

بررسی اثرات میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر رده سلول‌های سرطانی MCF-7

سید دامون صدوقی^{۱*}، سعیده ظفربالانژاد^۲، خدیجه نژاد شاهرخ آبادی^۳

تاریخ دریافت 1392/09/04 تاریخ پذیرش 1392/11/08

چکیده

پیش زمینه و هدف: سرطان پستان از شایع‌ترین سرطان‌ها در زنان می‌باشد. هدف اصلی این مطالعه بررسی اثرات میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر رده سلول سرطانی MCF-7 می‌باشد.

مواد و روش کار: سلول‌های سرطانی MCF-7 و طبیعی L929 در محیط RPMI حاوی سرم جنین گاوی (FBS) و آنتی‌بیوتیک کشت گردیدند. سلول‌ها به مدت ۳ ساعت در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گاوس قرار گرفتند. میزان رشد و تکثیر و همچنین تغییرات مورفولوژیک ایجاد شده با میکروسکوپ معکوس عکس برداری شد. و میزان زنده بودن سلول‌ها به روش آزمون MTT تعیین شد. داده‌ها توسط نرم افزار آماری Spss (ویرایش ۲۰) به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی Tukey تحلیل شدند.

یافته‌ها: درصد زنده ماندن سلول‌های MCF-7 ($5/38 \pm 8/985$) و L929 ($4/28 \pm 93/726$) پس از قرارگیری در مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت ۵۰ گاؤس نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. درصد زنده ماندن سلول‌های MCF-7 ($8/27 \pm 41/342$) و L929 ($3/39 \pm 44/649$) پس از قرارگیری در مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت ۲۰۰ گاؤس نسبت به شاهد، کاهش معنی‌داری یافت. درصد زنده ماندن سلول‌های MCF-7 ($5/98 \pm 24/381$) و L929 ($7/55 \pm 30/627$) پس از قرارگیری در مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت ۴۰۰ گاؤس نسبت به شاهد، کاهش معنی‌داری یافت.

نتیجه گیری: میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ گاؤس اثر مهاری بر رشد و تکثیر و همچنین دارای اثر کشندگی بر رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 دارد.

واژه‌های کلیدی: MCF-7، میدان الکترومغناطیس، تست MTT

مجله پزشکی ارومیه، دوره بیست و پنجم، شماره اول، ص ۶۷-۷۵، فروردین ۱۳۹۳

آدرس مکاتبه: مشهد، خیابان راهنمایی، دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زیست شناسی، تلفن: ۰۹۱۵۳۰۲۶۳۱۳

Email: Damoon.Sadughi@Gmail.com

مقدمه

الکترومغناطیس به خصوص تشعشعات با فرکانس کم در محیط پیرامون ما افزایش یافته است. بطور کلی میدان‌های الکتریکی ایجاد شده با ولتاژهای مختلف و میدان‌های مغناطیسی حاصل از آن را میدان الکترومغناطیسی گویند (۳). این امواج در محیط با طول موج و فرکانس معین با سرعت نور منتشر می‌شوند که به تشعشعات الکترومغناطیسی معروف هستند. میزان جذب و نفوذ انرژی تشعشعات الکترومغناطیسی به فرکانس، نوع تشعشعات و نوع بافتی که آن را جذب می‌کند، بستگی دارد (۴). بر اساس نوع تأثیری که تشعشعات الکترومغناطیسی بر موجودات زنده می‌گذارند، آن‌ها را به دو گروه تقسیم‌بندی کرده‌اند:

سرطان پستان شایع‌ترین سرطان در زنان ۴۰ تا ۴۴ ساله می‌باشد. شیوع سرطان سینه در کشورهای در حال توسعه در حال افزایش است و در بسیاری از نقاط دنیا به صورت شایع‌ترین بیماری بدخیم در بین بانوان در آمده است (۱). سرطان پستان شایع‌ترین بدخیمی غیر جلدی در آمریکاست به طوری که سالانه در آمریکا حدود ۴۰۰۰۰ نفر و در کل دنیا ۴۰۰۰۰۰ نفر بر اثر سرطان پستان از بین می‌روند. در این میان مصرف گسترده داروهای رایج ضدسرطان از قبیل تاکسان و آنتراسیکلین‌ها موجب ایجاد مقاومت‌های درمانی نیز می‌شود (۲). از اوایل قرن بیستم با افزایش روزافزون کاربرد وسایل برقی میزان تشعشعات

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی سلولی - تکوینی، گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)

۲ دکترای تخصصی بیولوژی سلولی - تکوینی، گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

۳ دکترای تخصصی ژنتیک ملکولی، گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

بودند، کشت داده شدند و در هر فلاسک 5×10^5 سلول ریخته شد. سلول‌ها در انکوباتور ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت ۹۰ درصد و دی‌اکسید کربن ۵ درصد قرار داده شدند (۸). برای تأمین میدان الکترومغناطیس از یک سیستم ویژه که دارای شرایط مناسب انکوباسیون (دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت ۹۰ درصد) می‌باشد، استفاده شد (با کمک و همکاری گروه زیست‌شناسی و گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد طراحی و ساخته شده است) این سیستم از یک سیم‌پیچ مسی که توسط جریان برق متناوب شهری تغذیه می‌شود، تشکیل شده است. در مسیر جریان برق شهری با فرکانس ۵۰ هرتز و ولتاژ ۲۲۰ ولت، سه رئوستا قرار دارد که شدت جریان برق ورودی به سیم‌پیچ توسط آن‌ها تنظیم می‌گردد. این سیم‌پیچ قادر به تأمین شدت میدان الکترومغناطیس بین ۱۰ تا ۴۰۰ گاوس می‌باشد. (شکل ۱). ۲۴ ساعت بعد از زمان کشت، سلول‌ها به مدت ۳ ساعت در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گاوس قرار گرفتند و تغییرات مورفولوژیک ایجاد شده با میکروسکوپ معکوس عکس برداری شد. سلول‌ها در حالت طبیعی دارای مورفولوژی ستاره‌ای شکل می‌باشند. تحلیل رفتگی (کوچک‌شدگی) و افزایش اندازه واکوئل، کاهش سیتوپلاسم و پیگمانه شدن هسته نشانه‌ای از تغییرات مورفولوژیک و در نتیجه نشانه‌ای از مرگ سلول‌ها می‌باشد. این دو تغییر یعنی تحلیل رفتگی و پیگمانه شدن هسته از ویژگی‌های نهایی مرگ برنامه‌ریزی شده سلول (آپوپتوزیس) می‌باشد (۹).

بررسی میزان زنده بودن سلولی با روش: *MTT assay*

به منظور بررسی اثر میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گاوس بر رشد و تکثیر سلول‌های سرطانی از روش *MTT assay* استفاده شد این روش یک تست متابولیک رقابتی میتوکندریایی است و بر اساس شکستن نمک تترازولیوم توسط آنزیم سوکسینات دهیدروژناز میتوکندریایی سلول‌های زنده استوار است. از هر رده سلولی (MCF-7 و L929)، پس از انجام پاساژ، یک سوسپانسیون سلولی در محیط کشت تهیه و در پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای کشت داده شد. سلول‌ها ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار گرفتند تا به بستر خود بچسبند. در این آزمون برای هر شدت میدان الکترومغناطیس (۵۰، ۲۰۰ و ۴۰۰) ۱ پلیت ۹۶ خانه‌ای در نظر گرفته شد. بدین صورت که در هر خانه از پلیت ۹۶ خانه‌ای ۵۰۰۰ سلول موجود باشد. ۵ پلیت ۹۶ خانه‌ای با مشخصات زیر بدست آمد که ۴۸ خانه از آن به رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و در ۴۸ خانه دیگر به سلول‌های طبیعی L929 تعلق داشت.

الف) امواج یونیزان. به طور مستقیم و غیر مستقیم اثرات بیولوژیکی داشته، سبب تخریب مولکول DNA و آسیب به مواد ژنتیکی می‌شوند و برای سلامتی انسان و موجودات زنده بسیار خطرناک هستند نظیر اشعه گاما. ب) امواج غیر یونیزان. با فرکانس پایین، طول موج بلند و قدرت نفوذ کم است که ظاهراً انرژی کافی برای شکستن پیوندهای شیمیایی مولکول‌ها و اتم‌ها را ندارند (۴). برای میدان‌های الکترومغناطیسی ۲ مکانیزم وجود دارد. الف) مکانیسم‌های گرمایی که مربوط به گرم شدن بافت‌ها هستند که در نتیجه تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی گرمایی ایجاد می‌شود. ب) مکانیزم‌های غیر گرمایی که به طور مستقیم با خود میدان وابسته است. به این ترتیب که جریان‌های الکتریکی با فرکانس پایین با تحریک پذیری غشاء تداخل ایجاد کرده و آستانه تحریک غشا را کاهش می‌دهند (۵). برخی از محققین معتقدند که تشعشعات الکترومغناطیسی با فرکانس کم همانند امواج یونیزان عمل کرده و با القا جهش، سبب تخریب DNA می‌شوند (۶). به طور کلی میدان‌های الکترومغناطیسی موجود در محیط با طولانی کردن پایداری رادیکال‌های آزاد احتمال آسیب DNA را افزایش می‌دهند و یا با اثر بر واکنش‌های شیمیایی و مولکول‌های باردار مجاور غشا، عملکرد سلول‌ها را تغییر می‌دهند (۷). تاکنون در مورد اثرات میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر رشد رده سلول‌های سرطانی MCF-7 گزارشی منتشر نشده است. بنابراین در این مطالعه میزان رشد و زنده بودن رده سلول‌های سرطانی MCF-7 در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گاوس بررسی شده است. همچنین میدان الکترومغناطیس مورد نظر بر میزان رشد و زنده بودن سلول‌های طبیعی L929 (سلول فیبروبلاست موش) به عنوان سلول غیر سرطانی نیز بررسی و با اثرات میدان الکترومغناطیس بر سلول‌های سرطانی MCF-7 مقایسه شد.

مواد و روش کار

بررسی مورفولوژی:

در بررسی مورفولوژی رده سلول‌های سرطانی MCF-7^۱ و سلول‌های طبیعی L929 در محیط کشت RPMI^۲ حاوی L-گلوتامین، پنی‌سیلین (۱۰۰ یونیت بر میلی‌لیتر)، استرپتومایسین (۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و ۱۰٪ سرم جنین گاوی (FBS^۳) در فلاسک‌های کشت سلولی با درب فیلتردار استریل (۵۰cc ساخت شرکت JET BIOFIL کانادا) که حاوی ۵ میلی‌لیتر محیط

^۱ Michigan Cancer Foundation - 7

^۲ Roswell Park Memorial Institute

^۳ Fetal Bovine Serum

| گروه شاهد | گروه شاهد آزمایشگاهی | گروه تجربی ۱ | گروه تجربی ۲ | گروه تجربی ۳ |
|---|---|---|--|--|
| سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 | ۳ ساعت در مجاورت سیستم مولد میدان الکترومغناطیس به حالت خاموش (سیم پیچ خاموش ولی سیستم محفظه انکوباسیون روشن) | ۳ ساعت در مجاورت سیستم مولد میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵۰ گاؤس | ۳ ساعت در مجاورت سیستم مولد میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۲۰۰ گاؤس | ۳ ساعت در مجاورت سیستم مولد میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۴۰۰ گاؤس |

توسط دستگاه Elisa reader plate (STAT FAX 303 Plus) در طول موج ۵۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۱۱،۱۰). مراحل اخیر برای تمامی پلیت‌ها صورت گرفت. تمامی مراحل پژوهش ۲ بار تکرار شد و از اعداد بدست آمده از خانه‌های متعلق به هر رده سلولی میانگین گرفته شد و داده‌ها توسط نرم افزار آماری Spss (ویرایش ۲۰) به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی Tukey تحلیل شدند.



شکل ۲: Elisa reader plate (STAT FAX 303 Plus)

جهت سنجش تست MTT

بعد از قرار گرفتن سلول‌ها در مجاورت میدان الکترومغناطیس، محیط کشت پلیت‌ها خالی و بجای آن ۱۸۰ میکرولیتر محیط کشت تازه همراه با ۲۰ میکرولیتر رنگ MTT (۳،۴،۵) دی متیل تیازول ۲ یل ۲،۵ دی فنیل تترازولیوم) اضافه و ۴ ساعت در انکوباتور گذاشته شدند. پس از آن محیط کشت حاوی رنگ MTT خالی و ۲۰۰ میکرولیتر DMSO (Dimethylsulfoxid) و ۲۵ میکرولیتر بافر گلاسیسین جایگزین آن شد و جذب نوری هر خانه

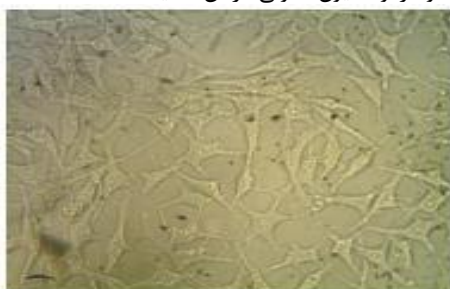


شکل ۱: سیستم مولد میدان الکترومغناطیس و انکوباسیون به

ترتیب از راست به چپ شامل: سیم پیچ مولد میدان الکترومغناطیسی، سیستم انکوباسیون، رئوستا، آمپرتر، خازن

نتایج

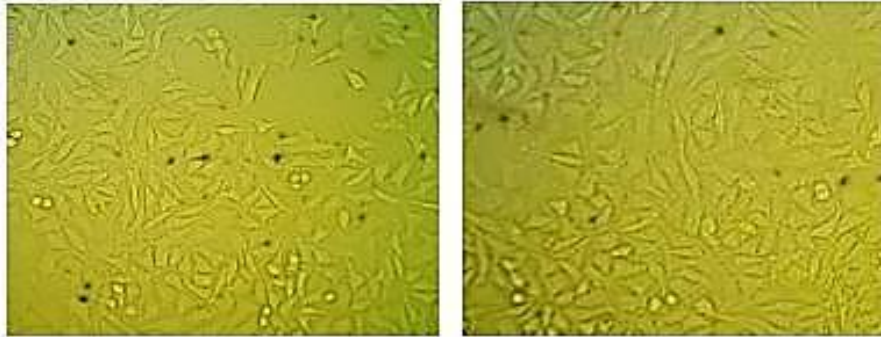
براساس مشاهده رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 با میکروسکوپ معکوس، مشخص گردید میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵۰ گاؤس تغییر قابل محسوسی در شکل و حالت سلول‌ها ایجاد نکرده است. اما در شدت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ گاؤس سلول‌ها از بستر خود جدا شده و از حالت دوکی به صورت گرد درآمده بودند و گرانولاسیون سلولی در آن‌ها دیده شد.



شکل ۴: سلول‌های L929 (شاهد) (۲۰۰x)



شکل ۳: سلول‌های MCF-7 (شاهد) (۲۰۰x)

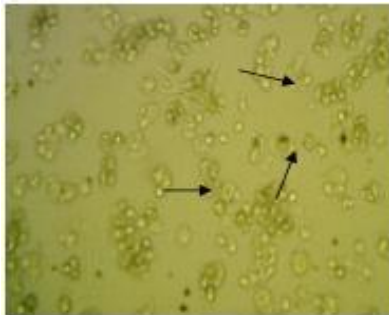


شکل ۶: سلول‌های L929 (شاهد آزمایشگاهی)

شکل ۵: سلول‌های MCF-7 (شاهد آزمایشگاهی)

(۳۰۰X)

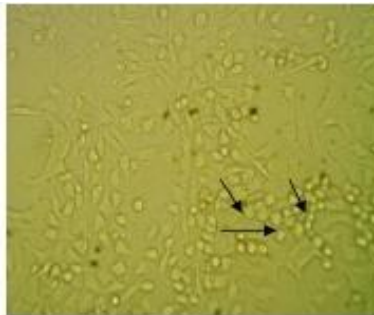
(۳۰۰X)



شکل ۹: سلول‌های MCF-7 (در

مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت

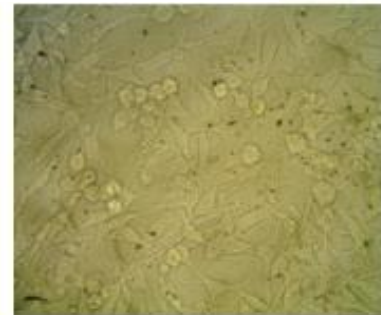
۴۰۰ گاوس) (۳۰۰X)



شکل ۸: سلول‌های MCF-7 (در

مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت

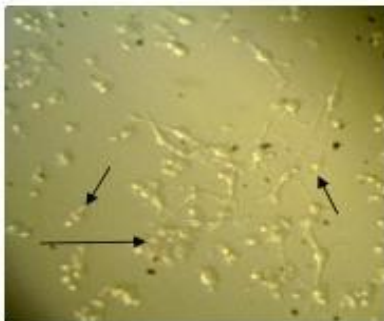
۲۰۰ گاوس) (۳۰۰X)



شکل ۷: سلول‌های MCF-7 (در

مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت

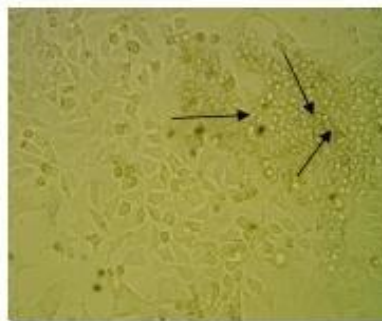
۵۰ گاوس) (۳۰۰X)



شکل ۱۲: سلول‌های L929 (در

مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت

۴۰۰ گاوس) (۳۰۰X)



شکل ۱۱: سلول‌های L929 (در

مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت

۲۰۰ گاوس) (۳۰۰X)



شکل ۱۰: سلول‌های L929 (در

مجاورت میدان الکترومغناطیس با شدت

۵۰ گاوس) (۳۰۰X)

آزمون MTT:

جذب نوری بدست آمده از خانه‌های حاوی سلول‌هایی که در مجاورت میدان الکترومغناطیس بودند، با جذب نوری خانه‌های شاهد مقایسه و درصد سلول‌های زنده با فرمول زیر محاسبه شد.

در تصاویر فوق فلش‌ها نشان دهنده تغییرات مورفولوژیک می‌باشد که در آن سلول‌ها از حالت طبیعی ستاره‌ای شکل، به حالت کروی درآمده و کوچک شده‌اند و گرانولاسیون سلولی در آن‌ها مشاهده می‌شود که تمامی این شرایط نشانه‌ای از مرگ سلول‌ها می‌باشد.

میانگین جذب نوری سلول‌های در مجاورت میدان الکترومغناطیس

$$\times 100 = \frac{\text{میانگین جذب نوری سلول‌های زنده}}{\text{میانگین جذب نوری سلول‌های شاهد}}$$

میانگین جذب نوری سلول‌های شاهد

(سیم پیچ خاموش ولی سیستم محفظه انکوباسیون روشن) نسبت به گروه شاهد معنی‌دار نبود. درصد زنده ماندن رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 پس از قرارگیری در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۲۰۰ گاؤس و ۴۰۰ گاؤس نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری یافت.

مقایسه درصد زنده ماندن رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 پس از قرارگیری در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵۰ گاؤس نسبت به گروه شاهد معنی‌دار نبود. مقایسه درصد زنده ماندن رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 پس از قرارگیری در مجاورت سیستم مولد میدان الکترومغناطیس به حالت خاموش

جدول (۱): نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی Tukey برای درصد زنده ماندن سرطانی MCF-7

| شاهد | شاهد آزمایشگاهی | گروه تجربی ۱ (فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵۰ گاؤس) | گروه تجربی ۲ (فرکانس ۲۰۰ هرتز و شدت ۲۰۰ گاؤس) | گروه تجربی ۳ (فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۴۰۰ گاؤس) |
|--------------------------------|------------------|---|---|--|
| درصد زنده ماندن سلول‌های MCF-7 | ۱۰۰٪ | ۸۷/۹۸۵٪ | ۴۱/۳۴۲٪ | ۲۴/۳۸۱٪ |
| انحراف معیار | ۲/۰۹ | ۵/۳۸ | ۸/۲۷ | ۵/۹۸ |
| آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) | P-Values = ۰/۷۹۱ | P-Values = ۰/۳۷۹ | P-Values = ۰/۰۳۷* | P-Values = ۰/۰۱۹* |
| آزمون تعقیبی Tukey | P-Values = ۰/۶۲۳ | P-Values = ۰/۱۰۸ | P-Values = ۰/۰۲۱* | P-Values = ۰/۰۱۱* |

* معنی‌داری در سطح (P < ۰/۰۵)

جدول (۲): نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی Tukey برای درصد زنده ماندن سلول‌های طبیعی L929

| شاهد | شاهد آزمایشگاهی | گروه تجربی ۱ (فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵۰ گاؤس) | گروه تجربی ۲ (فرکانس ۲۰۰ هرتز و شدت ۲۰۰ گاؤس) | گروه تجربی ۳ (فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۴۰۰ گاؤس) |
|-------------------------------------|------------------|---|---|--|
| درصد زنده ماندن سلول‌های طبیعی L929 | ۱۰۰٪ | ۹۳/۷۲۶٪ | ۴۴/۶۴۹٪ | ۳۰/۶۲۷٪ |
| انحراف معیار | ۱/۸۹ | ۴/۲۸ | ۳/۳۹ | ۷/۵۵ |
| آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) | P-Values = ۰/۵۹۷ | P-Values = ۰/۲۹۷ | P-Values = ۰/۰۲۲* | P-Values = ۰/۰۱* |
| آزمون تعقیبی Tukey | P-Values = ۰/۵۲۳ | P-Values = ۰/۲۶۷ | P-Values = ۰/۰۱۷* | P-Values = ۰/۰۰۷* |

* معنی‌داری در سطح (P < ۰/۰۵)

بحث

سلولی می‌گردد (۲۰). برخی نیز اثرات ژنوتوکسیکی تشعشعات میدان‌های مغناطیسی را به تشکیل اکسی رادیکال‌ها نسبت می‌دهند، همان طور که می‌دانیم گونه اکسیژن فعال یا ROS (Reactive Oxygen Species) برای فرایندهای سلولی مضر است و سبب پراکسیداسیون چربی اندام‌های متصل به غشا و تخریب پروتئین‌های غشایی و در نهایت تخریب سلول می‌گردد. به نظر می‌رسد میدان‌های الکترومغناطیسی با افزایش میزان و انتشار رادیکال‌های آزاد احتمال آسیب‌های اکسیداتیو را افزایش می‌دهند (۲۱). امواج الکترومغناطیسی با فرکانس کم بدون شک می‌توانند به درون سلول‌ها نفوذ کنند و با DNA و یا هر ترکیب دیگری در سلول واکنش دهند (۲۲). به نظر می‌رسد که افزایش رادیکال‌های آزاد در مراحل فیزیولوژیکی و سلولی متفاوت می‌تواند بر بیان ژن‌ها، آزاد سازی کلسیم از مخازن سلولی، رشد و مرگ سلولی تأثیر بگذارد (۲۳). سیمکو نیز افزایش القا آپوپتوز در سلول‌های سرطانی پس از قرارگیری در معرض تابش‌های ۵۰ هرتز میدان مغناطیسی ۱ میلی‌تسلا را مشاهده نمود (۲۴). تجربیات دیگری نشان داده که سلول‌های سرطانی در معرض همزمان ۰/۴ تا ۱ میکروتسلا میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۶۰ هرتز دچار افزایش آپوپتوز می‌شوند (۲۵). برخی از محققان نیز معتقدند که امواج الکترومغناطیس به تنهایی باعث ایجاد وقایع ژنتیکی نمی‌شوند بلکه عملکرد ژنوتوکسیک سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی محیطی از قبیل کارسینوژن‌ها را افزایش می‌دهند. به هر حال امواج الکترومغناطیس در تشخیص و درمان بسیاری از سرطان‌ها استفاده می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که این امواج سبب القا کاهش رشد سلول‌ها و افزایش آپوپتوز در سلول‌های سرطانی می‌شوند (۱۹). طی مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۱ انجام شد متوجه شدند که زمان تقسیم سلول‌ها در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس کم از زمان معمول آن بیشتر است همچنین سلول‌های تقسیم شونده در بعضی مواقع درست قبل از اینکه فرآیند کامل شود از هم واپاشیده می‌شود. محققان پیشنهاد دادند که تقسیم سلولی به این دلیل کند می‌شود که میدان الکترومغناطیس با فرکانس کم مانع از شکل‌گیری و عملکرد دوک‌های میتوزی می‌گردد (۲۶). از مقایسه نتایج بدست آمده در این پژوهش با گزارشات و مطالب ذکر شده در ابتدای بحث به این نتیجه می‌رسیم که میدان الکترومغناطیس به صورت‌های مختلفی می‌تواند باعث مهار رشد و تکثیر سلول‌های سرطانی شود. می‌تواند با تخریب اکسیداتیو DNA سلول‌های سرطانی، باعث مهار تکثیر سلولی شود. همچنین می‌تواند با مهار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سلولی و کاهش تحمل سلول‌ها نسبت به فرایندهای اکسیداتیو اثر خود را به عنوان یک عامل تخریبی اعمال کند. میدان

در این پژوهش رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 در مجاورت میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گاوس قرار گرفتند و میزان رشد و تکثیر آن‌ها بررسی شد. در سال‌های اخیر دیده شده است که میدان‌های الکترومغناطیس دارای اثرات متفاوت بر سیستم‌های انسانی هستند. برخی از مطالعات افزایش آسیب‌های DNA را در سلول‌های متفاوت جانوری گزارش کرده‌اند (۱۲). مطالعات انجام شده بر روی لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها اثرات ژنوتوکسیک را نشان نمی‌دهند درحالی‌که برخی مطالعات دیگر بر روی فیبروبلاست‌ها، ملانوسیت‌ها، سلول‌های پستانی و سلول‌های گرانولوزای موش‌های صحرایی اثرات قابل توجه میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس‌های مختلف را نشان داده‌اند (۱۳). براساس بررسی‌های انجام شده روی جنین‌های جوجه، میدان الکترومغناطیسی می‌تواند این پاسخ به هیپوکسی را در سلول‌های سرطانی کاهش دهد. این پدیده منجر به کاهش آنژیوژنز و کاهش تکثیر سلول‌های سرطانی می‌شود (۱۴). کالونت معتقد است که فیبروبلاست‌های انسانی در معرض تشعشعات الکترومغناطیس با فرکانس بسیار کم دچار تخریب اکسیداتیو DNA می‌شوند (۱۵). گراسی احتمال تأثیر تشعشعات الکترومغناطیس با فرکانس کم بر روی سلول‌های سرطانی را به جای تخریب DNA تأثیر بر ساختار آنزیم‌های غشا سلول و نفوذپذیری مولکول‌های کوچک معرفی می‌کند (۱۶). در حالی که سیمکو معتقد است که سلول‌های سرطانی در معرض امواج الکترومغناطیس با فرکانس بسیار کم با آزاد سازی سیتوکاین و رادیکال‌های آزاد گونه اکسیژن فعال و گونه نیتروژن فعال، سبب ناپایداری مولکول‌های زیستی شده و این مواد بر مسیرهای انتقال پیام درون سلولی و تنظیم بیان ژن‌های مخصوص پاسخ التهابی، رشد سلول، تمایز، تکثیر و پاسخ استرس سلولی تأثیر می‌گذارند (۱۷). فالونه در مطالعه‌ای بر روی سلول‌های نوروبلاستوما SH-SY5Y انسانی در معرض تشعشعات الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز، کاهش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سلولی و کاهش تحمل سلول‌ها نسبت به فرایندهای اکسیداتیو را عنوان کرده است (۱۸). بینهی در گزارش دیگری بیان نمود که نانو ذرات مغناطیسی درون سلولی غلظت رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهند و به‌طور غیرمستقیم سبب آسیب DNA و سلول‌های سرطانی در میدان الکترومغناطیسی ۰/۴ میکرو تسلا می‌گردد (۱۹). یوشی‌کاوا تغییر در فعالیت آنزیم‌ها و پایداری و بقای بیشتر رادیکال‌های آزاد توسط میدان الکترومغناطیسی را مؤثر می‌داند، از نظر وی میدان الکترومغناطیسی با پایداری رادیکال‌های آزاد نیتریک اکساید درون سلولی سبب ایجاد تغییر در هدایت علائم

گاؤس اثر مهاری بر رشد و تکثیر و همچنین دارای اثر کشندگی بر رده سلول‌های سرطانی MCF-7 و سلول‌های طبیعی L929 دارد. گرچه نظریات ضد و نقیض در مورد اثرات امواج الکترومغناطیس وجود دارد، اما می‌توان گفت قرارگیری مستقیم سلول‌های طبیعی در میدان الکترومغناطیس با فرکانس 50 هرتز و شدت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ گاؤس منجر به مرگ آن‌ها می‌شود و همچنین می‌توان از اثر کشندگی این امواج الکترومغناطیس برای درمان بسیاری از سرطان‌ها به ویژه سرطان پستان استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

از کلیه همکاران محترمی که در انجام این پژوهش همکاری نموده‌اند، به ویژه سرکار خانم دکتر ظفری‌الانزاد و سرکار خانم دکتر خدیجه نژاد شاهرخ آبادی تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از پدر و مادر عزیزم سپاسگزارم که همیشه مشوق و پشتیبان من هستند.

الکترومغناطیس می‌تواند بر ساختار آنزیم‌های غشا سلول‌های سرطانی و حتی سلول‌های طبیعی تأثیر مهاری القا کند. شاید یکی از علت‌های مهار تکثیر سلولی توسط میدان الکترومغناطیس افزایش غلظت رادیکال‌های آزاد ایجاد شده توسط خود میدان الکترومغناطیس باشد. طبق مطالعات انجام شده، نانو ذرات مغناطیسی درون سلولی غلظت رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهند (۱۹). همچنین میدان الکترومغناطیس می‌تواند باعث القای آپوپتوز در سلول‌های سرطانی و طبیعی شود. با توجه به تمامی پژوهش‌های انجام شده در مورد اثر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵۰ گاوس و با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت میدان الکترومغناطیسی با فرکانس 50 هرتز و شدت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ گاوس می‌تواند منجر به کاهش رشد و تکثیر سلول‌های سرطانی پستان شود.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این مطالعه دریافتیم که میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰

References:

- O' Hara M, Kiefer D, Farrell K, Kemper K. Areview of 12 commonly used medicinal herbs. Arch Fam Med 1998; 7: 523-36.
- Alvaro MA, Edith AP. Treatment options for breast cancer resistant to anthracycline and taxane. Mayo Clin Proc 2009; 84: 533-45.
- Kundi M, Hardell L, Sage C, Sobel E. Electromagnetic fields and the precautionary principle. Environmental health perspectives 2009; 117: 84-5.
- Khurana VG, Teo C, Kundi M, Hardell L, Carlberg M. Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. Surgical neurology 2009; 72: 205-14.
- Litvak E, Foster KR, Repacholi MH. Health and safety implications of exposure to electromagnetic fields in the frequency range 300 Hz to 10 MHz. Bioelectromagnetics 2002; 23(1): 68-82.
- Reese J, Jostes R, Frazier M. Exposure of mammalian cells to 60-Hz magnetic or electric fields: Analysis for DNA single-strand breaks. Bioelectromagnetics 1988; 9(3): 237-47.
- Barnes FS. Some engineering models for interactions of electric and magnetic fields with biological systems. Bioelectromagnetics 1992; 53(Suppl 1): 67-85.
- Alley MC, Scudiero DA, Monks A. Feasibility of drug screening with panels of human tumor cell lines using a micro culture tetrazolium assay. Cancer Res 1998; 48: 589-601.
- Shahrokh Abady Kh. Evaluation of cytotoxicity effect of total Saffron extract on HepG2 cell line. J Gene 2003; 8: 33-65. (Persian)
- Mossmann T. Rapid colorimetric assay of cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. Immun Method 1983; 65: 55-63.
- Rapaport L, Robinson C. Cell titer 96 and titer 96 AG, non radioactive cell proliferation assay. Promega Notes Magazine 1993; 44: 46-7.
- Ivancsits S, Diem E, Pilger A, Rüdiger HW, Jahn O. Induction of DNA strand breaks by intermittent

- exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields in human diploid fibroblasts. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 2002; 519: 1-13.
13. Ivancsits S, Pilger A, Diem E, Jahn O, Rudiger HW. Cell type-specific genotoxic effects of intermittent extremely low-frequency electromagnetic fields. *Mutat Res* 2005; 583(1): 184-8.
 14. Di Carlo AL, Mullins JM, Litovitz TA. Thresholds for electromagnetic field-induced hypoxia protection: evidence for a primary electric field effect. *Bioelectrochemistry* 2000(4); 52: 9-16.
 15. Calvente I, Fernandez M, Villalba J, Olea N, Nuñez M. Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: a systematic review. *Science of the Total Environment* 2010; 408(4): 3062-9.
 16. Grassi C, D'Ascenzo M, Torsello A, Martinotti G, Wolf F, Cittadini A, et al. Effects of 50Hz electromagnetic fields on voltage-gated Ca²⁺-channels and their role in modulation of neuroendocrine cell proliferation and death. *Cell Calcium* 2004; 35(1): 307-15.
 17. Simkó M. Induction of cell activation processes by low frequency electromagnetic fields. *The Scientific World Journal* 2004; 4: 4-22.
 18. Falone S, Grossi MR, Cinque B, D'Angelo B, Tettamanti E, Cimini A, et al. Fifty hertz extremely low-frequency electromagnetic field causes changes in redox and differentiative status in neuroblastoma cells. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 2007; 39: 2093-106.
 19. Binhi V. Do naturally occurring magnetic nanoparticles in the human body mediate increased risk of childhood leukaemia with EMF exposure?. *Int J Radiation Biology* 2008; 84: 569-79.
 20. Yoshikawa T, Tanigawa M, Tanigawa T, Imai A, Hongo H, Kondo M. Enhancement of nitric oxide generation by low frequency electromagnetic field. *Pathophysiology* 2000; 7: 131-5.
 21. Regoli F, Gorbi S, Machella N, Tedesco S, Benedetti M, Bocchetti R, et al. Pro-oxidant effects of extremely low frequency electromagnetic fields in the land snail *Helix aspersa*. *Free Radical Biology and Medicine* 2005; 39: 1620-8.
 22. Blank M, Goodman R. Electromagnetic fields stress living cells. *Pathophysiology* 2009; 16: 71-8.
 23. Dai Q, Shu XO, Li H, Yang G, Shrubsole MJ, Cai H, et al. Is green tea drinking associated with a later onset of breast cancer? *Annals of epidemiology* 2010; 20: 74-81.
 24. Simko M, Kriehuber R, Weiss D, Luben R. Effects of 50 Hz EMF exposure on micronucleus formation and apoptosis in transformed and nontransformed human cell lines. *Bioelectromagnetics* 1998; 19: 85-91.
 25. Löscher W, Mevissen M. Animal studies on the role of 50/60-Hertz magnetic fields in carcinogenesis. *Life sciences* 1994; 54: 1531-43.
 26. McCormick DL, Boorman GA, Findlay JC, Hailey JR, Johnson TR, Gauger JR, et al. Chronic toxicity/oncogenicity evaluation of 60 Hz (power frequency) magnetic fields in B6C3F1 mice. *Toxicologic pathology* 2011; 27: 279-85.

EFFECTS OF LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD ON MCF-7 CANCER CELL LINE

Seyed Damoon Sadooghi^{1*}, Saide Zafar Balanzhad², Khadijeh Nezhad Shahrokh Abadi³

Received: 25 Nov , 2013; Accepted: 28 Jan , 2014س

Abstract

Background & Aims: Breast cancer is the most common cancer in women. The aim of this study was to investigate the effects of electromagnetic field on MCF-7 cancer cell line.

Materials & Methods: MCF-7 cell lines and L929 cell line were cultured in RPMI medium containing fetal bovine serum and antibiotics. Cells for 3 hours were exposed to 50 Hz electromagnetic field with intensities of 50, 200 and 400 Gauss. Growth and proliferation and morphological changes were photographed by inverted microscope. Cell viability was determined by MTT assay. The obtained data was statistically analyzed by means of SPSS software (Version 20) and compared with each other by ANOVA and post hoc Tukey.

Results: Viability percent of MCF-7 (87.985 ± 5.38) and L929 (93.726 ± 4.28) cell line that were vicinity of electromagnetic field with intensity of 50 gauss was not significant compared to the control. Viability percent of MCF-7 (41.342 ± 8.27) and L929 (44.649 ± 3.39) cell line that were vicinity of electromagnetic field with intensity of 200 gauss was significant compared to the control. Viability percent of MCF-7 (24.381 ± 5.98) and L929 (30.627 ± 7.55) cell line that were vicinity of electromagnetic field with intensity of 400 gauss was significant compared to the control.

Conclusion: Electromagnetic field with frequency of 50 Hz and intensities of 200 and 400 gauss was inhibitory effective on the growth and proliferation of MCF-7 and L929 cell line.

Keywords: MCF-7, Electromagnetic field, MTT assay

Address: Department of Biology, Faculty of Sciences, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran, **tel:** +98 9153026313

Email: Damoon.Sadughi@Gmail.com

SOURCE: URMIA MED J 2014; 25(75): 20 ISSN: 1027-3727

¹ MSc, Animal Developmental Biology, Department of Biology, Islamic Azad University, Mashhad, Iran (Corresponding Author)

² PhD, Animal Developmental Biology, Department of Biology, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

³ PhD, Molecular Genetics, Department of Biology, Islamic Azad University, Mashhad, Iran