

Investigating the Effect of Magnetic Field on Cortisol, Blood Sugar, Triiodothyronine and Thyroxin Hormones in Rat

Naghi Jabbari Vesal (PhD)¹, Nima Rostampour (PhD)², Roghaie Abbasali Pourkabir (PhD)³, Safoora Nikzad (PhD)^{1,*}

¹ Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

² Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

³ Department Of Biochemistry, Faculty of Medicine, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

* **Corresponding Author:** Safoora Nikzad, Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: s.nikzad@umsha.ac.ir

Abstract

Received: 04/10/2017

Accepted: 08/04/2018

How to Cite this Article:

Jabbari Vesal N, Rostampour N, Abbasali Pourkabir R, Nikzad S. Investigating the Effect of Magnetic Field on Cortisol, Blood Sugar, Triiodothyronine and Thyroxin Hormones in Rat. *Pajouhan Scientific Journal*. 2018; 16(3): 67-74. DOI: 10.18869/acadpub.psj.16.3.67

Background and Objective: The widespread use of electromagnetic waves in human life has required the scientific research in the effects of these waves on the health of living beings. Due to the widespread use of these waves and the contradictory results in various researches, more comprehensive investigations are needed in this field. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of 100 μ T magnetic fields on blood sample parameters such as: Cortisol, Blood Sugar, Triiodothyronine, and Thyroxin hormones in rat.

Materials and Methods: The study was conducted on 24 male rats (7-8 weeks old). The animals were randomly divided into two equal groups: experimental group and control group. The experimental group was exposed in a 100 micro-Tesla magnetic field, and control group was exposed in the quasi field in the same conditions. At the end of the experiment, all rats were scarified, and blood samples were drawn.

Results: Statistical analysis indicated that there were significant differences between both experimental and control groups on Cortisol (P<0.001), Blood Sugar (P<0.001) and Triiodothyronine (P <0.026). There was no significant effect on Thyroxin.

Conclusion: The results of this study indicated significant decreases in the level of Cortisol and blood glucose and an increase in the level of Triiodothyronine hormones due to the magnetic fields. Since Cortisol is a hormone that can affect blood pressure and blood sugar, these variations can effect on human health.

Keywords: Blood Sugar; Cortisol; Magnetic Field; Thyroxin; Triiodothyronine

بررسی اثر میدان مغناطیسی بر کورتیزول، قند خون، هورمون‌های تری یدوتیرونین و تیروکسین موش صحرائی

نقی جباری وصال^۱، نیما رستم پور^۲، رقیه عباسعلی پور کبیر^۳، صفورا نیکزاد^{۱*}

^۱ گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

^۲ گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

^۳ گروه بیوشیمی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* نویسنده مسئول: صفورا نیکزاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

ایمیل: s.nikzad@umsha.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: استفاده وسیع از امواج الکترومغناطیس در زندگی بشر، اهمیت تحقیقات علمی در رابطه با اثرات این امواج بر سلامت موجودات زنده را ضروری نموده است. به علت گسترگی دامنه استفاده از این امواج و نتایج ضد و نقیض ارائه شده در مطالعات مختلف، نیاز به بررسی‌های جامع‌تر در این زمینه ضروری است. هدف از این مطالعه بررسی اثر میدان مغناطیسی $100 \mu T$ بر پارامترهای خونی از جمله کورتیزول، قند خون، هورمون‌های تری یدوتیرونین و تیروکسین موش صحرائی بود.

مواد و روش‌ها: مطالعه بر روی ۲۴ موش صحرائی نر (با سن ۸-۷ هفته) انجام شد. حیوانات به صورت تصادفی در دو گروه مساوی آزمون و شاهد تقسیم‌بندی شدند. گروه آزمون با میدان مغناطیسی ۱۰۰ میکروتسلا مورد تابش قرار گرفتند در حالیکه گروه شاهد در میدان بدون تابش ولی با شرایط مشابه قرار گرفتند. در پایان آزمون نمونه‌های خونی موش‌ها جمع‌آوری شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد که اختلاف معناداری در مقدار کورتیزول ($P < 0/001$)، مقدار قند خون ($P < 0/001$) و هورمون تری یدوتیرونین ($P < 0/026$) بین دو گروه آزمون و شاهد وجود داشت در حالیکه اثر معناداری بر روی میزان هورمون تیروکسین مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه دلالت بر کاهش سطح کورتیزول و قند خون و افزایش هورمون یدوتیرونین ناشی از اعمال میدان مغناطیسی داشت. با توجه به اینکه کورتیزول هورمونی است که می‌تواند بر فشار و قند خون اثر گذارد، این میدان‌ها می‌توانند بر سلامتی اثرگذار باشند.

واژگان کلیدی: تیروکسین؛ تری یدوتیرونین؛ قند خون؛ کورتیزول؛ میدان مغناطیسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

مقدمه

با گسترش روزافزون استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، شدت امواج الکترومغناطیسی در محیط اطراف زندگی بشر به سرعت افزایش یافته و بحث درباره اثرات مضر احتمالی این امواج را برانگیخته است. کارکنان مجتمع‌های صنعتی به طور دائم تحت تابش میدان‌های مغناطیسی کم-فرکانس حاصل از سیستم‌های الکتریکی و دستگاه‌های الکترونیکی مختلف می‌باشند. همچنین میدان‌های مغناطیسی در علوم مختلف پزشکی کاربردهای فراوانی دارند. از جمله این کاربردها می‌توان به ابزارهای تشخیصی MRI، مگنتوناسفالوگرافی، مگنتوکاردیوگرافی و برخی روش‌های

درمانی دیگر اشاره کرد [۱، ۲]. درمورد اثرات و عوارض جانبی میدان‌های مغناطیسی روی موجودات زنده گزارش‌هایی منتشر شده است که عموماً دلالت بر این دارد که میدان‌های مغناطیسی قدرت نفوذ بیشتری در بافت‌های زنده دارند؛ به طوری که میدان‌های مغناطیسی ناشی از موبایل و هندزفری به راحتی در همه ارگان‌های بدن وارد شده و اثراتی ایجاد می‌کنند [۳]. برخی از این اثرات عبارتند از اثر بر فعالیت آنزیم‌ها [۴]، غدد درون ریز و متابولیسم [۵]، هدایت عصبی [۶]، سیکل رشد و اثرات جنینی [۷]، سیستم ایمنی [۸] که در مطالعات مختلف بررسی شده‌اند. بر هم

دقیق و کاملی در این زمینه به دست نیامده است که این می‌تولد ناشی از گستردگی پهنای فرکانس، ویژگی‌های متعدد و احتمالاً اثرات ضعیف که در کوتاه مدت قابل نتیجه‌گیری نیستند ولی در طولانی مدت اثرات قابل توجه ایجاد می‌کنند، بنابراین علیرغم تعداد زیاد گزارشات در مورد اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر بدن موجودات زنده، نیاز به بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه بررسی اثر میدان مغناطیسی $100 \mu T$ ، که بیشینه میدان تولیدی توسط دستگاه تولیدکننده میدان مغناطیسی موجود در حیطه پزشکی بود، بر سطح کورتیزول، قند خون و هورمون‌های تری‌یدوتیروزین (T_3) (Triiodothyronine) و تیروکسین (Thyroxin) (T_4) موش صحرایی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه حیوانات

در این مطالعه ۲۴ موش صحرایی نر هم نژاد، با سن حدود ۸-۷ هفته و وزن ۲۵۰-۲۰۰ گرم، از مرکز پرورش حیوانات آزمایشگاهی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان، در فصل بهار تهیه و به صورت تصادفی به دو گروه مساوی آزمون و شاهد تقسیم شدند. در هر دو گروه موش‌ها با وزن تقریبی یکسان در یک قفس قرار داده شده و در شرایط فیزیکی، غذایی و محیطی (۱۲ ساعت شب و ۱۲ ساعت روز) یکسان به مدت ده روز برای تطبیق با محیط قرار داده شدند و سپس تحت آزمون قرار گرفتند.

میدان مغناطیسی و تابش دهی

میدان مغناطیسی مورد آزمون از یک لوله PVC بلند به طول ۲ متر و قطر داخلی به شعاع ۶۰ سانتی‌متر و قطر خارجی به شعاع ۶۰/۵ سانتی‌متر تشکیل شده و یک سیم مسی در محیط خارجی لوله PVC پیچیده شد. با استفاده از برق شهر و با استفاده از یک ترانس متغیر، اعمال جریان به سولنوئید شاهد شد (شکل ۱).

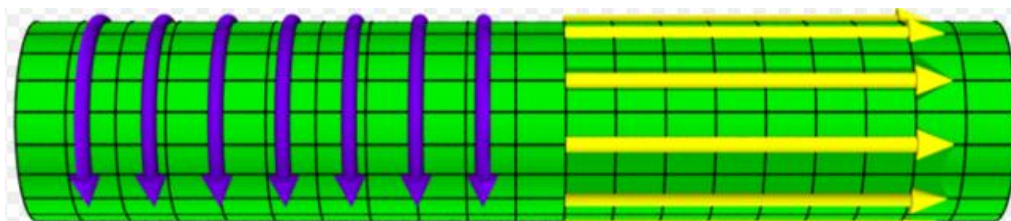
برای اعمال میدان مغناطیسی یکنواخت موش‌ها در مرکز لوله PVC قرار داده شدند. گروه آزمون از روز دهم تا بیستم به مدت ۱۰ ساعت در روز در میدان مغناطیسی ۱۰۰ میلی‌تسلا و گروه شاهد نیز در میدان نما قرار گرفتند. از روز بیستم تا روز سی‌ام آزمون، هر دو گروه بدون برقراری میدان تحت نظر

کنش میدان‌های الکترومغناطیسی با سیستم‌های زنده موضوع مطالعات بسیاری در سطح دنیا بوده است. همچنین مطالعات اپیدمیولوژیک فراوانی ارتباط میان تابش با امواج الکترومغناطیسی با فرکانس پایین و برخی از انواع سرطان‌ها را بررسی کرده‌اند [۹]. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان داد، آلودگی‌های الکترومغناطیسی سبب اختلال متابولیسم بدن، سردرد، اضطراب مشکلات خواب، تومورهای مغزی، افسردگی، ناباروری، کاهش حافظه، تضعیف سیستم ایمنی بدن، افزایش فشار خون، اختلال عملکرد غده تیروئید و... می‌شود. همچنین برخی تحقیقات نشان داده است که قرارگیری موبایل در فاصله ۱۰ سانتی‌متری قلب سبب بی‌نظمی ریتم قلبی می‌شود [۱۱-۳]. از دیگر یافته‌های اصلی این مطالعات می‌توان به تغییرات بارز در جریان یون‌های آهن در غشای سلول‌ها در پاسخ به میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس پایین (مانند برق شهر) و همچنین تأثیر میدان‌های مغناطیسی حاصل بر تولید ملاتونین و فعالیت آنزیم‌های مختلف اشاره نمود [۱۳-۱۱].

در برخی مقالات منتشر شده مشاهداتی مبنی بر تأثیر میدان‌های ثابت و متناوب مغناطیسی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک موش‌های آزمایشگاهی گزارش شده است. این مطالعات اختلالات قابل توجه در متابولیسم کربوهیدرات، لیپید و پروتئین که تحت تأثیر میزان گلوکز خون، گلیکولیز و گلیکوزنولیز هستند، را گزارش نموده‌اند [۱۹-۱۴].

کورتیزول یکی از هورمون‌های مهم بدن است که از غده فوق کلیوی ترشح می‌شود و در مواقعی که بدن تحت تأثیر استرس باشد، میزان آن تغییر می‌کند. کورتیزول باعث بالارفتن فشار خون و قند خون می‌شود و تأثیر بازدارنده ایمنی بر بدن دارد (جلوگیری از تشکیل پادتن‌ها و حضور آنتی‌ژن) و در نتیجه هنگامی که مقدار زیادی از آن در طول زمان ایجاد شود، عملکرد سیستم دفاعی پایین می‌آید و احتمالاً منجر به ایجاد بیماری در بدن می‌شود [۱۴]. با توجه به اینکه میدان مغناطیسی یک عامل خارجی است و بدن در مقابل عوامل خارجی مقاومت می‌کند، این فرضیه وجود دارد که امواج مغناطیسی می‌توانند باعث ایجاد استرس شده و بر سطح ترشح کورتیزول اثر بگذارند.

علیرغم مطالعات وسیع انجام شده بر روی میزان تأثیر تابش‌های غیر یونیزان و از جمله میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی بر ارگان‌های موجودات زنده، هنوز جمع‌بندی



شکل ۱: نحوه پیچیدن سیم پیچ و جهت ایجاد میدان مغناطیسی در یک لوله سیم پیچ شده

داده‌ها برای هر دو گروه آزمون (گروه ۱) و گروه شاهد (گروه ۲) از آزمون Nonparametric Tests SPSS و با انتخاب One-Sample Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. سپس با استفاده از آزمون Independent T-Test آنالیز آماری بین دو گروه آزمون و شاهد برای سایر فاکتورهای اندازه‌گیری شده انجام شد.

یافته‌ها

بعد از جمع‌آوری داده‌ها از گروه شاهد و آزمون، جهت تحلیل نتایج، ابتدا نرمال بودن نتایج برای هر دو گروه آزمون (گروه ۱) و گروه شاهد (گروه ۲) با جداسازی گروه‌ها و با استفاده از آزمون Nonparametric Tests SPSS و با انتخاب One-Sample Kolmogorov-Smirnov بررسی شد (جدول‌های ۱ و ۲).

نتایج حاصل از این جدول‌ها نشان می‌دهد Asymp.Sig (2 tailed) همگی بزرگتر از ۰/۰۵ است که بیان‌گر نرمال بودن گروه‌های ۱ و ۲ می‌باشند.

سپس با استفاده از آزمون Independent T-Test آنالیز آماری بین دو گروه آزمون و شاهد برای سنجش فاکتورهای متغیر از جمله میزان کورتیزول، قند خون، T3 و T4 صورت گرفت که نتایج حاصل از این آنالیز در جدول ۳ نشان داده شده است.

از اثرات مختلف میدان مغناطیسی روی هر دو گروه را می‌توان در تغییرات کورتیزول با مقدار میانگین $1/318 \mu\text{l/dL} \pm 4/375$ برای گروه آزمون و مقدار میانگین $1/622 \mu\text{l/dL} \pm 8/400$ برای گروه شاهد مشاهده شد (جدول ۲ و ۳) که براساس آزمون آماری این اختلاف معنادار بود ($P < 0/05$).

نتایج حاصل از مقایسه میزان قندخون نشان می‌دهد، مقدار میانگین BS برای گروه آزمون برابر با $35/778 \text{ mg/dL} \pm$ و $105/583$ و برای گروه شاهد $82/652 \text{ mg/dL} \pm 193/417$

قرار گرفتند. از روز سی‌ام تا روز چهل و پنجم دوباره میدان و میدان نما به ترتیب برای گروه‌های آزمون و شاهد برقرار شد. در روز چهل و پنجم (پایان آزمون) همه موش‌ها وزن شده و از هر کدام به روشی که در ادامه توضیح داده می‌شود، نمونه خون گرفته شد.

تهیه نمونه‌ها و پارامترهای خونی

وزن موش‌های هر دو گروه در روز اول و روز دهم با ترازوی آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. روز یازدهم قبل از شروع آزمون، به روش بیهوش نمودن یک نمونه خون از قلب موش‌ها (هر دو گروه) با سرنگ G ۲۶ گرفته شده و در دو لوله آزمایشگاهی جمع‌آوری شد. قبل از خون‌گیری موش‌ها در داخل یک محفظه که داخل آن کتامین بود، قرار داده شدند تا کمی بیهوش شوند و سپس خون‌گیری از قلب حیوانات گروه آزمون و گروه شاهد انجام شد. یک لوله برای خون کامل (اندازه‌گیری قند خون با گلوکومتر) و یک لوله برای تهیه سرم (اندازه‌گیری هورمون T3/T4 و کورتیزول) در نظر گرفته شد. سرم نمونه‌ها تهیه و فریز گردید. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری قندخون به صورت جداگانه و بلافاصله پس از خون‌گیری انجام شد و در این مورد نیازی به فریز کردن نبود (فریز نمودن میزان قند خون را کاهش می‌دهد).

قندخون کامل نمونه‌ها توسط گلوکومتر اندازه‌گیری شد. با توجه به تأثیر هورمون کورتیزول و هورمون‌های تیروئیدی بر میزان قندخون و متابولیسم پایه، از نمونه‌های سرم قبل و بعد از آزمون (روز صفر و روز ۴۵ ام) برای تعیین کورتیزول و T3/T4 استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS (version 16.0) انجام شد. برای تحلیل

جدول ۱: نتایج حاصل از تست Kolmogorov-Smirnov برای ارزیابی نرمال بودن گروه آزمون

قند خون	T4	T3	کورتیزول	N
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	
پارامترهای نرمال الف				
۱/۰۵۵۸ E ۲	۳/۸۵۰۰	۰/۹۳۵۸	۴/۳۷۵۰	میانگین
۳/۵۷۷۸E1	۱/۵۰۲۴۲	۰/۱۲۷۲۴	۱/۳۱۷۸۰	استاندارد یویشن
بیشترین حد تغییرات				
۰/۱۷۱	۰/۲۹۴	۰/۱۴۰	۰/۱۳۷	مطلق
- ۰/۱۷۱	- ۰/۱۶۷	- ۰/۱۴۰	- ۰/۱۱۲	مثبت
- ۰/۱۰۱	- ۰/۲۹۴	۰/۰۹۶	- ۰/۱۳۷	منفی
۰/۵۹۱	۱/۰۱۷	۰/۴۸۶	۰/۴۷۴	Kolmogorov-Smirnov Z
۰/۸۷۶	۰/۲۵۲	۰/۹۷۲	۰/۹۷۸	Asymp. S.(2-tailed)

الف. Test distribution is Normal.

ب. گروه = ۱/۰۰

جدول ۲: نتایج حاصل از تست Kolmogorov-Smirov برای ارزیابی نرمال بودن گروه شاهد

قند خون	T4	T3	کورتیزول	N
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	
۱/۹۳۴۲ E۲	۳/۵۸۷۵	۰/۸۲۴۲	۸/۴۰۰۰	پارامترهای نرمال الف
۱/۲۶۵۲E1	۱/۳۴۱۶۶	۰/۰۹۹۷۷	۰/۶۲۳۳۱	میانگین
				استاندارد بوییشن
				بیشترین حد تغییرات
۰/۱۶۴	۰/۲۲۰	۰/۱۷۹	۰/۱۲۴	مطلق
-۰/۱۶۴	-۰/۱۳۰	۰/۱۷۹	-۰/۱۲۴	مثبت
-۰/۱۱۵	-۰/۲۲۰	-۰/۱۴۶	-۰/۰۹۴	منفی
۰/۵۶۷	۰/۷۶۱	۰/۶۲۰	۰/۴۲۹	Kolmogorov-Smirnov Z
۰/۹۰۵	۰/۶۰۹	۰/۸۳۶	۰/۹۹۳	Asymp. S.(2-tailed)

الف. Test distribution is Normal.

ب. گروه = ۲/۰۰

جدول ۳: نتایج آماری برای گروه آزمون و گروه شاهد برای سنجش فاکتورهای متغیر از جمله میزان کورتیزول، قند خون، T3 و T4

Levene's Test					
برای بررسی کیفیت واریانس ها					
Siq. (2-tailed)	df	t	Siq.	F	
					کورتیزول
۰/۰۰۰	۲۲	-۹/۵۶۷	۰/۰۱۲	۷/۵۶۷	فرض برابر بودن واریانس ها
۰/۰۰۰	۱۵/۶۷۴	-۹/۵۶۷			فرض نابرابر بودن واریانس ها
					T3
۰/۰۲۶	۲۲	۲/۳۹۲	۰/۴۴۷	۰/۵۲۳	فرض برابر بودن واریانس ها
۰/۰۲۶	۲۰/۸۱۶	۲/۳۹۲			فرض نابرابر بودن واریانس ها
					T4
۰/۶۵۶	۲۲	۰/۴۵۱	۰/۸۰۲	۰/۰۶۴	فرض برابر بودن واریانس ها
۰/۶۵۶	۲۱/۷۲۴	۰/۴۵۱			فرض نابرابر بودن واریانس ها
					قند خون
۰/۰۰۰	۲۲	-۸/۰۱۸	۰/۰۰۹	۸/۳۳۶	فرض برابر بودن واریانس ها
۰/۰۰۰	۱۳/۷۰۹	-۸/۰۱۸			فرض نابرابر بودن واریانس ها

است. ماهیت فیزیکی میدان های الکتریکی براساس قانون کولن و اثرگذاری بر بارهای ساکن بوده و ماهیت میدان های مغناطیسی براساس قانون لورنتز و عمل بر بارهای متحرک می باشد. براساس ماهیت الکتریکی و حضور بارهای متحرک به عنوان انتقال دهنده های سیگنال های عصبی، میدان های مغناطیسی می توانند بر این سیگنال ها اثر بگذارند؛ بنابراین انتظار می رود از لحاظ فیزیکی بیشترین تأثیر میدان های مغناطیسی از طریق اختلال در پالس های عصبی و اثر بر سیستم های وابسته به این سیگنال ها بر سایر قسمت های بدن نمایان شود [۱۵].

کورتیزول یکی از هورمون های مهم بدن است که از غدد فوق کلیه ترشح شده و در مواقع ترس و استرس میزان ترشح آن تغییر کرده و بنابراین از جمله هورمون های وابسته به پالس های عصبی است. همچنین این هورمون بر فعالیت بسیاری از ارگان های اساسی بدن تأثیر گذار است. عملکرد اصلی آن

می باشد که براساس روش آماری T-Test و استفاده از برنامه SPSS نشان دهنده اختلاف معناداری برای دو گروه شاهد و آزمون بود ($P < ۰/۰۰۵$).

همچنین یک اختلاف معناداری در T3 با مقدار میانگین و $۰/۱۲۷ \pm ۰/۹۹ \text{ ng/dL}$ و مقدار میانگین $۰/۸۲۴ \pm ۰/۰۹۹ \text{ ng/dL}$ به ترتیب برای گروه آزمون و شاهد با اختلاف معناداری مشاهده گردید ($P < ۰/۰۲۶$) اما تفاوت معناداری در فاکتور T4 با مقدار میانگین و $۳/۸۵۰ \pm ۱/۵۰۲ \text{ } \mu\text{l/d}$ برای گروه آزمون و مقدار میانگین $۳/۵۸۷ \pm ۱/۳۴۲ \text{ } \mu\text{l/dL}$ به ترتیب برای گروه آزمون و شاهد مشاهده نشد ($P < ۰/۰۶$).

بحث

بحث در رابطه با تأثیر یا عدم اثرگذاری میدان های الکترومغناطیسی با شدت های مختلف بر موجودات زنده و به ویژه انسان، یکی از موضوعات چالش برانگیز در دنیای علم امروز

یا اثر بر هیپوفیز را علت اصلی افزایش کورتیزول دانسته اند [۱۶]. تفسیر روشن در این مورد مشکل است ولی می‌توان گفت واکنش به محرک به عوامل بسیار زیادی از جمله پارامترهای میدان، فرکانس، القاء، قطبش، تابش، شکل پالس، زمان تابش‌دهی و شرایط فیزیکی و فیزیولوژیکی بدن در زمان تابش وابسته است. با توجه به اینکه ثابت نگه داشتن عوامل مداخله‌گر در بررسی هریک از این پارامترها امکانپذیر نمی‌باشد، در مطالعات مختلف بر اساس شرایط انجام مطالعه، نتایج به دست آمده متغیر می‌باشد. هرچند مجموع مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، میدان‌های مغناطیسی اثری همچون اعمال استرس بر بدن داشته و می‌تواند سطح کورتیزول را بر اساس این وابستگی تغییر دهد [۱۵].

نتایج حاصل از مطالعات گوناگون بر تغییرات سطح T3 و T4 نیز متفاوت بوده است. هرچند نتایج مطالعه حاضر دلالت بر افزایش سطح T3 و عدم تغییر معنادار در T4 می‌باشد، نتایج حاصل از مطالعه Koyu و همکاران [۲۴] Safa [۲۵] و برخی دیگر مطالعات کاهش سطح این هورمون‌ها بعد از اعمال میدان مغناطیسی را گزارش کردند. در حالیکه مطالعه Magin [۲۶] افزایش مقدار T3 و T4 در اثر اعمال میدان مغناطیسی در سگ‌ها را نشان داده است که با نتایج مطالعه حاضر در تطابق است اما مطالعه Lotz [۲۷] هیچ تغییر معناداری در سطح این هورمون‌ها ناشی از اعمال میدان مغناطیسی را نشان نمی‌دهد. وجود این نتایج متناقض توضیح دقیق و جمع‌بندی مناسبی در این زمینه را دشوار می‌سازد. در برخی مطالعات علت بروز تغییرات در سطح تیروئید را ناشی از اثر شار مغناطیسی در هیپوتالاموس و هیپوفیز دانسته که موجب ایجاد استرس، اثر بر کورتیزول شده و ترتیب و توالی تیروئید را تغییر داده و بر تبدیل T4 به T3 اثر می‌گذارد. برخی اثر میدان مغناطیسی بر سطح T3 و T4 را ناشی از گرم شدن بافت‌ها بیان کرده اند که می‌تواند ناشی از پاسخ‌های بدن به استرس اعمال شده در اثر میدان مغناطیسی باشد که بر جذب ید در تیروئید اثر منفی می‌گذارد [۲۴]. همچنین برخی پاسخ هورمون به میدان را چنین بیان کرده‌اند که در اثر اعمال میدان، گلوکوکورتیکوئیدها دفع می‌گردند و مانع تبدیل T4 به T3 می‌شوند و بنابراین نظم سطح این دو هورمون را بهم می‌زنند. البته عامل مدت زمان تابش‌دهی نیز فاکتور مؤثر دیگری است که بر سطح هورمون‌ها اثر می‌گذارد [۲۸]. بررسی‌های میکروسکپیک و هیستولوژیک بافت تیروئید نشان می‌دهد، در اثر اعمال میدان‌های مغناطیسی تغییراتی در ساختار بافت و سلول‌های تیروئید حاصل می‌شود و دیواره فولیکول‌ها تحریک و در برخی مواقع دیواره برخی گسیخته می‌شود [۲۹].

هرچند نتایج حاصل از این مطالعه تأثیر معناداری بر سطح قندخون را نشان نداد اما دیگر مطالعات انجام شده در رابطه با

تأثیر بر دستگاه ژنتیک سلولی بوده و علاوه بر آن نقش مهمی در حفظ هوموستاز در ارگان‌ها، اقدامات ایمنی، ضد التهابی، ضد آلرژیک، مهار هورمون‌های استروژن و پروژسترون، عملکرد آب و سدیم و همچنین تنظیم فشار خون دارد [۱۶]؛ بنابراین بررسی میزان تأثیر عوامل خارجی از جمله میدان‌های مغناطیسی بر آن دارای اهمیت است. بررسی نتایج حاصل از مطالعات مختلف گاهی نشان دهنده نتایج ضد و نقیض در این زمینه است که لزوم بررسی و انجام مطالعات بیشتر با توجه به اهمیت موضوع را ضروری می‌سازد.

در این مطالعه میدان مغناطیسی با شدت $100 \mu T$ با فرکانس برق شهر بر روی موش‌های صحرایی اعمال گردید و اثر آن بر روی میزان کورتیزول، قند خون، T3 و T4 حاصل از نمونه خونی جمع‌آوری شده از گروه شاهد و تحت تابش بررسی گردید. نتایج حاصل از آن نشان داد که اعمال میدان مغناطیسی باعث ایجاد تغییرات معناداری در میزان کورتیزول، قند خون و T3 می‌گردد اما اثر قابل ملاحظه‌ای روی T4 ندارد (شکل ۲). نتایج حاصل دلالت بر کاهش معنادار میزان کورتیزول و قند خون داشته در حالیکه میزان هورمون‌های T3 و T4 افزایش یافته است هرچند این افزایش در T4 معنادار نبوده است.

بررسی سایر مطالعات در رابطه با تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر سطح کورتیزول نتایج ضد و نقیضی در این زمینه را نشان می‌دهد. شهبازی و همکاران در ۲۰۱۳ میلادی نشان دادند که میدان مغناطیسی حاصل از دستگاه‌های تصویر برداری MR روی مقدار کورتیزول و گلوکز موش‌ها تأثیر دارد و باعث کاهش مقادیر آنها در مقایسه با گروه شاهد می‌شود [۱۴]. همچنین مطالعات انجام گرفته توسط Bonhomes [۱۷] و Reiter [۱۸] به نتایج مشابهی با مطالعه حاضر رسیده است؛ در حالیکه مطالعات Hedges-Dawson [۱۹]، Mostafa [۲۰] نشان دهنده افزایش میزان کورتیزول بعد از اعمال میدان مغناطیسی ضعیف است. نتیجه حاصل از مطالعه Burchard [۲۱] بر روی نمونه گاو و مطالعه Thompson [۲۲] بر روی گوسفند هیچ تغییر معناداری بر سطح کورتیزول را نشان نداد در حالیکه مطالعه Youbicier-Simo [۲۳] کاهش شدید کورتیزول و مرگ بالای جنین بعد از تابش میدان‌های مغناطیسی در مرغ را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی‌های Okońska نشان می‌دهد غلظت کورتیزول در خون در ساعات مختلف روز متفاوت است و بیشترین مقدار در صبح می‌باشد و همچنین عوامل متعدد از جمله استرس سطح آن را تا ۱۰ برابر تغییر می‌دهد. دلایل عنوان شده در رابطه با علت افزایش یا کاهش سطح کورتیزول در اثر میدان‌های مغناطیسی متفاوت بوده است [۱۶]. برخی مطالعات کاهش میزان کورتیزول را ناشی از تغییرات ملاتونین دانسته اند [۱۷] و تأثیرات طولانی مدت بر محور هیپوفیزیکال-هیپوتالاموس و

اثر میدان‌های مغناطیسی بر میزان قندخون و گلوکز نشان می‌دهند، احتمالاً این امواج تغییراتی را در ساختار سلول‌های بتا در پانکراس ایجاد می‌کنند و میزان سنتز و ترشح انسولین و هیپوگلیسمیا را افزایش می‌دهد و این امواج جذب گلوکز در بافت را از طریق آسان‌سازی عبور گلوکز از دیواره سلولی اثر می‌گذارد و احتمالاً بر فعالیت انسولین در بافت‌های وابسته به انسولین تأثیر گذار است؛ بنابراین این امواج نه تنها جذب گلوکز در اثر افزایش ترشح انسولین را زیاد می‌کند بلکه باعث افزایش ترشح گیرنده‌های انسولین و سیگنال‌های ورود به سلول‌های هدف هم می‌شود [۳۰].

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از همه این مطالعات نشان می‌دهد عوامل زیادی بر نتایج حاصل از این تحقیقات تأثیر گذار است، علاوه بر نوع میدان بکار رفته و ویژگی‌های فیزیکی آن از جمله فرکانس، شدت، مدت زمان تابش، زمان بررسی بعد از تابش‌دهی، عواملی از قبیل نوع نمونه مورد آزمون نیز و فیزیولوژی بدن موجود مورد بررسی هم در نتایج مؤثر بوده به گونه‌ایی که مطالعات انجام شده بر گونه‌های مختلف نتایج متفاوتی به همراه داشته است؛ بنابراین لزوم انجام مطالعات گسترده و با شرایط استانداردتر برای رسیدن به جمع‌بندی دقیق در این زمینه

ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به لزوم بررسی‌های دقیق تر در رابطه با اثرات میدان‌های مغناطیسی بر بدن انسان و اینکه مطالعات در این زمینه بیشتر به صورت سلولی و حیوانی بوده است، پیشنهاد می‌گردد، تحقیقات گسترده و طولانی مدت بر اثرات ناشی از میدان‌های مغناطیسی بر گروه‌های انسانی که به صورت شغلی در معرض سطح بالاتری از این امواج قرار دارند، صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

با تشکر از گروه بیوشیمی دانشگاه علوم پزشکی همدان و آزمایشگاه‌های تحت نظارت این گروه که امکان استفاده از امکانات لازم جهت نمونه‌گیری از حیوانات و بررسی‌های مورد نیاز در این زمینه را فراهم نمودند. با سپاس فراوان از آزمایشگاه نگهداری حیوانات دانشگاه علوم پزشکی همدان و سرکار خانم طاهری که نهایت همکاری را در تهیه حیوانات و نگهداری آن‌ها مبذول فرمودند.

تضاد منافع

این مطالعه برای نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافی نداشته است.

REFERENCES

- Myung CG, Chan JP. Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system. *Clin Exp Reprod Med* 2013; 39 (1): 1–9. doi: 10.5653/cepm.2012.39.1.1. Epub 2012 Mar
- Goldsworthy A. The biological effects of weak electromagnetic fields. 2007. Available on: www.goldsworthy-bio-weak-em-0.7.doc. 1-15.
- Sieron A, Cieslar G. Application of variable magnetic fields in medicine-15 years' experience. *Wiad Lek* 2003; 56: 434-441. PMID: 15049208.
- Hassan BF. Sub chronic effects of electromagnetic field exposure of adult female rats on some hormonal, biochemical and hematological parameters. *Diyala Agr Sci J* 2011; 3(1): 47-53.
- Volkow ND, Tomasi D, Wang GJ, Fowler JS, Telang F, Wang R, Alexoff D, Logan J, Wong C, Pradhan K, et al. Effects of low-field magnetic stimulation on brain glucose metabolism. *Neuroimage* 2010; 51: 623–628. PMID: 20156571. PMID: PMC2862488. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.02.015.
- Hussein AM. Effect of magnetic field on metabolism and enzyme activity on some harmful insects. *Minufiya J of Agric Res* 2015; 1:999-1009.
- Beck BJ, drzejowska SH, Cholewka A, Król W, Drzazga Z. An effect of extremely low frequency magnetic field on immunoglobulin G Concentration in serum. *Pol J Environ Stud* 2005; 14: 439-445.
- Koh EK, Ryu BK, Jeong DY, Bang IS, Nam MH. A 60-Hz sinusoidal magnetic field induces apoptosis of prostate cancer cells through reactive oxygen species. *Int J Radiat Biol* 2008; 84 (11): 945–955. PMID: 19016143. doi: 10.1080/09553000802460206.
- Nikzad S, Mahmoudi G, Amini P, Baradaran-Ghahfarokhi M, Vahdat-Moaddab A, Sharafi SM, Hojaji-Najafabadi L, Hosseinzadeh A. Effects of radiofrequency radiation in the presence of gold nanoparticles for the treatment of renal cell carcinoma. *J Renal Inj Prev* 2016; 6(2):103-108. PMID: 28497084. PMID: PMC5423275. doi: 10.15171/jrip.2017.20.
- Davis S, Mirick DK, Stevens RG. Residential Magnetic Fields and the Risk of Breast Cancer. *Am J Epidemiol* 2002; 155:446–454. PMID: 11867356
- Amara S, Abdelmelek H, Salem MB, Abidi R, Sakly M. Effects of Static Magnetic Field Exposure on Hematological and Biochemical Parameters in Rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 2006; 49(6): 889-895.
- Belova NA, Acosta-Avalos D. The Effect of Extremely Low Frequency Alternating Magnetic Field on the Behavior of Animals in the Presence of the Geomagnetic Field. *J Biophys* 2015. PMID: 26823664. PMID: PMC4707359. doi:10.1155/2015/423838
- Shabazi Gahrouei D, Koohian F, Koohian M. changes of Cortisol and Glucose concentrations in Rats exposed to MR imaging field. *J Biomed Phys Eng* 2013;3(1): 9-12.
- Lewczuk B, Redlarski G, Zak A, Ziolkowska N, Przybylska-Gornowicz B, Krawczuk M. Influence of electric, magnetic, and electromagnetic fields on the circadian system: current stage of knowledge. *Biomed Res Int* 2014. PMID: 25136557. PMID: PMC4130204. doi:10.1155/2014/169459
- Woldańska-Okońska M, Czernicki J, Karasek M. The influence of the low-frequency magnetic fields of different parameters on the secretion of cortisol in men. *Int J Occup Med Environ Health* 2013; 26(1):92-101. PMID: 23576151. doi:10.2478/s13382-013-0090-6
- Bonhomme-Faivre L, Mace A, Bezie Y, Marion S, Bindoula G, Szekely AM, et al. Alterations of biological parameters in mice chronically exposed to low frequency (50 Hz) electromagnetic fields. *Life Sci* 1998; 62(14):1271–80. PMID: 9570342
- Reiter RJ. A review of neuroendocrine and neurochemical changes associated with static and extremely low frequency electromagnetic field exposure. *Integr Physiol Behav Sci* 1993; 28(1):57–75. PMID: 8476743
- Hedges-Dawson W, Massari C, Salyer DL, Lund-Trent D, Hellewell JL, Johnson AC, et al. Duration of transcranial

- magnetic stimulation effects on the neuroendocrine stress response and coping behaviour of adult male rats. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2003; 27(4):633-8. pmid:12787850. doi:10.1016/S0278-5846(03)00052-6
19. Mostafa RM, Mostafa YM, Ennauceur A. Effects of exposure to extremely low-frequency magnetic field of 2G intensity on memory and corticosterone in rats. *Physiol Behav* 2002 ;76(4-5):589-95. pmid:12126997.
 20. Burchard JF, Ngujen DH, Richard L, Block E. Biological effects of electric and magnetic fields on productivity of dairy cows. *J Dairy Sci* 1996; 79(9):1549-54. pmid:8899520. doi:10.3168/jds.S0022-0302(96)76516-5
 21. Thompson JM, Stomshak F, Lee JM, Hess DL, Painter L . Cortisol secretion and growth in ewe lambs chronically exposed to electric and magnetic fields of 60 Hz, 500-kilovolt AC trans-mission line. *J Anim Sci* 1995; 73(11):3274-80. pmid:8586584
 22. Youbicier-Simo BJ, Simo BJ, Boudard F, Cbaner C, Bastide M. Biological effects of continuous exposure of embryos and young chickens to electromagnetic fields emitted by video display units. *Bioelectromagnetics* 1997; 18(7):514-23. pmid:9338633
 23. Koyu A, Cesur G, Ozguner F, Akdogan M, Mollaoglu H, Ozen S. Effects of 900MHz electromagnetic field on TSH and thyroid hormones in rats. *Toxicol Lett* 2005 4; 157(3):257-62. pmid:15917150. doi: 10.1016/j.toxlet.2005.03.006
 24. Safaa M, Abo El-Soud, Hussein AM, Rady KE, Allam SA. Magnetic Field Effects on Some Physiological Aspects of Male Albino Rats. *Egypt J Chem Environ Health* 2016; 2 (2): 211 -219.
 25. Magin RL, Lu S, Michaelson SM. Stimulation of dog thyroid by local application of high intensity microwaves. *Am J Physiol*. 1977; 233(5): 363-8. pmid: 920797. doi:10.1152/ajpendo.1977.233.5.E363
 26. Lotz WG, Podgorski RP. Temperature and adrenocortical responses in rhesus monkeys exposed to microwaves. *J Appl Physiol* 1982; 53: 1565-1571. pmid: 7153151. doi: 10.1152/jappl.1982.53.6.1565
 27. Shayryar HA, Lotfi A, Ghodsi MB, Karami AR. Effects of 900MHz Electromagnetic fields emitted from a cellular phone on the T3 and T4 and Cortisol levels in Syrian Hamsters. *Bull vetr Inst Pulawy* 2009; 53: 233-236.
 28. Dalia AM, Elnegriss HM. Histological study of thyroid gland after experimental exposure to low frequency electromagnetic fields in adult male Albino rat and possible protective role of Vitamin E. *J Cytol Histol* 2015; 6: 374.
 29. Sieron A, Kononcki J, Ciesar G, Szkilnik R, Nowak P, Norasl L, Kwiecinski A, Kostrazewa RM, Brus R. Effect of low frequency electromagnetic fields on (³H) Glucos uptake in rat tissues. *Polish J of Environ stud* 2007; 10(2): 309-312.