JME
https://jme.guilan.ac.ir/
https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

دوفصلنامه سوخت و ساز و فعالیت ورزشی
سال سیزدهم، جلد سیزدهم، شماره ۱

مقاله پژوهشی
Open Access

تاثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل کلرلا بر سطوح سرمی مالون‌دی‌آلدهید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام زنان میان‌سال چاق و دارای اضافه‌وزن

الهه امیری مندولکانی[۱]؛ کریم آزالی علمداری[۱]؛ رقیه فخرپور[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

چکیده

هدف: انجام فعالیت‌های ورزشی به همراه مصرف مکمل‌های گیاهی به‌ویژه در افرادی که در معرض خطر بیشتری از فشار اکسایشی هستند، بر سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و اکسیدانی بدن تأثیرات مطلوبی دارند که البته اندازه این تأثیرات با توجه به شدت فعالیت بدنی و همچنین نوع مکمل گیاهی، متفاوت است. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تاثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل کلرلا بر سطوح سرمی مالون دی آلدهید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام زنان میان‌سال چاق یا دارای اضافه‌وزن بود. **روش کار:** تعداد ۴۰ زن میان‌سال دارای اضافه‌وزن یا چاق (BMI≥۲۵) با دامنه سنی ۴۰ تا ۶۵ سال بر اساس معیار ورود به مطالعه گزینش شدند و به‌طور تصادفی در چهار گروه تمرین و مکمل (۱۰ نفر)، تمرین و دارونما (۱۰ نفر)، مکمل (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. تمرینات HIIT (تمرینات اینتروال شدید) شامل ۶ الی ۱۲ تکرار وهله‌های ۶۰ ثانیه دویدن با حداکثر شدت (۹۵-۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره) و متعاقب آن ۶۰ ثانیه دویدن با شدت پایین (۵۵-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره) بود. گروه تمرین و مکمل و گروه مکمل، روزانه چهار قرص مکمل حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم کلرلا را مصرف کردند. از آزمون شاپیرو ویلک برای نرمال بودن داده‌ها و از آزمون تی همبسته، تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی جهت آزمون فرضیه‌ها استفاده شد. روش اندازه‌گیری MDA بر پایه واکنش با تیوباربیوتیک اسید (TBA)، استخراج با بوتانل نرمال، اندازه‌گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد صورت گرفت. اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم به روش اسپکتروفتومتر انجام گرفت. **یافته‌ها:** نتایج تحقیق نشان داد که تمرین اینتروال شدید با و بدون مکمل‌دهی کلرلا منجر به افزایش معنی‌دار سطوح سرمی TAC (p=۰/۰۰۱؛ p=۰/۰۰۳) و میزان حداکثر اکسیژن مصرفی (p=۰/۰۰۱؛ p=۰/۰۰۲) و کاهش معنی‌دار سطوح سرمی MDA (p=۰/۰۰۱؛ p=۰/۰۰۳)، WHR (نسبت دورکمر به لگن)، (p=۰/۰۲؛ p=۰/۰۴) و درصد چربی (p=۰/۰۰۱؛ p=۰/۰۰۵) نسبت به گروه کنترل شد. ولی در گروهی که تنها مکمل استفاده کردند، تغییر معنی‌داری در متغیرهای تحقیق دیده نشد. **نتیجه‌گیری:** بنابراین به نظر می‌رسد همراه کردن مکمل کلرلا همراه با تمرین بدنی بتواند در تسکین وضعیت استرس اکسایشی ناشی از چاقی اثر مثبتی داشته باشد.

واژگان کلیدی: تمرین تناوبی شدید، مکمل کلرلا، ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، مالون‌دی‌آلدهید، چاقی.

۱. دانشگاه شهیدمدنی آذربایجان
* نشانی الکترونیک نویسنده مسئول: fakhrpour@yahoo.com

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

مقدمه

چاقی به‌عنوان تجمع غیرطبیعی یا بیش‌ازحد چربی، ناشی از شکست هومئوستاز انرژی تعریف می‌شود. این بیماری دارای مشخصات اپیدمیولوژیکی با روند رو به افزایشی مداوم در سراسر جهان است. چاقی در سراسر دنیا به‌عنوان یک مشکل سلامتی در نظر گرفته می‌شود. بیشتر از یک میلیارد نفر در کل دنیا به چاقی و اضافه‌وزن دچار هستند (۱). شناسایی دلایل ویژه مرتبط با سن با هدف توسعه راهکارهای مؤثر در پیشگیری و درمان چاقی مهم است (۲). شیوع اضافه‌وزن و چاقی در زنان به دلیل چرخه تولیدمثل، سطح بالاتر هورمون‌های استروئیدی و سبک زندگی آنان در جامعه، از مردان بیشتر است. افزایش خطر ابتلا به سندرم تخمدان پلی کیستیک؛ سرطان آندومتر، دهانه رحم، سینه و تخمدان؛ با کمردرد و آرتروز زانو با افزایش سن، سطح بی‌تحرکی افزایش می‌یابد که در بروز چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن مؤثر هستند (۳). دلیل ۳۳ درصد موارد افزایش خطر مرگ‌ومیر، چاقی است که با گسترش اختلالات متابولیکی و همئوستاز انرژی همراه است. همچنین چاقی با بروز استرس اکسایشی و التهاب مزمن و تولید رادیکال‌های آزاد و دیگر گونه‌های اکسیژن فعال همراه است و تجمع چربی در بدن با افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و هایپوکسی سلولی ناشی از استرس اکسایشی در افراد چاق ارتباط دارد (۴).

رادیکال‌های آزاد یا گونه‌های اکسیژن فعال[1] (ROS) محصولات سمی حاصل از متابولیسم اکسیژن هستند. تولید بیش‌ازحد رادیکال‌های آزاد از طریق استرس اکسیداتیو در بروز و پیشرفت بیماری‌های مختلف مانند آترواسکلروز، دیابت، سرطان، اختلالات عصبی، اختلالات قلبی و عروقی و سایر شرایط مزمن دخیل هستند. این گونه‌های بسیار واکنش‌پذیر شامل آنیون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل، پراکسی نیتریت، پراکسیدهای لیپیدی و سایر موارد می‌باشند (۵). یکی از مهم‌ترین اثرات رادیکال‌های آزاد شروع پراکسیداسیون لیپیدی می‌باشد که منجر به تخریب غشاهای سلولی می‌گردد که در این فرایند رادیکال‌های آزاد، الکترون‌ها را از زنجیره هیدروکربنی غیراشباع لیپیدها بیرون کشیده و منجر به تخریب لیپید و تولید ترکیبات فعال می‌شود.

1. reactive oxygen spicies

این ترکیبات فعال پس از تخریب باندهای کربنی، موجب تولید طیف وسیعی از مواد مانند آلدئیدها و کتون‌ها می‌شود. عمده آلدئید تولیدشده در جریان این واکنش‌ها، مالون‌دی‌آلدئید[1](MDA) است. MDA دارای ویژگی الکتروفیلی قوی است. درنتیجه، به پروتئین متصل می‌شود و تغییر شکل می‌دهد و عملکرد بیولوژیکی آن را مختل می‌کند. علاوه بر این، MDA به‌عنوان پیام‌رسان سیگنال تنظیم‌کننده بیان ژن تنظیم‌کننده‌های کلیدی ترشح انسولین تحریک‌شده توسط گلوکز عمل می‌کند. این امر می‌تواند توضیح دهد که چگونه پراکسیداسیون لیپیدی می‌تواند باعث افزایش هیپرانسولینمی‌شود (۶). در مطالعه‌ای نشان داده شده است بعد از تمرینات شدید و کوتاه‌مدت میزان مالون‌دی‌آلدهید پلاسما و اریتروسیت‌ها به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی غشای گلبول‌های قرمز خون افزایش پیدا کرده است (۷). عطارزاده حسینی و همکاران (۸) در مطالعه‌ای نشان دادند که تمرینات HIIT باعث بهبود معنادار ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی زنان چاق می‌شود ولی بر میزان MDA و SOD آن‌ها تأثیری ندارد. همچنین دسوزا و همکاران (۹) درنتیجه این تمرینات بر پرکسیداسیون لیپیدی در زنان چاق تاثیر قابل‌توجهی مشاهده نکردند. برعکس این نتایج، مطالعات متعددی نشان‌دهنده تاثیر معنادار تمرینات HIIT بر اکسیداسیون چربی (۱۰)، کاهش وزن بدن و درصد چربی (۱۱)، بیشینه اکسیژن مصرفی، شاخص توده بدن و درصد چربی (۱۲) و ترکیب بدن و چربی زیرپوستی (۱۳) می‌باشد.

آنزیم‌های ضداکسایشی اولین خط دفاعی در برابر حمله انواع رادیکال‌های فعال اکسیژن هستند. هر یک از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نقش منحصربه‌فردی دارند که عمل یکدیگر را کامل می‌کنند و برآیند آن‌ها تحت عنوان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام[2] (TAC) بدن تلقی می‌گردد. در بین شاخص‌های ضداکسایشی، اندازه‌گیری ظرفیت ضداکسایشی تام، دارای اهمیت است. با ارزیابی این متغیر می‌توان توانایی ضدکسایشی آثار فعالیت بدنی را در رویارویی با آثار رادیکال‌های آزاد اکسیژن بررسی کرد (۱۴). به دنبال فعالیت‌های بدنی شدید با افزایش شاخص پراکسیداسیون لیپیدی

1. Malondialdehyde

2. Malondialdehyde

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

ازجمله MDA و گونه‌های واکنشگر اکسیژن، عدم تعادل بین فشار اکسایشی و دفاع ضداکسایشی باعث کاهش TAC می‌شود (۱۴).

فعالیت بدنی شدید همراه با افزایش فشار اکسایشی، احتمال تشکیل رادیکال‌های آزاد مضر را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر، با القای آنزیم‌های ضداکسایشی، باعث کاهش رادیکال‌های آزاد نیز می‌شوند (۱۵). به‌عنوان‌مثال فرزانگی و همکاران گزارش کردند که شش هفته تمرین شنا باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسید دیسموتاز و سطح کاتالاز قلبی) در موش‌های دیابتی می‌شود (۱۶). بنابراین، فعالیت بدنی هوازی می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد برای تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی استفاده شود (۱۵).

یکی دیگر از روش‌های مبتنی بر مواد گیاهی جهت بهبود اختلالات وزن و چاقی استفاده از ماده گیاهی کلرلا[1] می‌باشد. کلرلا یک نوع از جلبک‌های تک‌سلولی سبز است که متعلق به شاخه کلروفیتا می‌باشد که در استخرهای بزرگ آب تمیز پرورش‌می‌یابد. کلرلا حاوی آنتی‌اکسیدان‌های مختلفی همچون آلفا_کاروتن، بتاکاروتن، کلروفیل، آلفاتوپوکرول، اسکوربیک اسید، لیکوپن، و لوتئین، زختانتین و دیگر عناصر هم چون مس، روی، منیزیم است که برای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی ضروری می‌باشند (۱۷). استفاده از مکمل کلرلا تأثیرات متعددی بر عملکرد بیوشیمیایی، مانند اثرات آنتی‌اکسیدانی در بدن موش‌های دیابتی و همچنین کاهش قند خون در حیوانات دیابتی داشته است. در برخی از گزارش‌ها در مورد ضدالتهاب بودن این مکمل نیز گزارش شده است و کلرلا همچنین استرس اکسیداتیو را کاهش داده است (۱۸). بر طبق برخی از مطالعات استفاده از مکمل گیاهی و با تمرینات ورزشی می‌تواند عملکرد فیزیکی و هومئوستاز سلولی را در بافت‌های مختلف بهبود بخشد. در یک مطالعه توسط صمدی و همکاران (۱۹) اثرات کلرلا ولگاریس بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی در افراد سیگاری را موردبررسی قرار داده است. نتایج این مداخله، افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و دیسموتاز و کاهش قابل‌توجه آسیب DNA لنفوسیت‌ها را نشان داد. لین و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که مکمل کلرلا می‌تواند ظرفیت

1. chlorella

https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

تمرین بی‌هوازی را بهبود ببخشد (۲۰). همچنین سلیمانی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود نشان داده‌اند که انجام فعالیت‌های ورزشی و مصرف مکمل اسپیرولینا باعث افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود (۲۱). در مطالعه‌ی عزیز بیگی و همکاران (۲۲) با انجام هشت هفته تمرین ورزشی، سطح SOD افزایش معنی‌دار و مالون‌دی‌آلدئید کاهش پیدا کرد درصورتی‌که مقادیر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و GPX در پایان دوره تغییر معنی‌داری نیافت. بنابراین با توجه به تحقیقات اخیر، مصرف مکمل کلرلا و انجام تمرینات هوازی نقش مؤثر و مهمی در تعدیل شاخص‌های پراکسیداسیون لیپیدی دارد. همچنین آگاهی از فواید استفاده از مکمل‌های ضداکسایشی گوناگون برای تقویت دستگاه ضداکسایشی بدن، موجب مصرف فراوان این مواد توسط افراد می‌شود (۲۳). تمرین تناوبی شدید(HIIT) به وهله‌های تکراری با فعالیت‌های تناوبی به نسبت کوتاه با شدت تمام یا شدتی نزدیک به شدتی که VO2peak به دست می‌آید، نسبت داده می‌شود. با توجه به‌شدت تمرینات، یک تلاش HIIT ممکن است از چند ثانیه تا چندین دقیقه طول بکشد و وهله‌های گوناگون به‌وسیله‌ی چند دقیقه استراحت یا فعالیت با شدت کم از هم جدا می‌شود(۲۴). تمرینات تناوبی شدید یک رویکرد کارا برای بهبود ظرفیت‌های سیستم‌های هوازی و بی‌هوازی هستند. همچنین نشان داده شده است که این تمرین‌ها هر دو آنزیم اکسایشی و گلیکولیتیک را افزایش می‌دهد(۲۵).

یافته‌ها در مورد اثرات دقیق تمرینات HIIT در افراد چاق متفاوت است. تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که تمرینات HIIT تغییرات بزرگ‌تری در VO2max در مقایسه با تمرین مداوم با شدت متوسط (MICT) ایجاد می‌کند (۲۶، ۲۷). مطالعات دیگر HIIT را با کاهش قابل‌توجه توده چربی کل، شکمی و احشایی مرتبط می‌دانند (۲۸، ۲۹). بااین‌حال، برخی از متاآنالیزها بیان می‌کنند که اثرات مثبت HIIT در VO2max در مقایسه با MICT بیشتر است (۳۰) و برخی مطالعات تمرینات HIIT را بر بافت چربی بدون تاثیر گزارش داده‌اند (۳۱). دی آموری و همکاران (۳۲) گزارش دادند که در بزرگ‌سالان سالم مبتلا به چاقی، HIIT در مقایسه با MICT باعث کاهش وزن مشابه و بهبود عوامل خطر قلبی عروقی شد، اما منجر

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

به افزایش بیشتر آمادگی قلبی تنفسی در یک دوره کوتاه‌تر شد.

ازاین‌رو، با توجه به تأثیرات مثبت فعالیت ورزشی و همچنین مصرف مکمل کلرلا بر سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و اکسیدانی بدن (۱۵) و با توجه به تناقضات موجود در یافته‌های مرتبط با اثرات تمرینات اینتروال شدید بربر سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و اکسیدانی زنان چاق یا دارای اضافه‌وزن، انجام این پژوهش ضروری می‌باشد. بنابراین تحقیق حاضر به تعیین تاثیر هشت هفته تمرینات اینتروال شدید به همراه مکمل‌دهی کلرلا بر سطوح سرمی TAC، MDA زنان میان‌سال چاق یا دارای اضافه‌وزن می‌پردازد.

روش‌شناسی

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با گروه‌های کنترل و تجربی بود که به‌صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون برگزار شد. جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان میان‌سال دارای اضافه‌وزن و چاق (BMI≥۲۵) با دامنه سنی ۴۰ تا ۶۵ ساله شهرستان سلماس تشکیل دادند. تعداد ۴۰ آزمودنی از طریق فراخوان برای شرکت در پژوهش بر اساس معیار ورود به مطالعه گزینش شدند و به‌طور تصادفی در چهار گروه شامل گروه تمرین - مکمل (۱۰ نفر)، گروه تمرین و دارونما (۱۰ نفر)، گروه مکمل (۱۰ نفر) و گروه کنترل- دارونما (۱۰ نفر) تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل شاخص توده بدنی بالای ۲۵، عدم شرکت در فعالیت ورزشی منظم و عدم رعایت رژیم غذایی کاهش وزن طی شش ماه اخیر، ، عدم مصرف دخانیات یا مکمل ورزشی، عدم ابتلای به بیماری‌های مزمن و بیماری‌های تنفسی، متابولیکی، قلبی و عروقی، کلیوی و کبدی بود. همچنین معیار خروج از مطالعه عبارت از غیبت بیش از سه جلسه آزمودنی‌ها در جلسات تمرینات ورزشی و همچنین خروج به دلیل آسیب‌دیدگی آزمودنی‌ها بود.

بابیان اهداف مطالعه و اطمینان دادن داوطلبان جهت محرمانه ماندن اطلاعات، اختیاری بودن شرکت در پژوهش، یا ادامه ندادن به همکاری، نباید هیچ‌گونه تأثیری بر خدمات درمانی ارائه‌شده به فرد، داشته باشد. این موضوع اکیداً در فرم رضایت آگاهانه، به آزمودنی اطلاع داده شده است. و امکان خروج از مطالعه در هر مرحله از مداخله، فرم رضایت آگاهانه شرکت در پژوهش در اختیار افراد قرار گرفت تا موافقت خود را برای شرکت در پژوهش با امضای رضایت‌نامه اعلام دارند. همچنین هر داده‌ای یا اطلاعاتی که از بیماران به‌دست‌آمده است در زمان انتشار بر اساس

رضایت آگاهانه منتشر شد. در ابتدا و انتهای مطالعه از تمام افراد شرکت‌کننده در دو نوبت ۵ سی‌سی از ورید بازویی آزمودنی‌ها خون‌گیری به عمل آمد. نمونه‌های خونی بلافاصله در درون لوله‌های آزمایش ریخته شدند و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس نمونه‌های تهیه‌شده تا زمان آزمایش‌های مربوط در دمای منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد فریز شدند. روش اندازه‌گیری MDA بر پایه واکنش با تیوباربیوتیک اسید (TBA)، استخراج با بوتانل نرمال، اندازه‌گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد می‌باشد. اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم به روش اسپکتروفتومتر و با استفاده از کیت Randox Laboratories crumliun uk صورت گرفت.

اندازه‌گیری آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها شامل قد و وزن و شاخص توده بدنی بود که قد آزمودنی‌ها با استفاده از قدسنج دیواری (با دقت ۰/۱)، وزن بدن با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۱) و شاخص توده بدنی با استفاده از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) محاسبه شد. برای سنجش شاخص‌های تن‌سنجی، دورکمر (WC) در باریک‌ترین قسمت بین سینه و ران و دورلگن (HC) در پهن‌ترین و برجسته‌ترین قسمت محیط دایره بین کمر و زانو با استفاده از متر نواری غیرقابل ارتجاع و بدون فشار به پوست اندازه‌گیری و برحسب سانتی‌متر ثبت شد، سپس نسبت دورکمر به لگن (WHR) طبق فرمول دورکمر (سانتیمتر) تقسیم بر دورلگن (سانتیمتر) محاسبه شد.

درصد چربی بدنی آزمودنی‌ها نیز از طریق اندازه‌گیری ضخامت چربی زیرجلدی با استفاده از دستگاه کالیپر در سه ناحیه از بدن (سه سربازو، فوق‌خاصره و ران) محاسبه شد. همهٔ اندازه‌گیری‌های چین‌پوستی در طرف راست بدن و در سه نوبت با فاصلهٔ ۲۰ ثانیه جهت برگشت به حالت اولیه انجام گرفت. میانگین سه نوبت اندازه‌گیری ثبت‌شده و برای محاسبهٔ دانسیته و درصد چربی بدن از معادلهٔ جکسون و پولاک استفاده شد (۳۳).

از آزمودنی‌ها خواسته شد از رژیم غذایی طبیعی خود استفاده کنند، جهت کنترل تغذیه از پرسشنامه یادآمد تغذیه ۲۴ ساعته دو روز مانده به اولین و آخرین مرحله خون‌گیری استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده از نتایج آزمون شاپیرو-ویلک تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

ازلحاظ دریافت درشت مغذی‌ها مشاهده نگردید. جهت کنترل اثرات عوامل مداخله‌گر بر نتایج تحقیق گروه‌های مصرف‌کننده مکمل و دارونما از نوع و محتویات کپسول‌های مصرفی بی‌اطلاع ماندند. اجرای تمرین توسط مربی متخصص ورزشی انجام گرفت و تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها توسط متخصص آمار زیستی که اطلاعی از ماهیت داده‌ها نداشت، انجام گرفت.

قبل از شروع مداخله به مدت یک هفته آشناسازی آزمودنی‌ها با تمرینات و مکمل یاری کلرلا انجام شد. از تست شاتل ران برای اندازه‌گیری Vo2peak و جهت ارزیابی آمادگی قلبی تنفسی استفاده شد . نحوه اجرای پروتکل شاتل ران به این صورت بود که دو مخروط به فاصله‌ی ۲۰ متر قرار داده شد و از آزمودنی‌ها درخواست شد تا در هر دور با شنیدن صدای بوق خود را به انتهای خط مقابل رسانده و آن را با پا لمس کنند. سرعت اجرای اولیه ۸/۵ کیلومتر در ساعت بود و با هر دقیقه ۰/۵ کیلومتر بر ساعت افزایش یافت. آزمودنی‌ها تا سر حد توان به حرکات رفت‌وبرگشت خود ادامه دادند. چنانچه آزمودنی قبل از شنیدن بوق قادر نبود خود را به خط ۲۰ متر برساند، پس از دو دور متوالی و یا سه دور نامتوالی از آزمودنی درخواست شد تا آزمون را ادامه ندهد. آخرین رکوردی که به خط ۲۰ متر رسیده است (تعداد دورهای رفت‌وبرگشت کامل) بلافاصله در برگه ثبت گردید. حداکثر اکسیژن مصرفی از طریق فرمول[۲۷/۴- ۶(سرعت)= Vo2peak] محاسبه گردید (۲۴).

تمرینات HIIT شامل وهله‌های ۶۰ ثانیه دویدن با حداکثر شدت و با ۸۵-۹۵ درصد ضربان قلب ذخیره (HRR) و متعاقب آن ۶۰ ثانیه دویدن با شدت پایین (۵۵-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره) بود. آزمودنی‌ها هفتهٔ اول ۶ مرتبه، هفتهٔ دوم ۸ مرتبه، هفته‌های سوم تا پنجم ۱۰ مرتبه و هفته‌های ششم تا هشتم را با ۱۲ تکرار به پایان رساندند (۲۵). ضربان قلب افراد با استفاده از ضربان‌سنج پلار کنترل گردید.

گروه تمرین- مکمل و گروه مکمل، روزانه چهار قرص مکمل حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم کلرلا را (یک عدد قبل از صبحانه و دو عدد قبل از ناهار و یک عدد قبل از شام) مصرف کردند (۲۶). گروه تمرین-دارونما ۳۰۰ میلی‌گرم ساکاروز در کپسول‌های مشابه قرص مکمل استفاده کردند و گروه کنترل فعالیت‌های روزمره خود را بدون تمرین و با مصرف دارونما انجام دادند. جهت اطمینان از مصرف مکمل،

از روش تماس تلفنی و پرسش از آزمودنی‌ها استفاده شد.

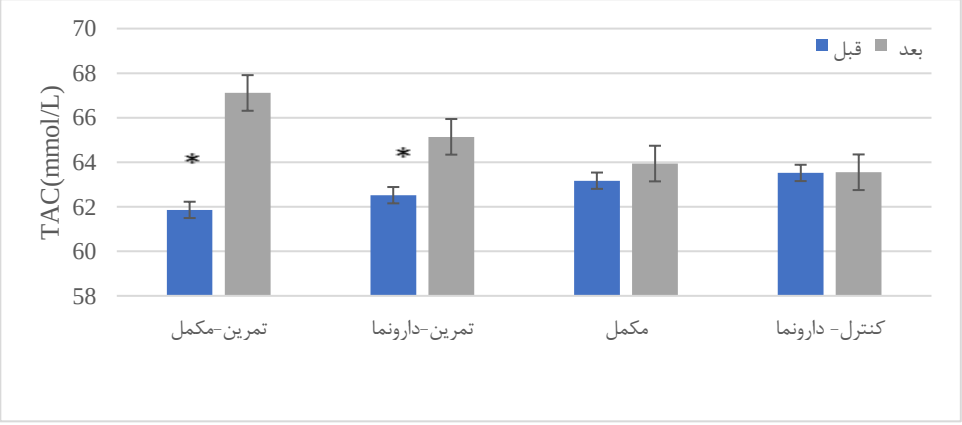
برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد. از آزمون شاپیرو ویلک برای نرمال بودن داده‌ها و از آزمون تی همبسته، تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی جهت آزمون فرضیه‌ها استفاده شد و سطح معنی‌داری در سطح آلفای ۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج

قبل از تجزیه‌وتحلیل متغیرهای تحقیق، طبیعی بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون آماری شاپیرو- ویلک بررسی گردید. بر اساس نتایج تحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده در هر چهار گروه در ارتباط با متغیرهای سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی، TAC، MDA، حداکثر اکسیژن مصرفی، نسبت دورکمر به لگن و درصد چربی دارای توزیع نرمال بود($P>۰/۰۵$).

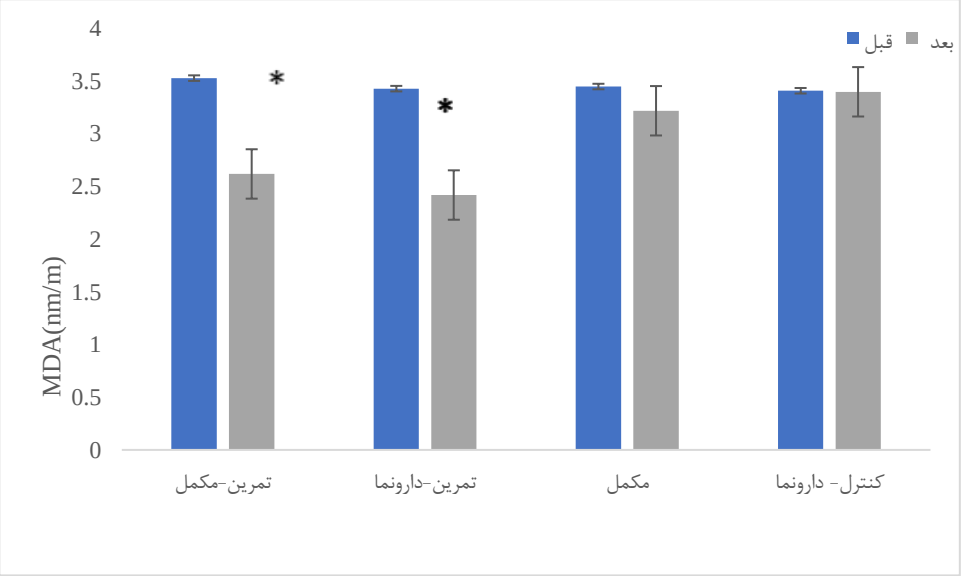
بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه، در مورد هیچ‌یک از متغیرهای موردبررسی در پیش‌آزمون، تفاوت معنی‌دار بین گروهی مشاهده نشد.

جهت بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون t همبسته و تفاوت‌های بین‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه به همراه آزمون تعقیبی توکی استفاده‌شده است (جدول۱)



نمودار۱. میزان تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام آزمودنی‌های چهار گروه در دو مرحله آزمون.
*نشانه تفاوت معنادار بین دو گروه در سطح $p<۰/۰۵$.

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan



نمودار۲. میزان تغییرات مالون دی آلدئید آزمودنی‌های چهار گروه در دو مرحله آزمون.
*نشانه تفاوت معنادار بین دو گروه در سطح p<۰/۰۵.

بر اساس نتایج، در گروه‌های تمرین-مکمل و گروه تمرین-دارونما، سطوح سرمیTAC (نمودار۱) و میزان حداکثر اکسیژن مصرفی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنی‌داری یافته است (جدول۱). با مقایسه میانگین گروه‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، مشخص می‌گردد که در هر دو متغیر بیشترین افزایش در گروه تمرین-مکمل به وجود آمده است. همچنین در گروه‌های تمرین-مکمل و گروه تمرین -دارونما، سطوح سرمی MDA (نمودار۲)، نسبت دورکمر به لگن و درصد چربی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کاهش معنی‌داری یافته است (جدول۱) و با مقایسه میانگین گروه‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، مشخص می‌گردد که در هر سه متغیر MDA، نسبت دورکمر به لگن و درصد چربی، بیشترین کاهش در گروه تمرین-مکمل به وجود آمده است (P≤۰/۰۵).

جدول۱. نتایج آزمون لون، تحلیل واریانس یک‌طرفه و تغییرات درون‌گروهی متغیرهای تحقیق

	گروه	مراحل تمرین		تغییرات درون‌گروهی Sig.	آزمون لون		واریانس یک‌طرفه	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون		آماره	Sig.	F	Sig.
وزن (Kg)	تمرین- مکمل	۷۳/۴۰ ± ۴/۵۵	۷۱/۵۰ ± ۳/۷۷	۰/۰۰۱ *	۱/۱۰۱	۰/۳۶۱	۹/۳۲	۰/۰۰۶#
	تمرین- دارونما	۷۶/۰۰ ± ۴/۳۹	۷۴/۲۰ ± ۳/۷۶	۰/۰۱۹ *				
	مکمل	۷۹/۹۰ ± ۳/۳۴	۷۹/۳۰ ± ۳/۶۵	۰/۲۱				
	کنترل	۷۹/۱۰ ± ۴/۷۴	۷۹/۳۰ ± ۴/۷۸	۰/۵۰۹				
TAC (mmol/L)	تمرین- مکمل	۶۱/۸۶±۱/۳۰	۶۷/۱۱±۱/۲۶	۰/۰۰۱ *	۲/۱۷۵	۰/۱۰۸	۱۰/۴۶۳	۰/۰۰۱#
	تمرین- دارونما	۶۲/۵۲±۱/۴۷	۶۵/۱۴±۹/۳۶	۰/۰۰۱ *				
	مکمل	۶۳/۱۷±۱/۴۳	۶۳/۹۴±۱/۴۱	۰/۳۷۶				
	کنترل	۶۳/۵۲±۱/۶۷	۶۳/۵۵±۱/۴۰	۰/۷۰۸				
MDA (nm/ml)	تمرین- مکمل	۳/۵۳±۰/۳۰	۲/۶۲±۰/۲۸	۰/۰۰۱ *	۱/۶۲۹	۰/۲۰۰	۳۳/۰۱۲	۰/۰۰۱#
	تمرین- دارونما	۳/۴۳±۰/۲۳	۲/۴۲±۰/۱۶	۰/۰۰۱ *				
	مکمل	۳/۴۵±۰/۲۰	۳/۲۲±۰/۴۳	۰/۰۸۶				
	کنترل	۳/۴۱±۰/۱۹	۳/۴۰±۰/۲۰	۰/۵۲۸				
VO2peak (ml/min/kg)	تمرین- مکمل	۳۵/۷۳±۲/۴۷	۴۳/۰۷±۲/۲۰	۰/۰۰۱ *	۰/۵۰۹	۰/۶۷۸	۲۷/۷۴۴	۰/۰۰۱#
	تمرین- دارونما	۳۳/۶۰±۳/۴۵	۳۸/۱۸±۴/۱۳	۰/۰۰۱ *				
	مکمل	۳۳/۳۶±۲/۲۴	۳۴/۴۲±۲/۲۴	۰/۳۷۶				
	کنترل	۳۲/۷۶±۲/۲۹	۳۲/۳۷±۲/۲۱	۰/۵۴۵				
WHR (%)	تمرین- مکمل	۰/۹۶±۰/۰۱	۰/۹۳±۰/۰۱	۰/۰۰۱ *	۰/۲۳۴	۰/۸۴۵	۵/۱۵۰	۰/۰۰۵#
	تمرین- دارونما	۰/۹۶±۰/۰۱	۰/۹۴±۰/۰۱	۰/۰۰۱ *				
	مکمل	۰/۹۶±۰/۰۱	۰/۹۵±۰/۰۱	۰/۰۸۶				
	کنترل	۰/۹۵±۰/۰۱	۰/۹۵±۰/۰۱	۰/۳۴۰				
درصد چربی (٪)	تمرین- مکمل	۳۸/۹۵±۰/۹۴	۳۷/۶۹±۰/۹۷	۰/۰۰۱ *	۱/۸۹۱	۰/۱۴۹	۶/۶۶۲	۰/۰۰۵#
	تمرین- دارونما	۳۸/۷۵±۱/۰۳	۳۸/۱۵±۰/۸۸	۰/۰۰۲ *				
	مکمل	۳۸/۸۱±۱/۲۸	۳۸/۵±۱/۲۸	۰/۵۲۸				
	کنترل	۳۸/۹۲±۱/۲۴	۳۸/۹۲±۱/۲۶	۰/۷۰۸				

*p-value: تی تست زوجی برای بررسی تفاوت میانگین‌های پیش و پس‌آزمون (درون‌گروهی)

#p-value: معناداری بر اساس آزمون واریانس یک‌طرفه

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

جدول ۲. نتایج آزمون لون، تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی برای مقدار تغییرات متغیرها

شاخص آماری / متغیر	خی دو	df	P_value
وزن(Kg)	۱/۲۴۷	۳	۰/۰۰۱
MDA (nm/ml)	۱/۶۲۹	۳	۰/۰۰۱
VO2peak ((ml/min/kg)	۰/۵۰۹	۳	۰/۰۰۱
TAC (mmol/L)	۲/۱۷۵	۳	۰/۰۰۱
WHR (%)	WHR	۳	۰/۰۰۵
درصد چربی (٪)	۱/۸۹۱	۳	۰/۰۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تاثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل کلرلا بر سطوح سرمی مالون دی آلدهید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام زنان میان‌سال چاق یا دارای اضافه‌وزن بود. نتایج تحقیق نشان داد که هشت هفته تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل کلرلا بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام زنان میان‌سال چاق یا دارای اضافه‌وزن تاثیر افزایشی و معناداری دارد. این بخش از نتایج تحقیق با نتایج تحقیقات مالیک (۳۴) و عطارزاده حسینی و همکاران (۸) همسو و با نتایج تحقیق کلوندی و همکاران (۳۵) و عزیزبیگی‌بوکانی و همکاران (۲۲) ناهم‌سو می‌باشد.

مالیک (۳۴) و همکاران در تحقیق خود نشان دادند که استفاده از مکمل کلرلا به همراه تمرینات ورزشی منظم، موجب افزایش سطوح TAC در آزمودنی‌ها شد. عطارزاده حسینی و همکاران (۸) در تحقیق خود نشان دادند که تمرین منظم با افزایش منظم تولید رادیکال آزاد در حین ورزش همراه است که این سازگاری منجر به افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌شود. اگرچه نتایج مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که فعالیت بدنی شدید و نامنظم از طریق افزایش هورمون‌هایی مانند کاتکولامین‌های پروستانوئیدها و فعالیت ماکروفاژها بر عملکرد اکسایشی سلول‌ها و ساختمان غشای سلولی اثرگذار است و موجب افزایش استرس اکسایشی و پراکسیداسیون لیپیدی می‌شود؛ اما اجرای تمرین ورزشی منظم و مستمر، از طریق

https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

افزایش دفاع ضد اکسایشی، موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی می‌شود. رادیکال‌های آزاد فقط تولید آسیب نمی‌کنند بلکه نقش سیگنالینگ سلولی و تحریک آنزیماتیک را نیز بر عهده دارند. گونه‌های فعال اکسیژن تولیدشده در فعالیت ورزشی، مسیر سیگنالینگ مهمی مانند میتوژن محرک پروتئین کیناز را فعال می‌کند که به‌این‌ترتیب فعالیت ورزشی می‌تواند به‌خودی‌خود باعث بهبود استرس اکسیداتیو شود و از بیماری‌های استرس اکسایشی مرتبط با چاقی یا اضافه‌وزن، نظیر بیماری‌های قلبی و دیابت و غیره جلوگیری کند.

در مقابل کلوندی و همکاران (۳۵) در تحقیق خود نشان دادند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام تحت تاثیر تمرینات تناوبی قرار نگرفت. همچنین عزیزبیگی‌بوکانی و همکاران (۲۲) نیز نشان دادند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آزمودنی‌ها پس از تمرینات مقاومتی شدید به‌صورت غیرمعنی‌داری و به‌صورت جزئی افزایش پیدا کرده بود. ازجمله دلایل ناهم‌سو بودن این تحقیق‌ها با نتایج تحقیق فعلی می‌توان به متفاوت بودن جامعه آماری، مدت‌زمان تمرین و شرایط تغذیه و استراحت، اشاره کرد.

یکی از مکانیسم‌های احتمالی افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند ناشی از افزایش میزان آدنوزین به دلیل مصرف آدنوزین تری فسفات باشد، که به‌واسطه همین اثر تنظیم‌کنندگی ممکن است باعث ایجاد سازگاری شود. مکانیسم احتمالی دیگر اثر ورزش، کاهش قابلیت اتصال NF-KB به DNA نسخه‌برداری از ژن‌های درگیر در استرس اکسیداتیو و التهاب و کاهش غلظت درون‌سلولی ROS باشد (۱۵، ۱۶).

دیگر نتایج تحقیق نشان داد که هشت هفته تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل کلرلا بر سطوح سرمی MDA زنان میان‌سال چاق یا دارای اضافه‌وزن تاثیر کاهشی و معناداری دارد. این بخش از نتایج تحقیق با نتایج تحقیقات مردانی و همکاران (۳۶)، حیدریان‌پور و غنی‌یگانه (۳۷)، یارمحمدی و همکاران (۳۸) همسو می‌باشد.

مردانی و همکاران (۳۶) در تحقیق خود نشان دادند که غلظت مالون دی آلدئید در گروه تمرین مقاومتی مدل هرمی و هرمی معکوس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین حیدریان‌پور و غنی‌یگانه (۳۷) در تحقیق خود نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین، سبب افزایش معنی‌دار آنزیم‌های کاتالاز و

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

سوپراکسیددیسموتاز به‌عنوان آنتی‌اکسیدانت و کاهش معنی‌دار مالون‌دی‌آلدهید به‌عنوان شاخص استرس اکسیداتیو بازیکنان فوتبال سیگاری شد. یارمحمدی و همکاران (۳۸) نیز در تحقیق خود نشان دادند که یک دوره تمرین شدید سبب کاهش معنی‌داری در میزان MDA گردید.

فعالیت بدنی شدید از طریق افزایش ترشح هورمون‌هایی مانند اپی نفرین یا کاتکولامین‌های دیگر، متابولیسم پروستانوئیدها، گزانتین اکسیداز و فعالیت ماکروفاژها بر فرآیندهای استرس اکسیداتیو اثرگذار بوده و موجب افزایش استرس اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدی می‌شود. درنتیجه به دنبال آن مالون دی آلدئید که به‌عنوان یکی از شاخص‌های پراکسیداسیون لیپیدی غشاء گلبول‌های قرمز خون می‌باشد، افزایش می‌یابد. در ابتدای فعالیت‌های بدنی با شدت زیاد به دلیل عدم هماهنگی میان میزان اکسیژن دریافتی و اکسیژن موردنیاز بافت‌ها به‌خصوص در عضلات فعال و از سوی دیگر بروز فرآیند کاهش جریان خون موضعی و سپس برقراری مجدد گردش جریان خون بافتی، تولید انواع اکسیژن‌های فعال‌شده افزایش می‌یابد. درنتیجه لیپیدهای غیراشباع غشاهای بافتی در معرض آسیب قرار می‌گیرند و موجب افزایش مالون دی آلدئید می‌شوند، حال‌آنکه در تحقیق حاضر میزان مالون دی الدئید در دو گروه تمرینی کاهش داشته است. تحقیق حاضر با نتایج تحقیقاتی که نشان دادند تمرینات منظم و مستمر، سبب افزایش ذخیره آنتی‌اکسیدانی می‌شود، همخوانی دارد و احتمالاً عاملی در کاهش شاخص‌های استرس اکسیداتیو است. بنابراین برنامه تمرینی استفاده‌شده در این پژوهش شدت مناسبی داشته است که علاوه برافزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میزان آسیب اکسایشی را تغییر نداده است. نتایج دیگری که در این تحقیق به دست آمد این بود که هشت هفته تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل کلرلا بر میزان اوج اکسیژن مصرفی تاثیر افزایشی و معنادار و بر نسبت دورکمر به لگن (WHR) و درصد چربی زنان میان‌سال چاق یا دارای اضافه‌وزن تاثیر کاهشی و معناداری دارد. برخی از پژوهش‌های انجام‌شده حاکی از آن است که شرکت در فعالیت‌های بدنی منظم می‌تواند روش مناسبی برای پیشگیری از عواقب و بیماری‌های ناشی از چاقی باشد. (۳۹). اگرچه هدف ایجاد تعادل کالری منفی است که منجر به کاهش وزن می‌شود، اما شدت تمرین، منظم بودن و مدت‌زمان تمرین، اثرات آن و

نتایج و مزایای مربوطه را مشخص می‌کند. برای مقابله با همه‌گیری اضافه‌وزن و چاقی، تمرینات منظم به‌عنوان یک جزء اصلی توصیه می‌شود. اگرچه ورزش به‌تنهایی در مقایسه با کاهش وزن ناشی از رژیم غذایی یک استراتژی کاهش وزن کم کارآمدتر محسوب می‌شود، اما ورزش ترجیحاً بافت چربی را کاهش می‌دهد و توده بدون چربی حفظ یا حتی افزایش می‌یابد (۴۰). تمرین تناوبی شدید به وهله‌های تکراری با فعالیت‌های تناوبی به نسبت کوتاه با شدت تمام یا شدتی نزدیک به شدتی که VO2peak به دست می‌آید، نسبت داده می‌شود. با توجه به‌شدت تمرینات، یک تلاش HIIT ممکن است از چند ثانیه تا چندین دقیقه طول بکشد و وهله‌های گوناگون به‌وسیله‌ی چند دقیقه استراحت یا فعالیت با شدت کم از هم جدا می‌شود (۴۱). شواهد نشان می‌دهند که اگر زمان بازگشت به حالت اولیه بین وهله‌های شدید کاهش یابد، سهم گلیکولیز نیز برای تأمین انرژی کاهش پیدا می‌کند و درنتیجه سوخت‌وساز هوازی برای جبران این کسر انرژی، افزایش پیدا می‌کند. محققان تأثیر اجراهای مختلفی از HIIT را در بهبود سریع ظرفیت ورزشی و متابولیسم انرژی عضله اسکلتی بررسی کرده‌اند. تمرینات تناوبی شدید یک رویکرد کارا برای بهبود ظرفیت‌های سیستم‌های هوازی و بی‌هوازی هستند. نشان داده شده است که این تمرین‌ها هر دو آنزیم اکسایشی و گلیکولیتیک را افزایش می‌دهد (۴۲).

مکانیسم تاثیر فعالیت بدنی اینتروال شدید از طریق افزایش ساخت نیتریک اکساید اندوتلیالی و یا افزایش نوراپی نفرین، آدرنالین بیان ژن در بافت چربی زیر جلدی و عضله اسکلتی می‌باشد که این موضوع با افزایش تولید میتوکندری در هر دو بافت و به دنبال آن افزایش متابولیسم اکسیداتیو و درنتیجه کاهش ذخایر چربی و بهبود هومئوستاز گلوکز همراه است. فعالیت تناوبی ظرفیت میتوکندریابی عضله اسکلتی را از طریق تنظیم کواکتیویتور آلفا، گیرنده گاما فعال‌شده را با تکثیر پروکسی‌زوم افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، فعالیت تناوبی شدید منظم، آمادگی هوازی و بی‌هوازی را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد و بدین طریق موجب افزایش ظرفیت عضله اسکلتی برای اکسایش اسیدچرب و محتوای آنزیم گلیکولیتیکی می‌شود. از جهت دیگر، فعالیت بدنی اینتروال شدید بیان ژن آدیپوکاین‌ها در

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

بافت چربی و خون را تغییر داده و همچنین متابولیسم گلوکز را تنظیم می‌کند. ازجمله این آدیپوکاین‌ها، آدیپونکتین‌ها هستند. آدیپونکتین پروتئین فعال‌کننده فسفوریلاسیون گیرنده آلفا (a-ppar) را فعال می‌کند که موجب اکسایش اسیدهای چرب در عضله اسکلتی می‌شود. همچنین آدیپونکتین می‌تواند AMPK را فعال کند و از این طریق در اکسایش اسیدهای چرب و انتقال GLUT-۴ به سطح سلولی نقش داشته باشد. آدیپونکتین به‌طور مستقیم ACC (استیل‌کوآ کربوکسیلاز) را فسفوریله و غیرفعال می‌کند و با کاهش محتوای مالونیل‌کوآ موجب هیدرولیز تری‌گلیسیریدها و اکسایش آن‌ها می‌شود. در پایان طبق گزارشی که صورت گرفته تمرینات با شدت بالا، ظرفیت عضله اسکلتی را برای استفاده از چربی افزایش می‌دهد. که ممکن است نقش مهمی در کنترل وزن افراد چاق یا اضافه‌وزن و کاهش عوامل خطرزای قلبی_عروقی داشته باشد.

اگرچه مکانیسم دقیق تاثیر کلرلا بر درصد چربی بدن ناشناخته است، ولی کاهش چربی بر ترکیبات پلی‌فنولی موجود در کلرلا نسبت داده می‌شود که از طریق کاهش سطح mRNA آنزیم‌های اسید چرب سنتتاز و آسیل کوآ کربوکسیلاز، بتا اکسیداسون و لیپولیز سلول‌های چربی ناشی از نوراپی‌نفرین را افزایش می‌دهد (۴۳، ۲۱، ۱۲). پلی فنول‌ها اثر مهاری بر لیپاز پانکراس دارد و از جذب چربی در روده جلوگیری می‌کند و همچنین با کاهش بیان ژن PPARy که از فاکتورهای رونویسی بافت چربی است از تمایزپذیری پری آدیپوسیت‌ها به آدیپوسیت‌ها جلوگیری می‌کند. کاروتنوئیدها به‌خصوص بتا و آلفا کاروتن به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل و پتانسیل ردوکس پایین، موجب پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد می‌شوند و از این طریق فرایند پراکسیداسیون را خاتمه می‌دهند (۲۸، ۴۱).

این تحقیق نیز همانند سایر پژوهش‌های علمی با محدودیت‌هایی مواجه بود. یکی از این محدودیت‌ها، هم‌زمانی انجام این پژوهش با همه‌گیری کووید-۱۹ بود که موجب زمان‌بر و دشوار بودن جمع‌آوری داده‌ها شد. همچنین میزان خواب و استراحت، تفاوت‌های فردی و انگیزه شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر قابل‌کنترل نبود.

نتیجه‌گیری

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان چنین بیان کرد که علی‌رغم اینکه اشخاص چاق، از سطح

بالاتری از رادیکال‌های آزاد برخوردار هستند، استرس اکسایشی ناشی از چاقی به دنبال شرکت در فعالیت‌های ورزشی هوازی طولانی‌مدت و با به‌کارگیری راهبرد تغذیه‌ای کاهش پیدا می‌کند. که مصرف مکمل کلرلا در این تحقیق این نتیجه‌گیری را تائید می‌کند و باعث کاهش آسیب‌های اکسایشی و تقویت دفاع ضداکسایشی ناشی از انجام فعالیت‌های ورزشی می‌شود. زیرا، مکمل کلرلا دارای مواد آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌موتاژنیک، بتاکاروتن و لوتئین است که می‌تواند مانع آثار تخریبی اکسیدان‌های تولیدی از هیپرگلیسمی در افراد شود. درنهایت به نظر می‌رسد همراه کردن مکمل کلرلا همراه با تمرین بدنی بتواند در تسکین TAC ناشی از چاقی اثر بهتری نسبت به تمرین به‌تنهایی و یا مصرف کلرلا به‌تنهایی داشته باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از کلیه شرکت‌کنندگانی که در انجام این پژوهش نویسندگان را در جهت دستیابی به نتایج سودمند و کاربردی یاری نموده‌اند، تشکر و قـدردانی می‌شود.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Ghanemi A, Melouane A, Yoshioka M, St-Amand J. Exercise and high-fat diet in obesity: Functional genomics perspectives of two energy homeostasis pillars. Genes. 2020;11(8):875.
2. Arboleda-Serna VH, Patiño-Villada FA, Pinzón-Castro DA, Arango-Vélez EF. Effects of low-volume, high-intensity interval training on maximal oxygen consumption, body fat percentage and health-related quality of life in women with overweight: A randomized controlled trial. J Exerc Sci Fit. 2022 Apr;20(2):108-112. doi: 10.1016/j.jesf.2022.01.004.
3. Azali Alamdari K, Rohani H. Acute response and adaptation of physiological and conceptual appetite indices and body weight to aerobic training in obese middle-aged and elderly women. Sport Physiology. 2018;10(39):87-106.
4. Amirkhani Z, Azarbayjani MA. Effect of eight weeks resistance training on malondialdehyd, total, antioxidant capacity, liver enzymes and lipid profile in

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

overweight and obese women. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2018;20(3):48-55.

5. Abod K, Mohammed M, Taay YM, editors. Evaluation of total oxidant status and antioxidant capacity in sera of acute-and chronic-renal failure patients. Journal of Physics: Conference Series; 2021: IOP Publishing.
6. Rkhaya SA, Bulatova N, Kasabri V, Naffa R, Alquoqa R. Increased malondialdehyde vs. reduced sirtuin 1 in relation with adiposity, atherogenicity and hematological indices in metabolic syndrome patients with and without prediabetes. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews. 2018;12(6):903-9.
7. Dekany M, Nemeskeri V, Györe I, Harbula I, Malomsoki J, Pucsok J. Antioxidant status of interval-trained athletes in various sports. International journal of sports medicine. 2006;27(02):112-6.
8. Attarzadeh Hosseini SR, Moazzami M, Farahati S, Bahremand M, Sadegh Eghbali F. Effects of High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training on the Total Antioxidant Capacity, Malondialdehyde, and Superoxide Dismutase in Obese/Overweight Middle-Aged Women. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism. 2020;22(3):207-13.
9. De Souza DC, Matos VAF, dos Santos VOA, Medeiros IF, Marinho CSR, Nascimento PRP, Dorneles GP, Peres A, Müller CH, Krause M, Costa EC and Fayh APT (2018) Effects of High-Intensity Interval and Moderate-Intensity Continuous Exercise on Inflammatory, Leptin, IgA, and Lipid Peroxidation Responses in Obese Males. Front. Physiol. 9:567. doi: 10.3389/fphys.2018.00567
10. Whyte LJ, Ferguson C, Wilson J, Scott RA, Gill JM (2013) Effects of single bout of very high-intensity exercise on metabolic health biomarkers in overweight/obese sedentary men. Metabolism 62: 212-219.
11. Schjerve IE, Tyldum GA, Tjønna AE, Stølen T, Loennechen JP, et al. (2008) Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. Clin Sci (Lond) 115: 283-293.
12. Tjønna AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, et al. (2008) Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. Circulation 118: 346-354.
13. Leggate M, Carter WG, Evans MJ, Vennard RA, Sribala-Sundaram S, et al. (2012) Determination of inflammatory and prominent proteomic changes in plasma and adipose tissue after high-intensity intermittent training in overweight and obese males. J Appl Physiol 112: 1353-1360.

14. Hakkakdokht E, Salami F, Rajabi H, Hedayati M. MH The effect of aerobic exercise and vitamin E and C supplementation on GSH and antioxidative enzymes (GPX and SOD) in pregnant rats. J Olympic. 2011;19(3):47-56.

15. Poozesh Jadidi R, Nourazar AR. Effect of 8 Weeks Aerobic Exercise Training with Chlorella Supplementation on Catalase and Superoxide Dismutase in the Heart of Diabetic Male Rats. Sport Physiology. 2018;10(38):181-96.

16. Farzanegi P, Habibian M, Anvari S. Effect of swimming training and arbutin supplement on cardiac antioxidant enzymes and oxidative stress in diabetic rats. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2015;17(3):39-45.

17. Khanzadeh N, Poozesh Jadidi R, Azar N. The Effect of Eight Weeks of Aerobic Exercise on Plasma Levels of Paraoxonase-1 and Lipid Hydroperoxide in Diabetic Male Rats Treated with Chlorella Algae. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2018;17(2):131-42.

18. Guzman S ,Gato A, Calleja JJPRAIJDtP, Derivatives TEoNP. Antiinflammatory, analgesic and free radical scavenging activities of the marine microalgaeChlorella stigmatophora andPhaeodactylum tricornutum. 2001;15(3):224-30.

19. Samadi M, Shirvani H, Shafeie AA. Effect of Chlorella vulgaris supplementation with eccentric exercise on serum interleukin 6 and insulin resistance in overweight men. Sport Sciences for Health. 2020;16(3):543-9.

20. Lin C-P, Chi C-F, Xu M-F, Yu S-H. The Effect Of Chlorella Supplementation On Exercise Performance And Inflammation-related Blood Cells After Dehydration.: 3265 Board# 170 June 2 2: 00 PM-3: 30 PM. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2017;49(5S):930.

21. Soleimani S, TOFIGHI A, BABAEI S. Effect of six weeks aerobic training accompanied by dietary supplementation of spirulina on Oxidative stress index in obese inactive men followed by one session exhaustive exercise. 2019.

22. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Peeri M, Agha-Alinejad H, Stannard S. The effect of progressive resistance training on oxidative stress and antioxidant enzyme activity in erythrocytes in untrained men. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2013;23(3):230-8.

23. Tofighi A, Babaei S, Mollazadeh P. The effect of 6 weeks of aerobic training with chlorella consumption on lipid peroxidation indices and total antioxidant capacity of inactive obese men following exhaustive activity. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2021;19(6):591-604.

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

24. Ugras AFJS, Sports. Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. 2013;28(5):253-9.

25. Horii N, Hasegawa N, Fujie S, Uchida M, Miyamoto-Mikami E, Hashimoto T, et al. High-intensity intermittent exercise training with chlorella intake accelerates exercise performance and muscle glycolytic and oxidative capacity in rats. 2017;312(4):R520-R8.

26. Nybo L, Sundstrup E, Jakobsen MD, et al. High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(10):1951e1958.

27. Vella CA, Taylor K, Drummer D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. Eur J Sport Sci. 2017;17(9):1203e1211.

28. Higgins S, Fedewa MV, Hathaway ED, Schmidt MD, Evans EM. Sprint interval and moderate-intensity cycling training differentially affect adiposity and aerobic capacity in overweight young-adult women. Appl Physiol Nutr Metabol. 2016;41(11):1177e1183.

29. Maillard F, Rousset S, Pereira B, et al. High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. Diabetes Metab. 2016;42(6):433e441.

30. Sloth M, Sloth D, Overgaard K, Dalgas U. Effects of sprint interval training on VO2max and aerobic exercise performance: a systematic review and metaanalysis. Scand J Med Sci Sports. 2013;23(6):e341ee352.

31. Fakhri F, Shakeryan S, Fakhri S, Alizadeh AA. The effect of 6 weeks of high intensity interval training (HIIT) with nano-curcumin supplementation on factors related to cardiovascular disease in inactive overweight girls. Feyz 2020; 24(2): 181-9.

32. D'Amuri A, Sanz JM, Capatti E, Di Vece F, Vaccari F, Lazzer S, Zuliani G, Dalla Nora E, Passaro A. Effectiveness of high-intensity interval training for weight loss in adults with obesity: a randomised controlled non-inferiority trial. BMJ Open Sport Exerc Med. 2021 Jul 20;7(3):e001021. doi: 10.1136/bmjsem-2020-001021.

33. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. Med Sci Sports Exerc. 1980;12(3):175-81.

34. Malik A. Chlorella minutissima as a functional food: evaluation on nutritional profile and antioxidant potential of the metabolites. Biomass Conversion and Biorefinery. 2022:1-13.

35. Kalvandi F, Azizbeigi K, Azarbayjani MA. Effects of elastic resistance training and traditional weight training on antioxidant and oxidative stress

markers in untrained men. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019 Sep 23;8(3):57-65.

36. Mardani A, Abednatanzi H, Gholami M, Ghazalian F, Azizbeigi K. Effect of intensity sequence of resistance training on some antioxidants factors and Malondialdehyde plasma in over weight men. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022 Jan 1;10(6):1258-69.

37. Heidarianpour A, Ghani Yaganah F. Effect of 12 Weeks of Combined Exercise Training on Oxidative Stress and Antioxidants Balance in Smoker's Football Players. Pathobiology Research. 2020 Mar 10;23(2):85-90.

38. Yarmohammadi M, Mahjoub S. Assessment of six weeks moderate-intensity aerobic exercise with and without pomegranate extract consumption effects on plasma malondialdehyde level in adult women with type-2 diabetes. Ebnesina. 2017;19(3):56-9.

39. Hooshmand Moghadam B, Eskandari M. The Effect of Lycopene Supplement on Oxidative Stress and Total Antioxidant Capacity in Obese Men after Resistance Exercise. Journal of Animal Biology. 2017;9(4):107-13.

40. Quist JS, Rosenkilde M, Petersen M, Gram A, Sjödin A, Stallknecht B. Effects of active commuting and leisure-time exercise on fat loss in women and men with overweight and obesity: a randomized controlled trial. International Journal of Obesity. 2018;42(3):469-78.

41. Gladden L. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. The Journal of physiology. 2004;558(1):5-30.

42. Atashak S, Peeri M, Azarbayjani MA, Stannard SR. Effects of ginger (Zingiber officinale Roscoe) supplementation and resistance training on some blood oxidative stress markers in obese men. Journal of Exercise Science & Fitness. 2014;12(1):26-30.

43. Farsi S, Ghaedi H. Effects of Spirulina Supplementation and Nonlinear Resistance Training on Liver Enzymes in Obese Women. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2020;7(1):55-64.

Copyright © The Authors Publisher: University oF Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240

Metabolism and Exercise

A biannual journal

Vol 13, Number 1, 2023

University Of Guilan

The effect of eight weeks of intense interval training with chlorella supplementation on serum levels of Malondialdehyde and total antioxidant capacity in obese and overweight middle-aged women

Amiri Mandoulakani E[1], Azali Alamdari K[1], Fakhrpour R[1*]

Received: 25/04/2023 Accepted: 13/02/2023 Published: 23/08/2023

Abstract

Aim: Performing sports activities along with the consumption of herbal supplements, especially in people who are at greater risk of oxidative stress, have favorable effects on the antioxidant and oxidant systems of the body. Of course, the size of these effects is different according to the intensity of physical activity as well as the type of herbal supplement. The purpose of this research was to investigate the effect of eight weeks of intense interval training with chlorella supplementation on serum levels of malondialdehyde and total antioxidant capacity in obese or overweight middle-aged women. **Methods:** Fourty overweight or obese middle-aged women (BMI ≥ 25) with an age range of 40 to 65 years were selected by invitation and based on the inclusion criteria and randomly divided into four exercise - supplement groups (10 people), exercise - placebo (10 people), supplement (10 people) and control (10 people) were divided. HIIT exercises (intense interval training) consisted of 6 to 12 repetitions of 60 seconds of maximum intensity running (85-95% of the reserve heart rate) followed by 60 seconds of low intensity running (55-60% of the reserve heart rate). The training and supplement group and the supplement group took four supplement tablets containing 300 mg of chlorella daily. The Shapiro-Wilk test was used for the normality of the data, and the correlated t-test, one-way analysis of variance, and Tukey's post hoc test were used to test the hypotheses. The MDA measurement method was based on reaction with thiobarbiotic acid (TBA), extraction with normal butanol, absorption measurement by spectrophotometry and comparison of absorption with standard curve. Total serum antioxidant capacity was measured by spectrophotometric method. **Results:** The research results showed that intense interval training with and without chlorella supplementation led to a significant increase in TAC serum levels (p=0.001; p=0.003) and maximal oxygen consumption (p=0.001; p=0.002). and a significant decrease in the serum levels of MDA (p=0.001; p=0.003), WHR (waist-to-hip ratio) (p=0.02; p=0.04) and fat percentage (p=0.001; p=0.005) compared to the control group. But in the group that only used supplements, there was no significant change in the research variables. **Conclusion**: Therefore, it seems that combining chlorella supplement with physical exercise can have a positive effect in relieving the oxidative stress caused by obesity.

Key words: Intense interval training, Chlorella supplement, Total antioxidant capacity, Malondialdehyde, Obesity

1. Shahid Madani University of Azerbaijan

*Email**:** fakhrpour@yahoo.com