

# تأثیر هشت هفته تمرین هوازی بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو در رت‌های قرار گرفته در معرض اشعه الکترومغناطیس مایکروویو ساطع شده از روترهای Wi-Fi

بهرام پورفاضلی<sup>۱</sup>، اکبر اعظمیان جزئی<sup>۱</sup>، محمد فرامرزی<sup>۱</sup>، سید محمد جواد مرتضوی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران، <sup>۲</sup> مرکز تحقیقات حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و غیر یونساز، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۸

## چکیده

**زمینه و هدف:** قرار گرفتن در معرض امواج الکترومغناطیس می‌تواند باعث استرس اکسیداتیو شده و از طرفی عملکرد سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن با ورزش منظم افزایش یافته و باعث کاهش استرس اکسیداتیو می‌شود. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین هوازی بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو در رت‌های قرار گرفته در معرض اشعه الکترومغناطیس مایکروویو ساطع شده از روترهای Wi-Fi بود.

**روش بررسی:** در این مطالعه تجربی ۲۶ سر رت نر ۸ هفته‌ای از نژاد ویستار با محدوده وزنی  $200 \pm 20$  گرم به طور تصادفی به چهار گروه شامل: کنترل، اشعه، تمرین و اشعه+تمرین تقسیم شدند. برنامه اصلی تمرین شامل ۸ هفته (یک جلسه در روز و پنج روز هفته) دویدن روی تردمیل مخصوص حیوانات با ۴۰ تا ۶۰ درصد حداکثر سرعت و پروتکل اشعه شامل روزانه یک ساعت مواجهه با اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز ساطع شده از مودم Wi-Fi و به مدت ۸ هفته بود. قبل و ۴۸ ساعت پس از مداخلات اصلی، از کلیه گروه‌ها نمونه خونی گرفته شد. سطوح پلاسمایی سوپراکسیددیسموتاز (SOD) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) به روش الیزا و با استفاده از کیت‌های معتبر و مالون دی‌آلدئید (MDA) به روش TBA اندازه‌گیری و داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آنالیز واریانس یک‌طرفه، تی وابسته و تعقیبی توکی تجزیه و تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های مختلف تحقیق بود به این صورت که هشت هفته مواجهه با اشعه Wi-Fi باعث کاهش سطح پلاسمایی SOD و GPX و افزایش MDA شده و از طرف دیگر هشت هفته تمرین هوازی افزایش سطح پلاسمایی SOD و GPX و کاهش MDA شد. نتایج آزمون توکی نشان داد در زمینه SOD و GPX تفاوت بین همه گروه‌ها، به استثنای گروه‌های تمرین‌هوازی با گروه اشعه+تمرین‌هوازی ( $p=0/119$  و  $p=0/073$ ) معنی‌دار بود. و در زمینه MDA تفاوت بین همه گروه‌ها، به استثنای گروه اشعه+تمرین‌هوازی با گروه‌های تمرین‌هوازی و کنترل ( $p=0/322$  و  $p=0/717$ ) معنی‌دار بود. نتایج آزمون تی وابسته نیز حاکی از تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون همه متغیرهای تحقیق بود.

**نتیجه‌گیری:** در مجموع به نظر می‌رسد تمرین منظم هوازی می‌تواند اثرات مفیدی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی داشته و باعث تعدیل در شاخص‌های استرس اکسیداتیو ناشی از اشعه Wi-Fi شود.

**واژه‌های کلیدی:** استرس اکسیداتیو، Wi-Fi، تمرین هوازی، سیستم آنتی‌اکسیدان

**نویسنده مسئول:** اکبر اعظمیان جزئی، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

Email: [azamianakbar@yahoo.com](mailto:azamianakbar@yahoo.com)



## مقدمه

به طور کلی استرس اکسیداتیو به عدم تعادل بین اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها اشاره دارد (۱، ۲). در شرایط طبیعی، رادیکال‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان‌ها در یک وضعیت متعادل قرار دارند. زمانی که این تعادل در جهت افزایش رادیکال‌های آزاد مختل گردد، باعث ایجاد استرس اکسیداتیو در سلول می‌شود (۳). امروزه تابش اشعه الکترومغناطیس (EMR)<sup>(۱)</sup>، از جمله امواج ساطع شده از روترهای Wi-Fi به عنوان یک اکسیدان جدیدی مطرح شده که سلول‌های زنده را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۴). میزان نفوذ این امواج، به عواملی از جمله نوع اشعه، میزان فرکانس، نوع بافتی که در معرض قرار می‌گیرد، مدت زمان مواجهه و میزان جذب آن در بافت بستگی دارد (۵). با این حال عواقبی از جمله افزایش گونه‌های اکسیژن واکنشی (ROS)<sup>(۶)</sup>، پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و دامنه گسترده‌ای از آسیب‌های اکسیداسیونی (۶) را در پی داشته و در طولانی مدت خطراتی را برای سلامت ایجاد می‌نمایند (۷). اخیراً مطالعه‌های متعددی ارتباط بین سلامت انسان و مواجهه با EMR را بررسی کرده‌اند. از جمله، چاو‌هان و همکاران، در تحقیقی نشان دادند؛ قرار گرفتن در معرض اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز Wi-Fi به مدت دو ساعت در هر روز و برای ۳۵ روز، سطح بالایی از مالون دی‌آلدئید (MDA)<sup>(۲)</sup> در کبد، مغز و طحال را در آزمودنی‌های در معرض اشعه ایجاد می‌کند (۸). نتایج مطالعه مقا و همکاران نشان داد ۶۰ روز قرار گرفتن در معرض تابش اشعه Wi-Fi با فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز (۲ ساعت در روز، ۵ روز در هفته) منجر به افزایش قابل توجهی

در MDA و کاهش قابل توجهی در سطح گلوتاتیون (GSH)<sup>(۳)</sup> و سوپراکسیددیسوتاز (SOD)<sup>(۵)</sup> در آزمودنی‌های در معرض اشعه می‌شود (۹). نتایج مطالعه اکسای و همکاران و آینالی و همکاران، نشان داد قرار گرفتن در معرض اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز Wi-Fi باعث افزایش سطح MDA و کاهش میزان فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (GPx)<sup>(۶)</sup> می‌شود (۱۰، ۱۱). نتایج برخی مطالعه‌های دیگر نشان داد قرار گرفتن در معرض اشعه Wi-Fi باعث کاهش فعالیت SOD (۹، ۱۲، ۱۳)، کاهش فعالیت GPx (۱۰، ۱۳-۱۵)، افزایش غلظت MDA (۹، ۱۲، ۱۶)، کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC)<sup>(۷)</sup> (۱۶) می‌شود.

از سوی دیگر بدن انسان دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی است و عملکرد این سیستم با ورزش افزایش پیدا می‌کند و نقش مهمی در مهار و کاهش ROS و اثرات منفی آنها ایفا می‌نماید (۱۷). تمرین هوازی در صورتی که با شدت‌های متوسط و پایین انجام شود منجر به تحریک سیستم آنتی‌اکسیدانی برای مقابله با رادیکال‌های آزاد می‌شود. با این حال بسیاری از محققین بر این باورند که فعالیت‌های با شدت بالا نیز در صورتی که به طور منظم انجام شوند منجر به ایجاد نوعی از سازگاری می‌گردد (۱۸). مطالعه‌های فراوانی جهت تعیین روابط بین مواد آنتی‌اکسیدان و محصولات استرس اکسیداتیو در شدت

- 1-Electromagnetic Radiation
- 2-Reactive Oxygen Species
- 3-Malondialdehyde
- 4-Glutathione
- 5-Superoxide dismutase
- 6-Glutathione peroxidase
- 7-Total antioxidant capacity

روت‌های Wi-Fi باعث افزایش استرس اکسیداتیو و شاخص‌های اکسیدانی در بدن شده و از طرف دیگر تمرین‌های هوازی منظم، از طریق افزایش بیان و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها منجر به نوعی سازگاری برای مقابله با رادیکال‌های آزاد و کاهش شاخص‌های استرس اکسیداتیو می‌گردد. و با توجه به تنوع زیاد منابع تولید کننده اکسیدان‌ها و تفاوت در طیف و مکانیسم اثر آنها و نظر به این که بر اساس بررسی‌های انجام شده، تا کنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی اثر ورزش بر تغییرات شاخص‌های استرس اکسیداتیو ناشی از منابع EMR از جمله روت‌های Wi-Fi، در داخل و یا خارج از کشور صورت نگرفته و تمامی تحقیق‌های انجام شده، صرفاً اثر یکی از دو موضوع اشعه و یا ورزش را بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو بررسی نموده‌اند، به عبارت دیگر تاکنون مشخص نشده که آیا داشتن تمرین منظم هوازی می‌تواند از آسیب اکسایشی ناشی از مواجهه با اشعه وای فای بکاهد یا نه؟ به همین منظور هدف از این مطالعه «بررسی تأثیر تمرین هوازی بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو در رت‌های قرار گرفته در معرض اشعه الکترومغناطیس مایکروویو ساطع شده از روت‌های Wi-Fi» بود.

### روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع تجربی بود که در آن ۳۰ سر رت بالغ نر ۸ هفته‌ای از نژاد ویستار با محدوده وزنی  $200 \pm 20$  گرم از بخش پرورش حیوان‌های

های مختلف تمرینی انجام شده است. اعظمیان جزی و همکاران در مطالعه خود نشان دادند هشت هفته تمرین‌های ورزشی ترکیبی باعث افزایش معنی‌داری در سطوح سرمی SOD و CAT و کاهش سطح MDA در زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو تعیین می‌شود (۱۹). نتایج مطالعه پیرا و همکاران نشان داد پروتکل تمرین هوازی باعث بهبود استرس اکسیداتیو با افزایش سطح کاتالاز، فعالیت SOD و کاهش MDA می‌شود (۲۰). در مطالعه وزولی و همکاران هشت هفته تمرین مداوم با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید تمرین کاهش قابل ملاحظه‌ای در غلظت پلاسمای استراحت تیوباریتوریک اسید پدید آورد (۲۱). ارسلان و همکاران نشان دادند ۱۲ هفته تمرین هوازی (سه بار در هفته)، غلظت پلاسمایی MDA را به طور قابل توجهی کاهش داد (۲۲). در بعضی از تحقیق‌های دیگر نشان داده اند که تمرین استقامتی و سازگاری با تمرین‌های سبک و هوازی، باعث کاهش معنی‌داری در فشار اکسایشی از طریق کاهش میزان MDA (۱۸، ۲۰، ۲۳، ۲۴)، افزایش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند افزایش فعالیت GPX (۲۴)، افزایش فعالیت SOD (۲۴-۲۶)، شده و از طرف دیگر نتیجه برخی مطالعه‌ها از جمله لی و همکاران و کاردوسو و همکاران نشان داد، انجام تمرین با شدت بالا و درمانده ساز باعث افزایش MDA و کاهش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر GPX و SOD می‌شود (۲۷، ۲۸).

با توجه به این که تحقیق‌های گذشته نشان داده‌اند که قرار گرفتن در معرض EMR ساطع شده از

دانشگاه علوم پزشکی شیراز تهیه و به آزمایشگاه حیوانات دانشگاه علوم و تحقیقات واحد فارس منتقل و در شرایط کنترل شده محیطی با میانگین دمای  $22 \pm 3$  درجه سانتی‌گراد، چرخه روشنایی - تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت، رطوبت نسبی 45 تا 55 درصد و با دسترسی آزاد به آب و غذای ویژه رت نگهداری شدند. کلیه اصول اخلاقی دستورالعمل‌های مربوط به کار با حیوانات در طول فرآیند پژوهش رعایت شد و کد اخلاق در پژوهش از دانشگاه علوم پزشکی یاسوج دریافت گردید. حیوانات قبل از ورود به مطالعه به مدت یک هفته با محیط آزمایشگاه سازگار شدند. سپس جهت آشناسازی با دویدن بر روی تردمیل مخصوص حیوانات (ساخت شرکت دانش سالار ایرانیان)، تمامی گروه‌های تجربی و کنترل - به جهت یکسان سازی اثر مرحله آشناسازی بر تغییرات متغیرهای تحقیق - به مدت یک هفته با سرعت 5 متر بر دقیقه، شیب صفر درجه و مدت زمان 10 دقیقه شروع به فعالیت کردند (25). در پایان هفته، 6 سر از رت‌هایی که قادر به سازگاری با دویدن بر روی تردمیل نبودند از مطالعه حذف شدند و 24 سر رت باقیمانده به طور تصادفی به چهار گروه کنترل، اشعه، تمرین و اشعه+ تمرین تقسیم و هر گروه در قفس جداگانه‌ای قرار داده شدند. برنامه اصلی تمرین با استفاده از دستگاه تردمیل مخصوص حیوانات، یک جلسه یک ساعته در روز، 5 روز در هفته و به مدت 8 هفته (29) برای گروه های تمرین (تمرین هوازی و اشعه+ تمرین هوازی)

انجام شد. هفته اول تمرین با 40 درصد حداکثر سرعت شروع شد؛ از هفته دوم تا چهارم به 50 تا 55 درصد و از هفته پنجم تا هشتم به 60 درصد حداکثر سرعت رسید. حداکثر سرعت با استفاده از آزمون ورزشی فزاینده اندازه‌گیری شد. به این صورت که ابتدا رت‌ها دویدن را با سرعت یازده متر و 6 دهم در هر دقیقه شروع کردند. سپس، سرعت دویدن به میزان 1 و 6 دهم در هر دقیقه افزایش یافت تا به سرعت 20 متر در دقیقه رسید. بعد از آن، سرعت دویدن به میزان 3 و 2 دهم متر در دقیقه افزایش می‌یافت تا رت‌ها به واماندگی برسند. واماندگی زمانی محسوب می‌شد که حیوان در طی یک دقیقه، 5 بار ته کانال را لمس می‌نمود (30). طول هر جلسه تمرین ورزشی یک ساعت بود که برنامه گرم کردن در ابتدای هر جلسه تمرینی، شامل 5 دقیقه دویدن با سرعت 7 متر بر دقیقه و افزایش سرعت تا رسیدن به سرعت مورد نظر بود. عمل سرد کردن نیز در انتهای تمرین با کاهش پلکانی سرعت در انتهای هر جلسه تمرین انجام شد (31، 32). جهت به حداقل رساندن تفاوت در استرس ناشی از دستکاری، گروه کنترل نیز روزانه به مدت 10 دقیقه بر روی تردمیل بدون حرکت قرار داده می‌شدند (33). پروتکل تابش اشعه نیز به این صورت بود که گروه های اشعه و اشعه+ ورزش به مدت 1 ساعت در روز در طول 8 هفته در معرض اشعه با فرکانس 2/45 گیگاهرتز که از یک دستگاه مودم Wi-Fi منتشر می‌شد، قرار گرفتند (12). به منظور کم کردن حداکثری تداخل و تأثیر بقیه پرتوها بر نتایج تحقیق،

هیچ دستگاه پرتوزای دیگری (حتی تلفن همراه محققین) در طول مطالعه، در آزمایشگاه و تا فاصله ۲۵ متری از آن وجود نداشت.

۴۸ ساعت پس مرحله آشناسازی و نیز ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه مداخلات (جهت رسیدن به نتایج دقیق‌تر در عوامل خونی) (۳۴) و پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی، بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح رت‌ها با استفاده از تزریق داخل صفاقی کتامین (۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و زایلازین (۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیهوش شدند (۳۵). و ۲/۵ میلی‌لیتر خون مستقیماً از قلب آنها گرفته شد (۳۴). نمونه‌های گرفته شده بلافاصله در لوله‌های آغشته به EDTA<sup>(۱)</sup> (ماده ضد انعقادی) ریخته شدند و با ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ و پلاسمای جدا شده در حجم‌های نیم میلی لیتر و در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آزمایش نگهداری شدند (۳۵). سطوح پلاسمایی SOD، GPX و ظرفیت TAC به روش الیزا (۳۳) و با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی معتبر AssayKit ساخت شرکت ZellBio GmbH کشور آلمان و مالون دی آلدئید به روش TBA<sup>(۲)</sup> (۳۳، ۳۶) اندازه‌گیری شد. جهت اجرای پروژه به صورت یکسو کور، اندازه‌گیری بیوشیمیایی متغیرها و تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله همکارانی صورت گرفت که اطلاعی از چگونگی گروه‌بندی نمونه‌ها نداشتند. جهت به حداقل رساندن خطای آزمایش، همه اندازه‌گیری‌های مربوط به یک متغیر در یک روز انجام شد. روش‌ها و تجهیزات به کار گرفته شده برای تمامی گروه‌ها در هر دو مرحله خون‌گیری یکسان بود.

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون‌های آماری شاپیرو-ویلک، لون، تی وابسته و آنالیز واریانس یک طرفه و توکی تجزیه و تحلیل شدند.

### یافته‌ها

نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای بررسی تغییرات بین گروهی و نیز نتایج آزمون تی وابسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس این آزمون اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های مختلف تحقیق در سطوح متغیرهای SOD، GPx و MDA در مرحله پس آزمون وجود داشت (۰/۰۵ < p). بر اساس نتایج آزمون تی وابسته، تغییرات درون گروهی متغیرهای SOD، GPx و MDA با اختلاف معنی‌داری همراه بود. بر اساس نتایج آزمون تعقیبی توکی (جدول ۲) در زمینه متغیر SOD و GPx بین گروه‌های مختلف تحقیق اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به جز بین گروه ورزش با گروه اشعه+ تمرین (۰/۱۲ < p) و (۰/۰۷ < p) اگر چه تفاوت وجود داشت، ولی معنی‌دار نبود. در ارتباط با متغیر MDA نیز بین همه گروه‌های مختلف تحقیق به جز بین گروه اشعه+ ورزش با گروه‌های ورزش (۰/۷۱۷ < p) و کنترل (۰/۳۲۲ < p) اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

1-Ethylene diamine tetra aceti Acid  
2-Thiobarbituric acid

جدول ۲: نتایج آزمون تعقیبی توکی جهت تعیین محل تفاوت متغیرها در گروه های تحقیق

اشعه + تمرین		تمرین		اشعه		گروه	متغیر
M= -۸/۳۲	P=۰/۰۰۳*	M= -۱۴/۸۷	P=۰/۰۰۰*	M=۱۰/۲۷	P=۰/۰۰۷*	کنترل	سوپراکسیددیسموتاز (واحد)
M= -۱۸/۶۲	P=۰/۰۰۰*	M= -۲۵/۱۵	P=۰/۰۰۰*	-	-	اشعه	استاندارد در میلی لیتر)

جدول ۱: نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و تی وابسته برای بررسی تغییرات متغیرها در گروه های مختلف تحقیق

P1	F	اشعه + تمرین	تمرین	اشعه	کنترل	گروه ها	متغیر	
۰/۹۹	۰/۳۰	۳۳/۴۳±۵/۰۲	۳۳/۵۲±۳/۹۸	۳۳/۵۶±۴/۵۲	۳۳/۸۱±۵/۱	پیش آزمون	سوپراکسیددیسموتاز	
۰/۰۰۱	۳۰/۷۹	۴۰/۹۰±۶/۲۶	۴۷/۴۳±۴/۷۱	۲۲/۲۸±۲/۶۳	۳۲/۵۶±۴/۸۶	پس آزمون	(واحد استاندارد بر میلی لیتر)	
-	-	#۰/۰۰۱	#۰/۰۰۱	#۰/۰۰۱	۰/۱۷	P2		
۰/۸۶	۰/۲۴	۹۸/۳۳±۶/۷۲	۹۸/۳۳±۶/۷۲	۹۹/۸۳±۴/۹۹	۱۰۰±۳/۸۹	پیش آزمون	گلوکاتیون پراکسیداز	
۰/۰۰۰	۳۷/۳۶	۱۱۱/۱۷±۷/۹۸	۱۲۰/۰۵±۶/۷۲	۸۵/۸۳±۳/۸۶	۱۰۰/۶۶±۳/۸۸	پس آزمون	(واحد استاندارد بر میلی لیتر)	
-	-	#۰/۰۰۱	#۰/۰۰۱	#۰/۰۰۱	۰/۴۲۱	P2		
۰/۷۲	۲/۷۱	۳/۶۱±۰/۵۱	۳/۶۲±۰/۲۴	۳/۰۸±۰/۴۴	۳/۱۲±۰/۵۰	پیش آزمون	مالون دی آلدئید	
۰/۰۰۰	۲۱/۲۸	۲/۶۰±۰/۴۶	۲/۳۱±۰/۳۸	۴/۳۳±۰/۵۴۳	۳/۰۸±۰/۴۹	پس آزمون	(نانو مول در میلی لیتر)	
-	-	#۰/۰۰۱	#۰/۰۰۱	#۰/۰۰۱	۰/۱۴۱	P2		
		*و# معنی داری در سطح $p \leq 0.05$			P2: معنی داری درون گروهی		P1: معنی داری بین گروهی	
M= -۶/۵۲	P=۰/۱۱۹	-	-	-	-	تمرین		
M= -۱۰/۵۰	P=۰/۰۰۳*	M= -۱۹/۳۸	P=۰/۰۰۰*	M=۱۴/۸۳	P=۰/۰۰۲*	کنترل	گلوکاتیون پراکسیداز (واحد)	
M= -۲۵/۳۳	P=۰/۰۰۰*	M= -۳۴/۲۱	P=۰/۰۰۰*	-	-	اشعه	استاندارد در میلی لیتر)	
M= -۸/۸۸	P=۰/۰۷۳	-	-	-	-	تمرین		
M=۰/۴۸	P=۰/۰۳۳	M=۰/۷۷	P=۰/۰۴۸*	M= -۱/۲۵	P=۰/۰۰۱*	کنترل	مالون دی آلدئید	
M= ۱/۷۱	P=۰/۰۰۰*	M= ۲/۰۲	P=۰/۰۰۰*	-	-	اشعه	(نانو مول در میلی لیتر)	
M= -/۲۹	P=۰/۷۱۷	-	-	-	-	تمرین		
		معنی داری در سطح $p \leq 0.05$			p: سطح معنی داری		M: تفاوت میانگین ها	

**بحث**

واریانس یک طرفه نشان دهنده وجود اختلاف معنی داری بین گروه های مختلف تحقیق با گروه کنترل بود. نتایج آزمون توکی نشان داد این تفاوت بین همه گروه ها، به استثنای گروه های ورش با اشعه + تمرین، معنی دار بود. به این صورت که هشت هفته مواجهه با اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز Wi-Fi باعث کاهش سطح پلاسمایی SOD و GPx در گروه اشعه نسبت به گروه کنترل شد. در رابطه با این بخش از تغییرات، نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق های مقا و همکاران، صلاح و همکاران،

در مطالعه حاضر اثر تمرین هوازی بر شاخص های استرس اکسیداتیو در رت های قرار گرفته در معرض اشعه الکترومغناطیس مایکروویو ساطع شده از روترهای Wi-Fi مورد ارزیابی قرار گرفت. به طور کلی نتایج نشان داد ۸ هفته تمرین هوازی باعث اختلاف معنی داری بین گروه های مختلف تحقیق در زمینه متغیرهای SOD، GPx و MDA می شود. در زمینه سطح پلاسمایی SOD و GPx نتایج آزمون تحلیل

جان ول و همکاران، اکسای و همکاران، آتاسوی و همکاران، نذیر اغلو و همکاران، آینالی و همکاران و تارکر و همکاران هم‌سو بود (۹-۱۶). از طرف دیگر هشت هفته تمرین هوازی باعث افزایش سطح پلاسمایی SOD و GPx در گروه ورزش هوازی نسبت به گروه‌های کنترل و اشعه شد. در رابطه با این تغییرات نیز نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق‌های پریرا و همکاران، مدیر و همکاران، بقایی و همکاران و شین و همکاران هم‌خوانی داشت (۲۵، ۲۶ و ۳۷).

رادیکال‌های آزاد ممکن است به واسطه فعالیت فزاینده آنزیم‌های تولید کننده رادیکال، فعال‌سازی فاگوسیت‌ها، فسفولیپازها و نیز از طریق اختلال سیستم انتقال الکترون که به نشت الکترون فزاینده و تشکیل رادیکال سوپر اکسید می‌انجامد، تولید شوند (۳۸). به طور خاص اشعه الکترومغناطیس باعث تحریک آنزیم NADH اکسیداز می‌شود که نقش کلیدی در تأثیرات جانبی سلولی متعدد مشاهده شده در مطالعه‌های آزمایشگاهی دارد (۳۸). به نظر می‌رسد NADPH اکسید شده، منجر به تولید رادیکال آزاد سوپراکساید (O<sub>2</sub>-) در اندوتلیوم سلول‌های عضلانی می‌گردد، که باعث آسیب به اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌شود (۳۹، ۴۰). بنابراین کاهش سطح فعالیت SOD حاکی از افزایش در تولید یون سوپر اکسید است، چرا که بخشی از این این آنزیم صرف دیسموته کردن سوپراکسید می‌شود (۴۱). بدن دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی است که به کاهش

استرس اکسیداتیو کمک می‌کند، عملکرد این سیستم با ورزش افزایش پیدا می‌کند (۱۷). اگر چه GPx یک آنزیم نسبتاً پایدار است، ولی با تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد و تحت شرایط استرس اکسیداتیو شدید می‌تواند فعالیت آن کاهش یافته و یا ممکن است غیرفعال شود (۴۱). آنزیم GPx هم در سیتوزول و هم در میتوکندری سلول وجود دارد و بیشترین فعالیت آن در فیبرهای کند انقباض عضلانی است و با تبدیل طیف گسترده‌ای از هیدروپراکسیدهای آلی پیچیده به H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>، از اکسیداسیون لیپیدهای غشایی محافظت می‌کند (۴۲). از سوی دیگر ورزش منظم با شدت متوسط ممکن است به واسطه بهبود دفاع آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش گونه‌های اکسیژن واکنشی و عوارض آن شود (۴۳). عمده‌تاً افزایش فعالیت SOD در تمرین، به وسیله تغییرات بیوشیمیایی و هیستولوژیکی ناشی از رادیکال‌های آزاد در بافت‌های عضلانی رخ می‌دهد. این افزایش نشان می‌دهد که تمرین می‌تواند باعث تحریک تولید SOD شود (۲۵). از این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که وجود متغیرهایی مانند تمرین ورزشی، احتمالاً از طریق افزایش فعالیت SOD خارج سلولی باعث افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن می‌شود (۴۴). همچنین مشخص شده که تمرین استقامتی و سازگاری با تمرین‌های سبک و هوازی، باعث کاهش معنی‌داری در فشار اکسایشی عضلات اسکلتی می‌شود و میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند CAT و GPx را بالا می‌برد (۴۵).

جان ول و همکاران، اکسای و همکاران، آتاسوی و همکاران، نذیر اغلو و همکاران، آینالی و همکاران و تارکر و همکاران هم‌سو بود (۹-۱۶). از طرف دیگر هشت هفته تمرین هوازی باعث افزایش سطح پلاسمایی SOD و GPx در گروه ورزش هوازی نسبت به گروه‌های کنترل و اشعه شد. در رابطه با این تغییرات نیز نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق‌های پریرا و همکاران، مدیر و همکاران، بقایی و همکاران و شین و همکاران هم‌خوانی داشت (۲۵، ۲۶ و ۳۷).

رادیکال‌های آزاد ممکن است به واسطه فعالیت فزاینده آنزیم‌های تولید کننده رادیکال، فعال‌سازی فاگوسیت‌ها، فسفولیپازها و نیز از طریق اختلال سیستم انتقال الکترون که به نشت الکترون فزاینده و تشکیل رادیکال سوپر اکسید می‌انجامد، تولید شوند (۳۸). به طور خاص اشعه الکترومغناطیس باعث تحریک آنزیم NADH اکسیداز می‌شود که نقش کلیدی در تأثیرات جانبی سلولی متعدد مشاهده شده در مطالعه‌های آزمایشگاهی دارد (۳۸). به نظر می‌رسد NADPH اکسید شده، منجر به تولید رادیکال آزاد سوپراکساید (O<sub>2</sub>-) در اندوتلیوم سلول‌های عضلانی می‌گردد، که باعث آسیب به اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌شود (۳۹، ۴۰). بنابراین کاهش سطح فعالیت SOD حاکی از افزایش در تولید یون سوپر اکسید است، چرا که بخشی از این این آنزیم صرف دیسموته کردن سوپراکسید می‌شود (۴۱). بدن دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی است که به کاهش



در گروه اشعه+ تمرین نیز بر اساس نتایج آزمون آنوا، سطح پلاسمایی SOD و GPx نسبت به گروه‌های کنترل و اشعه دارای افزایش آماری معنی داری بود، ولی بر اساس نتایج آزمون توکی نسبت به گروه تمرین هوازی این تفاوت معنی‌دار نبود. به این معنی که، گرچه انجام تمرین هوازی منظم باعث افزایش سطح SOD و GPx به اندازه گروه تمرین هوازی نشد، ولی در کل از میزان استرس اکسیداتیو ایجاد شده به وسیله اشعه کاسته و با افزایش در میزان SOD و GPx، موازنه بین اکسیدانت بر آنتی‌اکسیدانت را مثبت و به نفع سیستم آنتی‌اکسیدانی افزایش داده است. ممکن است کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مربوط به استفاده شدن بیشتر آنها علیه رادیکال‌های آزاد و از طرف دیگر به علت محدود شدن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به وسیله گونه‌های اکسیژن فعال شده، باشد (۴۶). بنابراین شاید دلیل تفاوت میزان این آنزیم‌ها نسبت به گروه‌های کنترل و تمرین هوازی، مصرف شدن بخشی از آنها در مقابله با رادیکال‌های آزاد و استرس اکسیداتیو احتمالی ناشی از اشعه Wi-Fi باشد، لذا از آنجا که میزان این آنزیم نسبت به گروه اشعه و نسبت به پیش‌آزمون، افزایش داشته برآیند کلی مثبت بوده و شاید بتوان چنین اظهار نظر نمود که انجام ۵ جلسه ورزش هوازی در هفته باعث افزایش آنزیم‌های SOD و GPx در افراد قرار گرفته در معرض اشعه Wi-Fi می‌شود. در خصوص تغییرات این متغیرها در گروه اشعه+ تمرین، ذکر این نکته حایز اهمیت است تحقیق حاضر اولین تحقیقی است که در این زمینه انجام می

شود و تا کنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای در داخل و یا خارج از کشور در این رابطه انجام نگرفته است. در زمینه سطح پلاسمایی MDA نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه مبین وجود اختلاف معنی داری بین گروه‌های مختلف تحقیق با گروه کنترل بود نتایج آزمون تی وابسته نیز حاکی از این بود که این تغییرات در اثر مداخله ایجاد شده‌اند. نتایج آزمون توکی نشان داد تفاوت بین گروه اشعه+ تمرین با گروه‌های تمرین و کنترل معنی‌دار نبود. به این صورت که هشت هفته مواجهه با اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز Wi-Fi باعث افزایش غلظت MDA در گروه اشعه نسبت به گروه کنترل شد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق‌های اکسای و همکاران، صلاح و همکاران، جان ول و همکاران، چاوهران و همکاران، آینالی و همکاران، نذیر اعلو و همکاران، مقا و همکاران و تارکر و همکاران هم‌سو بود (۹-۱۴، ۱۶، ۴۷). از طرف دیگر انجام هشت هفته تمرین هوازی باعث کاهش MDA در گروه تمرین هوازی نسبت به گروه‌های کنترل و اشعه شد. در این رابطه نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق‌های اعظمیان جزئی و همکاران، پیرا و همکاران، سانگ یانگ و همکاران، حجازی و همکاران، وزولی و همکاران و ارسلان و همکاران هم‌سو بوده (۱۷، ۱۹، ۲۱، ۳۷، ۴۸). ولی با نتایج تحقیقات لی و همکاران و کاردوسو و همکاران هم‌خوانی نداشت (۲۷، ۲۸).

تابش طولانی مدت اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز ماکروویو باعث تولید مقادیر زیادی از ROS در غشاء

آزمون توکی نسبت به گروه‌های تمرین هوازی و کنترل این تفاوت معنی‌دار نبود، به این معنی که، گرچه انجام تمرین منظم هوازی در این گروه، باعث کاهش MDA نسبت به گروه اشعه شده، ولی این کاهش به اندازه گروه‌های تمرین و کنترل نبوده است. در این رابطه به نظر می‌رسد این موضوع از یک طرف به علت میزان پراکسیداسیون لیپیدی بسیار زیاد ناشی از اشعه Wi-Fi. که این موضوع را می‌توان از تغییرات میزان MDA در مرحله پس آزمون گروه اشعه (جدول ۱) حدس زد و از طرفی مصرف شدن بخشی از SOD و GPx در مقابله استرس اکسیداتیو ایجاد شده ناشی از اشعه باشد، ولی از آنجا که این متغیر نسبت به گروه اشعه و همچنین نسبت به پیش آزمون کاهش داشته، شاید بتوان چنین اظهار نظر نمود که انجام ۵ جلسه ورزش هوازی در هفته می‌تواند باعث کاهش MDA به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی در افراد قرار گرفته در معرض اشعه Wi-Fi گردد. در خصوص تغییرات متغیر مورد بحث در گروه اشعه+تمرین، ذکر این نکته حایز اهمیت است. از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به نبود کار مشابه در این زمینه و عدم کنترل دقیق میزان تغذیه و زمان خواب رت‌ها اشاره کرد.

پیشنهاد می‌شود به منظور روشن شدن ابعاد مختلف تحقیق، مطالعه‌های دیگری در زمینه اثر روش‌های مختلف تمرینی بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو ناشی از اشعه الکترومغناطیس در سطوح

میتوکندری و ایجاد آسیب اکسایشی، افزایش تشکیل MDA به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدی، و تأثیر منفی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (۱۹) می‌شود. در همین راستا مطالعه‌ها نشان داده‌اند که تمرین استقامتی و سازگاری با تمرین‌های سبک و هوازی، باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شده و فشار اکسایشی عضلات اسکلتی را کاهش می‌دهد (۲۵، ۴۶) و این سازگاری‌ها، بدن را در مقابل اثر این گونه استرس‌ها حفاظت می‌کند (۴۵). همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که سطح شاخص‌های لیپید پراکسیداسیون همانند MDA در اثر چندین هفته فعالیت ورزشی هوازی کاهش می‌یابد (۲۴) و این کاهش مستقل از جنس و سن می‌باشد (۴۹). این در حالی است که بعد از تمرین‌های کوتاه مدت و شدید بی‌هوازی میزان MDA در افراد کم‌تحرك در مقایسه با افراد ورزشکار نیمه حرفه‌ای و حرفه‌ای بیشتر گزارش شد (۱۸). همچنین در مطالعه‌های دیگر میزان MDA بعد از تمرین‌های کوتاه مدت و شدید، افزایش یافت (۲۴). بنابراین این گونه به نظر می‌رسد که شدت، مدت و نوع تمرین، آثار متفاوتی بر بروز آسیب‌های اکسایشی و نیز فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی به همراه داشته باشد و شاید دلیل تفاوت بین نتایج این تحقیق با نتایج کاردوسو و همکاران و لی و همکاران تفاوت در شدت و یا مدت تمرین به کار گرفته شده باشد.

در گروه اشعه+تمرین نیز بر اساس نتایج آزمون آنوا، غلظت MDA نسبت به گروه اشعه دارای کاهش آماری معنی‌داری بود، ولی بر اساس نتایج

سرمی و نیز بافت‌های مختلف مانند قلب و کلیه انجام شد.

### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد انجام پنج جلسه تمرین ورزش هوازی در هفته می‌تواند به کاهش استرس اکسیداتیو در افرادی که در معرض اشعه الکترومغناطیس به ویژه اشعه ساطع شده از روترهای Wi-Fi قرار دارند کمک نموده و با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، از پراکسیداسیون لیپیدی و دیگر عوارض استرس اکسیداتیو ناشی از مواجهه با اشعه بکاهد و در این صورت شاید بتوان از تمرین هوازی به عنوان یک راهکار عملی برای پیشگیری و یا کاهش اثرات و عوارض، در گروه‌هایی که در معرض تشعشعات الکترومغناطیسی از جمله اشعه Wi-Fi قرار دارند استفاده کرد.

### تقدیر و تشکر

این مطالعه حاصل پروژه رساله دکترای تخصصی فیزیولوژی ورزشی مصوب دانشگاه شهرکرد می‌باشد که در این زمینه از دانشگاه مذکور و زحمات همکاران تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

## REFERENCES

1. Yap M-YA, Lo Y-L, Talbot K, Ong W-Y. Oxidative stress reduces levels of dysbindin-1A via its PEST domain. *Neurochem Int.* 2014;79:65-9.
2. Pingitore A, Lima GP, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C. Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif).* 2015;31(7-8):916-22.
3. Rahal A, Kumar A, Singh V, Yadav B, Tiwari R, Chakraborty S, et al. Oxidative Stress, Prooxidants, and Antioxidants: The Interplay. *BioMed Research International.* 2014;2014:19.
4. Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, Kyrylenko S. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagnetic Biology and Medicine.* 2016;35(2):186-93.
5. Gherardini L, Ciuti G, Tognarelli S, Cinti C. Searching for the Perfect Wave: The Effect of Radiofrequency Electromagnetic Fields on Cells. *International Journal of Molecular Sciences.* 2014;15(4):5366-87.
6. Halil I, Atasoy, Mehmet Y, Gunal, Pinar A, Serenay E, B. G. Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. *Journal of Pediatric Urology* 2013 9 (2):223-9.
7. Cucinotta FA, Chappell LJ. Non-targeted effects and the dose response for heavy ion tumor induction. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis.* 2010;687(1-2):49-53.
8. Chauhan P, Verma HN, Sisodia R, Kesari KK. Microwave radiation (2.45 GHz)-induced oxidative stress: Whole-body exposure effect on histopathology of Wistar rats. *Electromagn Biol Med.* 2017;36(1):20-30.
9. Megha K, Deshmukh PS, Banerjee BD, Tripathi AK, Ahmed R, Abegaonkar MP. Low intensity microwave radiation induced oxidative stress, inflammatory response and DNA damage in rat brain. *Neurotoxicology.* 2015;51:158-65.
10. Aynali G, Naziroğlu M, Çelik Ö, Doğan M, Yarıkaş M, Yasan H. Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology.* 2013;270(5):1695-700.
11. Oksay T, Naziroglu M, Dogan S, Guzel A, Gumral N, Kosar PA. Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. *Andrologia.* 2014;46(1):60-6.
12. Salah MB, Abdelmelek H, Abderraba M. Effects of olive leaf extract on metabolic disorders and oxidative stress induced by 2.45 GHz WIFI signals. *Environmental toxicology and pharmacology.* 2013;36(3):826-34.
13. Jonwal C L, Sisodia R, Saxena V K, A S, F R. Ameliorating role of melatonin against 2.45 GHz microwave radiation induced oxidative stress in testis of Swiss albino mice. *Int J of Adv Res.* 2016;4(12):2846-56.
14. Naziroglu M, Celik O, Ozgul C, Cig B, Dogan S, Bal R, et al. Melatonin modulates wireless (2.45 GHz)-induced oxidative injury through TRPM2 and voltage gated Ca(2+) channels in brain and dorsal root ganglion in rat. *Physiology & behavior.* 2012;105(3):683-92.
15. Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P, Elgun S, Bugdayci G. Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. *Journal of Pediatric Urology.* 2013;9(2):223-9.
16. Türker Y, Naziroğlu M, Gümral N, Çelik Ö, Saygın M, Çömlekçi S, et al. Selenium and L-Carnitine Reduce Oxidative Stress in the Heart of Rat Induced by 2.45-GHz Radiation from Wireless Devices. *Biological Trace Element Research.* 2011;143(3):1640-50.
17. Park S-Y, Kwak Y-S. Impact of aerobic and anaerobic exercise training on oxidative stress and antioxidant defense in athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation.* 2016;12(2):113-7.

18. Tartibian B, Baghaei B, Baradaran B. Catalase Enzyme Gene Expression and Oxidant Markers' Levels in Trained Women: Effect of Incremental Exercise .The Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2013;20(6):778-88.( Article In Persian)
19. Azamian Jazi A, Shokouhi R. The Effect of an Eight Week Combined Exercise Training on Oxidative Stress and Lipid Peroxidation in Postmenopausal Women with Type 2 Diabetes. The Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2016;24(8):667-78. (Article In Persian)
20. Pereira AdS, Spagnol AR, Luciano E, Leme JACdA. INFLUENCE OF AEROBIC EXERCISE TRAINING ON SERUM MARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN DIABETIC RATS. Journal of Physical Education. 2016;27:1-9.
21. Vezzoli A, Pugliese L, Marzorati M, Serpiello FR, La Torre A, Porcelli S. Time-Course Changes of Oxidative Stress Response to High-Intensity Discontinuous Training versus Moderate-Intensity Continuous Training in Masters Runners .PLOS ONE. 2014;9(1):e87506.
22. Arslan M, Ipekci SH, Kebapcilar L, Dogan Dede N, Kurban S, Erbay E, et al. Effect of Aerobic Exercise Training on MDA and TNF- $\alpha$  Levels in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. International Scholarly Research Notices. 2014;14(5):1-4
23. Schuch FB, Vasconcelos-Moreno MP, Borowsky C, Zimmermann AB, Wollenhaupt-Aguiar B, Ferrari P, et al. The effects of exercise on oxidative stress (TBARS) and BDNF in severely depressed inpatients. European archives of psychiatry and clinical neuroscience. 2014;264(7):605-13.
24. Shin YA, Lee JH, Song W, Jun TW. Exercise training improves the antioxidant enzyme activity with no changes of telomere length. Mechanisms of ageing and development. 2008;129(5):254-60.
25. Modir M, Daryanoosh F, tanideh N, Mohamadi M, Firouzmand H. The effects of short and middle times aerobic exercise with high intensities on ingredients antioxidant in female Sprague Dawley rats. medical journal of mashhad university of medical sciences. 2014;57(3):587-95. ( Article In Persian)
26. Baghaiee B, Nakhostin-Roohi B, Siahkuhian M, Bolboli L. Effect of oxidative stress and exercise-induced adaptations. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2015;17(2):1-15.
27. Li XD, Sun GF, Zhu WB, Wang YH. Effects of high intensity exhaustive exercise on SOD, MDA, and NO levels in rats with knee osteoarthritis. Genetics and molecular research : GMR. 2015;14(4):12367-76.
28. Cardoso AM, Bagatini MD, Roth MA, Martins CC, Rezer JFP, Mello FF, et al. Acute effects of resistance exercise and intermittent intense aerobic exercise on blood cell count and oxidative stress in trained middle-aged women. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 2012;45(12):1172-82.
29. Haghshenas R, Jafari M, Ravasi A, Kordi M, Gilani N, Shariatzadeh M, et al .The effect of eight weeks endurance training and high-fat diet on appetite-regulating hormones in rat plasma. Iranian Journal of Basic Medical Sciences. 2014;17(4):237-43.
30. Oharomari LK, Garcia NF, Freitas ECd, Jordão Júnior AA, Ovídio PP, Maia AR, et al. Exercise training and taurine supplementation reduce oxidative stress and prevent endothelium dysfunction in rats fed a highly palatable diet. Life Sciences. 2015;139:91-6.
31. Shahandeh M, Dabidi Roshan V, Mahjoub S, V S. Can aerobic training restore the level of BDNF in the hippocampus of rat expose to lead acetate? New Armenian Med 2011;5(4):4-11.
32. Hosseinzadeh S, Dabidi Roshan V, Mahjoub S, Taghipour Darzi M. The Interactive Effect of Lead Acetate and Endurance Training on the Brain-Derived Neurotrophic Factor and Malondialdehyde Levels in Rats Cortex. Journal of Babol University Of Medical Sciences. 2012;14(2):7-15. (Article In Persian)
33. Ghadiri Soufi F, Aslanabadi N, Ahmadiasl N. The Influence of Regular Exercise on the Glutathione Cycle Components: Antioxidant Defense Improvement Against Oxidative Stress. Quarterly of Horizon of Medical Sciences. 2011;16(4):12-19. (Article In Persian)

34. Ahmadizad S, Haghighi AH, Hamedinia MR. Effects of resistance versus endurance training on serum adiponectin and insulin resistance index. *European journal of endocrinology*. 2007;157(5):625-31.
35. Habibian M, Dabidi Roshan V, Moosavi SJ, Mahmoody SA. Neuroprotective effect of aerobic training against Lead-induced oxidative stress in rat cerebellum. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. ۴۵-۳۹:(۳)۱۵;۲۰۱۳.
36. Nasri S, Niknami Z, Ziai SA, Roghani M, M K. An investigation into the effect of morus nigra L. leaf extract on Parkinson's disease symptoms and oxidative stress markers in male rats. *JVEetClinRes*. 2012;3(3):129-41.
37. Pereira AdS ,Spagnol AR, Luciano E, Leme JACdA. INFLUENCE OF AEROBIC EXERCISE TRAINING ON SERUM MARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN DIABETIC RATS. *Journal of Physical Education*. 2016;27.
38. Fisher-Wellman K, Bell HK, Bloomer RJ. Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms linked to exercise during cardiopulmonary and metabolic disorders. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2009;2(1):43-51.
39. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. *International Journal of Biomedical Science : IJBS*. 2008;4(2):89-96.
40. Kesari KK, Behari J, Kumar S. Mutagenic response of 2.45 GHz radiation exposure on rat brain. *Int J Radiat Biol*. 2010;86(4):334-43.
41. Rao VS, Titushkin IA, Moros EG, Pickard WF, Thatte HS, Cho MR. Nonthermal Effects of Radiofrequency-Field Exposure on Calcium Dynamics in Stem Cell-Derived Neuronal Cells: Elucidation of Calcium Pathways. *Radiation Research*. 2008;169(3):319-29.
42. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. *Physiological reviews*. 2008;88(4):1243-76.
43. Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Vina J. Moderate exercise is an antioxidant: upregulation of antioxidant genes by training. *Free radical biology & medicine*. 2008;44(2):126-31.
44. Adlard PA, Perreau VM, Cotman CW. The exercise-induced expression of BDNF within the hippocampus varies across life-span. *Neurobiology of aging*. 2005;26(4):511-20.
45. Dekleva M, Lazic JS, Pavlovic-Kleut M, Mazic S, Stevanovic A, Soldatovic I, et al . Cardiopulmonary exercise testing and its relation to oxidative stress in patients with hypertension. *Hypertens Res*. 2012;35(12):1145-51.
46. Nikpey-Hoseinabad N, Sharifi B, Hamidian G, Mirzaei A, Nikbakht S. Comparison of plasma levels of free radicals and antioxidant in age-related cataract patients with healthy peoples. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014;23(2):165-73. (Article In Persian)
47. Chauhan P, Verma HN, Sisodia R, Kesari KK. Microwave radiation (2.45 GHz)-induced oxidative stress: Whole-body exposure effect on histopathology of Wistar rats. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2017;36(1):20-30.
48. hejazi m, nezamdoost z, Saghebjo M. Effect of Twelve Weeks of Aerobic Training on Serum Levels of Leptin, Vaspin and Some Indicators of Oxidative Stress in Obese Middle-Aged Women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2014;16(2):111-8.
48. Dopsaj V, Martinovic J, Dopsaj M, Stevuljevic JK, Bogavac-Stanojevic N. Gender-specific oxidative stress parameters. *International journal of sports medicine*. 2011;32(1):14-9.

# Effect of Eight Weeks Aerobic Training on Oxidative Stress Markers in Rats Exposed to Electromagnetic Microwave Radiation Emitted from Wi-Fi Routers

Pourfazeli B<sup>1</sup>, Azamian Jazi A<sup>1\*</sup>, Faramarzi M<sup>1</sup>, Mortazavi M J<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education and Sport Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, <sup>2</sup>Ionizing and Nonionizing Radiation Protection Research Center (INIRPRC), Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

Received: 6 Jun 2017 Accepted: 19 Jul 2017

## Abstract

**Background & aim:** Exposure to electromagnetic waves can lead to oxidative stress. On the other hand, the antioxidant system function of the body increases with regular exercise and reduces oxidative stress. The aim of this study was to investigate the effect of eight weeks aerobic training on oxidative stress markers in rats exposed to electromagnetic microwave radiation emitted from the Wi-Fi routers.

**Methods:** In this experimental study, 26 male Wistar rats (8 weeks old) with a weight range of 200±20 g were randomly divided into four groups including: control, radiation, exercise, and radiation + training. The main training program consisted of 8 weeks (one session a day and five days a week) running on a treadmill for animals at 40 to 60% max speed, and the protocol included one hour of exposure to a 45.2 GHz rays of Wi-Fi modem for 8 weeks. Before and 48 hours after the main interventions, blood samples were taken from all groups. Plasma superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GPX) levels were measured by ELISA and validated by MDA and MDA kits with TBA method. Data was analyzed using one way ANOVA, Tukey and T-test.

**Results:** The results of one-way ANOVA showed that there was a significant difference among the different groups in the study. Eight weeks of exposure to Wi-Fi radiation caused a decrease in plasma levels of SOD and GPx and an increase in MDA. On the other hand, eight weeks of aerobic exercise increased plasma levels SOD and GPx, and reduced MDA. Tukey's test showed that there was a significant difference between SOD and GPx in all groups, except for those with radiation + (p = 0.099 and p = 0.073). In MDA, the difference was significant among all groups, except for the aerobic group + aerobic training group with aerobic training and control groups (p = 0.331 and p = 0.717). The results of t-test showed a significant difference between pre-test and post-test of all variables in the research.

**Conclusion:** It seems that regular aerobic exercise exercises can have beneficial effects on the antioxidant system and modulate the oxidative stress indices induced by the Wi-Fi radiation.

**Keywords:** Oxidative stress, Radiation, Wi-Fi, Aerobic training, Antioxidant system

---

\*Corresponding author: Azamian Jazi A, Department of Physical Education and Sport Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Email: [azamianakbar@yahoo.com](mailto:azamianakbar@yahoo.com)

## Please cite this article as follows:

Pourfazeli B, Azamian Jazi A, Faramarzi M, Mortazavi M J. 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): 311-324.