

## اثر تمرین هوازی منظم بر شاخص‌های آسیب اکسیداتیو لیپیدها و پروتئین‌ها در رت‌های مواجهه یافته با اشعه ساطع شده از روتر 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>

۱- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.  
۲- مرکز تحقیقات حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و غیر یونساز، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.

### چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه استفاده از تجهیزات الکترونیکی و ارتباطی به میزان قابل توجهی در زندگی روزمره افزایش یافته و این موضوع باعث افزایش نگرانی‌های جدی در مورد اثرات جانبی ناشی از تابش اشعه این گونه دستگاه‌ها بر سلامت انسان شده است. با توجه به این مهم مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تمرین هوازی منظم بر شاخص‌های آسیب اکسیداتیو لیپیدها و پروتئین‌ها ناشی از مواجهه با اشعه ساطع شده از روتر Wi-Fi انجام شد.

**روش‌ها:** ۱۲ سر رت نژاد ویستار به طور تصادفی به دو گروه اشعه و اشعه به همراه تمرین تخصصی داده شدند. مداخلات شامل مواجهه با اشعه ساطع شده از مودم Wi-Fi و دویدن با ۴۰ تا ۶۰ درصد حداکثر سرعت به مدت ۸ هفته بود. ۴۸ ساعت پس از مداخلات نمونه خونی از رت‌ها گرفته شد. سطوح پلاسمایی مالون‌دی‌آلدئید (شاخص آسیب اکسیداتیو لیپیدی) و پروتئین کربونیل (شاخص آسیب اکسیداتیو پروتئینی) اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد.

**نتایج:** سطح پلاسمایی شاخص‌های مالون‌دی‌آلدئید (MDA) و پروتئین کربونیل (PC) در دو گروه اشعه و اشعه به همراه تمرین تفاوت آماری معناداری داشتند ( $P < 0.001$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد تمرینات منظم هوازی می‌تواند باعث کاهش آسیب اکسیداتیو ناشی از اشعه Wi-Fi در لیپیدها و پروتئین‌ها در رت‌ها شود.

**کلمات کلیدی:** آسیب اکسیداتیو، کربونیل پروتئین، مالون‌دی‌آلدئید، Wi-Fi، اشعه الکترومغناطیس

\*آدرس نویسنده مسئول: دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.  
آدرس پست الکترونیک: azamianakbar@yahoo.com

## مقدمه

در طول دهه گذشته تقاضا جهت استفاده از تجهیزات الکترونیک و دستگاه‌های ارتباطی بی‌سیم با فرکانس رادیویی<sup>۱</sup> و اشعه الکترومغناطیس<sup>۲</sup> به میزان قابل توجهی در زندگی روزمره افزایش یافته و این موضوع باعث افزایش نگرانی‌های جدی در مورد اثرات جانبی ناشی از تابش این گونه اشعه بر سلامت انسان شده است (۱).

اخیرا اشعه الکترومغناطیس (EMR) با فرکانس پایین از جمله امواج ساطع شده از روترهای Wi-Fi به عنوان یک اکسیدان جدیدی مطرح شده است (۲). میزان نفوذ و تاثیر تشعشعات EMR به نوع فرکانس، تشعشعات و بافت در معرض خطر، مدت زمان مواجهه با اشعه و میزان جذب آن در بافت بستگی دارد (۳). از جمله عواقب مواجهه با تابش EMR می‌توان به افزایش گونه‌های اکسیژن واکنشی<sup>۳</sup> اشاره کرد (۴). زمانی که تولید گونه های اکسیژن واکنشی (ROS) از دفاع آنتی‌اکسیدانی فراتر رود استرس اکسیداتیو اطلاق می‌شود (۲).

استرس اکسیداتیو و سطوح بالای ROS می‌تواند اثرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مختلفی را ایجاد نماید (۵). از جمله می‌تواند باعث شبیه‌سازی NADH اکسیداز غشای پلاسمایی، تولید سوپر اکسید، تغییر در انتقال پیام، تغییر در بیان ژن، جهش و مرگ سلولی و آسیب به DNA، پروتئین و لیپیدها شود (۶-۸). کربونیل شدن، متداول‌ترین و نوع کلی اکسیداسیون پروتئین‌ها و یک تغییر شکل برگشت‌ناپذیر به وسیله استرس اکسیداتیو است که اغلب منجر به اختلال عملکرد و تغییر فعالیت زیستی پروتئین‌ها می‌شود (۹).

در برخی مطالعات اثر مواجهه با اشعه الکترومغناطیس و شاخص‌های مالون‌دی‌آلدئید و کربونیل پروتئین مورد بررسی قرار گرفته است (۱۰). در مطالعه جان ول و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۶) مواجهه با تشعشع میکروویو موجب کاهش قابل توجهی در محتوای PC و افزایش سطح MDA و ROS در موش‌های سوئسی نژاد آلبینو گردید (۱۱). در مطالعه دیگری سیگنال‌های فرکانس رادیویی سیستم تلفن همراه با افزایش زمان مکالمه هیچ اثری در پروتئین آلبومین نداشت (۱۲). همچنین در

مطالعات چاوهان و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۷)، اکسای و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۴) و آینالی و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۳) میزان MDA (شاخص آسیب اکسیداتیو لیپیدی) در گروه‌های مواجهه با اشعه EMR به میزان ۲/۴۵ گیگاهرتز نسبت به گروه کنترل و شم بالاتر بود (۱۵-۱۳). از طرفی در مطالعه صلاح و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۳) مواجهه با اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز منجر به کاهش آسیب اکسایشی پروتئین در کبد و کلیه موش‌ها شد (۱۶).

به‌نظر می‌رسد ورزش می‌تواند در تنظیم تعادل آنتی‌اکسیدان/اکسیدان نقش داشته باشند (۱۷). بدن دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی است که به کاهش سیستم عامل کمک می‌کند و این سیستم‌ها با تمرینات ورزشی افزایش می‌یابد و نقش مهمی در مهار و کاهش ROS و اثرات منفی آن‌ها ایفا می‌نماید (۱۸). فعالیت 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 به‌طور منظم انجام شوند منجر به سازگاری می‌گردند (۱۹).

در برخی مطالعات میزان پروتئین کربونیل (PC) در رت‌های دیابتی شده تحت تمرین هوازی به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از گروه کنترل دیابتی بود (۲۰). در مطالعه روستی و همکاران (۲۰۱۳) پس از شش هفته برنامه تمرین شنا، سطوح MDA و PC پلازما، در موش‌های گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل کاهش قابل توجهی داشت (۲۱)؛ در مطالعه دیگری ۱۰ هفته تمرین هوازی تردمیل، منجر به کاهش میزان PC گردید (۲۲). در پژوهش دیگری هشت هفته تمرین ورزش ترکیبی باعث کاهش معنی‌داری در سطح MDA زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع ۲ گردید (۲۳). در مطالعه پارک و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۶) میزان MDA و PC استراحتی پلازما پس از تست ورزش در افراد با تمرین نسبت به افراد بدون تمرین کاهش معنی‌داری نشان داد (۱۸). از طرفی در مطالعه رهبر و همکاران (۲۰۱۲) سه ماه تمرین بر اساس مدل تاماکی تغییر معنی‌داری در میزان MDA و PC ایجاد نگردید (۲۴).

<sup>5</sup> - Chauhan et al

<sup>6</sup> - Oksay et al

<sup>7</sup> - Aynali et al

<sup>8</sup> - Salah et al

<sup>9</sup> - Park et al

<sup>1</sup> - Radiofrequency

<sup>2</sup> - Electromagnetic(EMR)

<sup>3</sup> - Reactive oxygen species(ROS)

<sup>4</sup> - Jonwal et al

دقیقه رسید. بعد از آن، سرعت دویدن به میزان ۳ و ۲ دهم متر در دقیقه افزایش می‌یافت تا رت‌ها به واماندگی برسند. واماندگی زمانی بود که حیوان در طی یک دقیقه، ۵ بار ته کانال را لمس می‌نمود (۲۷). طول هر جلسه تمرین یک ساعت بود که برنامه گرم کردن در ابتدای هر جلسه، شامل ۵ دقیقه دویدن با سرعت ۷ 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 (۲۸).

پروتکل تابش اشعه به این صورت بود که گروه‌ها به مدت ۱ ساعت در روز در طول ۸ هفته در معرض تابش اشعه با فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز که از یک دستگاه مودم Wi-Fi منتشر می‌شد، قرار گرفتند (۱۶). به منظور کاهش حداکثری تداخل و تاثیر بقیه پرتوها بر نتایج تحقیق، هیچ دستگاه پرتوهای دیگری (حتی تلفن همراه محققین) در طول مطالعه، در آزمایشگاه و تا فاصله ۲۵ متری از آن وجود نداشت. ۴۸ ساعت پس از مرحله آشناسازی و پس از آخرین جلسه مداخلات و پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی، بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح رت‌ها با استفاده از تزریق داخل صفاقی کتامین (۶۰ mg/kg) و زایلازین (۵ mg/kg) بیهوش شدند و ۲/۵ سی‌سی خون مستقیماً از قلب آنها گرفته شد (۲۹، ۳۰). نمونه‌های گرفته شده بلافاصله در لوله‌های آغشته به ماده ضد انعقادی ریخته شدند و با هزار دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ و پلاسمای جدا شده در حجم‌های نیم میلی‌لیتر و در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آزمایش نگهداری شدند (۳۰). سطح PC با استفاده از کیت آزمایشگاهی ZellBio GmbH کشور آلمان و مالون-دی‌آلدئید به روش (Thiobarbituric acid) اندازه‌گیری شد. جهت اجرای پروژه به صورت یکسو ناآگاه، اندازه‌گیری بیوشیمیایی متغیرها و تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط همکارانی صورت گرفت که اطلاعی از چگونگی گروه‌بندی نمونه‌ها نداشتند. جهت کاهش خطای آزمایش، همه اندازه‌گیری‌های مربوط به یک متغیر در یک روز انجام شد و روش‌ها و تجهیزات به کار گرفته شده برای تمامی گروه‌ها در هر دو مرحله خونگیری، یکسان بود. توزیع طبیعی داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک مشخص شد. به‌منظور تحلیل آماری و مقایسه بین گروه‌ها از آزمون آماری تی دو نمونه‌ای مستقل

با توجه به افزایش روز افزون استفاده از وسایل و تجهیزات با فناوری اشعه الکترومغناطیس Wi-Fi، و نتایج متناقض تحقیقات گذشته در زمینه مواجهه با اشعه الکترومغناطیس ساطع شده از روترهای Wi-Fi و اثر آن بر پراکسیداسیون پروتئینی و لیپیدی، انجام مطالعه در این زمینه از اهمیت زیادی برخوردار است. به‌نظر می‌رسد مطالعات اندکی در زمینه بررسی اثر تمرین هوازی بر شاخص‌های پراکسیداسیون پروتئینی و لیپیدی ناشی از منابع EMR از جمله روترهای Wi-Fi، صورت گرفته و در بیشتر تحقیقات انجام شده صرفاً اثر اشعه و یا تمرین هوازی بر شاخص‌های مذکور مطالعه شده است. لذا این سوال مطرح است که آیا تمرین منظم هوازی می‌تواند از آسیب پروتئینی و لیپیدی ناشی از مواجهه با اشعه وای فای بکاهد یا خیر؟ از این رو این مطالعه با هدف بررسی اثر تمرین منظم هوازی بر میزان پراکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی ناشی از اشعه ساطع شده از روترهای Wi-Fi انجام شد.

## روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع تجربی بود. آزمودنی‌های پژوهش را ۱۲ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار ۸ هفته‌ای با میانگین وزن اولیه  $20 \pm 20$  گرم تشکیل دادند. واحدها به طور تصادفی به دو گروه ۶ تایی (مواجهه با اشعه و اشعه به همراه تمرین) تقسیم و هر گروه در قفس جداگانه‌ای قرار داده شدند. نمونه‌ها براساس راهنمای روش‌های مراقبت و استفاده از حیوانات در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و درجه حرارت تنظیم شده ۲۲ درجه سانتی‌گراد و بدون محدودیت در مصرف آب و غذا نگهداری شدند. مرحله آشنا سازی به مدت یک هفته با سرعت ۵ متر بر دقیقه، شیب صفر درجه و مدت زمان ۱۰ دقیقه دویدن بر روی تردمیل مخصوص حیوانات انجام شد (۲۵).

برنامه اصلی تمرین شامل ۵ جلسه در هفته و به مدت ۸ هفته دویدن بر روی تردمیل مخصوص حیوانات (۲۶) برای گروه تمرین هوازی بود که در هفته اول با ۴۰ درصد حداکثر سرعت شروع و از هفته دوم تا چهارم به ۵۰ تا ۵۵ درصد و از هفته پنجم تا هشتم به ۶۰ 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 و ۶ دهم در هر دقیقه شروع کردند. سپس، سرعت دویدن به میزان ۱ و ۶ دهم در هر دقیقه افزایش یافت تا به سرعت ۲۰ متر در

۱۶). مشخص شده است که میزان نفوذ و تاثیر تشعشعات EMR به فرکانس، نوع تشعشعات و نوع بافتی در معرض، مدت زمان قرار گرفتن در معرض اشعه و میزان جذب آن در بافت بستگی دارد (۳). بنابراین شاید دلیل عدم همسویی نتایج این تحقیق با تحقیقات صلاح و همکاران (۲۰۱۳) و ابوخردا و همکاران (۲۰۱۵) نوع و میزان فرکانس اشعه تابیده شده، مدت زمان مواجهه و یا نوع بافتی که از آن نمونه گرفته شده باشد. از طرف دیگر انجام هشت هفته تمرین هوازی به همراه مواجهه با اشعه باعث کاهش در میزان PC و MDA در گروه اشعه به همراه تمرین شد.

به‌طور کلی فعالیت‌های ورزشی هوازی با القای آنزیم‌های ضد اکسایشی، سبب کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شوند (۳۱). از طرف دیگر تصور بر این است که انجام تمرینات شدید استقامتی (هوازی) باعث تولید و افزایش گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردند (۳۲) همچنین تولید ROS حین و به دنبال تمرینات بی‌هوازی ممکن است به واسطه مجموعه‌ای از راه‌ها مختلف از جمله نشت الکترون صورت پذیرد (۳۳). در خصوص تغییرات متغیر مورد بحث در گروه مواجهه با اشعه به همراه تمرین، ذکر این نکته حائز اهمیت است که تحقیق حاضر اولین تحقیقی است که در این زمینه انجام می‌شود و بر اساس بررسی محققین تاکنون هیچ مطالعه‌ای در داخل و یا خارج از کشور در این رابطه انجام نگرفته است.

گونه‌های فعال اکسیژن در سطح پایین فیزیولوژیکی به عنوان پیام رسان ردوکس (اکسیداسیون و احیا)، در پیام رسانی و تنظیم درون سلولی عمل می‌کنند (۸). در وضعیت مطلوب، بین سیستم دفاع آنتی و ROS تعادل برقرار است (۳۴). آسیب اکسیداتیو حالتی است که در آن، تعادل بین سطح آنتی اکسیدان‌ها و تولید رادیکال‌ها تا حدودی از بین رفته و رادیکال‌های آزاد افزایش پیدا می‌کنند (۳۵). در صورت ادامه استرس اکسیداتیو، آسیب به بیومولکول‌های حیاتی (مانند ژنوم) وارد آمده و تجمع این آسیب‌ها منجر به برخی اثرات بیولوژیکی مانند تغییر در انتقال پیام، تغییر در بیان ژن، میتوز، تبدیل، جهش و مرگ سلولی می‌گردد (۶).

مالون‌دی‌آلدئید از زیر رده اکسیدان‌ها و رادیکال‌های آزاد بوده و شکل تغییر یافته پراکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) است (۳۶). معمولاً بیشترین قسمتی که از سوی MDA و دیگر رادیکال‌های آزاد دچار آسیب می‌گردد، غشاء و DNA سلولی می‌باشد.

استفاده شد. مقادیر  $P \leq 0.05$  معنی‌دار تلقی شد. کلیه تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد.

## نتایج

از آزمون تی دو نمونه‌ای مستقل برای مقایسه میانگین متغیرها در گروه‌های تحقیق استفاده شد (جدول ۱). نتایج آزمون تی دو نمونه‌ای مستقل نشان داد، بین متغیرهای PC و MDA در گروه مواجهه با اشعه و اشعه به همراه تمرین اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.0001$ ) به این صورت که در متغیر PC، میانگین گروه اشعه بیشتر از گروه اشعه به همراه تمرین بود. همچنین در متغیر MDA میانگین گروه اشعه بیشتر از گروه اشعه به همراه تمرین بود.

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص‌های مالون‌دی‌آلدئید (MDA) و کربونیل پروتئین (PC) در گروه‌های مورد مطالعه

متغیر	گروه	انحراف استاندارد ± میانگین	سطح معنی- داری
PC*	اشعه	۳۴/۳۷±۰/۳۹	p<۰/۰۰۰۱
	اشعه به همراه تمرین	۳۲/۴۵±۰/۶۳	
MDA*	اشعه	۴/۳۴±۰/۵۴	p<۰/۰۰۰۱
	اشعه به همراه تمرین	۲/۶۰±۰/۴۶	

\* نانومول در میلی‌لیتر

## بحث

در مطالعه حاضر اثر تمرین هوازی منظم بر تغییرات مارکرهای آسیب اکسیداتیو لیپیدها و پروتئین‌ها ناشی از مواجهه رت‌های نر نژاد ویستار در معرض اشعه ساطع شده از روتر Wi-Fi مورد ارزیابی قرار گرفت. به طور کلی نتایج نشان داد ۸ هفته تمرین هوازی باعث کاهش در آسیب اکسایشی ناشی از اشعه Wi-Fi در پروتئین‌ها و لیپیدها می‌شود.

طبق نتایج تفاوت معنی‌دار بین سطوح پلاسمایی متغیرها در دو گروه وجود داشت؛ به این صورت که هشت هفته مواجهه با اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز Wi-Fi باعث افزایش سطح پلاسمایی PC و MDA در گروه مواجهه با اشعه شد. در این رابطه نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات مقا و همکاران (۲۰۱۵)، جان ول و همکاران (۲۰۱۶)، اکسای و همکاران (۲۰۱۴)، اینالی و همکاران (۲۰۱۳) و چاوهاران و همکاران (۲۰۱۷) همسو بود (۱۱، ۱۰، ۱۵-۱۳)، ولی با نتایج تحقیقات صلاح و همکاران (۲۰۱۳) و ابوخردا و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی نداشت (۱۲)،

مقادیر بالای متابولیسم بی‌هوازی و هیپوکسی همراه است. ورزش‌های شدید و غیر عادی عدم تعادل بین تولید رادیکال آزاد و دفاع آنتی‌اکسیدان بدن را موجب می‌شوند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که ورزش‌های استقامتی نظیر دویدن و شنا اگر با شدت زیاد انجام شوند، باعث افزایش آسیب اکسیداتیو لیپیدی و پروتئینی و القای آپوپتوزیس می‌گردند. در حالی که ورزش استقامتی طولانی مدت و با شدت متوسط (تمرین هوازی منظم) باعث افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌شود (۴۱). در همین راستا مطالعات نشان داده‌اند که تمرین استقامتی و سازگاری با تمرینات سبک و هوازی، باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شده و فشار اکسایشی را کاهش می‌دهد (۴۲) و این سازگاری‌ها، بدن را در مقابل اثر این گونه آسیب‌ها حفاظت می‌کند (۴۳). همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که سطح شاخص‌های آسیب اکسیداتیو لیپیدها و پروتئین‌ها در اثر چندین هفته فعالیت ورزشی هوازی کاهش می‌یابد (۴۴). وجود متغیرهایی مانند تمرین ورزشی احتمالاً از طریق افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز خارج سلولی باعث افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن می‌شود (۴۳).

در این مطالعه اثر هشت هفته تمرین هوازی بر تغییرات شاخص‌های پراکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی ناشی از اشعه ساطع شده از روتر وای فای در رت‌های نر مورد بررسی قرار گرفته بود. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های دیگری در زمینه اثر روش‌های مختلف تمرین ورزشی بر شاخص‌های مورد بررسی در این پژوهش انجام شود.

### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد انجام پنج جلسه تمرین ورزش هوازی در هفته می‌تواند به پیشگیری و یا کاهش آسیب اکسیداتیو لیپیدی و پروتئینی در افرادی که در معرض اشعه الکترومغناطیس ساطع شده از روترهای Wi-Fi قرار دارند؛ کمک نماید و از عوارض ناشی از اشعه در آنها بکاهد. پیشنهاد می‌شود به‌منظور روشن شدن ابعاد مختلف تحقیق، مطالعات دیگری در زمینه اثر روش‌های مختلف تمرینی انجام شود.

### تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل رساله دکترای تخصصی فیزیولوژی ورزشی مصوب دانشگاه شهرکرد می‌باشد.

ساختار غشای سلولی به نحوی است که حاوی لیپیدهای غیر اشباع با پیوندهای دوگانه بوده و این پیوندها از سوی رادیکال‌های آزاد مورد هجوم قرار می‌گیرند و در نهایت منجر به سستی و گسست پیوندهای هیدروژنی می‌گردند. با گسست پیوند بین مولکول‌های غشاء، آنزیم‌های متصل به غشاء نیز متعاقباً از کار افتاده و فعالیت سلول دچار مشکلاتی می‌شود (۳۷).

پروتئین‌ها، به دلیل فراوانی در سیستم‌های زیستی و مسئول بودن‌شان در بیشتر فرآیندهای عملکردی درون سلول‌ها، از هدف‌های اصلی گونه‌های اکسیژن واکنشی هستند. کربونیل شدن، متداول‌ترین و نوع کلی اکسیداسیون پروتئین‌ها و یک تغییر شکل برگشتناپذیر به وسیله آسیب اکسیداتیو است که اغلب منجر به از دست دادن عملکرد و تغییر فعالیت زیستی پروتئین‌ها می‌شود (۹) آنتی‌اکسیدان‌های سلولی در سم‌زدایی این گونه‌ها نقش دارند، اما در صورت حذف اثر تعادل شرایط استرس اکسیداتیو ایجاد می‌گردد (۶). اشعه الکترومغناطیس باعث تحریک آنزیم NADH اکسیداز می‌شود؛ در نتیجه سطوح رادیکال‌های آزاد افزایش یافته در اندوتلیوم سلول‌های عضلانی وجود دارد و منجر به تولید  $O_2^-$  در آنها می‌گردد و فرایندهای سلولی و فیزیولوژیکی متعدد می‌توانند تحت تاثیر قرار بگیرند (۳۸). بر این اساس تابش طولانی مدت اشعه ۲/۴۵ گیگاهرتز ماکروویو از طریق تولید مقادیر زیادی از ROS در غشاء میتوکندری و ایجاد آسیب اکسایشی، باعث افزایش آسیب اکسیداتیو لیپیدها و پروتئین‌ها (۳۹) و تاثیر منفی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود (۲۳).

بدن دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی است که به کاهش سیستم عامل کمک می‌کند و نقش مهمی در مهار و کاهش ROS و اثرات منفی آنها ایفا می‌نماید (۱۸). مکانیسم دفاع آنتی‌اکسیدانی در بخش‌های درون سلولی و برون سلولی، متفاوت است و شامل انواع آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی می‌باشد که سطوح آن‌ها در بدن برای حفظ بقا در مقابل آسیب اکسیداتیو افزایش می‌یابد (۳۴). ورزش و فعالیت بدنی نیز در کنار عوامل دیگر، پاسخ‌های ایمنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به طور کلی ارتباط نزدیکی بین تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر و شدت ورزش وجود دارد (۴۰). معمولاً ورزش‌های خیلی شدید هوازی، مخصوصاً با حداکثر توان، با

### References

- 1- Franzellitti S, Valbonesi P, Ciancaglini N, Biondi C, Contin A, Bersani F, et al. Transient DNA damage induced by high-frequency electromagnetic fields (GSM 1.8 GHz) in the human trophoblast HTR-8/SVneo cell line evaluated with the alkaline comet assay. *Mutat Res.* 2010;683(1-2):35-42.
- 2- Kruk J. Overweight, Obesity, Oxidative Stress and the Risk of Breast Cancer. *APJCP.* 2014;15(22):9579-86.
- 3- Gherardini L, Ciuti G, Tognarelli S, Cinti C. Searching for the Perfect Wave: The Effect of Radiofrequency Electromagnetic Fields on Cells. *Int J Mol Sci.* 2014;15(4):5366-87.
- 4- 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. *J Pediatr Urol.* 2013;9(2):223-9.
- 5- 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. *Radiat Res.* 2008;169(3):319-29.
- 6- Schieber M, Chandel NS. ROS function in redox signaling and oxidative stress. *Current biology : CB.* 2014;24(10):R453-62.
- 7- van Deventer E, van Rongen E, Saunders R. WHO research agenda for radiofrequency fields. *Bioelectromagnetics.* 2011;32(5):417-21.
- 8- Khoshtabiat L, Mahdavi M. The Role of Oxidative Stress in Proliferation and Cell Death. *JMUMS.* 2015;25(127):130-45.[ In persian]
- 9- Dennis KE, Hill S, Rose KL, Sampson UK, Hill MF. Augmented cardiac formation of oxidatively-induced carbonylated proteins accompanies the increased functional severity of post-myocardial infarction heart failure in the setting of type 1 diabetes mellitus. *Cardiovasc patho.* 2013 Dec 31;22(6):473-80.
- 10- 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. *Neurotoxicol.* 2015;51:158-65.
- 11- 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.
- 12- Abu Khadra KM, Khalil AM, Abu Samak M, Aljaberi A. Evaluation of selected biochemical parameters in the saliva of young males using mobile phones. *Electromagn Biol Med.* 2015;34(1):72-6.
- 13- 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 Jan 2;36(1):20-30.
- 14- 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):65-72.
- 15- Aynali G, Naziroğlu M, Çelik Ö, Doğan M, Yarıktaş M, Yasan H. Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. *Eur Arch Otorhinolaryngol Suppl.* 2013;270(5):1695-700.
- 16- Salah MB, Abdelmelek H, Abderraba M. Effects of olive leaf extract on metabolic disorders and oxidative stress induced by 2.45 GHz WIFI signals. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2013;36(3):826-34.
- 17- Farzanegi P, Mousavi M, Ghanbari-Niaki A. Effect of Pistacia Atlantica Extract on Glutathione Peroxidase Tissue Levels and Total Oxidative Capacity of Liver and Plasma Lipid Profile of Rats. *Zahedan J Res Med Sci.* 2013;15(11):59-63.



- 18- Park S-Y, Kwak Y-S. Impact of aerobic and anaerobic exercise training on oxidative stress and antioxidant defense in athletes. *J Exerc Rehabil.* 2016;12(2):113-7.
- 19- 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. [In persian]
- 20- Mohammadi Karizno F, Saghebjo M, Foadoddini M, Sarir H. The role of aerobic training and Pistacia atlantica extract on the levels of protein carbonyl, heat shock protein  $\alpha$ -and glycogen in the liver tissue of diabetic rats. *J Birjand Univ Med Sci.* 2014;21(1):35-47. [In persian]
- 21- Rosety-Rodríguez M, Camacho A, Rosety MA, Fornieles G, Diaz AJ, Rosety I, et al. A short-term training program reduced oxidative damage in elderly diabetic rats. *Rev Invest Clin.* 2013;65(4):331-5.
- 22- Krskova K, Eckertova M, Kukan M, Kuba D, Kebis A, R O. Aerobic training lasting for 10 weeks elevates the adipose tissue FABP4,  $G\alpha$ , and adiponectin expression associated by a reduced protein oxidation. *Endocr Regul.* 2012;46(3):137-46.
- 23- Azamian Jazi A, Emdi S, Hemati S. Effect of Six Weeks of Continuous Running on Oxidative Stress, Lipid Peroxidation and Aerobic Power in Female Survivors of Breast Cancer. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility.* 2017;19(38):24-32.
- 24- Rahbar S, Ahmadiasl N. Effect of Long Term Regular Resistance Exercise on Heart Function and Oxidative Stress in Rats. *JArUMS.* 2012;12(3):256-64. [In persian]
- 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. *Med J Mashad Univ Med Sci.* 2014;57(3):587-95.
- 26- 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. *IJBMS.* 2014;17(4):237-43. [In persian]
- 27- Oharomari LK, Garcia NF, Freitas ECd, Jordão Júnior AA, Ovidio 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 Sci.* 2015;139:91-6.
- 28- 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. *JBUMS.* 2012;14(2):7-15. [In persian]
- 29- Ahmadizad S, Haghighi AH, Hamedinia MR. Effects of resistance versus endurance training on serum adiponectin and insulin resistance index. *Eur J Endocrinol.* 2007;157(5):625-31.
- 30- Habibian M, Dabidi Roshan V, Moosavi SJ, Mahmoodi SA. Neuroprotective effect of aerobic training against Lead-induced oxidative stress in rat cerebellum. *J Gorgan Univ Med Sci.* 2013;15(3):39-45. [In persian]
- 31- Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radic Biol Med.* 2008;44(2):153-9.
- 32- Margaritis I, Palazzetti S, Rousseau A-S, Richard M-J, Favier A. Antioxidant Supplementation and Tapering Exercise Improve Exercise-Induced Antioxidant Response. *J Am Coll Nutr.* 2003;22(2):147-56.
- 33- MJ J. Exercise and oxygen radical production by muscle. In: Sen CK, Packer L, Hanninen O (Editors), *Handbook of oxidants*

and antioxidants in exercise. *Braz J Med Biol Res.* 2012;45(12): 1172-82.

34- Paravicini TM, Touyz RM. NADPH oxidases, reactive oxygen species, and hypertension: clinical implications and therapeutic possibilities. *Diabetes care.* 2008;31 Suppl 2:S170-80.

35- Fukai T, Folz RJ, Landmesser U, Harrison DG. Extracellular superoxide dismutase and cardiovascular disease. *Cardiovasc Res.* 2002;55(2):239-49.

36- Valado A, Pereira L, Tavares PC, CF R. Effect of the intense anaerobic exercise on nitric oxide and malondialdehyde in studies of oxidative stress. *Int J Biol Biomed Engineer.* 2007;78:2-4.

37- Ashton T, Young IS, Peters JR, Jones E, Jackson SK, Davies B, et al. Electron spin resonance spectroscopy, exercise, and oxidative stress: an ascorbic acid intervention study. *Eur J Appl Physiol.* 1999;87(6):2032-6.

38- 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.

39- Hashemi A, Pooyanmajd S, Esmaeili A, V D. Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET) in Moist Environment, and Its Relation to the

Selected Markers of Salivary Oxidative. *sjimu.* 2015;22(7):164-74.

40- Clanton TL. Hypoxia-induced reactive oxygen species formation in skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol.* 2007;102(6):2379-88.

41- Steinberg JG, Delliaux S, Y J. Reliability of different blood indices to explore the oxidative stress in response to maximal cycling and static exercises. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2006;26(2):106-12.

42- 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. *JMUMS.* 2014;23(2):165-73. [In persian]

43- 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.

44- Shin YA, Lee JH, Song W, Jun TW. Exercise training improves the antioxidant enzyme activity with no changes of telomere length. *Mech Ageing Dev.* 2008;129(5):254-60.



## ***Effect of regular aerobic exercise on oxidative damage markers of lipids and proteins in rats exposed to radiation emitted by Wi-Fi router***

**Bahram Pourfazeli<sup>1</sup>, Akbar Azamian Jazi<sup>1\*</sup>, Mohammad Faramarzi<sup>1</sup>, Mohammad Javad Mortazavi<sup>2</sup>**

1-Physical Education and Sport Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

2- Department of Ionizing and NonIonizing Radiation Protection Research Center (INIRPRC), Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

**\*Corresponding Address: Shahrekord University, Shahrekord, Iran**

**Email address: azamianakbar@yahoo.com**

### ***Abstract***

**Background & Aim:** Electronic and communication devices have largely become a part of our daily lives. And this has caused a growing concern with regards to the possible side-effects of exposure to the radiation of these devices on human health. To investigate the same, a research was undergone to study the "Effect of regular aerobic exercise on oxidative damage markers of lipids and proteins caused by exposure to radiation emitted from Wi-Fi routers"

**Methods:** 12 Wistar rats were randomly divided into two groups of radiation and radiation+exercise. Interventions included exposure to radiation emitted from the Wi-Fi modem and running at 40 to 60 percent of their maximum speed for 8 weeks. Blood samples were taken 48 hours after intervention. Plasma levels of malondialdehyde (oxidative lipid injury index) and carbonyl protein (oxidative-protein damage index) were measured and data were analyzed at  $P \leq 0.05$ .

**Results:** According to Independent-Sample T test, there was a significant difference between radiation and radiation+exercise groups. Eight weeks of exposure to radiation caused an increase in plasma levels of PCA and MDA. On the other hand, eight weeks of aerobic exercise decreased the PC and MDA levels.

**Conclusion:** It seems that regular aerobic exercise can reduce the oxidative damage caused by Wi-Fi radiation in lipids and proteins.

**Keywords:** oxidative damage, carbonyl protein, malondialdehyde, Wi-Fi, electromagnetic radiation