

اثر 8 هفته تمرین هوازی بر برخی آنزیم های کبدی و شاخص های آنتروپومتریکی موش های صحرایی در معرض امواج الکترومغناطیس

آسیه سید<sup>1</sup>، سیده ام الینین قاسمیان<sup>2\*</sup>

1- استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران

2- استادیار گروه دامپزشکی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران

The effect of 8 weeks of aerobic exercise on liver enzymes, and anthropometric indicators of rats exposed to electromagnetic waves

Seydeh Ommolbanin Ghasemian<sup>2\*</sup> Asiye Seyyed<sup>1</sup>,

1- **Assistant professor** Department of Sport physiology, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.

2- **Assistant professor** Department of Veterinary, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.

\*Correspondence to: Seydeh Ommolbanin Ghasemian

Ghasemian1249

چکیده

**زمینه و هدف:** میدان های الکترومغناطیسی بر سیستم قلبی و کبدی انسان تاثیر مخربی دارد. با توجه به نقش فعالیت ورزشی بر سلامت انسان، مطالعه حاضر با هدف بررسی 8 هفته تمرین هوازی بر آنزیم های کبدی، وزن قلب، وزن بدن و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش های صحرایی در معرض امواج الکترومغناطیسی صورت گرفت.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه تجربی تعداد 32 سر موش صحرایی به طور تصادفی به چهار گروه (1) کنترل بدون هیچ گونه مداخله، (2) کنترل تحت اشعه الکترومغناطیس، (3) گروه تمرین هوازی تحت تاثیر اشعه الکترومغناطیس و (4) تمرین هوازی بدون اشعه الکترومغناطیس و هر گروه 8 سر موش تقسیم شدند. گروه های 2 و 3 هشت هفته به مدت 1 ساعت در روز در معرض اشعه الکترومغناطیس قرار گرفتند. نمونه های گروه های 3 و 4 سه جلسه در هفته به مدت 8 هفته بر روی نوار گردان دویدند. سطوح سرمی آلانین آمینوترانسفراز، آسپاراتات آمینوترانسفراز اندازه گیری و گروه ها با هم مقایسه شدند.

**نتایج:** قرار گرفتن در معرض اشعه الکترومغناطیس اثر معنی داری بر سطوح آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات آمینوترانسفراز نداشت اما منجر به افزایش سطوح وزن، افزایش وزن قلب و افزایش نسبت وزن قلب به وزن بدن موش های صحرایی گردید ( $P<0/05$ ). تمرینات هوازی منجر به کاهش وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش های صحرایی تحت اشعه الکترومغناطیس گردید ( $P<0/05$ ). تمرین هوازی همچنین، موجب افزایش سطوح آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات آمینوترانسفراز موش های صحرایی تحت اشعه گردید ( $P<0/05$ ). سطوح آسپاراتات آمینوترانسفراز در گروه تمرین هوازی به طور معنی داری بالاتر از گروه تمرین هوازی تحت اشعه بود ( $P<0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد اشعه الکترومغناطیس اثری بر آنزیمهای کبدی ندارد، درحالیکه موجب افزایش سطوح وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی می‌گردد. انجام تمرینات هوازی وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی تحت اشعه الکترومغناطیس را کاهش می‌دهد و اثر مثبت بر آنزیم‌های کبدی دارد.

**کلیدواژه‌ها:** امواج الکترومغناطیسی، وزن قلب، نسبت وزن قلب به وزن بدن، تمرین هوازی، آنزیم‌های کبدی

## **The effect of 8 weeks of aerobic exercise on liver enzymes, and anthropometric indicators of rats exposed to electromagnetic waves**

### **Abstract**

**Background and aim:** Electromagnetic fields have a detrimental effect on the human heart and liver system. Considering the impact of physical activity on human health, the present study aims to investigate the effects of 8 weeks of aerobic training on liver enzymes, heart weight, body weight, and the heart weight-to-body weight ratio in rats exposed to electromagnetic waves.

**Materials and Methods:** In this experimental study, 32 rats were randomly divided into four groups: (1) a control group without any intervention, (2) a control group exposed to wireless electromagnetic radiation, (3) an aerobic exercise group exposed to wireless electromagnetic radiation, and (4) an aerobic exercise group without electromagnetic radiation (each group has 8 rats). Groups 2 and 3 were exposed to electromagnetic radiation for 1 hour a day over eight weeks. The samples from groups 3 and 4 underwent treadmill exercise three times a week for the same duration. Serum levels of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase were measured, and the groups were compared.

**Results:** Exposure to wireless radiation had no significant effect on alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase levels, but it resulted in increased weight, heart weight, and the heart weight-to-body weight ratio in rats ( $P < 0.05$ ). Aerobic exercises led to decreased weight, heart weight, and the heart weight-to-body weight ratio in rats exposed to wireless radiation ( $P < 0.05$ ). Additionally, aerobic exercise increased alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase levels in rats under wireless radiation ( $P < 0.05$ ). Notably, aspartate aminotransferase levels in the aerobic exercise group were significantly higher than those in the aerobic exercise group exposed to wireless radiation ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** It seems that electromagnetic radiation has no effect on liver enzymes, while it increases the levels of weight, heart weight and the ratio of heart weight to body weight in rats. Performing aerobic exercises reduces the weight, heart weight and ratio of heart weight to body weight of rats exposed to wireless radiation and has a positive effect on liver enzymes.

**Keywords:** electromagnetic waves, heart weight, ratio of heart weight to body weight, aerobic exercise, liver enzymes

قرارگيري در معرض ميدان الكترومغناطيسي در زندگي مدرن اجتنابناپذير است. رشد سريع و روزافزون صنعت ارتباطات و مخابرات و كاربري عمومي تلفن‌هاي همراه احتمال بروز پرتوكيري از ميادين راديوفرکانس ناشی از اين وسايل را افزايش داده است. طبق معيارهای استاندارد سلامت و بهداشت، ميزان قرار گرفتن در معرض ميدان‌هاي الكترومغناطيس بايد در حدود 2/5 مگاهرتز باشد. اين ميزان به عنوان استاندارد جهاني پذيرفته شده و ميدان‌هاي الكترومغناطيسي بالاتر از اين مقدار، خطرناک اعلام شده‌اند. با وجود پيشرفت‌های بسيار زياد تکنولوژی در زمينه‌ي ميدان‌هاي الكترومغناطيسي، ميزان اثرگذاري آن بر بيولوژی بافت‌ها همچنان چالش برانگيز باقی مانده است (1, 2).

به طور كلي، ميدان‌های الكترومغناطيس با شدت‌هاي مختلف بر شيوع اختلالات تكامل جنيني، نازايي، بروز اختلالات عصبي و خواب، بيماري‌هاي گوارشي، قلبي - عروقي، سرطان‌های گوناگون از جمله بافت خونساز، لنفاوي و غيره مؤثر مي‌باشند (3). همچنين، ميدان‌هاي الكترومغناطيس باعث ايجاد راديوکال‌هاي آزاد در سلول‌هاي کبدی می‌شوند (4). لبيدها هدف اصلی تخريب آنتی اکسیدان‌ها هستند که در نتیجه باعث پراکسیداسيون لبيدهاي غشای سلولی و ايجاد مواد ثانويه مانند مالون دي آلدئيد می‌شود که به نوبه خود باعث تضعيف مکانيسم‌هاي تدافعی آنتی-اکسیدانی و افزايش آسیب اکسیداتیو می‌گردد (5). نقش عملکردی کبد در متابوليسم بدن، ترشح صفرا و دفع سموم بدن تاييد شده است. بدن داراي سيستم هاي آنتي اکسیدانی طبيعي است که به کاهش سيستم عامل کمک می‌کند. اين سيستم‌ها نقش مهمی در مهار و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و اثرات منفي آنها ایفا می‌کند (6). اندازه‌گيري ميزان آنزيم‌هاي آلانين آمینوترانسفراز و آسپارات آمینوترانسفراز معيار مهمی براي شناسائی آسیب کبدی می باشد ميزان سر می آنزيم های آمینوترانسفراز و آسپارات آمینوترانسفراز متعاقب از بين رفتن يکپارچگی غشا سلول هاي کبدی و نشئت آنزيم ها به خارج سلول افزايش پيدا می کند (7). به نظر می‌رسد که قرار گيري در معرض ميدان الكترومغناطيس منجر به افزايش پراکسیداسيون لبيدها در کبد، مغز و طحال می‌گردد (8). همچنين، افزايش ميزان مالون دي آلدئيد و نيتريك اکساید و کاهش سوپراکساید دسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز، گلوتاتیون ترانسفراز متعاقب قرار گرفتن در معرض امواج موبایل گزارش شده است (9, 10).

از سوی ديگر، کارکرد طبیعی قلب وابسته به جريان الکتریکی آن می باشد. جريان قلب، ميدان مغناطيسي را در اطراف قفسه سينه به وجود می‌آورد. اين جريان مغناطيسي در معرض ساير جريان‌هاي مغناطيسي محيط قرار می‌گيرد. هرگونه اختلال در جريان الکتریکی قلب باعث بروز اختلال در سيستم قلب می‌شود (11).

یکی از مسائل مورد ارزيابی در مطالعات انجام شده در سال‌های اخير، تأثير احتمالی امواج الكترومغناطيسي ساطع شده از گوشی تلفن همراه بر روی سلامت بدن خصوصاً کبد و قلب می‌باشد (12). بر اساس یافته‌های یک مطالعه، آسیب شناسی کبد موش‌های در معرض اشعه، ساختار کمی تحريف شده و سينوس‌های گشاد شده داشت که نشان می دهد که تشعشع موش‌ها را مستعد عفونت می‌کند (13).

مطالعه يوسیکالا (Usikal) و همکاران گزارش داد که تابش الكترومغناطيسي فرکانس راديوی باعث آسیب هيستوپاتولوژیک در کبد حيوانات در معرض اشعه می گردد بطوریکه تابش الكترومغناطيسي فرکانس راديوی باعث آسیب سلولی توسط گونه های اکسیژن واکنش پذير و آسیب به غشای سلولی کبد می‌شود. قرار گرفتن مکرر در معرض الكترومغناطيسي فرکانس راديوی توليد شده از تلفن همراه می‌تواند باعث آسیب انتخابی بافت کبد شود (14). همچنين، مشکلات شديد در ساختار عضلانی و ماهیچه قلب پس از تابش اشعه الكترومغناطيس که می‌تواند منجر به انقباض نامنظم ماهیچه‌های قلب، فضای بين رشته ای وسيع‌تر بين فيبر قلبی گردد، نیز گزارش شده است (13). در همین راستا، اثر امواج الكترومغناطيس تلفن همراه روی فشارخون سيستولیک و دياستولیک، ضربان و آريتمی قلب انجام تاييد شده است (15).

با توجه افزايش دستگاه‌های الکتریکی مولد امواج الكترومغناطيس در سال‌های اخير، توجه محققين به بررسی اثر اين امواج بر سلامتی انسان جلب شده است. از نظر فیزیولوژیکی تمرينات هوازی می‌تواند تاثيرات متفاوتی را در کوتاه مدت و بلند مدت در قلب ايجاد کند. کاهش تعداد ضربان قلب موجب افزايش زمان دياستول و در نتیجه بهبود خون رسانی به عضله قلب می شود (15). همچنين، به نظر می‌رسد ورزش می‌تواند در تنظيم تعادل آنتي اکسیدان/اکسیدان نقش داشته باشد. فعاليت هوازی در صورتی که با شدت‌هاي متوسط و پايين انجام شود منجر به تحريك سيستم آنتي اکسیدانی و تعديل آنزيم‌های کبدی براي مقابله با راديوکال‌هاي آزاد می‌شود (16). بسياري از محققين بر اين باورند که

تمرین با شدت بالا در صورتی که به طور منظم انجام شود منجر به سازگاری می‌گردند و شواهدی در رابطه با تاثیر فعالیت‌های ورزشی بر آنزیم‌های کبدی و تعدیل سیستم آنتی‌اکسیدانی یافت شده است (17, 18).

در همین راستا، یافته‌های برخی مطالعات نشان داده است که تمرین مداومی و هوازی موجب بهبود سطوح آنزیم‌های کبدی و نیمرخ چربی می‌گردد (19-22). پورفاضلی و همکاران نشان دادند که هشت هفته تمرین هوازی باعث افزایش سطح SOD و GPx پلازما و کاهش MDA می‌شود (23). همچنین، مطالعه قاسمی و همکاران نشان داد که 4 هفته ورزش هوازی متوسط موجب کاهش معنی‌دار ضربان قلب استراحتی می‌گردد (24). در همین راستا مطالعه رالینز و همکاران حاکی از آن بود که شرکت در ورزش‌های منظم شدید موجب افزایش ضخامت دیواره بطن چپ و اندازه حفره‌های قلب می‌شود (25).

با توجه به نقش فعالیت ورزشی بر سلامت انسان و به خصوص قلب و عروق و همچنین سیستم کبدی و با توجه به نتایج متناقضی که در مطالعات مشاهده شده در رابطه با تاثیر تمرین‌های ورزشی بر آنزیم‌های کبدی و قلبی، مطالعه حاضر با هدف بررسی 8 هفته تمرین هوازی بر آنزیم‌های کبدی، وزن قلب، وزن بدن و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی در معرض امواج الکترومغناطیسی (WIFI)، صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک تحقیق از نوع بنیادی-تجربی می‌باشد که روی نمونه‌های حیوانی (32 سر موش‌های صحرایی نژاد اسپرآگوداولی) صورت گرفت.

### جامعه و نمونه آماری و شیوه نمونه‌گیری

تعداد 32 سر موش صحرایی از نژاد اسپرآگوداولی با میانگین وزن 150 تا 200 گرم و میانگین سنی 12 هفته برای انجام تحقیق انتخاب شدند. نمونه‌ها به طور تصادفی به چهارگروه (1) کنترل بدون هیچ‌گونه مداخله، (2) کنترل تحت اشعه الکترومغناطیسی WIFI، (3) گروه تمرین هوازی تحت تاثیر اشعه الکترومغناطیسی WI FI و (4) تمرین هوازی بدون اشعه الکترومغناطیسی WI FI تقسیم شدند (در هر گروه 8 موش قرار گرفتند). موش‌هایی که تحت اشعه قرار گرفتند در محیطی کاملاً مجزا از موش‌های گروه کنترل و تمرین تنها قرار گرفتند.

### شیوه نگهداری موش‌های صحرایی و تغذیه

برای نگهداری موش‌های صحرایی از قفس‌های جنس پلی‌کربنات شفاف با قابلیت اتوکلاو (Autoclave) استفاده شد. شستشوی قفس‌ها یک روز در میان انجام شد و تراشه‌های چوب نیز تعویض گردید. تراشه و بریده‌های چوب استریل برای جذب ادرار و مدفوع حیوانات و راحتی آن‌ها بکار رفت. دمای مطلوب سالن نگهداری حیوانات 20 تا 24 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود 55 تا 65 درصد کنترل و ثبت شد. چرخه روشنایی-تاریکی نیز هر 12 ساعت یکبار به طور دقیق توسط تنظیم‌کننده الکترونیکی نور سالن نگهداری حیوانات آزمایشگاهی ایجاد شد. موش‌های صحرایی با غذاهای توصیه شده توسط مرکز تولید خوراک دام به صورت پلت (Pellet) تغذیه شدند. غذای مورد نیاز آزمودنی‌ها، از خانه حیوانات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت تهیه شد و به صورت نامحدود در اختیار حیوانات قرار گرفت. آب مورد نیاز نیز به صورت آزاد در بطری‌های 250 میلی‌لیتر ویژه حیوانات آزمایشگاهی تأمین شد.

### روش اجرا

طرح تحقیق حاضر شامل 8 هفته تمرین هوازی در موش‌های صحرایی تحت تاثیر اشعه WIFI بود. جهت اجرای تحقیق حاضر ابتدا تعداد 32 سر موش صحرایی نژاد اسپرآگوداولی از مرکز پرورش و تکثیر حیوانات آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت خریداری و به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی حیوانات آزمایشگاهی این واحد دانشگاهی منتقل شد.

در ابتدا موش‌های صحرایی جهت آشناسازی با تمرین هوازی یک هفته سه جلسه در هفته بر روی نوارگردان ویژه موش‌های صحرایی با سرعت 8 متر بر دقیقه به مدت 10 دقیقه و شیب صفر درجه آموزش دیدند. در ادامه موش

های صحرایی به طور تصادفی به چهار گروه (1) کنترل بدون هیچ گونه مداخله، (2) کنترل تحت اشعه الکترومغناطیس WIFI و (3) گروه تمرین استقامتی اشعه الکترومغناطیس WIFI و (4) گروه تمرین استقامتی بدون اشعه الکترومغناطیس WIFI تقسیم شدند.

گروه های 2 و 3 به مدت 1 ساعت در روز به مدت 8 هفته در معرض اشعه با فرکانس 2/45 گیگا هرتز که از یک مودم WIFI منتشر می شد قرار گرفتند. همچنین به منظور کم کردن تداخل بقیه پرتوها بر نتایج تحقیق هیچ دستگاه پرتوهای دیگری (حتی دستگاه تلفن همراه) در طول مطالعه حداقل در فاصله 25 متری محل تحقیق قرار نگرفت. (23).

موش های صحرایی گروه تمرین به مدت 8 هفته و سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت یک ساعت با 50 تا 60 درصد حداکثر دویدن بر روی نوار گردان به تمرین پرداختند. مسافت طی شده در هر روز بر حسب متر بر دقیقه توسط دستگاه ثبت شد. پس از اتمام دوره تمرین 48 ساعت پس از آخرین جلسه تمرین وزن گیری (ترازوی دیجیتال با مارک Kern ساخت آلمان و با دقت 0/01 گرم) انجام شد. سپس، موش های صحرایی با استفاده از ترکیبی از کتامین (70 میلی گرم بر کیلوگرم) و زایلازین (5 تا 3 میلی گرم بر کیلوگرم) بیهوش شدند (ساخت شرکت Alfasan هلند). خونگیری به صورت مستقیم از قلب موش های صحرایی انجام شد. پس از آن در سریع ترین زمان ممکن جهت جداسازی پلاسما از سرم نمونه های خونی با استفاده از دستگاه سانترفیوژ 8 کاناله (ساخت شرکت Sigma آلمان) به مدت 15 دقیقه و با سرعت 3000 دور در دقیقه سانترفیوژ شد و سطوح سرمی متغیرهای تحقیق (آلانین آمینوترانسفراز و آسپارات آمینوترانسفراز) با استفاده از کیت حیوانی (شرکت پارس آزمون، ساخت ایران) و به روش ایمنو هیستوشیمی اندازه گیری شد. همچنین، وزن بدن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن ارزیابی شد.

#### پروتکل تمرین استقامتی

برنامه اصلی تمرینات هوازی با استفاده از دستگاه نوارگردان ویژه موش های صحرایی به مدت یک ساعت در روز، 3 جلسه در هفته و به مدت هشت هفته انجام شد. برنامه تمرینات در هفته اول با 40 درصد حداکثر سرعت انجام شد و از هفته دوم تا هفته هشتم به 50 تا 60 درصد حداکثر سرعت دویدن رسید. حداکثر سرعت موش های صحرایی با استفاده از آزمون فزاینده اندازه گیری شد. این آزمون بدین صورت بود که ابتدا موش های صحرایی دویدن را با سرعت 11/6 متر بر دقیقه شروع و سپس هر دقیقه 1/6 متر بر دقیقه به سرعت اولیه افزوده شد تا سرعت به 20 متر بر دقیقه برسد. بعد از آن سرعت دویدن به ازای هر دقیقه 2/3 متر بر دقیقه در هر دقیقه اضافه شد تا موش های صحرایی به واماندگی برسند. واماندگی زمانی محسوب گردید که موش های صحرایی در فاصله زمانی یک دقیقه حداقل 5 بار به انتهای کانال نوارگردان (شرکت دانش سالار ایرانیان ساخت کشور ایران) برخورد کنند. برنامه تمرین شامل سه مرحله گرم کردن به مدت 5 دقیقه با سرعت 7 متر بر دقیقه و برنامه تمرین اصلی و سپس برنامه گرم کردن که سرعت نوار گردان جهت سرد کردن به تدریج کاهش یافت (23).

#### روش تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق

جهت بررسی نرمال بودن توضیح داده ها از آزمون شاپیرو ویک و برای بررسی تجانس واریانس ها از آزمون لون استفاده گردید. از آزمون ANOVA یک راهه برای مشخص کردن تفاوت های بین گروه ها و از آزمون تعقیبی توکی جهت مقایسه دو به دو گروه ها استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS نسخه 21 استفاده شد. داده ها در سطح 0/05 معنی دار در نظر گرفته شدند.

#### ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر از نتایج یک تز دانشجویی جهت اخذ مدرک فیزیولوژی فعالیت بدنی و تندرستی با کد اخلاق IR.IAU.BEHBAHAN.REC.1402.012 استخراج شد. کلیه مراحل این مطالعه بر پایه اصول اخلاقی هلسینکی در پژوهش با حیوانات آزمایشگاهی انجام شد.

#### یافته ها

میانگین شاخص های آلانین آمینوترانسفراز، آسپاراتات آمینوترانسفراز، وزن بدن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن در جدول 1 نمایش داده شده است.

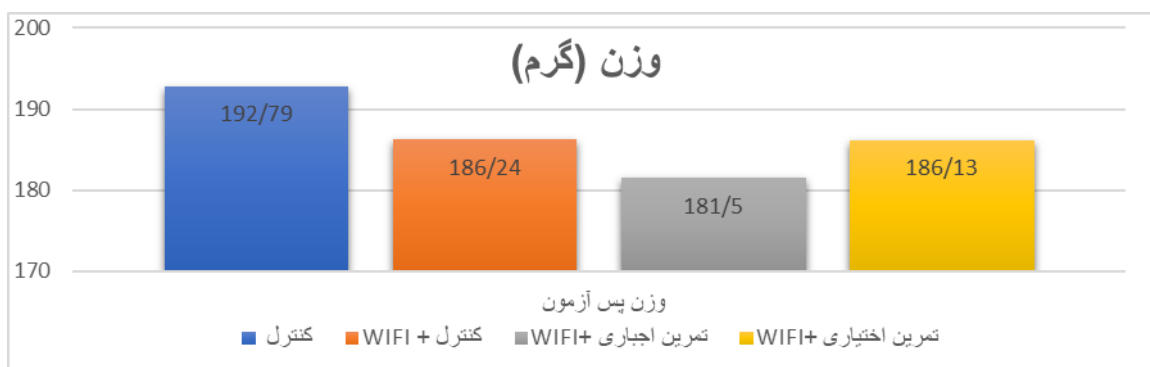
**جدول 1. میانگین و انحراف استاندارد شاخص های AST، ALT، وزن بدن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن**

کنترل	کنترل تحت اشعه WIFI	تمرین استقامتی + اشعه WIFI	تمرین استقامتی
وزن (گرم)	175/25 ± 10/48	162/40 ± 8/92	173/82 ± 11/86
AST (واحد در لیتر)	153/41 ± 7/14	141/56 ± 29/9	151/83 ± 19/11
ALT (واحد در لیتر)	38/12 ± 3/18	34/70 ± 6/95	44 ± 8/56
وزن قلب (گرم)	0/81 ± 0/086	0/852 ± 0/162	0/925 ± 0/132
نسبت وزن قلب به وزن بدن (گرم/گرم)	0/0041 ± 0/0003	± 0/0007 0/0045	0/0050 ± 0/0005

همچنین، بررسی اثر هشت هفته تمرین هوازی بر سطوح ALT، AST، وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن در موش های صحرایی تحت اشعه الکترومغناطیس WIFI در جدول 2 نمایش داده شده است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه حاکی از تفاوت معنی دار میان گروه های تحقیق از نظر سطوح ALT (P=0/02 و F=3/79، اندازه اثر: 0/48) و AST (P=0/003 و F=5/92، اندازه اثر: 0/32) در موش های صحرایی بود. همچنین، تفاوت معنی داری در سطوح وزن پس آزمون، وزن قلب موش های صحرایی (P=0/001 و F=9/82، اندازه اثر: 0/51) و نسبت وزن قلب به وزن بدن (P=0/002 و F=6/69، اندازه اثر: 0/58) موش های صحرایی بین گروه های تحقیق مشاهده شد (P=0/001 و F=15/48، اندازه اثر: 0/59).

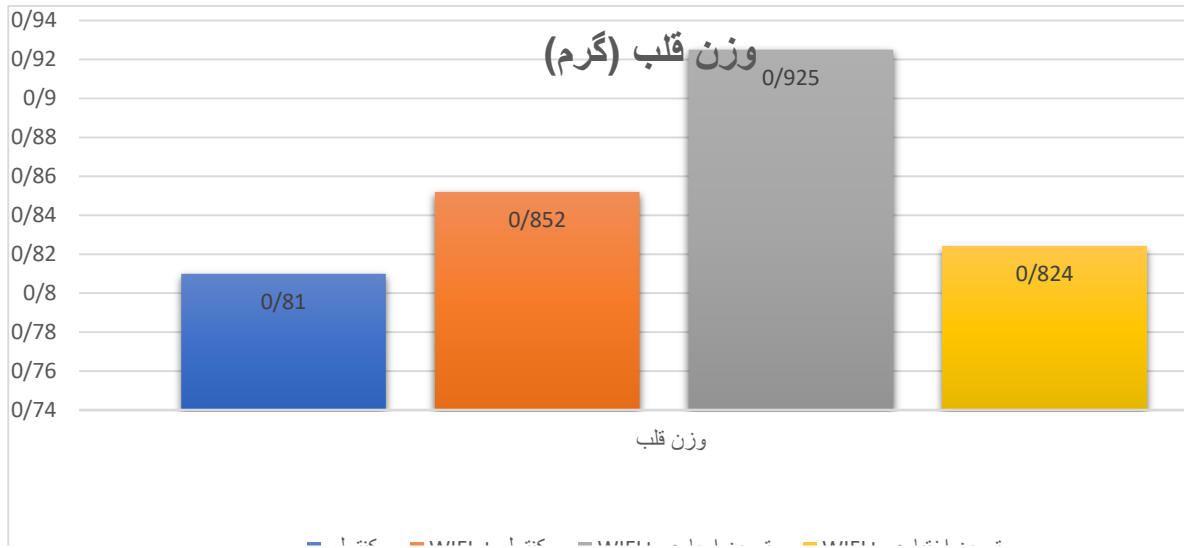
یافته های آزمون تعقیبی حاکی از آن بود که سطوح ALT در گروه تمرین استقامتی تحت اشعه WIFI به طور معنی داری بالاتر از گروه کنترل تحت اشعه WIFI بود (P=0/01). سطوح AST در گروه تمرین هوازی به طور معنی داری بالاتر از گروه کنترل بود (P=0/03). همچنین، سطوح AST در گروه تمرین هوازی تحت اشعه WIFI به طور معنی داری بالاتر از گروه کنترل تحت اشعه WIFI بود (P=0/002). همچنین سطوح AST در گروه تمرین هوازی به طور معنی داری بالاتر از گروه تمرین هوازی تحت اشعه WIFI بود (P=0/02). بررسی تفاوت وزن پس آزمون در گروه های تحقیق در نمودار 1 نمایش داده شده است. همچنین بررسی تفاوت وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن پس آزمون در گروه های تحقیق در نمودار 2 و 3 نمایش داده شده است.



**شکل 1. بررسی تفاوت وزن پس آزمون در گروه های تحقیق**

\* افزایش وزن پس از آزمون گروه کنترل تحت اشعه WIFI نسبت به بقیه گروه ها

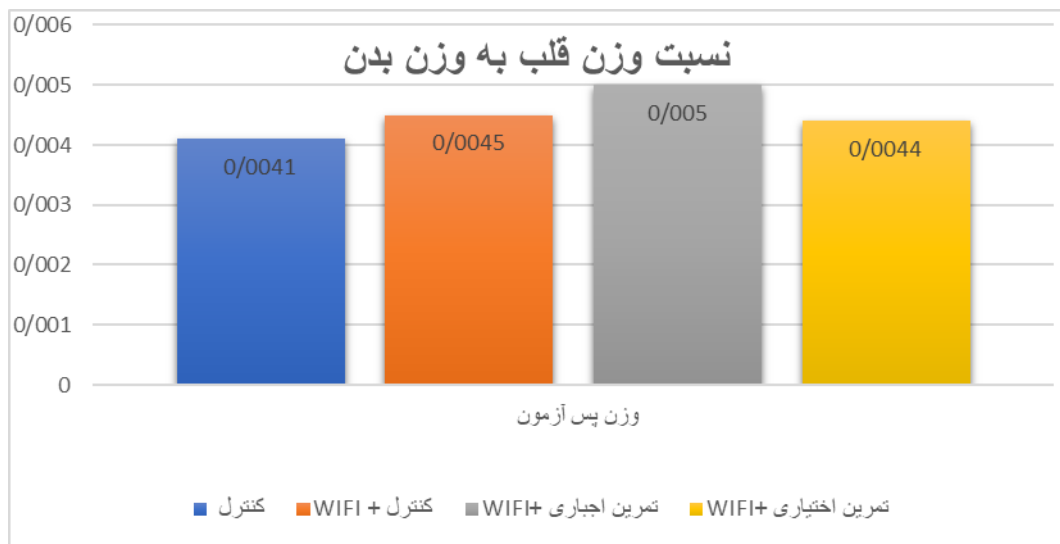
\*افزایش وزن قلب در گروه کنترل تحت اشعه WIFI نسبت به گروه کنترل و گروه تمرینات هوایی تحت اشعه WIFI



شکل 2. بررسی تفاوت وزن قلب پس از آزمون در گروه-های تحقیق

\*کاهش سطوح وزن قلب در گروه تمرین تنها نسبت به گروه تمرین هوایی تحت اشعه WIFI

\*افزایش نسبت وزن قلب در گروه کنترل تحت اشعه WIFI و تمرین تحت اشعه WIFI نسبت به گروه کنترل



شکل 3. بررسی تفاوت وزن قلب به وزن بدن پس از آزمون در گروه-های تحقیق

\*کاهش سطوح نسبت وزن قلب به وزن بدن موش های صحرایی در گروه تمرین تنها نسبت به گروه تمرین تحت اشعه WIFI

دیگر یافته‌ها نشان داد که وزن موش‌های صحرایی گروه کنترل تحت اشعه WIFI به طور معنی‌داری بیشتر از وزن گروه کنترل سالم بود ( $M=-20/93$  و  $P=0/001$ ). همچنین، وزن موش‌های صحرایی گروه کنترل تحت اشعه WIFI به طور معنی‌داری بیشتر از گروه تمرینات هوازی ( $M=16/93$  و  $P=0/001$ ) و تمرینات اختیاری ( $M=16/02$  و  $P=0/001$ ) بود. مقایسه دو به دو گروه‌ها نشان داد که وزن قلب موش‌های صحرایی در گروه کنترل تحت اشعه WIFI ( $M=-0/28$  و  $P=0/001$ )، گروه تمرین هوازی+WIFI ( $M=-0/25$  و  $P=0/001$ ) و تمرین هوازی ( $M=-0/11$  و  $P=0/02$ ) به طور معنی‌داری بیشتر از وزن قلب گروه کنترل سالم بود. وزن قلب موش‌های صحرایی در گروه تمرینات هوازی به طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل تحت اشعه WIFI بود ( $P=0/003$ ) و همچنین، وزن قلب موش‌های صحرایی در گروه تمرین هوازی+WIFI به طور معنی‌داری بیشتر از گروه تمرین تنها بود ( $M=0/13$  و  $P=0/005$ ). مقایسه دو به دو نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی حاکی از آن بود که نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی در گروه کنترل تحت اشعه WIFI ( $P=0/009$ ) و گروه تمرین هوازی+گروه کنترل تحت اشعه WIFI ( $M=-0/001$  و  $P=0/001$ ) به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود. همچنین، نسبت وزن قلب به وزن بدن در گروه تمرین هوازی تحت اشعه WIFI به طور معنی‌داری بیشتر از تمرین اختیاری تحت اشعه WIFI بود ( $M=0/001$  و  $P=0/005$ ).

## بحث

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که قرار گرفتن در معرض اشعه WIFI اثری بر سطوح AST و ALT موش‌های صحرایی نداشت. تمرین هوازی موجب افزایش سطوح AST و ALT موش‌های صحرایی تحت اشعه WIFI گردید. با این وجود، سطوح AST در گروه تمرین هوازی به طور معنی‌داری بالاتر از گروه تمرین هوازی تحت اشعه WIFI بود. همچنین، قرار گرفتن در معرض اشعه WIFI موجب افزایش سطوح وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی گردید و اثر تمرین بر کاهش وزن، وزن قلب و تغییرات نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی تحت اشعه WIFI تایید شد.

فرکانس‌های اشعه الکترو مغناطیس در بدن به طور معمول در محدوده فرکانس‌های بسیار پایین قرار دارند. این اشعه الکترو مغناطیس شامل پتانسیل‌های عمل اعصاب و بافت قلب، ارتعاشات ماهیچه‌های اسکلتی و فرکانس‌های ناشی از فعالیت‌های ریتمیک در سایر بافت‌های بدن است. فرکانس‌های بالای اشعه الکترو مغناطیس یا قرار گرفتن در معرض آن بصورت طولانی، توانایی بدن برای ایجاد مکانیسم‌های جبران را کاهش می‌دهد و پتانسیل اثرات مرتبط با قلب افزایش می‌یابد (26).

بر اساس شواهد موجود در مطالعات قبلی، بررسی‌های بافت‌شناسی حاکی از مشاهده طناب‌های آناستوموزینگ در سلول‌های کبدی با هسته برجسته پس از قرارگیری در معرض اشعه الکترو مغناطیس می‌باشد. در بافت‌های تحت در معرض اشعه الکترو مغناطیس سینوس‌ها کمتر قابل مشاهده هستند و نکروز سلول‌های کبدی مشاهده می‌شود. همچنین، نفوذ مشخصی از واکوئل‌های چربی در سیتوپلاسم، نکروز سلول‌های کبدی و به هم ریختگی ردیف‌هایی که لوبول‌های کبدی کلاسیک را تشکیل می‌دهند، گزارش شده است. این امواج بر رشد کبد و تکثیر سلول‌های زنده در جنین حیوانات تأثیر می‌گذارد. علل اثر گذاری این امواج بر آنزیم‌های کبدی هنوز کاملاً مشخص نشده است (27). آنزیم‌های AST و ALT آنزیم‌های غیراختصاصی در جریان خون هستند که افزایش فعالیت آن‌ها در سرم نشان‌دهنده‌ی فعالیت کبدی برای کاهش رادیکال‌های آزاد است. محرک‌های محیطی از جمله میدان الکترومغناطیسی بر سلول‌ها و اندام‌های مختلف بدن از جمله کبد تأثیر می‌گذارد. شبکه‌های WIFI از رایج‌ترین الفاکرهای میدان الکترومغناطیسی هستند. در تضاد با یافته‌های مطالعه حاضر، برخی یافته‌ها افزایش مقادیر ALT و AST را در سرم خون موش‌هایی که در معرض امواج الکترو مغناطیسی قرار گرفته‌اند، تایید نموده است (28).



در مطالعه پولادی و همکاران سطوح سرمی سه آمینوترانس آمیناز کبدی شامل آلکالین فسفاتاز (ALP)، AST و ALT ارزیابی شد. نتایج نشان داد که سطوح آمینوترانس آمیناز پس از قرار گرفتن در معرض اشعه WIFI نسبت به گروه کنترل تغییر کرد و این تغییرات با گذشت زمان افزایش می‌یابد. همچنین، آنها نشان دادند که ALT و AST تغییرات بیشتری را در مقایسه با ALP در کبد حفظ کردند (29).

تحقیقاتی که به بررسی اثرات الکترومغناطیس بر کبد افرادی که در مواجهه شغلی میدان الکترومغناطیسی قرار دارند، انجام شده، بیانگر تأثیر این امواج بر کبد از طریق کاهش آلومین سرم و آنزیم‌های کبدی سرم و افزایش بیلی روبین تام است. همچنین، در برخی از این مطالعات میدان‌های الکترومغناطیسی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز شدند (23).

همراستا با مطالعه حاضر، یافته‌های مطالعه رجایی و همکاران نشان داده است که قرار گرفتن به مدت طولانی در برابر میدان الکترومغناطیس با فرکانس پایین، هیچ اثر مخرب مشخصی بر کبد موش‌ها ایجاد نمی‌کند (30). مطالعه امیری و همکاران نیز نشان داد که قرار گرفتن در معرض WIFI اثر قابل توجهی بر روی سطح کلسترول، LDL، HDL و سایر فعالیت آنزیم‌های کبدی مانند ALP، AST و ALT ندارد (31). یک مطالعه دیگر که در آن موش‌ها به مدت 1 ساعت طی 10 روز پی در پی در مجاورت تلفن همراه فعال قرار داده شده بودند، هیچ گونه آسیبی در بررسی بافت‌های کبد، کلیه و طحال نشان نداد (32).

با اینحال، برخی مطالعات، یافته‌های مطالعه حاضر را رد می‌کند (29، 33-37). یک مطالعه مروری نشان داد رابطه معنی‌داری بین امواج مضر الکترومغناطیس و آسیب به کبد از طریق افزایش سطح آنزیم‌های کبدی مشاهده شده است (38). بهتر است این نکته در نظر گرفته شود که عدم معنی‌داری نتایج در مطالعه حاضر ممکن است به دلیل تفاوت‌های نمونه، مدت زمان قرارگیری تحت امواج و سایر متغیرهای مداخله‌گر باشد. به نظر می‌رسد که تغییرات آنزیم‌های کبدی تحت اشعه الکترومغناطیس به طول موج و مدت زمان آن وابسته است.

مطالعه حاضر نشان داد که تمرین هوازی موجب افزایش سطح AST می‌گردد ولی اثری بر میزان ALT موش‌های صحرائی ندارد. همچنین، موجب افزایش سطوح AST و ALT موش‌های صحرائی تحت اشعه WIFI می‌گردد. مطالعات بسیار کمی به بررسی اثر تمرینات ورزشی بر آنزیم‌های کبدی در مدل‌های حیوانی و انسانی تحت اشعه الکترومغناطیس پرداخته‌اند. در مطالعه امیری و همکاران، اثرات ورزش شنا بر استرس اکسیداتیو و آسیب سلول‌های کبدی ناشی از انتشار WIFI 2.45GHZ در موش‌های صحرائی بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که ورزش شنا آسیب کبدی را کاهش می‌دهد. همچنین، در گروه تحت اشعه، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) کاهش یافت و غلظت مالون دی‌آلدئید (MDA) و آنزیم‌های کبدی (AST، ALT، و ALP) افزایش یافت (31).

یک مطالعه توسط پورفاضلی و همکاران نشان داد که هشت هفته قرار گرفتن در معرض تشعشعات WIFI باعث کاهش سطح پلاسمایی SOD، گلوکاتاتیون پراکسیداز (GPX) و افزایش MDA شد. بررسی اثر تمرین نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی باعث افزایش سطح SOD و GPX پلاسما و کاهش MDA شد. بنابراین، آنها نتیجه گرفتند که تمرینات هوازی منظم می‌تواند اثرات مفیدی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی داشته باشد و شاخص‌های استرس اکسیداتیو ناشی از تشعشعات WIFI را تعدیل کند (23).

یافته‌های برخی مطالعات نشان داده است که هشت هفته تمرین تداومی و هوازی موجب بهبود سطوح آنزیم‌های کبدی (کاهش سطوح سرمی ALT و AST) و نیمرخ چربی در مردان مبتلا به کبد چرب غیر الکلی می‌گردد (19-22). مطالعه ولی‌زاده و همکاران با هدف بررسی اثربخشی هشت هفته تمرین هوازی انتخابی بر سطوح آنزیم‌های کبدی مردان مبتلا به کبد چرب صورت گرفت. یافته‌ها حاکی از آن بود که هشت هفته تمرین هوازی باعث کاهش سطوح آنزیم‌های ALT و AST در سلول‌های کبدی می‌گردد (39).

در همین راستا، یک مطالعه سیستمیک به بررسی تأثیر ورزش هوازی و مقاومتی بر رفتار پروتئین‌های AST و ALT پرداخت. از مجموع 24 کارآزمایی بالینی، با پروتکل تمرین هوازی و تمرین مقاومتی بطور هفتگی بین 2-6 بار در هفته، تنها پنج مطالعه بهبود در هر دو آنزیم ALT و AST را در گروه مداخله نشان دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند

که ورزش نمی‌تواند تغییرات قابل توجهی در رفتار پارامترهای آنزیم‌های کبدی ایجاد کند (40). فعالیت بدنی مستقل از تغییرات وزن می‌تواند موجب کاهش چربی کبد گردد. تمرینات ورزشی منجر افزایش حساسیت به انسولین و تغییر در گیرنده‌های عضلات اسکلتی، افزایش بیان تنظیم‌کننده‌های ناقل گلوکز و در ادامه افزایش AMP، افزایش گلیکوژن سنتتاز و سوخت و ساز چربی‌ها و فعالیت بافت کبد می‌گردد (41).

دیگر یافته مطالعه حاضر نشان داد که قرار گرفتن در معرض اشعه WIFI موجب افزایش سطوح وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی گردید. بررسی اثر تمرینات هوازی در کاهش این فاکتورها (وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن) در موش‌های صحرایی تحت اشعه WIFI تایید شد.

فعالیت منظم ورزشی نقش مهمی در بهبود آمادگی قلبی و ریوی دارد. در رابطه با تاثیر امواج الکترومغناطیسی بر قلب، مطالعات متعددی صورت گرفته است. مطالعه کاویان نژاد و همکاران به منظور تعیین اثر امواج الکترومغناطیس تلفن همراه روی فشارخون سیستولیک و دیاستولیک، ضربان و آریتمی قلب انجام پذیرفت و نشان داد که امواج الکترومغناطیس تلفن همراه در مکالمات 17 دقیقه‌ای باعث آریتمی سینوسی می‌شود (15). مطالعه گوراکا و همکاران نیز کاهش پتانسیل آنتی اکسیدانی پلاسما و سلول‌های قلبی موش‌هایی که به مدت 60 دقیقه طی دو هفته در میدان الکترومغناطیسی 7 میلی‌تسلا با فرکانس 40 هرتز بودند، را تایید کرد (42).

یافته‌های مطالعه حاضر در خصوص اثر تشعشعات الکترومغناطیسی بر وزن توسط سایر مطالعات نیز مورد تایید قرار گرفته است (43, 44). منصفی و همکاران در پژوهشی به بررسی تغییرات حجمی قلب ناشی از قرارگیری در میدان الکترومغناطیس در موش صحرایی نر پرداختند. نتایج نهایی نشان داد امواج الکترومغناطیس با شدت پایین و بصورت کوتاه مدت، با ایجاد رادیکال‌های آزاد بر رشد و یا خون‌رسانی عضلات قلب مؤثرند. همچنین، افزایش طول مدت زمان قرارگیری در معرض میدان الکترومغناطیس اثرات برگشت پذیر دارد که احتمالاً ناشی از تعامل بین سیستم اعصاب و قلب و عروق می‌باشد. این امر ناشی از آن است که فرکانس‌های بالای اشعه الکترو مغناطیس یا قرار گرفتن در معرض آن بصورت طولانی مدت، منجر به کاهش توانایی بدن برای ایجاد مکانیسم‌های جبران می‌گردد و پتانسیل اثرات مرتبط با قلب را افزایش می‌دهد (45). اگرچه در جستجوی پایگاه داده‌ها برخی نتایج متناقض با یافته‌های این مطالعه مشاهده شد، این امر می‌تواند در نتیجه تفاوت میان نوع آزمودنی‌ها، مدت زمان قرارگیری در معرض فرکانس و یا تفاوت در شدت فرکانس‌ها باشد.

تمرینات ورزشی احتمالاً موجب افزایش هایپرتروفی فیزیولوژیک بافت قلب در موش‌های صحرایی می‌گردد. تمرینات ورزشی با سازگاری خود می‌تواند موجب تغییرات ساختاری در قلب گردد. به گونه‌ای که مطالعات نشان داده‌اند ورزشکاران در مقایسه با غیر ورزشکاران دارای بطن چپ بزرگتر، توده عضله قلبی بزرگتر، اندازه قلب بزرگتر می‌باشند (46).

مشابه با یافته‌های مطالعه حاضر یک مطالعه نشان داد که 4 هفته ورزش هوازی متوسط موجب کاهش معنی‌دار ضربان قلب استراحتی می‌گردد (24). تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که هنگام فعالیت ورزشی تغییرات ساختاری و عملکردی بطن چپ نسبت به سایر بخش‌های قلب بیشتر است (47). مطالعه رالینز و همکاران نتیجه گرفتند که شرکت در ورزش‌های منظم شدید موجب افزایش ضخامت دیواره بطن چپ و اندازه حفره‌های قلب می‌شود (25).

بر اساس یافته‌های فتحی و همکاران تمرینات استقامتی قطر دیاستولی بطن چپ موش‌ها را افزایش می‌دهد (48). همچنین، آن‌ها در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند که فعالیت استقامتی بر بیان ژن  $hp-1\&\beta$  بطن چپ رت‌های نر نژاد ویستار مؤثر است. یافته‌ها حاکی از آن بود که برنامه استقامتی (به مدت 14 هفته، 6 روز در هفته با شدت 30 متر در دقیقه) منجر به افزایش شاخص‌های وزنی قلب و بطن چپ می‌گردد (49). این یافته‌ها در مطالعه قراخانلو و همکاران نیز تایید شد. آن‌ها نشان دادند تمرین استقامتی منجر به افزایش هایپرتروفی و بیان ژن srf در بطن چپ موش‌های صحرایی می‌شود (50). مطالعه محمدی و همکاران نیز نشان داد که 12 هفته تمرین استقامتی موجب افزایش وزن موش‌ها، وزن قلب، وزن بطن گردید (51). این نتایج، همسو با مطالعه‌ی حاضر می‌باشد.

**نتیجه‌گیری**

به نظر می رسد اشعه الکترومغناطیس بر سطوح آنزیم‌های کبدی اثری ندارد، ولی تمرین هوازی موجب افزایش سطوح آنزیم‌های کبدی موش‌های صحرایی تحت اشعه WIFI می‌گردد. همچنین، قرار گرفتن در معرض اشعه WIFI موجب افزایش سطوح وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی می‌گردد. انجام تمرینات هوازی وزن، وزن قلب و نسبت وزن قلب به وزن بدن موش‌های صحرایی تحت اشعه WIFI را کاهش می‌دهد.

## تعارض منافع

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند هیچ گونه تعارض منافی در این مقاله وجود ندارد.

## قدردانی و تشکر

هزینه‌های مطالعه بر عهده محققین بوده، بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاری کنندگان این پژوهش اعلام می‌دارم.

## منابع

1. Lin JC. Electromagnetic fields in biological systems: Taylor & Francis; 2012.
2. Kıvrak EG, Yurt KK, Kaplan AA, Alkan I, Altun G. Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system. *Journal of microscopy and ultrastructure*. 2017;5(4):167-76.
3. Kashani ZA, Pakzad R, Fakari FR, Haghparast MS, Abdi F, Kiani Z, et al. Electromagnetic fields exposure on fetal and childhood abnormalities: Systematic review and meta-analysis. *Open Medicine*. 2023;18(1):20230697.
4. Stevens RG. Electromagnetic fields and free radicals. *Environmental Health Perspectives*. 2004;112(13):A726-A.
5. Sharma P, Jha AB, Dubey RS, Pessarakli M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of botany*. 2012;2012(1):217037.
6. Gul M, Demircan B, Taysi S, Oztasan N, Gumustekin K, Siktar E, et al. Effects of endurance training and acute exhaustive exercise on antioxidant defense mechanisms in rat heart. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2006;143(2):239-45.
7. Moriles KE, Azer SA. Alanine amino transferase. 2020.
8. Boder P, Stankiewicz W, Antkowiak B, Paluch M, Kieliszek J, Sobiech J, et al. Influence of electromagnetic field (1800 MHz) on lipid peroxidation in brain, blood, liver and kidney in rats. *International journal of occupational medicine and environmental health*. 2015;28(4):751-9.
9. Sabban IF, Pangesti G, Saragih HT. Effects of Exposure to Electromagnetic Waves from 3G Mobile Phones on Oxidative Stress in Fetal Rats. *Pakistan Veterinary Journal*. 2018;38(4).
10. Lai H. Exposure to static and extremely-low frequency electromagnetic fields and cellular free radicals. *Electromagnetic biology and medicine*. 2019;38(4):231-48.
11. Klabunde RE. Cardiac electrophysiology: normal and ischemic ionic currents and the ECG. *Advances in physiology education*. 2017;41(1):29-37.
12. Azab A, Ebrahim S. Exposure to electromagnetic fields induces oxidative stress and pathophysiological changes in the cardiovascular system. *J Appl Biotechnol Bioeng*. 2017;4(2):00096.
13. Adebayo E, Adeeyo A, Ogundiran M, Olabisi O. Bio-physical effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMR) on blood parameters, spermatozoa, liver, kidney and heart of albino rats. *Journal of King Saud University-Science*. 2019;31(4):813-21.

14. Lagos L. Low level microwave exposure decreases the number of male germ cells and affect vital organs of Sprague Dawley rats. 2010.
15. Kavian Nejad RHN, Mohammad Taghi R, Gharibi F. The effect of mobile phone electromagnetic waves on blood pressure, heart rate and arrhythmia. Scientific journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2009;11(3):22-6.
16. Cooper C, Vollaard NB, Choueiri T, Wilson M. Exercise, free radicals and oxidative stress. Biochemical society transactions. 2002;30(2):280-5.
17. Daniela M, Catalina L, Ilie O, Paula M, Daniel-Andrei I, Ioana B. Effects of exercise training on the autonomic nervous system with a focus on anti-inflammatory and antioxidants effects. Antioxidants. 2022;11(2):350.
18. Shamsoddini A, Sobhani V, Chehreh MEG, Alavian SM, Zaree A. Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in Iranian men with nonalcoholic fatty liver disease. Hepatitis monthly. 2015;15(10).
19. Davoodi M, Moosavi H, Nikbakht M. The effect of eight weeks selected aerobic exercise on liver parenchyma and liver enzymes (AST, ALT) of fat liver patients. 2012.
20. Galedari M, Kaki A. The effect of 12 weeks high intensity interval training and resistance training on liver fat, liver enzymes and insulin resistance in men with nonalcoholic fatty liver. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2017;16(5):493-503.
21. Zinvand Lorestani A, Rahmati M. The effect of eight weeks of aerobic training on the levels of enzymes associated with non-alcoholic fatty liver in obese children. Yafteh. 2018;20(2).
22. Bae JC, Suh S, Park SE, Rhee EJ, Park CY, Oh KW, et al. Regular exercise is associated with a reduction in the risk of NAFLD and decreased liver enzymes in individuals with NAFLD independent of obesity in Korean adults. 2012.
23. Pourfazeli B, Azamian Jazi A, Faramarzi M, Mortazavi M. Effect of Eight Weeks Aerobic Training on Oxidative Stress Markers in Rats Exposed to Electromagnetic Microwave Radiation Emitted from Wi-Fi Routers. Armaghane Danesh. 2017;22(3):311-24.
24. Ghasemi M JM, Sobhani V, Chavoshi F, Rezaei M, Raffati S. The role of 15-week aerobic exercise training in improving cardiovascular fitness in flight attendants. Journal of Military Medicine. 2022;14(4):285-92.
25. Rawlins J, Bhan A, Sharma S. Left ventricular hypertrophy in athletes. European Journal of Echocardiography. 2009;10(3):350-6.
26. Elmas O. Effects of electromagnetic field exposure on the heart: a systematic review. Toxicology and industrial health. 2016;32(1):76-82.
27. Siddiqi N, Heming T, Shalaby A, Al-Kindi M, Al-Ghafri F, Younas R. Mobile phone electromagnetic waves causing fatty change in the hepatocytes of the developing chick embryo: Are smart phones too close for comfort? Biomedical and Pharmacology Journal. 2017;10(3):1139-47.
28. Rezaie M. Effect of electromagnetic waves generated by base transiver station on liver enzymes in female rats. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences. 2013;15(7).
29. Pooladi M, Montzeri A, Nazarian N, Taghizadeh B, Odoumizadeh M. Effect of WiFi waves (2.45 GHz) on aminotransaminases (ALP, ALT and AST) in liver of rat. Archives of Advances in Biosciences. 2018;9(2):13-20.
30. Rajaei F, Mohammadian A. Effects of extremely low frequency electromagnetic field on mouse liver histology. 2013.
31. Amiri H, Shabkhiz F, Pournemati P, Quchan AHSK, Fard RZ. Swimming exercise reduces oxidative stress and liver damage indices of male rats exposed to electromagnetic radiation. Life Sciences. 2023;317:121461.
32. Baharara J, PARIVAR K, Ashraf A, MAJIDI B. The effects of mobile phone waves (940MHz) on embryonic development of hematopoiesis system in Balb/C mouse. 2008.
33. Hasan I, Islam MR. Biochemical and histopathological effects of mobile phone radiation on the liver of Swiss albino mice. Eur J Anat. 2020;24(4):257-61.
34. Peighambarzadeh SZ, Tavana M. Effects of electromagnetic field radiation on biochemical parameters in swiss albino mice. Banat's Journal of Biotechnology. 2017;8(16):48-53.
35. Fathy Assasa M. Effect of cellular phone field on body weight, liver enzymes blood indoces and role of some antioxidant in albino rats. Al-Zahra Assiut Med J. 2010;8(3):68-83.

36. Kulkarni GA, Gandhare WZ. Effect of extremely low frequency electric field on liver, kidney, and lipids of Wistar rats. *Int J Med Sci Public Heal*. 2015;4:1755.
37. Sani A, Labaran M, Dayyabu B. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on hematological and biochemical parameters in male albino rats. *Eur Exp Biol*. 2018;8(2):11.
38. Rashidi S AF. Investigating the effect of electromagnetic waves emitted from mobile phones on liver activity and some transaminases in mouse blood serum. *Knowledge reference*. 2017;2(5):20-35.
39. Valizadeh R, Nikbakht M, Davodi M, Khodadoost M. The effect of eight weeks elected aerobic exercise on the levels of (AST, ALT) enzymes of men patients with have fat liver. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2011;15:3362-5.
40. Silva M, Santos F, Lagares L, Macedo R, Takanami L, Almeida L, et al. Physical Exercise and Changes in AST/ALT Rates in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Systematic Review of Clinical Trials. 2023.
41. Moosavi-Sohroforouzani A, Ganbarzadeh M. Reviewing the physiological effects of aerobic and resistance training on insulin resistance and some biomarkers in non-alcoholic fatty liver disease. *KAUMS Journal (FEYZ)*. 2016;20(3):282-96.
42. Goraca A, Piechota A, Huk-Kolega H. Effect of alpha--Lipoic acid on LPS-induced oxidative stress in the heart. *Acta physiologica Polonica*. 2009;60(1):61.
43. Baharara J, Zahedifar Z. The effect of low-frequency electromagnetic fields on some biological activities of animals. *Journal of Arak University of Medical Sciences*. 2012;15(7):80-93.
44. Balanejad S, Parivar K, Baharara J, Mohseni Kochesfahani H. Effect of Combined rapamycine and of low frequency electromagnetic field on angiogenesis. *J Shahrekord Univ Med Sci*. 2010;11(3):70-6.
45. Monsefi M. Stereological study of heart volume in male rats after exposure to electromagnetic fields. *Iranian South Medical Journal*. 2008;10(2):112-8.
46. Cengiz A. Aerobic training induced structural changes of the heart. *Turkish Journal of Sport and Exercise*. 2012;14(3):1-5.
47. Gaeini A, Kazemi F, Mehdiabadi J, Shafiei-Neek L. The effect of 8-week aerobic interval training and a detraining period on left ventricular structure and function in non-athlete healthy men. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*. 2012;13(9).
48. Fathi K, Ghorbani F, Mojtahedi H. Effect of 6 week aerobic step training on cardiovascular fitness, body composition, flexibility, anaerobic power and quality of life of female students of isfahan university. *Iranian Journal of Ergonomics*. 2014;2(2):29-37.
49. Fathi M, Abroun S. The Effect Of Endurance Training On Left Ventricle Hp-1 $\beta$  Gene Expression In Wistar Male Rat. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2015;22(136):60-7.
50. Fathi M, Gharakanlou R, Rezaei R. The effect of 14-week endurance training on left ventricle HDAC4 gene expression of wistar male rat. 2014.
51. Mohammadi R, Matin Homae H, Azarbayjani M, Baesi K. The Effects of 12 week Endurance Training on glucose amount, Blood insulin and Heart Structure in type 2 diabetic Rats. *Community Health Journal*. 2017;9(3):29-36.