Archive of SID

مقایسه تغییرات ظرفیت آنتی اکسیدانی خون خرگوش پس از قطع مواجهه با امواج ماکروویو تلفن سیار

علی خوانین[1]، ویدا زراوشانی[2]، سید باقر مرتضوی[3]، عباس رضایی[4]، رمضان میرزایی[5]

[1] استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

[2] کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

[3] دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

[4] دانشیار گروه بهداشت محیط، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

[5] استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان

نشانی نویسنده مسؤول: تهران، برزگراه جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، طبقه همکف، گروه بهداشت حرفه‌ای، دکتر علی خوانین

E-mail: khavanin@modares.ac.ir

وصول:۸۶/۳/۳، اصلاح:۸۶/۹/۱۵، پذیرش: ۸۶/۹/۲۶

چکیده

زمینه و هدف: کاربرد امواج ماکروویو با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز در تلفن سیار باعث ایجاد اثرات حرارتی و غیر حرارتی می‌شود. با توجه به مواجهه شغلی کاربران تلفن همراه به ویژه اپراتورهای مخابرات و نیز با توجه به اهمیت ویژه آنتی‌اکسیدان‌ها در سیستم ایمنی بدن و پیشگیری از ابتلا به برخی بیماری‌ها، در این پژوهش به بررسی اثرات بیولوژیکی امواج ماکروویو تلفن همراه با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز بر تغییرات آنتی-اکسیدانی خون خرگوش و امکان برگشت‌پذیری آن به حالت طبیعی پس از قطع مواجهه، پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به شیوه تجربی و با آزمایش بر روی ۱۴ سر خرگوش نر سفید سه ماهه با نژاد خالص نیوزیلندی و وزن ۱۷۰۰-۱۴۰۰gr انجام شد. خرگوش‌ها به‌صورت تصادفی در دو گروه شاهد و مورد تقسیم شدند. خرگوش‌های گروه مورد در شرایط کنترل شده‌ای درون اتاقک مخصوص جاذب امواج، با امواج شبیه‌سازی شده ماکروویو تلفن همراه در مواجهه تمام بدن، با فرکانس ۹۱۵ MHz و با میانگین چگالی توان ۰/۶۷۸۹ mW/cm2 به مدت سه هفته، روزی هشت ساعت مواجهه یافتند. به منظور بررسی امکان برگشت‌پذیری ظرفیت آنتی‌اکسیدان گروه مورد به حالت اولیه، دو هفته به آن‌ها استراحت داده شد و در پایان هر یک از مراحل فوق (سه هفته مواجهه، یک هفته استراحت، یک هفته استراحت) از قلب خرگوش‌های مورد و شاهد به‌صورت مستقیم خونگیری شد و میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسما با استفاده از روش FRAP اندازه‌گیری شد. میزان جذب کمپلکس TPTZ-Fe+2 با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۳ nm قرائت شد. داده‌های به‌دست آمده در نرم افزار SPSS توسط آزمون‌های ANOVA و Tukey تجزیه و تحلیل گردیدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از مقایسه میان میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در پلاسمای گروه شاهد (۱۰۴/۵۵۵ ± ۸۹۰/۶۱ µmol/lit) و گروه مورد پس از سه هفته مواجهه (۱۵۱/۰۸ ± ۶۳۰/۶۱ µmol/lit) تغییرات معنی‌داری را نشان داد. نتایج حاصل از مقایسه میان میانگین غلظت آنتی-اکسیدان‌ها در پلاسمای گروه شاهد (۱۰۴/۵۵±۸۷۰/۲۸ µmol/lit) با میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در پلاسمای خرگوش‌های مورد پس از یک هفته از قطع مواجهه (۱۳۲/۵۸±۵۷۵/۳۳ µmol/lit) و دو هفته پس از قطع مواجهه (۲۰/۶۶±۵۲۶/۶۶ µmol/lit) نشان داد که تغییرات ایجاد شده در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به حالت اولیه بازگشت نکرد و با میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در پلاسمای گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌داری است.

نتیجه‌گیری: امواج ماکروویو ناشی از تلفن‌های سیار موجب کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسما می‌شود و می‌تواند یک عامل زیان‌آور فیزیکی باشد و به دلیل مواجهه شغلی و تحت حاد گروه مورد با امواج ماکروویو تلفن همراه، وجود واکنش‌های زنجیره‌ای تولید رادیکال و پایداری و ثبات آن‌ها و یا از طریق بی‌ثباتی مولکول والد (Parent molecule)، دو هفته قطع مواجهه برای برگشت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسما به حالت اولیه کافی نیست. ***(مجله دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار، دوره۱۴/شماره۴ / صص ۲۴۵-۲۳۸).***

واژه‌های کلیدی: *استرس اکسیداتیو؛ آنتی اکسیدان؛ تلفن همراه؛ امواج ماکروویو.*

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

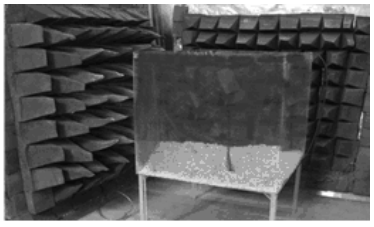
امواج الکترو مغناطیس گونه‌ای از انرژی تشعشعی است که دارای طیف بسیار گسترده‌ای است و از امواج با فرکانس ۱۰Hz شروع شده و به امواج کیهانی با فرکانس 10^{21}Hz ختم می‌گردد(۱). امواج مایکروویو طیفی از امواج الکترومغناطیس هستند که محدوده فرکانسی آن‌ها ۳۰۰MHz تا ۳۰۰GHz می‌باشد (٤-۱) و دارای طول موج ۱mm تا ۱m هستند (۱,٤). کاربرد امواج ماکروویو در پزشکی (دیاترمی و وسایل گرم‌کننده توانبخشی) و صنایع مختلف از جمله تولید کاغذ، پلاستیک، مواد غذایی، چوب و نیز کاربردهای حیاتی این امواج در مخابرات مانند ایستگاه‌های پخش‌کننده رادیویی و تلویزیونی، امواج ناوبری، رادار، ماهواره‌ها ،تلفن و تلگراف باعث شده است که احتمال ایجاد آسیب‌های بهداشتی به کاربران، ضمن کاربرد بدون کنترل یا پرتوگیری بیش از حد وجود داشته باشد (۱,۲). استفاده از امواج ماکروویو با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز در تلفن‌های همراه و نیز رشد روز افزون کاربران این محصول، انسان را در مواجهه هر چه بیشتر با این امواج قرار داده است به نحوی که آمار نشان می‌دهد در سال ۲۰۰۵، ۱/٦ میلیارد نفر از تلفن همراه استفاده نموده-اند (۷-۳,۵).

امروزه مسلم شده است که وجود آثار زیان بار بیولوژیکی در اثر مواجهه بیش از حد با امواج ماکروویو تلفن سیار می‌باشد. مطالعات گذشته ثابت کرده است که ماکروویو دارای اثرات زیان بار حرارتی و غیر حرارتی است. از آثار حرارتی این امواج می‌توان به آسیب چشم (کاتاراکت)، آسیب دستگاه تولید مثل (بیضه) و آسیب به DNA و غیره نام برد و از آثار غیر حرارتی آن می‌توان به اثر سوء بر پروتئین‌های شوک حرارتی (۸,۹)، گردش خون جفت (۱۰)، سد خونی- مغزی (۷,۱۱)، فعالیت نورون‌های سلول‌های مغزی (۱۲,۱۳)، سلول‌های کبدی (۱۳) و تغییر الگوی خواب انسان اشاره کرد (۷,۱۳,۱٤).

با توجه به مطالب یاد شده و این که عدم تعادل بین رادیکال‌های آزاد فعال و آنتی اکسیدان‌ها نقش مهمی را در ایجاد بسیاری از بیماری‌ها از جمله انواع آلرژی، سرطان، آسیب‌های قلبی-ریوی، بیماری‌های متابولیکی و ژنتیکی، آلزایمر، نورودژنرتیو و مشکلات بینایی از جمله کاتاراکت و گلوکوم بازی می‌کند (۱۸-۱۵) و تا کنون تحقیقی در زمینه اثرات بیولوژیکی حاصل از مواجهه شغلی (مواجهه طولانی مدت) امواج ماکروویو بر تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدان و بررسی امکان برگشت‌پذیری آن به حالت اولیه، پس از قطع مواجهه انجام نشده است، سعی شد در این پژوهش به این موضوع پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت تجربی و با آزمایش بر روی مدل حیوانی (خرگوش) انجام شد. در این تحقیق از ۱٤ سر خرگوش نر سفید سه ماهه با نژاد خالص نیوزیلندی که دارای وزن ۱۷۰۰gr-۱٤۰۰ بودند، استفاده شد. حیوانات به‌صورت تصادفی در دو گروه شاهد و مورد (هر گروه شامل ۷ سر خرگوش) تقسیم شدند. خرگوش-های گروه مورد در محفظه کاملاً ایزوله مخصوص امواج



شکل۱: اتاق مخصوص مواجهه حیوانات (Radiation Chamber)

شکل۲: دستگاه مولد امواج تلفن سیار(GSM)

شکل ۳: مواجهه گروه مورد با امواج تلفن سیار

www.SID.ir

Archive of SID

مایکروویو موسوم به Radiation chamber (شکل ۱) توسط دستگاه شبیه‌ساز امواج تلفن سیار (شکل ۲)، به مدت ۳ هفته، روزی ۸ ساعت در مواجهه تمام بدن با امواج ۹۱۵ مگاهرتز به‌عنوان موج Carrier و امواج ۲۱۷Hz به‌عنوان سوئیچ کریر و امواج ۲۰۰ KHz به‌عنوان Modeling قرار گرفتند (شکل۳). میانگین چگالی توان ۰/٦٧٨٩ mW/cm^2 بود.

خرگوش‌های گروه شاهد نیز در همین مدت در محفظه مشابه دیگری قرار گرفتند، با این تفاوت که هیچ‌گونه مواجهه‌ای با مایکروویو نداشتند. هر دو گروه شاهد و مورد، در شرایط دمایی ۲۳-۲۱ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ٤٥ درصد تا ٥٥ درصد، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و تغذیه توسط مواد غذایی آزمایشگاهی مخصوص خرگوش نگهداری شدند.

در پایان مواجهه، به‌صورت مستقیم از قلب خرگوش‌ها (مورد و شاهد) به میزان ۱۰cc-۷ خونگیری شد و درون لوله‌های آغشته به هپارین (ماده ضد انعقاد) ریخته و توسط دستگاه سانتریفیوژ با دور RPM ۲۰۰۰، پلاسمای خون خرگوش‌ها جدا گردید و در فریزر نگهداری شد. به منظور بررسی امکان برگشت‌پذیری تغییرات آنتی‌اکسیدانی به حالت طبیعی (عدم وجود تغییرات معنی‌دار، در مقایسه با گروه شاهد) پس از قطع مواجهه نیز، قرارگیری خرگوش‌های گروه کنترل در اتاقک مذکور به مدت دو هفته دیگر ادامه یافت، با این تفاوت که تشعشع امواج تلفن همراه در این مدت قطع شد و در پایان هر هفته همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد از قلب خرگوش‌ها (مورد و شاهد) به‌صورت مستقیم خونگیری و توسط سانتریفیوژ با دور RPM ۲۰۰۰ پلاسمای خون جدا شد و برای انجام آزمایشات بعدی در فریزر نگهداری شد.

اندازه‌گیری مقدار آنتی‌اکسیدان‌ها با استفاده از روش (FRAP) (Ferric Reducing Ability of Plasma) که توسط بنزی و استرین در سال ۱۹۹٦ ابداع شد، صورت گرفت. اساس این روش اندازه‌گیری توانایی پلاسما در کاهش یون فریک به فرو است، کمپلکسی که تری پیریدل تریازین (TPTZ) Tripyridyltriazine (2,4,6 Tripyridyl –s- triazin) با یون فرو تشکیل می‌دهد در محیط اسیدی دارای رنگ آبی است و حداکثر جذب آن در طول موج ٥٩٣ nm می‌باشد که توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. لازم به ذکر است مقدار آنتی-اکسیدان خون خرگوش‌های گروه کنترل نیز، تحت شرایط فوق اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های استاندارد در غلظت‌های ۱۰۰۰، ٥۰۰ ، ۲٥۰، ۱۲٥ میکرو مولار تهیه شد و در نهایت میزان جذب کمپلکس TPTz-Fe+2 در گروه مورد و شاهد و نمونه-های استاندارد پس از آماده‌سازی، در طول موج ٥٩٣ nm با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۱۹). شایان ذکر است که به منظور افزایش دقت آنالیز، کلیه نمونه‌ها به‌صورت دو نسخه‌ای تهیه گردید. در پایان، داده-های به‌دست آمده با استفاده از آزمون‌های ANOVA و Tukey در نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه و تحلیل شد.

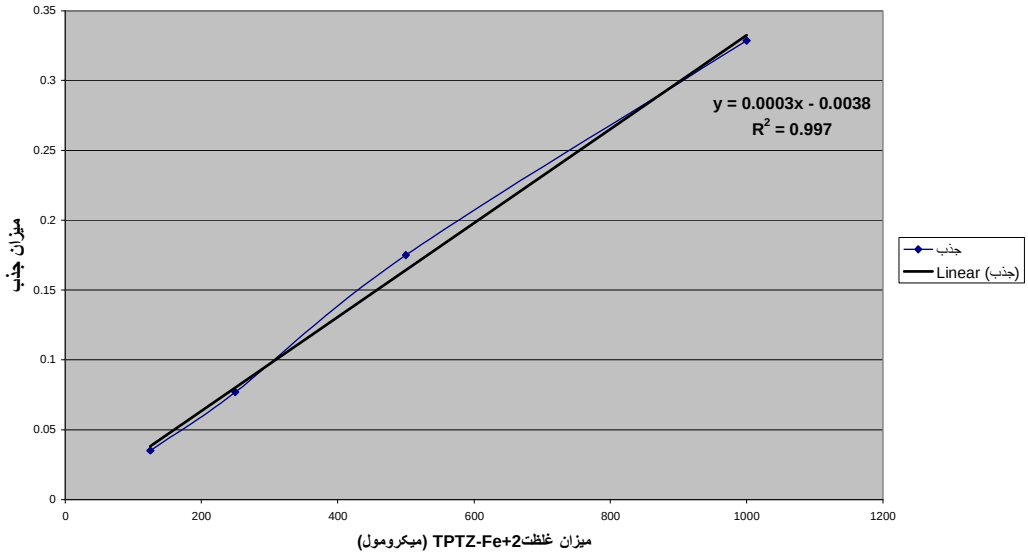
یافته‌ها

پس از رسم منحنی استاندارد میزان جذب و غلظت (نمودار ۱)، با استفاده از این منحنی غلظت آنتی-اکسیدان پلاسمای خون گروه شاهد و نیز گروه مورد پس از سه هفته مواجهه و دو هفته قطع مواجهه اندازه‌گیری شد (جدول ۱ و نمودار ۲).

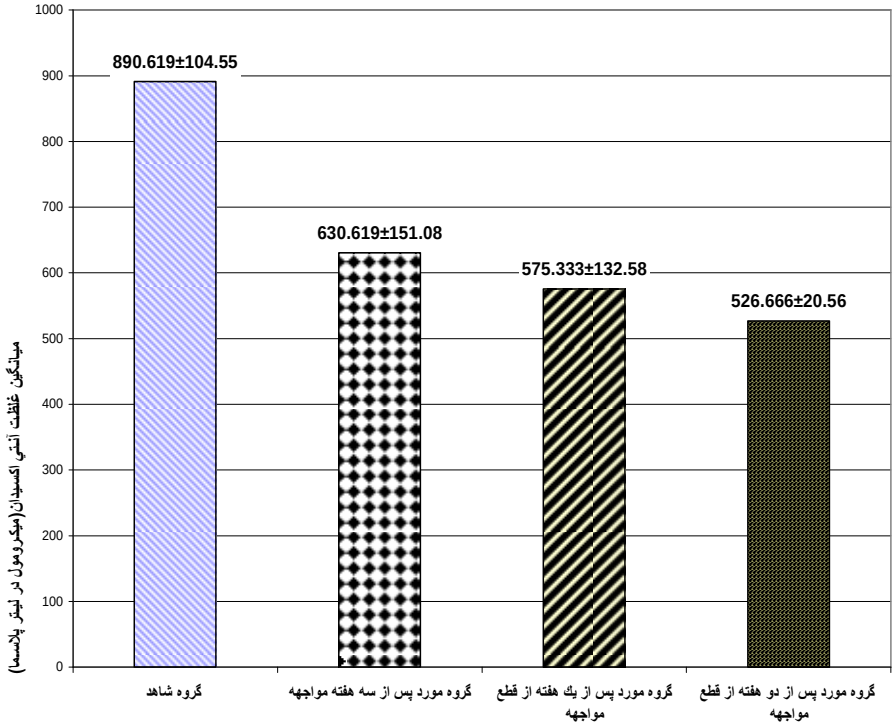
بررسی بین میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌های پلاسما در گروه شاهد۱۰٤/٥٥µmol/lit±۸۹۰/٦۱۹ و گروه مورد ۱٥۱/۰۸µmol/lit±٦۳۰/٦۱۹ بود و نشان داد که اختلاف ایجاد شده به واسطه وجود امواج، معنی‌دار است (P≤۰/۰۰۳). پس از یک هفته از قطع مواجهه، میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در پلاسمای خرگوش‌های مورد به۱۳۲/٥۸ µmol/lit±٥۷٥/۳۳ رسید که از نظر آماری با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری دارد (۰/۰۰۱ ≥P).

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۱: منحنی استاندارد جذب در برابر غلظت $TPTZ\text{-}Fe^{+2}$ (۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومول) در طول موج ۵۹۳ نانومتر



نمودار ۲: مقایسه تغییرات میانگین غلظت آنتی اکسیدان پلاسمای خرگوش‌ها در گروه شاهد و گروه مورد پس از سه هفته مواجهه، یک هفته قطع مواجهه و دو هفته قطع مواجهه

پس از دو هفته از قطع مواجهه، میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در پلاسمای خرگوش‌های مورد به ۵۲۶/۶۶ ± ۲۰/۶۶ µmol/lit رسید که با میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در پلاسمای گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌داری است (P≤۰/۰۰۱). میانگین غلظت آنتی-اکسیدان‌ها در این گروه از لحاظ حسابی، کاهش بیشتری یافته است، اما از لحاظ آماری، نسبت به یک هفته قبل تغییری نکرده است. با توجه به نتایج فوق، تغییرات

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیت آنتی‌اکسیدان پس از دو هفته از قطع مواجهه نسبت به هفته قبل تفاوتی ندارد (جدول ۱ و نمودار ۲).

جدول ۱: میانگین میزان جذب کمپلکس TPTZ-Fe+2 و میانگین غلظت آنتی اکسیدان در طول موج ۵۹۳ نانومتر در هر یک از گروه‌های تحت مطالعه

شاخص آماری / پارامتر مورد اندازه گیری	انحراف معیار ± میانگین
غلظت آنتی اکسیدان گروه شاهد (میکرومول در لیتر پلاسما)	۸۹۰/۶۱۹±۱۰۴/۵۵
غلظت آنتی اکسیدان گروه مورد (میکرومول در لیتر پلاسما) پس از سه هفته مواجهه	۶۳۰/۶۱۹±۱۵۱/۰۸
غلظت آنتی اکسیدان گروه مورد (میکرومول در لیتر پلاسما) پس از یک هفته از قطع مواجهه	۵۷۵/۳۳±۱۳۲/۵۸
غلظت آنتی اکسیدان گروه مورد (میکرومول در لیتر پلاسما) پس از دو هفته از قطع مواجهه	۵۲۶/۶۶±۲۰/۶۶

بحث

در این پژوهش سعی شد اثر بیولوژیک حاصل از مواجهه شغلی که در تماس طولانی مدت با امواج تلفن همراه هستند، بررسی شود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که مواجهه شغلی تمام بدن، با امواج ماکروویو تلفن سیار با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز (مدولاسیون KHz ۲۰۰، سوئیچ کریر Hz ۲۱۷) با میانگین چگالی توان ۰/٦٧٨٩ mW/cm^2 به مدت ۳ هفته (روزی هشت ساعت) موجب استرس اکسیداتیو و کاهش ظرفیت آنتی اکسیدان تام پلاسمای خون خرگوش (در مقایسه با گروه شاهد) می‌شود. به‌عبارت دیگر، بر اساس شرایط مطالعه مواجهه شغلی با امواج الکترومغناطیس تلفن همراه، توانایی ایجاد عدم تعادل بین رادیکال‌های آزاد فعال و آنتی اکسیدان‌ها را در پلاسمای خون خرگوش دارد که در نهایت سبب ایجاد استرس اکسیداتیو می‌شود.

یافته‌های این پژوهش در مورد بررسی امکان برگشت‌پذیری تغییرات ایجاد شده در ظرفیت آنتی اکسیدان تام پلاسما پس از قطع مواجهه نشان می‌دهد که تغییرات ایجاد شده پس از قطع مواجهه بهبود نیافته، بلکه رو به تشدید است. احتمال می‌رود به علت کنترل شرایط آزمایشگاهی و استفاده گروه مورد (و البته شاهد) از غذاهای مخصوص خرگوش و عدم استفاده از رژیم‌های آزاد (غیر آزمایشگاهی) که سرشار از آنتی‌اکسیدان هستند، سهم قابل توجهی از سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی که توسط آنتی اکسیدان‌های غیر آنزیمی یا آنتی اکسیدان‌های کمکی تأمین می‌شود، تضعیف شده است.

همچنین به دلیل مواجهه شغلی گروه مورد با امواج ماکروویو تلفن همراه و نیز وجود واکنش‌های زنجیره‌ای تولید رادیکال و پایداری و ثبات آن‌ها و یا از طریق بی‌ثباتی مولکول والد (Parent molecule) استرس اکسیداتیو پس از دو هفته از قطع مواجهه همچنان ادامه دارد (۲٤-۱۷,۲۰,۲۲) و توانایی تولید آنتی‌اکسیدان در این گروه بنا به دلایل فوق ضعیف شده، و یا به کندی صورت می‌گیرد به طوری‌که در طی این دو هفته نتوانسته عدم تعادل بین تولید رادیکال‌ها و ظرفیت آنتی اکسیدان را برقرار نماید. لذا احتمال می‌رود برگشت ظرفیت آنتی-اکسیدانی گروه مورد به حالت اولیه (در مقایسه با گروه شاهد) به زمان بیشتری برای استراحت (طولانی‌تر بودن زمان قطع مواجهه) نیاز دارد.

بر اساس نتایج این پژوهش در صورت عملکرد سیستم آنتی‌اکسیدانی انسان، مطابق با نتایج این آزمایش‌ها در خرگوش، می‌توان از این امواج به‌عنوان یک عامل فیزیکی زیان‌آور که توانایی ایجاد استرس اکسیداتیو را دارد، نام برد. علاوه بر این، تحقیقات قبلی که در خصوص بررسی اثر مواجهه حاد این امواج بر تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی انجام شد، نشان داد که این امواج می‌توانند به‌عنوان یک عامل فیزیکی زیان‌آور مطرح شوند.

نتایج تحقیقات آتیلا ایلحان و همکارانش در سال ۲۰۰۳ نشان داد که مواجهه رت‌ها به مدت ۷ روز، روزی یک ساعت با امواج مایکروویو تلفن همراه با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و میانگین نرخ جذب ویژه (Specific Absorption Rate) (SAR) ۰/۲۵ W/Kg، موجب کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ایجاد استرس اکسیداتیو می‌گردد

www.SID.ir

Archive of SID

(۷). همچنین نتایج مطالعه فهمی اوزگوند و همکارانش در سال ۲۰۰۵، بیانگر آن است که مواجهه رت‌ها با امواج مایکروویو تلفن سیار با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز به مدت ۱۰ روز (روزی ۳۰ دقیقه) و میانگین چگالی توان ۱/۰٤ mW/cm^2، می‌تواند باعث استرس اکسیداتیو گردد (۲۱).

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، پس از گذشت دو هفته از قطع مواجهه امواج ماکروویو تلفن همراه با گروه مورد، روند رو به کاهش میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدان گروه مورد متوقف گردیده ولی بهبود نیافته است و با گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌داری است. به عبارت دیگر، میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدان گروه مورد در طی هفته دوم استراحت (قطع مواجهه)، نسبت به هفته اول استراحت ثابت مانده است که این امر می‌تواند نشان-دهنده آغاز تطابق سیستم دفاع آنتی اکسیدانی با استرس اکسیداتیو باشد.

احتمال می‌رود سیستم آنتی اکسیدانی پلاسمای گروه مورد در این زمان، مرحله جدیدی از دفاع آنتی-اکسیدانی را آغاز کرده و به جلوگیری از تشکیل رادیکال-های آزاد پرداخته است. این امر می‌تواند به علت کاهش قابل توجه مولکول‌های والد به دلیل شرکت آن‌ها در واکنش‌های زنجیره تولید رادیکال آزاد باشد.

علاوه بر این، امواج ماکروویو تلفن همراه که در این پژوهش به عنوان منبع اگزوژنوس در تولید رادیکال آزاد عمل کرده است نیز، به مدت دو هفته قطع شده است و احتمال می‌رود سیستم آنتی اکسیدانی پلاسما در هفته دوم توانسته باشد از تولید رادیکال‌های آزاد جلوگیری کند و یا به گونه‌ای عمل کند که میزان استرس اکسیداتیو ایجاد شده را ثابت نگهدارد.

البته شواهد این مطالعه نشان می‌دهد که برگشت ظرفیت آنتی اکسیدانی گروه مورد به حالت اولیه (در مقایسه با گروه شاهد) به زمان بیشتری برای استراحت (طولانی‌تر بودن زمان قطع مواجهه) نیاز دارد.لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌گردد کاربران تلفن همراه از رژیم‌های سرشار از آنتی‌اکسیدان که حاوی ویتامین‌های E و A و C و میوه‌هایی نظیر سیب و پرتقال و سایر مرکبات جهت جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد و کاهش میزان آن و تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی استفاده نمایند (۱۸,۱۹-۲٤,۲۵).

مواجهه با امواج مایکروویو تلفن همراه در محفظه فلزی، جذب انرژی را بیشتر می‌کند؛ مثلاً کاربرد تلفن همراه در اتومبیل موجب جذب بیشتر امواج می‌شود که احتمالاً به دلیل انعکاس و بازتاب امواج از طریق سطوح فلزی ماشین و جذب مجدد آن‌ها توسط بدن است. لذا توصیه می‌گردد در چنین مواقعی کمتر از تلفن همراه استفاده شود و یا از کیف‌های کوچک برای نگهداری تلفن همراه در جهت کاهش امواج جذب شده توسط بدن استفاده گردد (۲۰).

همچنین کاهش مواجهه گروه‌های حساس و آسیب‌پذیر جامعه از جمله کودکان و زنان باردار با این امواج نیز می‌تواند از شدت آسیب‌های وارده بکاهد. علاوه بر این، پیشنهاد می‌گردد که مطالعات آزمایشگاهی بر روی سلول‌های انسانی که مطابق با امواج مایکروویو تلفن همراه در مواجهه‌های حاد و مزمن انجام می‌شود و اثر مدولاسیون و فرکانس سوئیچ کریر در شناسایی محدوده ایمن SAR بررسی گردد (۲۰) و نوع آنتی‌اکسیدان‌هایی که ظرفیت آن‌ها کاهش یافته و نیز رادیکال‌های آزاد ایجاد شده اندازه‌گیری شود.

علاوه بر این، توصیه می‌گردد در پژوهش‌های بعدی زمان استراحت پس از مواجهه افزایش یابد و در فواصل زمانی بیشتری برای تعیین مدت زمان لازم برای برگشت‌پذیری ظرفیت آنتی‌اکسیدان به حالت اولیه، خونگیری شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمامی اساتید و همکاران محترم که

www.SID.ir

Archive of SID

در این پژوهش مساعدت فرمودند و نیز پرسنل محترم مدرس، تقدیر و تشکر می‌گردد.
آزمایشگاه بهداشت حرفه‌ای و محیط دانشگاه تربیت

منابع

۱- صفری واریانی علی. مطالعه و ارزشیابی میزان ریزموجها(Microwave) در قسمت ترافیک هوایی مهر آباد و بررسی اثرات آن بر سلامت کارکنان. پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۱.

۲- نخلی احمد(مولف)، آسیبهای شغلی از پرتوهای غیر یونساز. تهران ، موسسه کار و تامین اجتماعی،۱۳۷۰ .

۳- هرمان سمبر(مولف)،آشنایی با فیزیک بهداشت از دیدگاه پرتوشناسی. تهران، مرکز نشر دانشگاهی،۱۳۷۱.

4. Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. Bioeffect of microwave – a brief review. Bioresou Tech. 2003; 87: 155-9.
5. Nakamura H, Matsuzaki H, Hatta K, Nobukuni Y, Kambayashi Y, Ogino K. Nonthermal effect mobile – phone frequency microwave on uteroplacental functions in pregnant rats. Rep Toxicol. 2003; 17:321-6.
6. Oschman JL. the electromagnetic environment: Implications for bodywork. Part 2: Biological effects. Journal of Bodywork and Move Therap . 2000; 4: 137-50.
7. Ilhan A, Gurel A, Armutcu F, Kamisli S, Iraz M, Akyol O, et al. Ginkgo biloba prevents mobile phone-induced oxidative stress in rat brain. Clinica Chimica Acta. 2004; 340: 153-60.
8. Cotgreave IA. Biological stress responses to radio frequency electromagnetic radiation: are mobile phones really (heat) shocking?. Arch of Biochem and Biophy. 2005; I435: 227-40.
9. Simkó M, Hartwig C, Lantow M, Lupke M, Mattsson MO, Rahman Q, et al. Hsp 70 expression and free radical release after exposure to non – thermal radio frequency electromagnetic fields and uterafine particles in human Mono Mac 6 cell. Toxico Let. 2006; 161: 73-82.
10. Salford LG. permeability of the blood–brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and Modulated at 8, 16, 50, 200 Hz. Bioelectrochem and Bioenerget. 1993; 30:293-301.
11. Beason RC, Semm P. responses of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus . Neuroscience Letters. 2002; 333: 175-8.
12. Mahrour N, Pologea-Moraru R, Moisescu M.G, Orlowski S, Levêque Ph, Mir LM. In vitro increase of the fluid–phase endocytosis induced by pulsed radio frequency electromagnetic field: importance of the electric field component. complementary therapie in nursing and midwifery. 2003; 4:191-7.

۱۳- دادخواه تهرانی ابوالفضل. بررسی عوامل موثر بر ظرفیت آنتی اکسیدانتی پلاسما با استفاده از آزمون FRAP در رتهای نوزاد و بالغ تحت تیمار با استامینوفن. پایان نامه کارشناسی ارشد. تهران : دانشکده پزشکی ، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۳.

۱٤- انصاری هادیپور هادی. بررسی وضعیت اکسیدانی و آنتی اکسیدانی گلبولهای قرمز نوزاد رت قبل و پس از تجویز ویتامین K1 . رساله دکتری .تهران : دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس ، ۱۳۸۲.

۱۵- میرزایی رمضان. مطالعه تغییرات عوامل آنتی اکسیدانی و لیپید پراکسیدانی خون و کبد در افت شنوایی خرگوش ناشی از اثرات توام با صدا و آلاینده های جوشکاری . رساله دکتری. تهران : دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس ،۱۳۸۳.

16. Mates J. Antioxidant Enzymes and Human Disease. Clinica Biochem. 1999; 32:595-603.
17. Benzie IF, Strain JJ. Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power “ The FRAP Assay . Analytic Biochem. 1996 ; 239: 70-6.
18. Ontario Public Health Association position paper. Health Risk of Cellular Telephone The Myth and The Reality; 2003.

www.SID.ir

Archive of SID

19. Ozguner F, Oktem F, Armagam A, Yilmaz R, Koyu A, Demirel A, et al .comparative analysis of the protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester(CAPE) on mobile phone – induced renal impairment in rat. Archiv of Medica Resear. 2005; 4: 350-5.

20. Sies H. Oxidative stress: oxidants and antioxidant. Experimen Physiol. 1997;82:291-5.

21. Gilgun-Sherki Y, Melamed E, Offen D. Oxidative stress induced – neurodegenerative diseases : the need for antioxidant that penetrate the blood brain barrier. Neuropharmacol. 2001; 40: 959-75.

22. University of Valencia Department of Physiology. oxidative stress: Free Radical and Antioxidants Research Group; 2004.

23. Borek C. Free Radicals: The Pros and Cons of Antioxidant. The Journal of Nutrition. 2004; 134: 3207S-3209S

www.SID.ir