● مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی کرمان، دورهٔ بیست‌وسوم، شمارهٔ ۲، ص ۱۹۳-۱۸۵، ۱۳۹۵

مقالهٔ پژوهشی

اثر قرارگیری طولانی مدت در معرض امواج الکترومغناطیس با فرکانس پایین بر فعالیت سیستم کولینرژیک در روده باریک موش صحرایی نر

سید اسماعیل خوشنام[۱]، سیده مرضیه جعفری[۲]، امین‌الله بهاالدینی[*۳]، مریم اوج‌فرد[۲]

خلاصه

مقدمه: استفاده روز افزون از دستگاه‌های الکتریکی مولد امواج الکترومغناطیس در سال‌های اخیر، موجب توجه پژوهشگران به‌بررسی اثر این امواج بر سلامتی انسان شده است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر قرارگیری طولانی مدت در معرض امواج الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین بر سیستم کولینژیک روده باریک موش صحرایی می‌باشد.

روش: تعداد ۲۱ سر موش صحرایی نر بالغ به سه گروه تقسیم شدند: گروه اول، گروه آزمایش به مدت ۷۵ روز در معرض امواج الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین (۵۰ هرتز، ۱ میلی‌تسلا) در دستگاه سلونوئید روشن قرار گرفتند. گروه دوم، گروه شاهد که در شرایط مشابه با گروه اول و در سلنوئید خاموش قرار گرفتند و گروه سوم، گروه کنترل که در شرایط معمول حیوان‌خانه نگهداری شدند. حلقه‌های جدا شده ایلئوم در حمام بافتی متصل به ترانس‌دیوسر نیروی دستگاه پاورلب A-D (PowerLab) قرار گرفته و پاسخ تغییرات مکانیکی بافت به تجویز دوزهای مختلف استیل‌کولین ثبت گردید. داده‌ها با استفاده از آزمون ANOVA یک طرفه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها: میزان شل شدگی ایلئوم در پاسخ به دوز ۱۰-۶ مولار استیل کولین در زمان‌های مختلف و بعد از کسر تانسیون پایه نشان دهنده کاهش معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$)درصد شل شدگی ایلئوم در گروه آزمایش نسبت به گروه شاهد و کنترل می‌باشد. در حالی‌که میزان شل‌شدگی ایلئوم در پاسخ به دوز ۱۰-۵ مولار استیل کولین در گروه آزمایش نسبت به گروه شاهد و کنترل معنی‌دار نبوده است.

نتیجه‌گیری: می‌توان چنین نتیجه گرفت که امواج الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین در دراز مدت ممکن است موجب کاهش حساسیت گیرنده‌های کولینرژیک در روده باریک شده باشد.

واژه‌های کلیدی: امواج الکترومغناطیس، سیستم کولینرژیک، روده باریک

۱- دانشجوی دکتری، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران ۲- کارشناس ارشد، فیزیولوژی جانوری، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران ۳- دانشیار فیزیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*** نویسنده مسؤول، آدرس پست الکترونیک:** bahaodini@shirazu.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۲/۱۶ **دریافت مقاله اصلاح شده:** ۱۳۹۴/۷/۷ **پذیرش مقاله:** ۱۳۹۴/۷/۲۳

مقدمه

با توجه به شرایط زندگی امروزی، قرارگیری در معرض امواج الکترومغناطیس ناشی از وسایل مختلف از جمله وسایل الکتریکی خانگی، خطوط انتقال نیرو و میدان‌های الکتریکی اجتناب ناپذیر است (۱). با توجه به قرارگیری مداوم انسان‌ها در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی، بررسی اثرات آن‌ها از سال‌ها پیش مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. امواج الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین (ELF) که فرکانس آنها بین ۰ تا ۳۰۰ هرتز و شدت آنها در حدود ۰/۱ تا ۱۰۰ میلی تسلا است، غیر یونیزان می‌باشند و انرژی آنها آنقدر زیاد نیست که قادر به شکستن پیوندهای شیمیایی باشند، اما این امواج می‌توانند روی فعالیت سلولی تأثیرگذار باشند (۲). مطالعاتی وجود دارند که حاکی از تأثیر امواج بر سیستم گوارش می‌باشد، از جمله مطالعات آدمپور و همکاران که نشان دادند امواج الکترومغناطیس تأثیری بر گیرنده‌های آدرنرژیک در کولون روده ندارند (۳). مطالعات جوادی‌فر و همکاران بیان‌کننده اثر تعدیلی سیستم نیتررژیک بر فعالیت انقباضی ناشی از سیستم کولینرژیک در نای ایزوله می‌باشد که این اثر در نتیجه قرار گرفتن دراز مدت در معرض امواج الکترومغناطیس مهار می‌گردد (۴). مطالعات دایانر (Dinar) و همکاران نشان‌دهنده اثر میدان‌های مغناطیسی بر برخی عملکردهای روده نظیر اثر بر سلول‌های ساغری (cajal) که سلول‌های ضربان‌ساز در روده‌اند و همچنین کاهش در تعداد این سلول‌ها بوده است (۵). همچنین، امواج الکترومغناطیس باعث آسیب قابل توجهی در سلول‌های ساغری معده، دوازدهه و کولون شده و بیشترین میزان آپوپتوز این سلول‌ها در فوندوس معده و دوازدهه مشاهده شده است و کمترین میزان آپوپتوز هم در کولون بوده است (۶). میدان‌های الکترو مغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین موجب تغییرات مورفولوژیکی ملتحمه در بافت روده می‌شوند (۷). گروچلایک(Gruchlik) و همکاران نشان دادند، امواج الکترومغناطیس ترشح IL-6 را مهار می‌کند و با توجه به نقش IL-6 در ایجاد التهاب روده، امواج الکترومغناطیس از کاهش میوفیبروبلاست‌های فعال جلوگیری می‌کنند (۸). کرانتیس (Krantis) و همکاران معتقدند، امواج الکترومغناطیس منجر به افزایش حساسیت گیرنده‌های موسکارینی سیستم کولینرژیک و در نتیجه افزایش حرکات کولون می‌شود (۹). امواج الکترومغناطیس کم‌فرکانس باعث کاهش تراکم شبکه عصبی میوکاردیال و کاهش کاتکول آمین‌ها در رت‌های با فشار خون بالا می‌شود. همچنین کاهش وزن غده آدرنال و سرکوب سیستم سمپاتو-آدرنال در این حیوانات مشاهده شده است (۱۰).

به‌طورکلی میدان‌های الکترو مغناطیس با شدت‌های مختلف بر شیوع اختلالات تکامل جنینی، نازایی، بروز اختلالات عصبی و خواب، بیماری‌های گوارشی، قلبی عروقی، سرطان‌های گوناگون از جمله بافت خون‌ساز، لنفاوی و غیره مؤثر می‌باشند (۱۱).

با بررسی متون در دسترس تاکنون پژوهشی در مورد تأثیر امواج الکترومغناطیس با فرکانس بسیار پایین بر روی عملکردهای روده باریک منتشر نشده است و با توجه به استفاده روز افزون از دستگاه‌های الکترونیکی مولد امواج الکترومغناطیس، هدف از این مطالعه بررسی اثر قرارگیری طولانی مدت در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین(ELF) بر فعالیت سیستم کولینرژیک در ایلئوم روده باریک می‌باشد.

روش بررسی

تعداد ۲۱ سر موش صحرایی نر بالغ از نژاد ویستار با میانگین وزن ۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم به‌طور تصادفی انتخاب شدند. رت‌ها در شرایط کنترل شده نور (سیکل ۱۲ ساعته تاریکی

و روشنایی) و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در طول مدت آزمایش، غذا و آب کافی در اختیار آنها قرار می‌گرفت. مسائل اخلاقی در مورد کار با حیوانات آزمایشگاهی نظیر بیهوشی و جراحی، تحت نظر کمیته اخلاق زیستی بخش زیست شناسی با کد اخلاق SU۹۰۰۷۸۶ انجام گردید. بعد از گذشت یک هفته و پیدا کردن اطمینان از سلامت حیوانات، رت‌ها به‌طور تصادفی به ۳ گروه ۷ تایی به‌شرح زیر تقسیم‌بندی شدند.

-گروه آزمایشی که به‌طور ۲۴ ساعته و به‌مدت ۷۵ روز در دستگاه سولنوئید روشن در معرض میدان الکترومغناطیس با شدت یک میلی‌تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفتند.

- گروه شاهد که به‌مدت ۷۵ روز در دستگاه سولنوئید خاموش قرار گرفتند.

-گروه کنترل که در شرایط معمول آزمایشگاه نگهداری شدند.

در طول مدت اعمال ELF دما در ۲۲ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد. با توجه به‌اینکه میدان الکترومغناطیس با شدت ۰/۲ تا ۳/۵ میلی‌تسلا لازم است تا اثرات ELF را روی پارامترهای اتصال به گیرنده بسنجیم (۱۲)، و در مطالعات مشابه برای مشاهده اثرات سلولی ELF و به‌ویژه اثرات آن بر غشای سلول و گیرنده معمولا از شدت ۱ میلی‌تسلا استفاده شده است(۱۳،۱۴). در مطالعه حاضر نیز از شدت یک میلی‌تسلا با فرکانس ۵۰ هرتز استفاده گردید. برای تولید امواج الکترومغناطیس از دستگاه سلنوئید با منبع تغذیه اتوترانس متغیر استفاده شد که ورودی آن برق شهر (۵۰ هرتز و ۲۲۰ ولت) بود و ولتاژ جریان ورودی، طوری تنظیم شد که شدت میدان ۱ میلی‌تسلا برقرار گردد. شدت جریان ورودی به دستگاه به وسیله دستگاه آمپرمتر و همچنین شدت میدان الکترومغناطیس توسط دستگاه تسلامتر اندازه‌گیری شد. رت‌های گروه‌بندی شده بعد از گذشت ۷۵ روز، با تزریق درون صفاقی پنتوباربیتال سدیم (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیهوش شدند (۱۵). شکم حیوان باز شده و به سرعت ۳ سانتی متر از ایلئوم بیرون آورده شده و به پتری‌دیش حاوی محلول کربس(۳۷ درجه سانتی گراد) منتقل گردیدند و بدون آنکه آسیبی به اپیتلیوم و عضله آن وارد شود، بافت‌های اضافی و چربی‌های اطراف آنها جداسازی شد. محلول کربس-هنسلیت با استفاده از ترکیبات زیر و بر حسب واحد میلی‌مولار تهیه گردید:

$NaCl$ ۱۱۸، $NaHCO_3$ ۲۵، $MgSO_4$ ۱/۲،
KH_2PO_4 ۱/۲، KCL ۴/۷، $CaCl_2$ ۲/۵، Glucose ۱۱

در ضمن PH محلول کربس قبل از استفاده توسط PH متر کنترل می‌شد تا در حد ۷/۴ (خنثی) باشد (۱۶). دو حلقه عرضی ایلئوم به طول ۱ سانتی‌متر به‌طور هم‌زمان به دو حمام بافتی حاوی ۳۰ میلی‌لیتر محلول کربس منتقل شده و هر حلقه ایلئوم توسط دو قلاب در محلول کربس معلق نگه داشته شد، یک قلاب ایلئوم را در حمام بافتی ثابت نگه داشته و قلاب دیگر بافت را به ترانسدیوسر نیرو متصل می‌کرد. تغییرات انقباضی عضله ایلئوم به ترانس‌دیوسر نیرو از نوع ایزوتونیک منتقل شده و ترانس‌دیوسر نیز به دستگاه بریج آمپلی فایر (bridge Amplifier) و سیستم پاور لب A-D (power lab) (مدل ML825 ، ساخت استرالیا) متصل بوده و به این ترتیب تغییرات مکانیکی انقباض بافت به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل شده و توسط مانیتور کامپیوتر قابل مشاهده و ارزیابی بود. در ابتدا حلقه‌های روده به مدت ۳۰ دقیقه تحت تانسیون ۰/۵ گرم به‌عنوان تانسیون پایه (base line) قرار گرفته و در طول این مدت هر ۱۵ دقیقه یک بار شستشو داده

می‌شد (۳،۴). در حالی که بافت در محلول کربس غوطه‌ور بود، توسط دستگاه انتشار دهنده آب (water circulator) و ترموستات مربوطه دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد برقرار بود و به‌طور دائم با ۹۵ درصد اکسیژن و ۵ درصد دی‌اکسید کربن هوادهی می‌شد (۱۶). دو آزمایش موازی و هم‌زمان با یکدیگر بر روی یک جفت حلقه عرضی از روده باریک (ایلئوم) یک حیوان و با طول مشابه و در دو حمام بافتی صورت گرفت. ابتدا هر دو حلقه تحت تأثیر استیل کولین ۱ میلی مولار (تهیه شده از شرکت سیگما-آلدریچ آلمان) به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند و پس از شستشوی بافت و رسیدن مجدد آن به حالت پایه، یکی از حلقه‌ها به‌طور تصادفی تحت تأثیر دوزهای مختلف 10^{-6} ، 10^{-5} و 4×10^{-5} مولار استیل کولین و حلقه دیگر تحت تأثیر حجم مشابهی از سرم فیزیولوژی (NaCl ۰/۹٪) قرار گرفت و به مدت ۳۰ دقیقه به‌صورت هم‌زمان به هر دو بافت زمان داده شد (۴،۳). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌های به‌دست آمده توسط آزمون کلموگروف اسمیرنوو (one-sample Kolmogorov-Smirnov) تایید شد و سپس برای مقایسه بین گروه‌ها از تست ANOVA یک طرفه و با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری $p\leq0/05$ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج

بررسی تغییرات شل شدگی (relaxation) بافت ایلئوم ایزوله بر روی دو قطعه ایلئوم ایزوله با طول مشابه و در یک حیوان صورت گرفت و این دو قطعه ایلئوم تحت آزمایش‌های یکسان قرار می‌گرفتند. تغییرات شل شدگی پایه بافت از زمان اعمال فنیل افرین تا مدت ۳۰ دقیقه ثبت شد و در هر گروه مورد آزمایش میزان تانسیون بافت در زمان کاربرد دارو با کسر تانسیون پایه ثبت شد. با توجه به جدول ۱ میزان شل شدگی ایلئوم در گروه در معرض امواج (آزمایش) نسبت به دو گروه کنترل و شاهد افزایش معنی‌داری ($p\leq0/05$) داشته است.

جدول ۲ میزان شل شدگی ایلئوم در پاسخ به دوز 10^{-6} مولار استیل کولین را طی زمان‌های مختلف و بعد از کسر تانسیون پایه نشان می‌دهد که بیان‌کننده کاهش معنی‌دار ($p\leq0/05$) درصد شل شدگی ایلئوم در گروه آزمایش نسبت به گروه شاهد و کنترل می‌باشد.

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان شل شدگی ایلئوم در پاسخ به دوز 10^{-5} مولار استیل کولین در زمان‌های مختلف و بعد از کسر تانسیون پایه در گروه آزمایش نسبت به گروه شاهد و کنترل تغییر معنی‌داری نداشته است.

جدول ۱: میزان تانسیون پایه بافت ایلئوم (mean±SEM) در گروه‌های کنترل، شاهد و آزمایش

گروه / زمان	کنترل n=۷	شاهد n=۷	آزمایش n=۷
۱۵ دقیقه	۴۳/۶۵±۹/۸۳	۴۹/۳۴±۱۲/۶۲	*۷۹/۴۸±۱۷/۵۳

* $p\leq0/05$ تفاوت معنی‌دار گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل و شاهد

جدول ۲: میزان پاسخدهی ایلئوم (mean±SEM) در پاسخ به دوز 10^{-6} مولار داروی استیل کولین بعد از کسر تانسیون پایه بین گروه‌های آزمایش، کنترل و شاهد

درصد شل شدگی بافت ایلئوم			
گروه / زمان	کنترل (n=۷)	شاهد (n=۷)	آزمایش (n=۷)
دقیقه ۱	۹۶/۱۴±۹/۲۹	۹۷/۹۹±۱۳/۳۶	*۳۲/۱۱±۵/۴۷
دقیقه ۳	۱۲۳/۸۳±۱۲/۴۷	۱۱۵/۵۲±۱۰/۹۶	*۳۲/۲۵±۵/۵۲
دقیقه ۵	۹۸/۹۱±۹/۶۴	۹۴/۲۸±۱۰/۲۳	*۲۱/۴۰±۲/۰۵

* $p\leq ۰/۰۵$ تفاوت معنی‌دار گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل و شاهد

جدول ۳: میزان پاسخدهی ایلئوم (mean±SEM) در پاسخ به دوز 10^{-5} مولار داروی استیل کولین بعد از کسر تانسیون پایه بین گروه‌های آزمایش، کنترل و شاهد

درصد شل شدگی بافت ایلئوم			
گروه / زمان	کنترل (n=۷)	شاهد (n=۷)	آزمایش (n=۷)
دقیقه ۱	۳۸/۰۹±۷/۷۲	۴۴/۶۳±۱۱/۴۷	۳۶/۶۸±۴/۲
دقیقه ۳	۵۱/۷۳±۷/۲۴	۴۴/۲۵±۶/۲	۴۳/۸۵±۳/۶۳
دقیقه ۵	۳۲/۹±۷/۲۵	۲۶/۶۹±۴/۱۲	۲۸/۵۸±۳/۱۴

* $p\leq ۰/۰۵$ تفاوت معنی‌دار گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل و شاهد

بحث

با بررسی متون در دسترس تاکنون مطالعه‌ای در مورد تأثیر امواج الکترومغناطیس با فرکانس بسیار پایین بر روی عملکردهای روده باریک منتشر نشده است و با توجه به استفاده روز افزون از دستگاه‌های الکترونیکی مولد امواج الکترومغناطیس، هدف از این مطالعه بررسی اثر قرارگیری طولانی مدت در معرض میدان الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین(ELF) بر فعالیت سیستم کولینرژیک در ایلئوم روده باریک می‌باشد.

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد، در پاسخ ایلیوم جدا شده از موش‌های صحرایی که در معرض طولانی مدت امواج الکترومغناطیس با فرکانس کم قرار گرفته بودند، به تجویز برخی از دوزهای استیل کولین کاهش معنی‌دار تانسیون دیده شد. بنابراین ممکن است قرارگیری دراز مدت در معرض میدان الکترومغناطیسی موجب کاهش حساسیت گیرنده‌های کولینرژیک در ایلئوم گردیده باشد. از آنجایی که فعال شدن گیرنده‌های کولینرژیک در روده موجب انقباض روده و افزایش تانسیون روده می‌شوند (۱۷)، می‌توان گفت با کاهش حساسیت گیرنده‌های کولینرژیک تانسیون ایلئوم نیز کاهش پیدا کرده است. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران تناقض دارد از جمله تحقیقات آدمپور و همکاران که نشان دادند، در موش‌های

صحرایی که به‌مدت ۱۴۰ روز در معرض امواج الکترومغناطیس بودند، افزایش حساسیت گیرنده‌های موسکارینی یا افزایش غلظت کلسیم داخل سلولی در روده بزرگ رخ می‌دهد(۱۸). کرانتیس (Krantis) و همکاران نیز نشان دادند که میدان‌های الکترومغناطیس از طریق افزایش میزان حساسیت گیرنده‌های موسکارینی موجب اختلال در فعالیت حرکتی کولون می‌شوند (۱۹). همچنین کاوالیرز (Kavaliers) و همکاران نشان دادند که قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی عملکرد کانال‌های کلسیمی و توزیع کلسیم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۰). نتایج هونگ (Huang) و همکاران بیان کننده اثر امواج الکترومغناطیس با فرکانس کم بر افزایش غلظت کلسیم داخل سلولی در سلول‌های توموری PC-12 می‌باشد (۲۱). با توجه به این نتایج در صورتی که امواج الکترومغناطیس موجب افزایش کلسیم درون سلول ایلئوم می‌شد تانسیون روده باریک نیز باید افزایش پیدا می‌کرد ولی چنین مشاهده‌ای در تحقیق حاضر صورت نگرفت. با توجه به‌اینکه نوع پاسخ به این میدان‌ها بستگی به فرکانس، شدت میدان و مدت در معرض قرارگیری و ویژگی‌های مختص گونه و میزان حساسیت آن به امواج الکترومغناطیس دارد، این تناقضات قابل توجیه است (۲۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این مطالعه می‌توان گفت که قرارگیری دراز مدت در معرض امواج الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین ممکن است موجب کاهش حساسیت گیرنده‌های کولینرژیک در ایلئوم موش صحرایی شده باشد لیکن پاسخ به این سوال که با چه مکانیزمی چنین پدیده‌ای رخ داده است در تحقیقات آینده مشخص خواهد شد.

سپاسگزاری

این مطالعه حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب بخش زیست‌شناسی دانشکده علوم بوده است که با حمایت مالی دانشگاه شیراز انجام شد.

References

1. Neumann E. Digression on chemical electromagnetic field effects in membrane signal transduction-cooperativity paradigm of the acetylcholine receptor. *Bioelectrochemistry* 2000; 52 (1): 43-9.
2. Aldinucci C, Carretta A, Maiorca SM, Leoncini S, Signorini C, Ciccoli L, Pessina, GP. Effect of 50 Hz electromagnetic fields on rat cortical synaptosomes. *Toxicol Indust Health* 2009; 25 (4-5): 249- 252.
3. Adampourezare M, Bahaodini A. The effect of prolonged exposure to low frequency electromagnetic fields on α1 adrenergic system of isolated clon in rat. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci* 2013;20(6):724-731 [In Persian].
4. Javadifar TS, Bahaoddini A, Ketabi MA, Gholampour F, Mirkhanni H. Effect of prolonged exposure to low-frequency electromagnetic fields on the interaction of nitrergic and cholinergic systems in the isolated rat trachea. *Physiology and Pharmacology* 2011; 15(3): 385-94.
5. Dindar H, Renda N, Barlas M, Akinay A, Yazgan E, Tincer T, et al. The effect of EMF stimulation on corticosteroids-

inhibited intestinal wound healing. *Tokai J Exp Clin Med* 1993; 18(1-2): 49-55.

6. Kaszuba-Zwoinsko J, Gil K, Ziomber A, Zaraska W, pawlicki R, Krolczyk G, Matyja A, Thor PJ . Loss of interstitial cells of Cajal after pulsating electromagnetic field (PEMF) in gastrointestinal tract of the rats. *J Physiol Pharmacol* 2005; 56(3): 421-32.
7. Keklikci U, Akpolat V, Ozekinci S, Unlu K, Celik MS. The effect of extremely low frequency magnetic field on the conjunctiva and goblet cells. *Curr Eye Res* 2008; 33(5): 441-6.
8. Gruchlik A, Wilczok A, Chodurek E, Polechoński W, Wolny D, Dzierzewicz Z. Effects of 300 mT static magnetic field on IL-6 secretion in normal human colon myofibroblasts. Acta Pol Pharm 2012; 69(6): 1320-4.
9. Krantis A, Rana K, Harding RK. The effects of gamma-radiation on intestinal motor activity and faecal pellet expulsion in the guinea pig. Dig Dis Sci 1996; 41(12): 2307-16.
10. Belousova T E, Kargina-Larenteva RA. Adrenergic nerve plexuses of heart and adrenal and myocardial catechol amines of spontaneously hypertensive rats under the influence of electromagnetic irradiation in the millimeter range. *Morfologiia* 1999; 115(1):16-8.
11. Christ A, Samaras T, Klingenbock 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; 51(19): 4951-65.
12. Varani K, Gessi S, Merighi S,Iannotta V, Cattabriga E,Pancaldi C, Cadossi R, Borea PA. Alternation of A(3) adenosine receptors in human neutrophils and low frequency electromagnetic fields. *Biochem Pharmacol* 2003; 66(10): 1897-906
13. Antonini R.A, Benfante R, Gotti C, Moretti M, Kuster N, Schuderer J, Clementi F, Fornasari D. Extremely low-frequency electromagnetic field (ELF-EMF) does not affect the expression of alpha3, α5 and α7 nicotinic receptor subunit genes in SH- SY5Y neuroblastoma cell line. *Toxicol lett* 2006; 164(3): 268- 77
14. Masuda H, de Gannes FP, Haro E, Billaudel B, Ruffie G, Lagroye I, Veyret B. Lack of effect of 50 Hz magnetic field exposure on the binding affinity of serotonin for the 5-HT 1B receptor subtype. *Brain Res* 2011; 1368:44-51.
15. Matsunaga S, Shibata O, Nishioka, K, Tsuda A, Makita T, Somikawa K . Effect of amitriptyline , a tricyclic antidepressant , on smooth muscle reactivity in isolated rat trachea. *J Anesth* 2009; 23(3):385- 91.
16. Kao CH, Chu YH, Wang HW, Effects of Lidocaine on rat's isolated tracheal smooth muscle. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2010; 267(5):817-20.

17.Romanski KW. Does the cholinergic system modulate gastrointestinal slow waves during less active phases of migrating myoelectric complex in healthy rams. *Folia Med Cracov* 2003; 44(1-2):79 91.

18.Adampourezare M, Bahaodini A. Effects of long term exposure to low frequency electromagnetic fields on the cholinergic system in rat colon. *JQUMS* 2014:18(2); 24-29.

19.Krantis A, Rana K, Harding RK. The effects of gamma-radiation on intestinal motor activity and faecal pellet expulsion in the guinea pig. Dig Dis Sci 1996; 41 (12): 2307-16.

20. Kavaliers M, Ossenkopp KP. Calcium channel involvement in magnetic field inhibition of morphine-induced analgesia. Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol 1987; 336(3): 308-15.
21. Huang C, Ye H, Xu J, Li U, Qu A. Effect of extremely low frequency weak magnetic fields on the intracellular free calcium concentration in PC-12 tumor cells. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi* 2000; 17 (1): 63-5.
22. Simko M, Mattsson MO. Extremely Low frequency electromagnetic field as effectors of cellular responses in vitro: possible immune cell activation, *J Cell Biochem* 2004; 93(1) 83-92.

The Effect of Prolonged Exposure to Low-Frequency Electromagnetic Fields on the Cholinergic System in the Small Intestine of Male Rat

Sayyed Esmaeil Khoshnam, M.Sc. [1], Seyedeh Marzieh Jafari, M.Sc. [2], Amin allah Bahaoddini, Ph.D. [3*], Maryam Owjfard, M.Sc. [2]

1. PhD Candidate, Physiology Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
2. Master of Animal Physiology, Biology Department, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Associate Professor, Biology Department, Shiraz University, Shiraz, Iran

* Corresponding author; e-mail: bahaodini@shirazu.ac.ir

(Received: 6 May 2015 Accepted: 15 Oct. 2015)

Abstract

Background & Aims: In the recent years, increasing rate of using electronic devices which generate electromagnetic fields' has caused researchers, attention to the effects of electromagnetic fields on human health. The aim of this study is to investigate the effect of prolonged exposure to extremely low frequency electromagnetic fields (ELF) on the Cholinergic system in the small intestine of rat.

Methods: A total of 21 Adult male rats were divided into three groups: experimental group which were exposed to ELF (50Hz, 1mT) for 75 days, the sham-operated group, which were kept in similar conditions, but with Off solenoid; and the control group, which were kept in normal conditions. The isolated strips of the colon were inserted into organ bath and were linked to power lab A to D system force transducer and their mechanical activity were recorded in response to different doses of acetyl choline. Data were analyzed using one way ANOVA test.

Results: The relaxation of ileum in response to the acetyl choline (10^{-6} M) at different times and after deducting the basic tension showed a significant decrease ($p \leq 0.05$) in the experimental group as compared to the sham and control groups. While, the relaxation of ileum in response to the other dozes of acetyl choline (10^{-5} M) in the experimental group showed no significant difference as compared to sham and control groups.

Conclusion: It can be concluded that prolonged exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields might cause decreasing of the cholinergic receptors sensitivity.

Key words: Electromagnetic Field, Cholinergic System, Small Intestine.

Journal of Kerman University of Medical Sciences, 2016; 23(2): 185-193