سیم لوله (متر)

B: شدت میدان مغناطیسی (تسلا)

با جایگزینی شدت جریان‌های ۰/۴۵، ۰/۹۲، ۱/۸۹ و ۲/۵ آمپر در فرمول، شدت مربوط به هر جریان (در مرکز سیم لوله) حاصل شد.

برای شدت جریان‌های ورودی اعمالی ذکر شده؛ شدت میدان‌ها به ترتیب ۱/۳۳، ۲/۶۶، ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی‌تسلا محاسبه گردید.

جریان درون سیم لوله توسط آمپرسنج دیجیتالی که روی دستگاه نصب شده بود؛ اندازه‌گیری گردید. این آمپرسنج بین دستگاه منبع تغذیه و سیم لوله در مسیر جریان خروجی منبع تغذیه به منظور نشان دادن دقیق شدت جریان داخل سیم لوله قرار گرفت.

گروه شم درون سیم لوله دستگاه خاموش الکترومغناطیس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت و گروه کنترل بدون قرار گرفتن در معرض میدان الکترومغناطیس در انکوباتور گذاشته شد.

سپس همه گروه‌های مورد مطالعه در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۰ درصد به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند. مابقی تخم‌مرغ‌ها نیز در یخچال معمولی در دمای ۴-۳ درجه سانتی‌گراد برای جلوگیری موقت از ادامه یافتن تکوین جوجه نگهداری گردید.

در پایان روز ۱۴ جنینی جوجه (مرحله ۴۰ همبرگر - همپتون)، تخم‌مرغ‌ها از انکوباتور خارج شدند و ساختار مورفولوژیک آنها مورد بررسی قرار گرفت.

برای آماده‌سازی قلب جنین جوجه ۱۴ روزه، ابتدا به مدت ۷۲ ساعت با فرمالین ۱۰ درصد فیکس شد و در الکل صعودی آبیگری گردید. به منظور شفاف‌سازی دو مرحله در زایلن و دو مرحله در پارافین قرار گرفت. بعد از مرحله قالب‌گیری با پارافین، توسط میکروتوم برش‌های طولی ۳-۴ میکرومتر از آنها تهیه شد. بعد از پارافین‌زدایی برش‌های روی اسلاید، با همتاکسیلین-اتوزین رنگ‌آمیزی و برای مطالعه زیر میکروسکوپ نوری آماده شد. ۱۵ عدد از بلندترین برش طولی در هر گروه برای بررسی صفات کمی قلب (طول، عرض، ضخامت دیواره بطن چپ و راست و ضخامت دیواره سپتوم) انتخاب شد (۲۱).

با توجه به فعالیت بهینه آنزیم آلکالین فسفاتاز در محیط‌های قلیایی از بافر تریس با pH=۸/۷ استفاده گردید. سوسترای استفاده شده در این آزمون، پارانیترنول فسفات و با غلظت یک میلی‌گرم/یک میلی‌لیتر آب بود. پس از استخراج قلب از جنین ۱۴ روزه جوجه‌های مورد مطالعه، قلب‌ها با سرم فیزیولوژی به خوبی شستشو داده شدند. پس از هموژنیزه کردن به وسیله پوتر، در دور ۸۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. به لوله آزمایش ۱۸۰۰

می‌دهند. رادیکال‌های آزاد اکسیژن باعث تخریب DNA و پروتئین‌ها و پراکسیداسیون چربی‌ها می‌شوند. مالون‌دی‌آلدئید حاصل از واکنش اکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده، منجر به استرس اکسیداتیو می‌شود. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد را می‌کاهد و میدان‌های الکترومغناطیس اثر آن را کاهش می‌دهد. رادیکال‌های آزاد احتمالاً در بروز مرگ سلولی و نکروز نقش دارند (۸ و ۷). مطالعاتی نیز مبنی بر بی‌تاثیر بودن یا حتی تاثیرات مثبت امواج الکترومغناطیس وجود دارد (۹-۱۲) که نشان می‌دهد هنوز نظر قطعی مبنی بر اثرات مخرب امواج الکترومغناطیس وجود ندارد.

در مطالعاتی اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی با موثرترین شدت‌های یافت شده (۱/۳۳، ۲/۶۶، ۵/۵۲، ۷/۳۲ میلی‌تسلا) بر قلب جنین جوجه ۱۴ روزه انجام شده است (۲۰-۱۳). این مطالعه به منظور تعیین اثر میدان الکترومغناطیسی فرکانس پایین (۵۰ هرتز) پیش از انکوباسیون بر قلب جنین جوجه ۱۴ روزه انجام شد و تفاوت آن با مطالعات قبلی انجام مطالعه پیش از انکوباسیون است.

### روش بررسی

این مطالعه تجربی روی ۹۰ قطعه جنین جوجه ۱۴ روزه لقاچ‌یافته نژاد لگهورن سفید در آزمایشگاه زیست‌شناسی سلولی تکوینی جانوری دانشگاه شهیدبهشتی طی بهار ۱۳۹۰ انجام شد. تخم‌مرغ‌ها از مرغداری مرغک (واقع در کیلومتر ۱۰ جاده کرج - هشتگرد) خریداری شدند.

تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار به صورت تصادفی در شش گروه ۱۵ تایی کنترل، شم و چهار گروه آزمایشی قرار گرفتند. گروه‌های آزمایشی I، II، III و IV در معرض میدان الکترومغناطیسی فرکانس پایین (۵۰ هرتز) به ترتیب با شدت‌های ۱/۳۳، ۲/۶۶، ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی‌تسلا به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند.

از بین هر مجموعه پنج تخم‌مرغ به‌طور تصادفی انتخاب شد و به‌طور افقی در یک ردیف پنج‌تایی در شانه تخم‌مرغ، به شکلی در سیم لوله دستگاه مولد میدان الکترومغناطیس قرار گرفت که نوک باریک آنها به سمت جنوب و نوک پهن به سمت شمال تهران قرار داشت؛ در حالی که جهت سیم لوله غرب به شرق بود. در نتیجه شار الکترومغناطیسی عبوری بر محور طولی تخم‌مرغ، عمود و به موازات محور طولی بدن جنین و نیروی الکتریکی القا شده عمود بر محور طولی بدن جنین بود. درون محفظه فن‌های خنک‌کننده تعبیه شد تا احتمال اثر عامل گرما در آسیب‌های وارد شده بر اندام‌های جنین از بین برود.

شدت میدان الکترومغناطیس درون سیم لوله با استفاده از فرمول  $B = \mu^{\circ} NI/L$  محاسبه شد.

$\mu^{\circ}$ : ضریب نفوذ میدان در خلا (تسلا/متر/آمپر<sup>-۶</sup>  $\times 10^{-6}$ )

۱۰۰ میکرولیتر آب مقطر ریخته شد. ۱۰۰ میکرولیتر سوپ سلولی از هر شش گروه آزمایشی در لوله‌های آزمایش جداگانه به همراه ۱۰۰ میکرولیتر از مخلوط فوق و ۱۰۰ میکرولیتر محلول فولین مخلوط شدند. جذب لوله‌ها در طول موج ۴۴۰ نانومتر ثبت گردید. با رسم منحنی (بر حسب غلظت - جذب) مقدار پروتئین در سوپ سلولی اندازه‌گیری شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-16 و آزمون‌های ANOVA یک‌طرفه و آزمون تکمیلی LSD تجزیه و تحلیل شدند. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

#### یافته‌ها

در بررسی ظاهری جنین‌های زنده گروه‌های آزمایشی، ناهنجاری‌هایی مانند بیرون‌زدگی اندام‌های داخل شکم (گروه آزمایشی II)، بدن هیپرتروف و درجات مختلف خونریزی در سراسر بدن در گروه‌های آزمایشی III و IV در مقایسه با جنین‌های زنده گروه‌های کنترل و شم مشاهده شد.

در قلب جنین ۱۴ روزه جوجه گروه‌های کنترل و شم، سلول‌های عضلانی سالم و منظم با هسته‌های روشن و زنده در تعداد طبیعی مشاهده شد و در گروه آزمایشی I به هم ریختگی نظم سلولی، در گروه آزمایشی II افزایش فضاها بین سلولی و در گروه‌های آزمایشی III و IV تجمع گلبول‌های قرمز خون و از بین رفتن سلول‌های عضلانی دیده شد (شکل یک).

در مطالعه هیستومورفومتری، سلول‌های بافتی قلب در گروه‌های کنترل و شم طبیعی بود (نمودار یک).

با مقایسه برش‌های طولی قلب کاهش آماری معنی‌داری در

میکرولیتر بافر تریس، ۱۰۰ میکرولیتر سوپ سلولی و ۱۰۰ میکرولیتر سوپ‌استرا اضافه گردید. پس از مخلوط کردن، تغییرات جذب (در طول موج ۴۱۰ نانومتر) به مدت ۳۰ دقیقه مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به آن که پارانیتروفنول زردرنگ است و ضریب خاموشی آن  $18/8 \times 10^3$  لیتر/مول بر سانتی‌متر است؛ از فرمول فعالیت ویژه آلکالین فسفاتاز (بر حسب mg/ml) استفاده شد.

$$\frac{A}{18/8 \times 10^3} \times 10^6 \times \frac{2}{0.1} \times \frac{1}{30}$$

A: جذب نوری

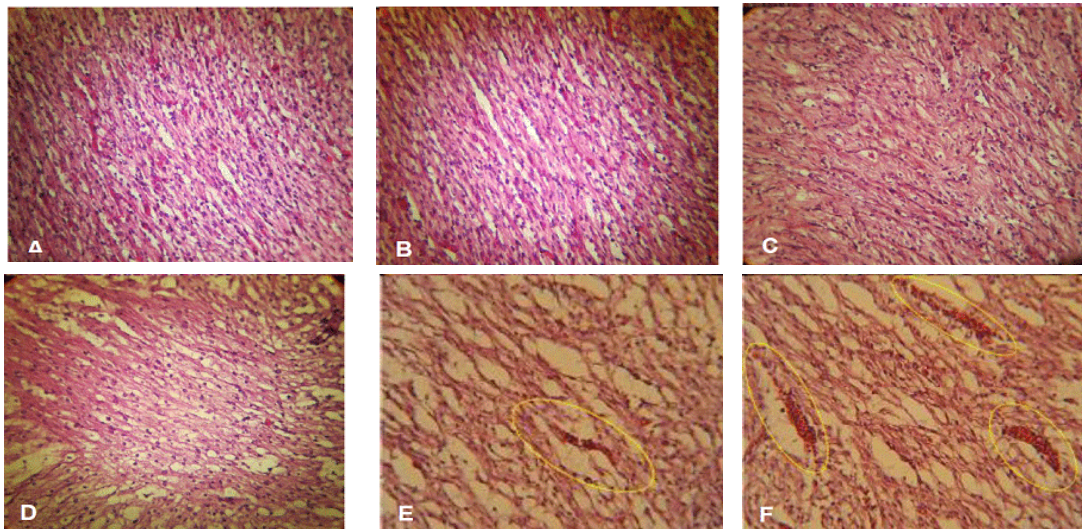
$18/8 \times 10^3$ : ضریب خاموشی پارانیتروفنول

۲: مقدار کل محلول استفاده شده بر حسب میلی‌لیتر

۰/۱: مقدار پارانیتروفنول فسفات

۳۰: زمان بر حسب دقیقه

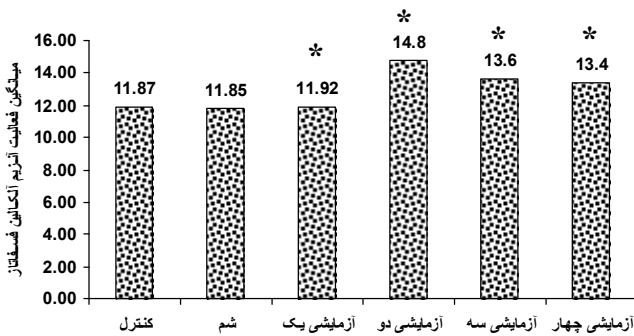
برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین در سوپ سلولی و رسم منحنی استاندارد، از غلظت‌های ۶، ۳ و ۲ میلی‌گرم/میلی‌لیتر پروتئین کازئین استفاده شد. مخلوطی از بی‌کربنات سدیم (۱۰ میلی‌لیتر)، تارتارات سدیم - پتاسیم (۰/۲ میلی‌لیتر)، سولفات مس (۰/۲ میلی‌لیتر) و نیز محلول حاوی ۱/۵ میلی‌لیتر folin ciocalteu's phenol reagent و ۱/۵ میلی‌لیتر آب مقطر تهیه گردید که در چهار لوله آزمایشی به ترتیب در هر لوله ۱۰۰ میکرولیتر غلظت ۲ میلی‌گرم/میلی‌لیتر پروتئین کازئین، ۱۰۰ میکرولیتر از مخلوط فوق و ۱۰۰ میکرولیتر فولین ریخته شد و برای غلظت‌های ۳ و ۶ میلی‌گرم/میلی‌لیتر کازئین نیز همین روش تکرار شد. در لوله آزمایش چهارم به جای پروتئین کازئین،



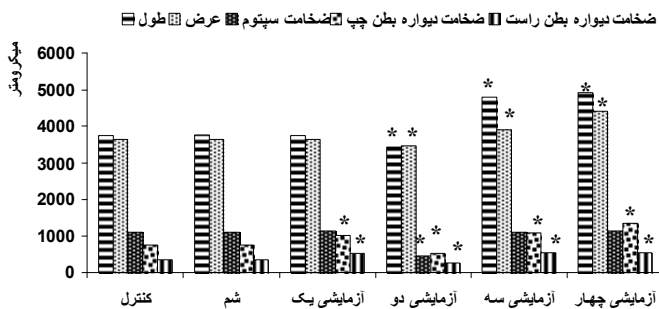
شکل ۱: مطالعه هیستوپاتولوژی قلب جنین جوجه ۱۴ روزه در گروه‌های مورد مطالعه

رنگ‌آمیزی H&E، بزرگ‌نمایی ۴۰۰ برابر

A: کنترل، B: شم، C: آزمایشی I در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱/۳۳ میلی‌تسلا (به هم ریختگی نظم سلولی)، D: آزمایشی II در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲/۶۶ میلی‌تسلا (افزایش فضاها بین سلولی نسبت به گروه کنترل)، E: آزمایشی III در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۵/۵۲ میلی‌تسلا و F: آزمایشی IV در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۷/۳۲ میلی‌تسلا (از بین رفتن سلول‌های عضلانی و افزایش فضای بین سلولی، تجمع گلبول‌های قرمز خون)



نمودار ۱: مقایسه میانگین طول، عرض، ضخامت دیواره بطن، بطن چپ و بطن راست (میکرومتر) قلب جنین جوجه ۱۴ روزه در گروه‌های کنترل، شم، آزمایشی I (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱/۳۳ میلی تسلا)، آزمایشی II (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲/۶۶ میلی تسلا)، آزمایشی III (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۵/۵۲ میلی تسلا)، آزمایشی IV (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۷/۳۲ میلی تسلا)  $P < 0.05$ \*



نمودار ۲: مقایسه میانگین فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز قلب جنین جوجه ۱۴ روزه در گروه‌های کنترل، شم، آزمایشی I (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۱/۳۳ میلی تسلا)، آزمایشی II (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۲/۶۶ میلی تسلا)، آزمایشی III (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۵/۵۲ میلی تسلا)، آزمایشی IV (در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت ۷/۳۲ میلی تسلا)  $P < 0.05$ \*

## بحث

در این مطالعه قرارگیری جنین‌های جوجه ۱۴ روزه در معرض امواج الکترومغناطیس ۵۰ هرتز با شدت‌های ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی تسلا سبب تجمع گلبول‌های قرمز در بافت قلبی گردید. یکی از پیامدهای واکنش التهابی، افزایش جریان خون به اندام‌ها است تا از این طریق، تعداد بیشتری از گلبول‌های سفید (نوتروفیل، لنفوسیت، مونوسیت)، ماکروفاژها و عوامل دفاعی به بافت رسیده و به عامل محرک سیستم ایمنی پاسخ دهد (۲۲) که تجمع گلبول‌های قرمز در بافت قلب جنین‌های در معرض میدان‌های الکترومغناطیس را توجیه می‌کند.

در این مطالعه تخریب سلول‌های عضلانی در بافت قلبی گروه‌های در معرض امواج الکترومغناطیس ۵۰ هرتز با شدت ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی تسلا مشاهده شد. در مطالعه Tayefi و همکاران امواج الکترومغناطیس با فرکانس پایین پراکسیداسیون چربی‌ها را در

گروه آزمایشی II ( $3425 \pm 250$  میکرومتر) و افزایش آماری معنی‌داری در گروه‌های آزمایشی III ( $4800 \pm 300$  میکرومتر) و IV ( $4910 \pm 300$  میکرومتر) نسبت به گروه‌های کنترل ( $3750 \pm 150$  میکرومتر) و شم ( $3759 \pm 150$  میکرومتر) وجود داشت ( $P < 0.05$ )؛ ولی در بین گروه‌های کنترل و شم و گروه آزمایشی I ( $3748 \pm 230$  میکرومتر) تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد (نمودار یک).

با مقایسه برش‌های عرضی کاهش آماری معنی‌داری در گروه آزمایشی II ( $3468 \pm 250$  میکرومتر) و افزایش آماری معنی‌داری در گروه‌های آزمایشی III ( $3905 \pm 250$  میکرومتر) و IV ( $4406 \pm 300$  میکرومتر) نسبت به گروه‌های کنترل ( $3652 \pm 100$  میکرومتر) و شم ( $3658 \pm 100$  میکرومتر) وجود داشت ( $P < 0.05$ )؛ ولی در بین گروه‌های کنترل و شم و گروه آزمایشی I ( $3645 \pm 230$  میکرومتر) تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد (نمودار یک).

با مقایسه ضخامت دیواره سبتوم کاهش آماری معنی‌داری در گروه آزمایشی II ( $455 \pm 50$  میکرومتر) نسبت به گروه‌های کنترل ( $1110 \pm 50$  میکرومتر) و شم ( $1115 \pm 50$  میکرومتر) وجود داشت ( $P < 0.05$ )؛ ولی در بین گروه‌های کنترل و شم و گروه‌های آزمایشی I ( $1125 \pm 50$  میکرومتر)، III ( $1113 \pm 50$  میکرومتر) و IV ( $1119 \pm 50$  میکرومتر) تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نگردید (نمودار یک).

با مقایسه ضخامت دیواره بطن چپ کاهش آماری معنی‌داری در گروه آزمایشی II ( $506 \pm 50$  میکرومتر) و افزایش آماری معنی‌داری در گروه‌های آزمایشی I ( $1005 \pm 50$  میکرومتر)، III ( $1090 \pm 50$  میکرومتر) و IV ( $1350 \pm 50$  میکرومتر) نسبت به گروه‌های کنترل ( $752 \pm 50$  میکرومتر) و شم ( $759 \pm 50$  میکرومتر) وجود داشت ( $P < 0.05$ ) (نمودار یک).

با مقایسه ضخامت دیواره بطن راست کاهش آماری معنی‌داری در گروه آزمایشی II ( $260 \pm 25$  میکرومتر) و افزایش آماری معنی‌داری در گروه‌های آزمایشی I ( $510 \pm 25$  میکرومتر)، III ( $532 \pm 25$  میکرومتر) و IV ( $541 \pm 25$  میکرومتر) نسبت به گروه‌های کنترل ( $350 \pm 25$  میکرومتر) و شم ( $348 \pm 25$  میکرومتر) یافت شد ( $P < 0.05$ ) (نمودار یک).

با مطالعه فعالیت آلکالین فسفاتاز در قلب جنین جوجه ۱۴ روزه گروه‌های آزمایشی I ( $11/92 \pm 0/7$  میلی گرم بر میلی لیتر)، II ( $14/8 \pm 1/2$  میلی گرم بر میلی لیتر)، III ( $13/6 \pm 0/4$  میلی گرم بر میلی لیتر) و IV ( $13/4 \pm 0/4$  میلی گرم بر میلی لیتر) در مقایسه با گروه‌های کنترل ( $11/87 \pm 0/5$  میلی گرم بر میلی لیتر) و شم ( $11/85 \pm 0/5$  میلی گرم بر میلی لیتر) افزایش آماری معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) (نمودار ۲).

استرس اکسیداتیو ایجاد شده در بافت قلبی بررسی شده تا استرس اکسیداتیو ایجاد شده در بافت قلبی اثبات شود. فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها تحت تاثیر الکترومغناطیس را نیز می‌توان در جهت تائید این اثرات مورد بررسی قرار داد. همچنین می‌توان رنگ‌آمیزی آپوپتوز را برای نتیجه‌گیری کامل‌تر انجام داد.

### نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که در جنین جوجه ۱۴ روزه در معرض قرار گرفته با امواج الکترومغناطیس با فرکانس پایین (۵۰ هرتز) با شدت‌های ۱/۳۳، ۲/۶۶، ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی‌تسلا به مدت ۲۴ ساعت، ناهنجاری‌های مورفولوژیکی از جمله گاسترواسکسیس (گروه ۲/۶۶ میلی‌تسلا) و خونریزی در بدن (گروه‌های ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی‌تسلا)، ناهنجاری‌های بافتی از جمله به هم ریختگی نظم سلولی (گروه ۱/۳۳ میلی‌تسلا)، افزایش فضاهای بین سلولی (گروه ۲/۶۶ میلی‌تسلا)، نکروز و تجمع گلبول‌های قرمز در بافت (گروه ۵/۵۲ و ۷/۳۲ میلی‌تسلا) ایجاد شده است. همچنین افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز در همه گروه‌های آزمایشی به ویژه در گروه ۲/۶۶ میلی‌تسلا مشاهده شد. با توجه به اثرات منفی امواج الکترومغناطیس موج کوتاه که به‌طور معمول در اطراف ما یافت می‌شوند؛ لزوم تدابیر حفاظتی هرچه بیشتر اثبات می‌شود.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه نرگس فریدونی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته بیولوژی تکوین جانوری از دانشگاه شهیدبهشتی بود. بدین وسیله از استاد راهنمای گرانقدر دکتر مریم شمس لاهیجانی در دانشگاه شهید بهشتی تهران، به خاطر تامین منابع مالی این پروژه قدردانی می‌نمایم.

می‌کار دیوم قلب نوزاد موش القا نمود. پراکسیداسیون چربی‌ها یکی از عوامل تعیین کننده رادیکال‌های آزاد، تخریب‌های اکسیداتیو را القا می‌کند (۷). احتمالاً استرس اکسیداتیو القا شده توسط میدان الکترومغناطیس سبب تخریب سلول‌های عضلانی قلبی شده است.

آلکالین فسفاتاز یک اکتوانزیم متصل به غشای سلولی است که در طبیعت به طور وسیعی در موجودات زنده (از باکتری‌ها تا انسان) وجود دارد و اغلب آنزیم‌های هومودیمر هستند و هر مکان کاتالیتیکی آن شامل سه یون فلزی (دو یون روی و یک یون منیزیم) بوده که برای فعالیت آنزیمی آن لازم است. آلکالین فسفاتاز، هیدرولیز مونواسترهای فسفوریک اسید و همچنین واکنش‌های ترانس فسفوریلاسیون را در غلظت‌های بالای گیرنده‌های فسفات، کاتالیز می‌کند (۲۳).

در مطالعه حاضر میدان الکترومغناطیس فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز را در قلب جنین جوجه ۱۴ روزه چهار گروه آزمایشی نسبت به دو گروه کنترل و شم افزایش داد. آنزیم آلکالین فسفاتاز به دلیل عملکرد در سم‌زدایی اندوتوکسین مورد توجه است. تغییر در افزایش محصولات آلکالین فسفاتاز نشان‌دهنده افزایش فعالیت آن است. طبق گزارشات، در معرض قرار گرفتن سلول‌های ماهیچه قلبی موش صحرایی با LPS (لیپو پلی ساکراید)، افزایش معنی‌داری را در میزان فعالیت آلکالین فسفاتاز به همراه دارد که نشان‌دهنده افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز برای از بین بردن سمیت اندوتوکسین‌ها است. میدان‌های الکترومغناطیس در اولین مرحله از تاثیر خود بر روی غشا بر آنزیم‌های غشایی نیز اثر می‌گذارند. احتمالاً EMF با تحریک ایجاد اندوتوکسین‌ها، فعالیت آلکالین فسفاتاز را برای خنثی کردن آنها می‌افزاید (۲۴).

پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، محصولات حاصل از

### References

- Adey WR. Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields. *Physiol Rev*. 1981 Apr;61(2):435-514.
- Adey WR. Bioeffects of mobile communications fields: possible mechanisms for cumulative dose: London: Chapman and Hall. 1997; pp: 95-96.
- Marino AA, Nilsen E, Frilot C. Nonlinear changes in brain electrical activity due to cell phone radiation. *Bioelectromagnetics*. 2003 Jul;24(5):339-46.
- Rajendra P, Sujatha H, Devendranath D, Gunasekaran B, Sashidhar R, Subramanyam C, et al. Biological effects of power frequency magnetic fields: Neurochemical and toxicological changes in developing chick embryos. *Biomagn Res Technol*. 2004 Jan; 2(1):1.
- Vangelova K, Deyanov C, Israel M. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Hyg Environ Health*. 2006 Mar;209(2):133-8.
- Aziz IA, El-Khozondar HJ, Shabat M, Elwasife K, Mohamed-Osman A. Effect of electromagnetic field on body weight and blood indices in albino rats and the therapeutic action of vitamin C or E. *Rom J Biophys*. 2010; 20(3): 235-44.

- Tayefi H, Kiray A, Kiray M, Ergur BU, Bagriyanik HA, Pekcetin C, et al. The effects of prenatal and neonatal exposure to electromagnetic fields on infant rat myocardium. *Arch Med Sci*. 2010 Dec; 6(6):837-42.
- Kiray A, Tayefi H, Kiray M, Bagriyanik HA, Pekcetin C, Ergur BU, et al. The effects of exposure to electromagnetic field on rat myocardium. *Toxicol Ind Health*. 2013 Jun;29(5):418-25.
- Jauchem JR. Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effects in humans. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997;70(1):9-21.
- Colak C, Parlakpinar H, Ermis N, Tagluk ME, Colak C, Sarihan E, et al. Effects of electromagnetic radiation from 3G mobile phone on heart rate, blood pressure and ECG parameters in rats. *Toxicol Ind Health*. 2012 Aug;28(7):629-38.
- Cvetkovic D, Fang Q, Cosic I. Multiple human electrophysiological responses to extremely low frequency pulsed electromagnetic field exposures: a pilot study. *Estonian Journal of Engineering*. 2008;14(2): 53-138.
- Bassett CA. Beneficial effects of electromagnetic fields. *J Cell*

Biochem. 1993 Apr;51(4):387-93.

13. Lahijani MS, Ghafoori M. Teratogenic effects of sinusoidal extremely low frequency electromagnetic fields on morphology of 24 hr chick embryos. *Indian J Exp Biol*. 2000 Jul;38(7):692-9.

14. Lahijani MS, Bigdeli MR, Kalantary S. Effects of sinusoidal electromagnetic fields on histopathology and structures of brains of preincubated white Leghorn chicken embryos. *Electromagn Biol Med*. 2011 Sep;30(3):146-57.

15. Lahijani MS, Farivar S, Khodaeian M. Effects of 50 Hz electromagnetic fields on the histology, apoptosis, and expression of c-Fos and  $\beta$ -catenin on the livers of preincubated white Leghorn chicken embryos. *Electromagn Biol Med*. 2011 Sep;30(3):158-69.

16. Lahijani MS, Sajadi K. Development of preincubated chicken eggs following exposure to 50 Hz electromagnetic fields with 1.33-7.32 mT flux densities. *Indian J Exp Biol*. 2004 Sep;42(9):858-65.

17. Lahijani MS, Tehrani DM, Sabouri E. Histopathological and ultrastructural studies on the effects of electromagnetic fields on the liver of preincubated white Leghorn chicken embryo. *Electromagn Biol Med*. 2009;28(4):391-413.

18. Lahijani MS, Nojooshi SE, Siadat SF. Light and electron

microscope studies of effects of 50 Hz electromagnetic fields on preincubated chick embryo. *Electromagn Biol Med*. 2007; 26(2):83-98.

19. Shams Lahijani M, Rajabi Moham H. Teratogenic effects on morphology and skeletal structure of chick embryos after exposure to 50 Hz sinusoidal electromagnetic fields. *Iran J Sci Technol*. 2000;24(2):173-82.

20. Shams Lahijani M, Sharifnia KH. Effects on chick embryos exposed to 50 Hz electromagnetic fields during different developmental stages. *Iran J Sci Technol*. 1999; 23 (4):301-5.

21. Fatahian Dehkordi ra, Parchami A. The pattern comparison of changes of heart macro-structure in the fowl. 2nd International Conference on Agricultural and Animal Science. Singapore. 2011.

22. Meldrum DR. Tumor necrosis factor in the heart. *AJP Regu Physiol*. 1998; 274(3): 577-95.

23. Millán JL. Alkaline phosphatases. *Purinergic Signal*. 2006 Jun; 2(2): 335-41.

24. Okada T, Zinchuk VS, Seguchi H. Lipopolysaccharide administration increases acid and alkaline phosphatase reactivity in the cardiac muscle. *Microsc Res Tech*. 2002 Sep;58(5):421-6.

Original Paper

## Effect of low frequency electromagnetic fields on the heart of white-leghorn chicken embryo

Fereydouni N (MSc)\*<sup>1</sup>, Varzideh F (MSc)<sup>1</sup>, Seifalahzadeh Zavarem M (MSc)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MSc in Animal Sciences.

---

### Abstract

**Background and Objective:** Many studies have showed malformation of low frequency of electromagnetic fields (EMF) on different tissues. This study was carried out to evaluate the effect of low frequency electromagnetic fields on the heart of white-leghorn chicken embryo.

**Materials and Methods:** In this experimental study, 90 healthy, fresh and fertilized eggs were allocated into 6 groups including control, sham, and four preincubated experimental groups. Experimental groups I, II, III and IV (1.33, 2.66, 5.52 and 7.32 mT) were located in the electromagnetic device, sham group was located into the same coil with no exposure for 24h before incubation. Control, sham and experimental groups incubated (37±0.5 °C, 60% humidity) for 14 days.

**Results:** Disassembling cell regulation in experimental group I, dense nucleus of myocytes and increase of intercellular spaces in experimental group II, necrosis and bleeding in the heart tissue in experimental groups III and IV were seen in compare to control and sham groups. There was a significant increase in the level of activity of alkaline phosphatase in the heart of experimental groups in compare to control and sham groups.

**Conclusion:** Low frequency of electromagnetic fields caused alternations in cardiac tissue and elevation of Alkaline phosphatase activity in chicken embryos.

**Keywords:** Electromagnetic fields, Alkaline phosphatase, Chicken embryos, Histology, Heart

---

\* **Corresponding Author:** Fereydouni N (MSc), E-mail: [narges.fereydouni2020@gmail.com](mailto:narges.fereydouni2020@gmail.com)

Received 7 March 2012

Revised 25 August 2012

Accepted 8 September 2012