



Effects of radiation leakage from microwave oven on the body weight, thyroid hormones and cortisol levels in adult female mice

Gholamali Jelodar*, Saeed Nazifi

1. Department of Physiology, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Department of Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 28 June 2009

Accepted: 3 Feb 2010

Abstract

Introduction: Recent increase of endocrine disorders may be correlated to the increased exposure to electromagnetic fields from various instruments. Radiation leakage from microwave oven may be harmful for users. Ladies have the highest levels of contact with microwave ovens. This study was carried out to evaluate the effect of radiation leakage from microwave oven on body weight, cortisol and thyroid hormones.

Methods: Radiation leakage of microwave oven was measured by RF measuring instrument. For this study, 20 adult two-month-old female mice weighing 25-28 g were randomly divided in control and test groups. Test group was exposed to 2450 MHZ microwaves produced by a microwave oven 3 times a day, 30 minutes each time. After 60 days, body weights of both groups were determined and blood was collected by heart puncture. Cortisol and thyroid levels were evaluated in serum by an RIA method.

Results: radiation leakage from oven showed variation and ranged from 6.5 to 57.5 mW/cm². Mean body weight changes in test and control groups were 0 and 4.54 grams, respectively. Cortisol (23.6 ± 2.24 vs. 13.6 ± 1.47 ng/ml) and T4 (98.4 ± 7.3 vs. 67.0 ± 5.9 nmol/L) levels were significantly increased in the test group compared to the control group, respectively. Level of T3 did not alter significantly.

Conclusion: We found that microwaves leaked from oven decrease body weight and increase T4 and cortisol levels, and therefore have deleterious health effects.

Key words: microwave oven, microwaves, T3, T4, Cortisol.

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

Available online @:www.phypha.ir/ppj

بررسی تاثیر امواج نشتی از اجاق مایکروویو بر وزن بدن، غلظت هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول در موش سوری ماده بالغ

غلامعلی جلودار^{۱*}، سعید نظیفی^۲

۱. بخش فیزیولوژی دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز

۲. بخش کلینیکال پاتولوژی دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز

پذیرش: ۱۴ بهمن ۸۸

دریافت: ۷ تیر ۸۸

چکیده

مقدمه: گسترش اختلالات هورمونی همراه با افزایش روز افزون استفاده از میدان مغناطیسی در وسایل مختلف، امکان مرتبط بودن آنها را مطرح نمود. نشت مداوم امواج که از اجاق های مایکروفر صورت می گیرد ممکن است برای کاربران مخاطره آمیز باشد. بانوان بیشترین تماس را با اجاق مایکروفر دارند، لذا هدف این تحقیق بررسی تاثیر امواج نشتی از اجاق مایکروفر بر غلظت هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول در موش سوری ماده به عنوان یک الگوی حیوانی می باشد.

روش ها: ابتدا میزان نشت امواج از یک دستگاه مایکروفر خانگی با استفاده از دستگاه اندازه گیری RF تعیین شد. سپس ۲۰ سر موش ماده بالغ به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند، گروه آزمایش روزانه سه نوبت و هر بار سی دقیقه به مدت دو ماه در مجاورت دستگاه مایکروفر قرار گرفت. در پایان، همه موشها مجدداً وزن شده و با خون گیری مستقیم از قلب، خون مورد نیاز جهت تعیین سطح هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول سرم تهیه گردید. میزان هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول در سرم با استفاده از روش رادیوایمیونواسی (RIA) تعیین شد.

یافته ها: میزان نشت امواج در فواصل مورد بررسی از ۶/۵ تا ۵۷/۵ (mW/cm²) متغییر بود. میانگین تغییر وزن گروه آزمایش و کنترل در پایان دوره به ترتیب صفر و ۴/۵۴ گرم بود. میانگین غلظت T4 بطور معنی داری (P < ۰/۰۵) در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل افزایش یافت (۵/۹ ± ۶۷/۰ nm/L در مقابل ۷/۳ ± ۹۸/۴) ولی میزان افزایش T3 در گروه آزمایش از نظر آماری (P > ۰/۰۵) معنی دار نبود. غلظت کورتیزول سرم نیز در گروه آزمایش در اثر امواج به طور معنی داری افزایش یافت. (۱/۴۷ ng/ml) ± ۱۳/۶۰ در مقابل ۲/۲۴ ± ۲۳/۰۶ (P < ۰/۰۵).

نتیجه گیری: قرار گرفتن در معرض امواج مایکروویو نشت یافته از اجاق های مایکروفر سبب کاهش وزن بدن و افزایش میزان هورمون T4 و کورتیزول گردید.

واژه های کلیدی: اجاق مایکروویو، امواج مایکروویو، T3, T4، کورتیزول

مقدمه

که انواع مختلف از میدان های الکترومغناطیس را ایجاد می کنند، اثرات بیولوژیک این امواج اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است. امواج مایکروویو بخشی از طیف وسیع امواج الکترومغناطیس می باشند که دامنه فرکانس آنها بین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز و طول موج آنها بین ۱ متر تا ۱ میلیمتر می باشد. این امواج الکترومغناطیس غیر یونیزه کننده

با توجه به گسترش تولید و استفاده از دستگاههای جدیدی

jelodar@shirazu.ac.ir

www.phypha.ir/ppj

* نویسنده مسئول مکاتبات:

وبگاه مجله:

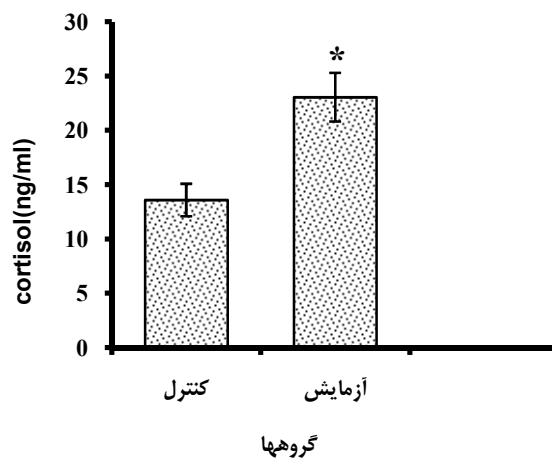
جدول ۱- میزان نشت امواج میکروویو (mw/cm ²) از اجاق میکروفر در سه نقطه مقابل دستگاه						
چگالی توان سمت راست mw/cm ²		چگالی توان وسط mw/cm ²		چگالی توان سمت چپ mw/cm ²		فاصله از اجاق میکروویو (cm)
ارتفاع ۵ سانتیمتری	ارتفاع صفر	ارتفاع ۵ سانتیمتری	ارتفاع صفر	ارتفاع ۵ سانتیمتری	ارتفاع صفر	
۴۰	۱۵	۵۷/۵	۵۵	۲۴	۱۶/۵	۳۰
۳۷/۵	۳۵	۳۰	۳۵	۲۰	۶/۵	۴۰
۳۰	۱۶	۴۵	۲۰	۱۰	۱۸	۵۰

یا الکتریکی داخل سلول سبب اختلال در فعالیت سلول و به طبع آن ارگان یا بافت مربوطه و نهایتاً بروز بیماری می شود (۵). کاهش سرعت تکثیر سلولها در محیط کشت و تغییر ساختار میکروتیوبولهای سلولی در اثر امواج گزارش شده است (۲۱). در مورد اثرات بیولوژیک مایکروویو گزارشات متفاوت و متناقضی وجود دارد (۷)، این تناقضات عمدتاً بدلیل مکانیسم تعامل بین مایکروویو و سیستم بیولوژیک است. وقتی فرکانس امواج الکترومغناطیس از ۱۵ مگاهرتز بیشتر شود بدن انسان بطور معنی داری این امواج را جذب می کند و میزان جذب این امواج در نقاط مختلف بدن متفاوت است. برای امواج بین ۷۰-۱۰۰ مگاهرتز که با امواج تلویزیون و موج FM تداخل دارد بدن انسان مثل یک آنتن عمل می کند و قویاً امواج این طول موج را جذب می کند [۲]. اثرات ترمیمی امواج مایکروویو بر بدن انسان و حیوانات نیز گزارش شده است [۲].

گزارشات متفاوتی در مورد اثرات امواج الکترومغناطیس بر میزان هورمونها وجود دارد. کاهش هورمونهای T3, T4 و TSH در موشهایی که به مدت ۲۰ روز، روزانه ۳۰ دقیقه در معرض امواج الکترومغناطیس با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز قرار گرفته بودند گزارش شده است (۱۰). در حالی که میزان هورمونهای T3, T4 در سگهایی که در معرض امواج با فرکانس ۲۴۵۰ مگا هرتز قرار گرفتند افزایش یافت (۱۵). هورمون ها می توانند به محرکهای مختلف محیطی بسته به نیاز ایمنی بدن پاسخ های تطابقی مناسب ایجاد نمایند. گزارشاتی وجود دارد که نشان می دهد مواجه شدن با امواج الکترومغناطیس بالاتر از یک حد مشخص (آستانه تحریک) میزان هورمون های استروئیدی در موش صحرائی را افزایش می دهند [۱۲] شواهدی نیز وجود دارد که نشان می دهد امواج الکترومغناطیس در یک آستانه تحریک خاص فعالیت نرواندوکراین را تحت تاثیر قرار می دهد

به وسیله مولکول ها جذب می شوند و تغییراتی در انرژی مولکول ایجاد می کنند [۲۲].

شواهد موجود نشان می دهند که امواج مایکروویو بسته به شدت فرکانس، نوع موج و طول مدت مواجه شدن اثرات مختلف بیولوژیکی ایجاد می کنند [۱۹ و ۱۸]. بسیاری از این اثرات عمدتاً به اثرات گرمایی مایکروویو نسبت داده می شود [۸]، ولی گزارشات اخیر نشان دهنده اثرات غیر گرمایی این امواج و ارتباط آن با تغییرات مختلف مولکولی می باشد. با افزایش فرکانس امواج بیشتر اثرات حرارتی آنها ظاهر می شود (۱۷) در حالی که میادین مغناطیسی با فرکانس خیلی پایین از طریق دی پولاریزه کردن غشای سلول سبب تحریک بافت می گردد (۱۶) امواج سبب ایجاد استرس در سلول و صدمات خاص در اجزاء داخلی سلول می گردد و از این طریق فعالیت سلول را مختل می سازد. از آنجا که اکثر فعالیت های فیزیولوژیکی ارگانیسم های زنده به وسیله تغییرات الکتروشیمیایی صورت می گیرد، اختلال در فرایندهای شیمیایی



شکل ۱- مقایسه میزان کورتیزول در دو گروه (n=10). * نشان دهنده تفاوت معنی دار با گروه کنترل می باشد (P < 0/05).

۳۰ سانتی متری (که تا فاصله ۵۰ سانتی متری اجازه حرکت داشتند) از مایکروفر فوق قرار گرفتند. این دستگاه امواج الکترومغناطیس را با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز تولید می کند. دستگاه سه نوبت، هر نوبت به مدت نیم ساعت روشن گردید. درجه دستگاه بر Power = ۱۰ و زمان ۱۰ دقیقه تنظیم شد (این تنظیم معمولاً برای پخت غذاهای گوشتی بکار می رود). به این ترتیب موش های گروه آزمایش کلا یک ساعت و نیم در شبانه روز با امواج مایکروویو مواجه بودند. موشهای گروه کنترل نیز همزمان از اتاق نگهداری خارج و در محیط آزمایشگاه با شرایط مساوی از نظر نور و دما با گروه آزمایش قرار می گرفتند. در پایان دوره آزمایش (۶۰ روز) موش ها ابتدا وزن شده و سپس با اتر بیهوش شده و با خون گیری مستقیم از قلب، خون مورد نیاز جهت تعیین سطح هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول سرم تهیه گردید. سرمها بلافاصله به آزمایشگاه هورمون شناسی منتقل گردید و میزان این هورمونها در سرم با استفاده از روش رادیوایمیونواسی (RIA) و با استفاده از کیت ایمونوتک ساخت شرکت Immunotech-Radiova (ساخت جمهوری چک) تعیین شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها، نتایج بصورت $Mean \pm SD$ ارائه شد و میانگین ها با کمک نرم افزار SPSS و با استفاده از تست t با هم مقایسه گردیدند و $P < 0.05$ به عنوان مرز معنی دار بودن در نظر گرفته شد.

یافته ها

میزان نشت امواج در فواصل مختلف از دستگاه در جداول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول ذکر شده است در اکثر موارد توان امواج خروجی در مقابل دستگاه و در فواصل نزدیک بیشتر از کناره ها و فاصله های دورتر می باشد. همچنین در ارتفاع ۵ سانتیمتری که تقریباً موازی سطح داخلی دستگاه می باشد حضور امواج بیشتر میباشد. تغییرات وزن موشها در دو گروه در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به اطلاعات ذکر شده در این جدول، قرار گرفتن در میداین مغناطیسی سبب شد که تغییرات وزن در این گروه تقریباً صفر گردد. در صورتی که گروه کنترل ۴/۵۴ گرم افزایش وزن نشان داد، تفاوت این دو از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.05$).

هر چند این آستانه بسته به گونه و شرایط محیط متغیر می باشد ولی اثرات بیولوژیک این امواج در آستانه های مورد بررسی مبنایی برای تعیین میزان استاندارد قابل استفاده و بی خطر این امواج شده است.

افزایش فعالیت غده آدرنال در پاسخ به امواج الکترومغناطیس به افزایش درجه حرارت بدن نسبت داده می شود و بنابراین غده آدرنال غده هدف اولیه ای است که تحت تاثیر امواج الکترومغناطیس قرار می گیرد.

با توجه به افزایش اختلالات هورمونی از یک سو گسترش حضور میداین مغناطیسی در زندگی انسان از سوی دیگر، امکان ارتباط آنها مطرح گردید. بانوان هنگام کار در آشپزخانه بیشترین تماس را با مایکروفر دارند، از طرفی با توجه به اینکه در هیچیک از گزارشات ارائه شده اثر امواج ناشی از اجاق مایکروفر آن هم در شرایط معمول و متداول مصارف خانگی بررسی نشده است، در پژوهش حاضر اثر امواج ناشی از اجاق مایکروفر (امواج میکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز) با توجه به الگوی استفاده از این دستگاه در مصارف خانگی در فاصله ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتری، بر غلظت هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول در یک الگوی حیوانی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها:

تعداد ۲۰ سر موش سوری ماده بالغ (حدود دو ماه سن و وزن ۲۵ تا ۲۸ گرم) نژاد BALB/C از مرکز حیوانات دانشکده پزشکی خریداری و پس از انتقال به بخش فیزیولوژی موشها به دو گروه کنترل و آزمایش تقسیم شدند. کلیه موش ها ابتدا به منظور عادت کردن به محیط به مدت یک هفته در شرایط نگهداری جدید قرار گرفته، آب و غذا بصورت آزاد در اختیار آنها بوده و میزان نور اتاق به صورت ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی تنظیم گردید. میزان نشت امواج میکروویو از یک دستگاه مایکروفر (ساخت شرکت LG مدل MS-543XD) در فواصل ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتری که موش ها اجازه حرکت داشتند در حالت درب بسته در ارتفاع صفر و پنج سانتیمتری از سطح میز با استفاده از دستگاه اندازه گیری نشت امواج RF (مدل HI-1600-SURVEY METER) که میزان نشت امواج را در طول موجهای بین ۹۱۵ تا ۲۴۵۰ مگا هرتز اندازه می گیرد) اندازه گرفته شد. موشهای گروه آزمایش به مدت دو ماه در قفس در فاصله

یافته به بیرون در حدود 1 mW/cm^2 می باشد و در حدی نیست که برای مصرف کننده خطر ساز باشد [۶ و ۱]. در حالی که برخی دیگر از گزارشات بر خلاف این موارد می باشد، به عنوان مثال ویلیام و همکاران (۱۹۷۰) میزان نشت امواج مایکروویو از مایکروفر با درب بسته را در فاصله ۵ سانتی متری بین 1 mW/cm^2 تا ۳۰ گزارش نمودند [۲۳]. همچنین اینالوز و همکاران (۱۹۹۷) میزان نشت این امواج را از مایکروفر با درب بسته بر روی موش صحرایی باردار مضر و خطرناک دانستند [۹].

با توجه به جدول ۱ میزان نشت امواج از دستگاه در فواصل مورد بررسی نسبتاً زیاد است و میزان امواج نشتی در اکثر موارد در مقابل و در فواصل نزدیک بیشتر است.

نتایج این تحقیق نشان داد که امواج نشت یافته از اجاق مایکروفر در فاصله ۳۰ تا ۵۰ سانتی متری در حدی است که می تواند بر میزان ترشح هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول و افزایش وزن تاثیر بگذارد. بر اثر مواجه شدن با امواج مایکروویو میزان هورمونهای T4 و کورتیزول به طور معنی داری افزایش یافت. در مورد اثرات پاتولوژیک امواج الکترومغناطیس بر سلول ها فرضیه های مختلفی مطرح می باشد، قبلاً تصور می شد که اثرات گرمایی امواج عامل اصلی بروز صدمات سلولی می باشد ولی مطالعات اخیر نشان می دهد که این امواج سبب ایجاد استرس در سلول و صدمات خاص در اجزاء داخلی سلول می گردد و از این طریق فعالیت سلول را مختل می سازد. از آنجا که بیشتر فعالیت های فیزیولوژیکی ارگانیسم های زنده به وسیله تغییرات الکتروشیمیایی صورت می گیرد، اختلال در فرایندهای شیمیایی یا الکتریکی داخل سلول سبب اختلال در فعالیت سلول و به طبع آن ارگان یا بافت مربوطه و نهایتاً بروز بیماری می شود (۵). گزارشات اندکی در مورد تاثیر امواج بر میزان هورمون های سرم وجود دارد که به مقایسه آنها با نتایج حاصل از این تحقیق خواهیم پرداخت. برخی از گزارشات موجود حاکی از افزایش میزان استروئیدهای پلازما در اثر قرار گرفتن در میدان های مغناطیسی می باشد [۴]. نتایج این تحقیق در مورد افزایش میزان کورتیزول سرم در اثر مواجه شدن با امواج مایکروویو با گزارش لوتز و همکاران (۱۹۷۸، ۱۹۷۹ و ۱۹۸۲) همخوانی دارد [۱۳، ۱۲، ۱۱]، در حالی که سلمائولی و همکاران (۱۹۹۰) تاثیر قرار گرفتن کوتاه مدت (۹ ساعت) در میدان

جدول ۲- تاثیر امواج نشتی از اجاق مایکرو فر بر تغییر وزن موشها (n=10)

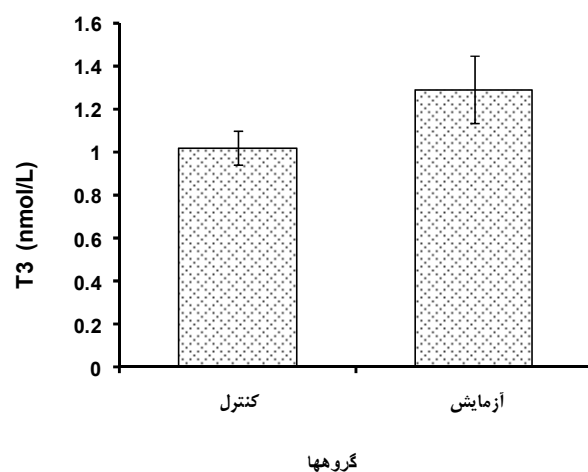
گروهها	میانگین وزن (گرم)		تغییر وزن (گرم)
	قبل از آزمایش	پس از آزمایش	
کنترل	$25/55 \pm 0/94$	$29/01 \pm 0/93$	۴/۵۴
آزمایش	$25/75 \pm 0/97$	$25/8 \pm 0/58$.

تاثیر قرار گرفتن در میدان های مغناطیسی بر میزان هورمونهای تیروئیدی در شکلهای ۱ و ۲ نشان داده شده است، میانگین غلظت T4 بطور معنی داری ($P < 0/05$) در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل افزایش نشان می دهد (nm/l $67/0 \pm 5/9$ در مقابل $7/3 \pm 9/8$) ولی میزان افزایش T3 در گروه آزمایش از نظر آماری ($P > 0/05$) معنی دار نبود (nm/l $1/02 \pm 0/8$ در مقابل $0/19 \pm 1/29$).

میانگین غلظت کورتیزول سرم در شکل ۳ نشان داده شده است. در گروه آزمایش در اثر امواج به طور معنی داری غلظت این هورمون افزایش یافت (ng/ml $1/47 \pm 13/60$ در مقابل $2/24 \pm 23/06$) ($P < 0/05$).

بحث

در زمینه خطرات امواج نشتی از اجاقهای مایکروفر نظرات متناقضی وجود دارد، برخی از گزارشات موجود بیانگر عدم نشت مقادیر خطرناک امواج مایکروویو از درب بسته دستگاه مایکروفر می باشد. در این گزارشات محققین معتقدند انرژی امواج نشت



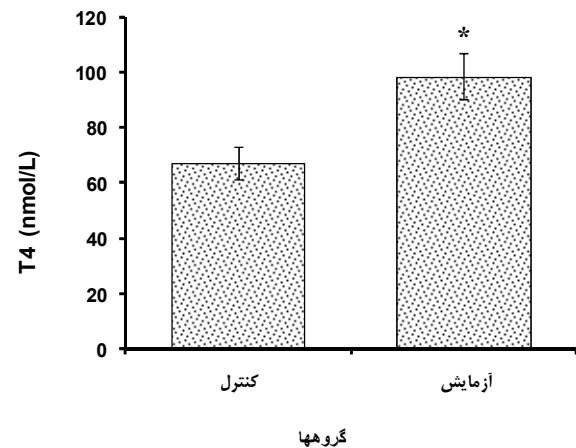
شکل ۲- مقایسه میزان T3 در دو گروه (n= 10)

نمودند. در حالی که با گزارش لو و همکاران (۱۹۸۰) که موش های صحرائی را در معرض امواج با فرکانس ۲۴۵۰ قرار دادند [۱۵] و همچنین با گزارش کویو و همکاران (۲۰۰۵) که موش های صحرائی را در معرض امواج فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز قرار دارند همخوانی ندارد [۱۰]. لوتز و همکاران (۱۹۸۲) تغییری در میزان هورمون تیروئیدی در میمون در اثر میدان های مغناطیسی با فرکانس ۱۲۹ مگاهرتز مشاهده نمودند [۱۳]. کاهش TSH و هورمون های تیروئیدی در اثر میدان های مغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز گزارش شده است [۱۰]. بنظر می رسد همانطور که در مورد هورمون کورتیزول مطرح گردید اثر میداین مغناطیسی بیشتر به صورت اثر مرکزی و از طریق (هیپوفیز یا هیپوتالاموس) در غده تیروئید اعمال گردد.

گزارشات متفاوت در مورد اثرات این میدان های مغناطیسی بر غلظت هورمون های سرم می تواند به دلیل شرایط آزمایش از نظر فرکانس مورد استفاده، فاصله از منبع تولید میدان مغناطیسی و مدت زمان قرار گرفتن در این میداین باشد. با توجه به اطلاعات ذکر شده در جدول ۲ تغییرات وزن طی مدت دو ماه در گروه آزمایش تقریباً صفر میباشد در صورتی که گروه کنترل ۴/۵۴ گرم افزایش وزن نشان داد. علت عدم افزایش وزن در گروه آزمایش را می توان با افزایش میزان هورمونهای تیروئیدی و کورتیزول مرتبط دانست، چون افزایش هورمونهای تیروئیدی سبب افزایش متابولیسم سلولی و ممانعت از افزایش وزن می گردد. و در شرایطی که فرد در محدودیت غذایی باشد می تواند سبب کاهش وزن گردد [۳]. همچنین اثر منفی امواج بر تکثیر سلولی می تواند از دلایل این تفاوت وزن باشد (۲۲). نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر اثرات تحریکی امواج میکروویو ناشی از اجاق های میکروفر بر میزان هورمون T4 و کورتیزول در یک الگوی حیوانی بوده که نهایتاً می تواند موجب کاهش وزن شود. لذا لزوم مراقبت بیشتر هنگام استفاده از اجاق های میکروفر شدیداً پیشنهاد می گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات سرکار خانم سعیده احمدی کارشناس محترم بخش فیزیولوژی و صنایع الکترونیک شیراز جهت همکاری در اندازه گیری امواج ناشی تقدیر و تشکر می گردد.



شکل ۳ - مقایسه میزان تیروکسین (T4) در دو گروه (n= 10). * نشان دهنده تفاوت معنی دار با گروه کنترل می باشد (P < ۰/۰۵).

مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز را بر هورمون های تیروئیدی و کورتیکوئیدی مردان از نظر آماری معنی داری ندانستند [۲۰]. لوتز و همکاران (۱۹۸۲) نیز افزایش کورتیزول را در میمون در اثر مواجه شدن با امواج با فرکانس ۱۲۹ مگاهرتز گزارش نمود [۱۳]. افزایش میزان کورتیزول تحت اثر امواج الکترومغناطیسی می تواند دلیل ایجاد شرایط استرس و تحریک هیپوفیز به ترشح مقادیر بیشتر ACTH و بدنبال آن افزایش کورتیزول و یا دلیل تحریک مستقیم میدان مغناطیسی بر غده آدرنال و افزایش فعالیت ترشحی آن باشد. با توجه به اینکه مواجه شدن موش های صحرائی هیپوفیزاکتومی شده با میدان های مغناطیسی تغییری در میزان کورتیزول سرم آنها نسبت به کنترل ایجاد نمود [۱۱] لذا پیشنهاد شد که افزایش ترشح غده آدرنال بدلیل اثر مستقیم میداین مغناطیسی بر غده نباشد [۴]. یکی دیگر از علل افزایش این هورمون می تواند دی پولاریزه کردن غشای سلول غده و تحریک سلولهای باقت تحت تاثیر میداین مغناطیسی با فرکانس خیلی پایین باشد (۱۶). هر چند هورمون T3 افزایش نسبی را در مقایسه با گروه کنترل نشان داد ولی تغییر آن از نظر آماری معنی دار نبود. افزایش هورمون T4 در شرایط مورد آزمایش می تواند بدلیل تاثیر امواج بر هیپوفیز و یا تاثیر مستقیم امواج بر غده تیروئید باشد. نتایج تحقیق حاضر، با گزارش ماچین و همکاران (۱۹۹۷) در مورد تغییرات هورمون T4 همخوانی دارد [۱۳]. این محققین نیز نتایج مشابهی را در سگهایی که به مدت ۲ ساعت در معرض امواج با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز قرار گرفته بودند گزارش

References

- [1] Alhekaik ZO, *Electromagnetic radiation from microwave ovens. J.Radiol Prot* 21(2001) 251-258.
- [2] Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S, Bioeffects of microwave-a brief review. *Bioresorce Technology* 87(2003) 155-159.
- [3] Berne R M, Levy MN. *Physiology: Thyroid gland* 5th ed. Mosby (2004), p. 870-875.
- [4] Black RD, Heynick, L N, Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions. *Bioelectromagnetics Supplement* 6 (2003) 187-195.
- [5] Blank M, Goodman R A biolo gical guide for electromagnetic safety, the stress response. *Bioelectromagnetics* 25(2004) 642-646.
- [6] Delaney A, Reliability of modern microwave ovens to safely heat intravenous fluids for resuscitation. *Emerg Med* (Fremantle) 13(2001)181-185.
- [7] Elwood JM. Epidemiological studies of radio frequency exposures and human cancer. *Bioelectromagnetics Suppl* 6(2003) 63-73.
- [8] Gandhi OP (Ed.) IEEE Engineering in Medicine and Biology, 6(1987) 1.
- [9] Inaloz SS, Dasdag S, Veciz A, Acceptable radiation leakage of microwave ovens on pregnant and newborn rat brains. *Clin Exp Obstet Gynecol* 24 (1997)215-219.
- [10] Koyu A, Cesur G, Ozguner F, Akdogan M, Mollaoglu H and Ozen, S. Effect of 900 MHz electromagnetic field on TSH and thyroid hormones in rats. *Toxicology letter* 157(2005) 257-262.
- [11] Lotz WG, Michaelson SM. Effects of hypophysectomy and dexamethasone on rat adrenal response to microwaves. *J Appl Physiol* 47(1979) 1284-1288.
- [12] Lotz WG . Michaelson SM. Temperature and corticosterone relationships in microwave-exposed rats *J Appl Physiol* 44 (1978) 438-445.
- [13] Lotz WG. Podgorski RP. Temperature and adrenocortical response in rhesus monkey exposed to microwaves. *J Appl Physiol* 53(1982)1565-1571.
- [14] Lu ST, Lebda N, Pettit S, Michaelson SM. Delineating acute neuroendocrine responses in microwave-exposed rats. *J Appl Physiol* 48(1980) 927-932.
- [15] Magin RL, Lu S, Michaelson SM. Stimulation of dog thyroid by local application of high intensity microwaves. *Am J Physiol* 233 (1977) 363-368.
- [16] Mark SC. Membrane potential perturbations induced in tissue cells by pulsed electric fields. *Bioelectromagnetics* 16(1995) 255-62.
- [17] Polk C, Postow E. *Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields* 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 1996.
- [18] Rai S, Singh U P, Mishra ,G D, Singh SP, Additional evidence of stable EMF-induced changes in water revealed by fungal spore germination. *Electro Magnetobiol* 13(1994) 253-255.
- [19] Rai S, Singh U P, Mishra G D, Singh SP, Effect of water's microwaves power density memory on fungal spore germination. *Electro Magn etobiol* 13(1994)247-252.
- [20] Selmaoui B, Lambrozo J, Touitou Y. Endocrine functions in young men exposed for one night to a 50-Hz magnetic field. A circadian study of pituitary, thyroid and adrenocortical hormones. *Life Sci* 61(1997) 473-486.
- [21] Trosic I, Pavicic I, Disturbance of cell proliferation in response to mobile phone frequency radiation. *Arh Hig Rada Toksikol* 60 (2009) 109-115.
- [22] Verschaeve L, Maes A, Genetic carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields. *Mutation Res* 410 (1998)141-165.
- [23] William H, Oates Jr, David D, Microwave oven survey in Arkansas durin g 1970 . *AJPH* 63(1973) 193-8 .