



The effect of high intensity interval training (HIIT), and ursolic acid supplementation on biomarkers of oxidative stress and body composition index in obese adolescent student boys

M. Mohammadi¹, H. Mojtahedi^{*}, M. Mohammadi

Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Islamic Azad University Mobarakeh Branch, Esfahan, Iran

ABSTRACT

Received: 13 November 2023

Reviewed: 8 December 2023

Revised: 14 January 2024

Accepted: 19 February 2024

KEYWORDS:

High Intensity Interval Training (HIIT)

Ursolic Acid

Obesity

Adolescent Boys

Oxidative Stress


Background and Objectives: The use of supplements and food of natural origin along with exercises in order to achieve health benefits and weight loss has become very popular. In the meantime, high intensity interval training (HIIT) has been considered as an efficient and new training method and ursolic acid as a natural substance. Therefore, the present study determined the effect of six high-intensity intermittent exercises and ursolic acid supplementation on oxidative stress and percentage of the week in obese teenage boys.

Methods: In this semi-experimental study, healthy obese adolescent boys (age range: 13-18 years) of Mobarakeh city, Isfahan based on body mass index (above 25 kg/m²) and fat percentage (more than 25%) numbered 36. The selected people and after equalization based on aerobic fitness (VO₂max) were placed in four groups of intense intermittent exercise, ursolic acid supplementation, combined (exercise + ursolic acid) and control. First, the subjects participated in the preparation program for two weeks (four sessions per week) including 30 to 45 minutes of continuous and periodic aerobic exercise with an intensity of 60-70% of the reserve heart rate. Then the training continued for six weeks in the HIIT method with an intensity of 70-90% of the reserve heart rate. Oxidative markers such as malondialdehyde (MDA) and total antioxidant capacity (TAC) and body fat percentage were measured before and after six weeks of exercise and supplementation. The results of the Shapiro-Wilk test showed the normal distribution of all variables (P<0.05). Analysis of covariance was used to examine the differences between groups, and Bonferroni's post hoc test was used to examine the differences in individual groups. The results were analyzed using SPSS software version 22 and at a significance level of P<0.05.

Findings: In general, the reduction of MDA and the increase of serum TAC in the exercise and combination and supplement groups were significant compared to the control group (p<0.05).

Conclusion: Based on the results of this study, intense interval training in combination with ursolic acid supplementation is a suitable method to increase TAC, decrease MDA and body fat percentage of obese adolescent boys. Therefore, it seems that HIIT exercises with ursolic acid supplement can be effective in strengthening antioxidant defense and reducing oxidative stress and fat percentage in obese adolescent boys.

* Corresponding author

 mojtahedihosseini@gmail.com



NUMBER OF REFERENCES

54



NUMBER OF FIGURES

0



NUMBER OF TABLES

3

COPYRIGHTS



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

تأثیر یک دوره تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف مکمل اسید اورسولیک بر استرس اکسایشی و درصد چربی در دانش آموزان پسر نوجوان چاق

مهدی محمدی، حسین مجتهدی*، مریم محمدی

گروه علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه آزاد واحد مبارکه، اصفهان، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: امروزه استفاده از مکمل‌ها و مواد غذایی با منشأ طبیعی در کنار تمرینات به منظور دستیابی به فواید سلامتی به ویژه کاهش وزن رواج بسیاری یافته است. در این میان، به تازگی تمرینات تناوبی شدید (HIIT) به عنوان یک شیوه تمرینی کارآمد و نوین و اسید اورسولیک به عنوان یک ماده طبیعی مورد توجه قرار گرفته است. از این رو، مطالعه حاضر به تعیین تأثیر شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف مکمل اسید اورسولیک بر استرس اکسایشی و درصد چربی در پسران نوجوان چاق پرداخت.

روش‌ها: در مطالعه نیمه تجربی حاضر از میان پسران نوجوان (محدوده سنی: ۱۸-۱۳ سال) چاق سالم شهر مبارکه اصفهان بر اساس شاخص توده بدنی (بالتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع) و درصد چربی (بیشتر از ۲۵ درصد) تعداد ۳۶ نفر انتخاب و پس از همسان سازی بر اساس آمادگی هوازی (VO_{2max}) در چهار گروه تمرین تناوبی شدید، مکمل سازی اسید اورسولیک، ترکیبی (تمرین + اسید اورسولیک) و کنترل قرار گرفتند. آزمودنی‌ها ابتدا در برنامه آماده سازی به مدت دو هفته (هر هفته چهار جلسه) شامل ۳۰ تا ۴۵ دقیقه تمرین هوازی تداومی و تناوبی با شدت ۷۰-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره شرکت کردند. سپس تمرین به مدت شش هفته به شیوه HIIT با شدت ۷۰-۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره ادامه پیدا کرد. نشانگرهای اکسایشی از قبیل مالون دی آلدئید (MDA) و ظرفیت ضد اکسایشی تام (TAC) و درصد چربی بدن قبل و پس از اتمام شش هفته از انجام تمرینات و مکمل سازی اندازه گیری شد. نتایج آزمون شاپیروویلیک نشان دهنده نرمال بودن توزیع تمامی متغیرها بود ($P > 0.05$). برای بررسی اختلافات بین گروهی از آزمون آنالیز کوواریانس و برای بررسی اختلاف در تک تک گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و در سطح معنی داری $P < 0.05$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: به طور کلی، کاهش MDA و افزایش TAC سرمی در گروه‌های تمرین و ترکیبی و مکمل نسبت به گروه کنترل معنی دار بود ($p < 0.05$).

نتیجه گیری: بر اساس نتایج مطالعه حاضر، تمرین تناوبی شدید در ترکیب با مکمل سازی اسید اورسولیک روش مناسبی برای افزایش TAC، کاهش MDA و درصد چربی بدن پسران نوجوان دارای چاق است. بنابراین بنظر می رسد تمرینات HIIT به همراه مکمل اسید اورسولیک می تواند در تقویت دفاع آنتی اکسیدانی و کاهش استرس اکسایشی و درصد چربی پسران نوجوان چاق تأثیرگذار باشد.

تاریخ دریافت: ۲۲ آبان ۱۴۰۲

تاریخ داوری: ۱۷ آذر ۱۴۰۲

تاریخ اصلاح: ۲۴ دی ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۳۰ بهمن ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:

تمرین تناوبی شدید (HIIT)

اسید اورسولیک

چاقی

پسران نوجوان

استرس اکسایشی

* نویسنده مسئول

mojtahedihosseini@gmail.com

مقدمه

اندازه کافی فعال هستند از زندگی فعال خود لذت می برند و کیفیت زندگی بهتری دارند. اما متأسفانه سطوح فعالیت بدنی بسیاری از کودکان و نوجوانان به منظور دستیابی به این سودمندی‌ها کافی نیست [۱]. این مطالب نشان می‌دهد که اگرچه در بیشتر مطالعات به بررسی شاخص‌های مرتبط با خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی در افراد میانسال و مسن پرداخته شده است، اما با توجه به این مسئله که بسیاری از فرآیندهای موثر بر ابتلا و پیشرفت این بیماری‌ها در سنین کودکی و نوجوانی شروع می‌شود به نظر می‌رسد مطالعه تأثیر مداخلات تغذیه‌ای و ورزشی مختلف در دوران ابتدایی زندگی اهمیت زیادی دارد [۲].

التهاب فرآیندی است که عموماً به صورت پاسخ‌های زیستی پیچیده و هماهنگ متعاقب بروز آسیب و تخریب بافتی ناشی از عوامل فشارآفرین درونی یا بیرونی مانند ضربه، تهاجم باکتریایی، قرارگیری در معرض مواد شیمیایی و گرما رخ می‌دهد. پاسخ التهابی اساساً با یک تحریک

چاقی و اضافه وزن یک وضعیت التهابی عمومی خفیف است که امروزه در سراسر جهان در حال افزایش است و می‌تواند از طریق سازوکارهای مختلف باعث افزایش شیوع بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت نوع ۲، اختلالات شناختی، سرطان و در نتیجه مرگ و میر شود [۱]. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (۲۰۱۵)، در ۳۷ کشور در حال توسعه شیوع اضافه وزن و چاقی بیش از سوء تغذیه بوده است [۲، ۳]. شیوع چاقی در کشور ایران نیز بالا گزارش شده است بطوری که ۶۲/۳ درصد از بزرگسالان ایران مبتلا به اضافه وزن و ۲۶/۱ درصد چاق هستند [۴]. همچنین، تغییر الگوی رژیم غذایی و فعالیت بدنی به افزایش سریع وزن، چاقی و بیماری‌های مزمن مرتبط با آن، در بسیاری از کشورها منجر شده است [۲]. در مقایسه با افرادی که غیرفعال هستند، کودکانی که به

بشیر و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد که اسید اورسولیک را به عنوان راهکاری تازه و بدیع برای کاهش وزن مطمئن و سالم پیشنهاد کرده است که علاوه بر کمک به کاهش وزن از دست رفتن توده عضلانی حین کاهش وزن را به حداقل می‌رساند [۱۶].

به هر حال، با توجه به نتایج محدود و متناقض مربوط به مقایسه تأثیر تمرینات HIIT و مکمل‌سازی اسید اورسولیک [۱۷-۲۱] و احتمال اثر هم‌افزایی تمرینات HIIT و مکمل اورسولیک اسید و عدم دسترسی به مطالعات جامع روی پسران نوجوان چاق و غیرفعال و اینکه تاکنون در این زمینه در ایران مطالعه‌ای انجام نشده است، این سوال مطرح است که آیا واقعاً ترکیب این نوع تمرینات ورزشی با اسید اورسولیک می‌تواند به بهبود وضعیت فشار اکسایشی، التهابی و حتی کاهش وزن منجر شود یا نه. از این‌رو، هدف مطالعه‌ی حاضر بررسی چهار هفته تمرین تناوبی شدید (HIIT) و مکمل‌سازی اسید اورسولیک و ترکیب آنها بر ترکیب بدنی، استرس اکسایشی و التهاب در پسران نوجوان چاق می‌باشد.

روش کار

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با دو مرحله اندازه‌گیری (پیش آزمون-پس آزمون) بود که در آن آزمونگر تأثیر اعمال متغیرهای مستقل (تمرینات تناوبی شدید به همراه مکمل اسید اورسولیک) را بر متغیرهای وابسته مورد بررسی قرار دهد. جامعه آماری مطالعه حاضر پسران نوجوان (محدوده سنی: ۱۷-۱۴ سال) غیرفعال (کمتر از ۹۰ دقیقه فعالیت بدنی در طی هفته) دانش‌آموزان شهر مبارکه بودند که از میان آنها تعداد ۳۶ نفر بر اساس شاخص توده بدنی (BMI بالاتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع) و درصد چربی (بیشتر از ۲۰ درصد) انتخاب شدند و با روش تصادفی در چهار گروه (هر گروه ۱۲ نفر) قرار گرفتند.

معیارهای ورود به تحقیق شامل قرار داشتن در محدوده سنی ۱۴ تا ۱۷ سال، نداشتن فعالیت بدنی منظم طی سه ماه گذشته، درصد چربی بالاتر از ۲۰ درصد، شاخص درصد بدنی بالاتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع، عدم مصرف سایر مکمل‌های غذایی در حین دوره تحقیق، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و معیارهای خروج از تحقیق شامل عدم رضایت آزمودنی‌ها و عدم تمایل به ادامه روند تحقیق، عدم شرکت در دو جلسه متوالی یا سه جلسه متناوب از تمرینات و آسیب دیدگی در طی دوره تحقیق بویژه در ناحیه اندام تحتانی بودند. پس از هماهنگی‌های اولیه با مدارس راهنمایی و متوسطه و انجمن اولیا و مربیان شهر مبارکه از همه افراد داوطلب ثبت نام بعمل آمد. همه داوطلبین و والدین آنها با حضور در جلسه هماهنگی، پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری، پرسشنامه‌های فعالیت بدنی روزانه را تکمیل کردند. در فواصل زمانی یک هفته مانده به شروع پروتکل تمرینی، اکسیژن مصرفی بیشینه (VO_{2max}) آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شدند. پس از همسان‌سازی بر اساس درصد چربی و اکسیژن مصرفی بیشینه و BMI، در چهار گروه مساوی تمرین تناوبی شدید (HIIT)، مکمل‌سازی اسید اورسولیک، ترکیبی و کنترل قرار گرفتند. سپس آزمون‌های مربوط به اندازه‌گیری متغیرهای وابسته تحقیق (MDA،

آغازین، رهاش واسطه‌های شیمیایی شروع شده و با توقف تحریکات محرک‌های آسیب‌زا، تخریب و مهار واسطه‌های شیمیایی خاتمه می‌یابد. تمرینات (HIIT) در وهله‌های تکراری کوتاه مدت تا متوسط ده ثانیه تا پنج دقیقه با شدتی بالاتر از آستانه بی‌هوازی انجام می‌گیرد که با دوره‌های استراحت فعال کم شدت یا بدون فعالیت از هم جدا می‌شود تا بازگشت به حالت اولیه نسبی را انجام دهد [۷].

به نظر می‌رسد مزایای این نوع تمرینات برای افراد چاق در دامنه بهبود شاخص‌های سوخت‌سازمانند تنظیم قند خون، حساسیت به انسولین تا حتی بهبود وضعیت التهابی بدن و نیمرخ لیپیدی قرار دارد [۸]. با وجود اینکه حجم کل کار در تمرینات HIIT کمتر از تمرین هوازی تداومی است، اما تأثیر مثبت آن بر التهاب، نیمرخ لیپیدی، کنترل قند خون و حساسیت به انسولین مشابه یا حتی بهتر از تمرینات ورزشی تداومی است [۸]. به عنوان مثال، لوزادا و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر چندین نوع برنامه تمرین تناوبی شدید با مدت زمان مختلف مشاهده کردند که این نوع تمرینات دارای کارایی بیشتری نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط برای بهبود ترکیب بدنی و نیمرخ لیپیدی در افراد سالم و مبتلا به دیابت است [۹]. با وجود اینکه مطالعات به کارآمدی این نوع تمرینات اشاره دارند، تحقیقاتی نیز وجود دارند که ابراز داشته‌اند کارایی تمرینات HIIT در حیطة اثرگذاری بر شاخص‌های نیمرخ لیپیدی و ترکیب بدنی بیشتر از سایر انواع تمرینات به ویژه تمرینات تداومی با شدت متوسط نیست که در این راستا می‌توان به وود و همکاران (۲۰۱۹) و گروسارد و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد [۱۰، ۱۱].

همچنین، استفاده از مداخلات غذایی در کنار تمرینات ورزشی امری رایج به منظور دستیابی به نتایج بهتر در زمینه سلامتی و افزایش آثار ناشی از تمرینات ورزشی است. اسید اورسولیک (UA) با فرمول شیمیایی $3\beta\text{-hydroxy-urs-12-en-28-oic}$ acid یک تری ترپنویید است که در بسیاری از میوه‌های و گیاهان نظیر انار، سبب و گیاه مریم گلی وجود دارد [۱۲]. ترپنویید Terpenoid که به نام ایزوپرنوئیدها نیز شناخته می‌شوند، بی‌شمارترین و از نظر ساختاری متنوع‌ترین محصولات طبیعی هستند که در بسیاری از گیاهان یافت می‌شوند. چندین مطالعه، در شرایط آزمایشگاهی، پیش‌بالینی و بالینی تایید کرده‌اند که این دسته از ترکیبات طیف گسترده‌ای از خواص دارویی بسیار مهم را دارند. مجموعه متنوعی از ساختارها و عملکردهای ترپنوییدی باعث افزایش علاقه به استفاده تجاری از آنها شده است که در نتیجه برخی از آنها با کاربردهای پزشکی معتبر به عنوان دارو در بازار وارد می‌شود [۱۲].

با توجه به کشف فعالیت‌های بیولوژیکی بالقوه و خواص دارویی اسید اورسولیک در طی چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. چندین مطالعه نشان داده‌اند که اسید اورسولیک باعث کاهش بیان ژنی سایتوکاین‌های پیش‌التهابی و متعاقب آن التهاب می‌شود [۱۳، ۱۴]. گزارش شده است که اسید اورسولیک احتمالاً فعالیت آنزیم فسفودی‌استراز را مهار و از این طریق به افزایش فعالیت لیپولیز و به دنبال آن کاهش درصد چربی و وزن بدن کمک می‌کند. همچنین، این فرضیه مطرح شده است که اسید اورسولیک می‌تواند از طریق مهار فعالیت آنزیم لیپاز پانکراس باعث مهار جذب چربی‌ها در روده کوچک شود و از این طریق به افزایش لیپولیز و کاهش وزن منجر شود [۱۵] که در این راستا می‌توان به مقاله مروری

اندازه‌گیری TAC

میزان TAC با استفاده از کیت RANDOX اندازه‌گیری شد. در این تحقیق از روش ABTS جهت اندازه‌گیری TAC استفاده شد که اساس کیت مذکور استفاده از کاتیون + ABTS و پاکسازی آن توسط آنتی‌اکسیدانها بود که به وسیله اسپکتروفوتومتری (محو شدن رنگ آبی سبز مولکول که به طور معکوسی با محتوای نمونه‌های آنتی‌اکسیدانی در ارتباط است) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری درصد چربی

با استفاده از روش مقاومت بیوالکتریک و با استفاده از دستگاه InBody-270 تولید کشور چین انجام شد.

پروتکل تمرین تناوبی شدید

همه آزمودنی‌ها با هدف آشناسازی و افزایش آمادگی اولیه در یک برنامه تمرین تداومی هوازی (با شدت ۶۰-۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره به مدت ۳۰ دقیقه، ۳ جلسه در هفته) به مدت دو هفته شرکت کردند. در شش هفته بعدی، هر هفته ۳-۴ جلسه تمرینی و هر جلسه برنامه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (دویدن آرام همراه با حرکات کششی و نرمشی)، ۸-۶ تکرار دویدن ۳۰-۶۰ ثانیه‌ای با شدت تمام و ۳-۴ دقیقه استراحت بین هر تکرار بود (جدول ۱).

TAC و درصد چربی) در پیش‌آزمون سنجیده شد. سپس آزمودنی‌های گروه‌های تجربی مداخلات (تمرین HIIT و مصرف مکمل اسید اورسولیک) را برای مدت ۶ هفته (هفته‌ای سه جلسه) انجام دادند. مکمل‌سازی اسید اورسولیک شامل دریافت یک کپسول ۱۵۰ میلی‌گرمی سه بار بعد از هر وعده غذایی (در مجموع ۴۵۰ میلی‌گرم در روز) به مدت چهار هفته بود [۲۲]. همچنین، آزمودنی‌های گروه تمرین و کنترل طی همین مدت دارونما را که دارای شکل، اندازه و طعم مشابهی بود؛ دریافت کردند. گروه کنترل نیز در این مدت به انجام فعالیت‌های عادی روزانه خود پرداختند.

جهت تهیه‌ی نمونه‌های سرمی ۴ سی‌سی خون تام ناشتا در وضعیت نشسته از ورید آنته‌کوبیتال دست چپ گرفته شد. سپس نمونه‌ها جهت لخته شدن به مدت ۱۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه انکوبه و بلافاصله به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند سرم از لخته‌ها جدا و در میکروتیوب‌های ۱ میلی‌گرمی الیکوت و تا زمان انجام آزمایشات در دمای 80°C - به صورت منجمد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری MDA

میزان MDA با استفاده از کیت مرک آلمان اندازه‌گیری شد. اساس روش اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید سرمی بر پایه واکنش با تیوباربی‌توریک اسید (TBA) استخراج با بوتانول نرمال، اندازه‌گیری جذب با روش اسپکتروفوتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد می‌باشد و واحد اندازه‌گیری آن نانو مول در میلی‌لیتر) بود.

جدول ۱: پروتکل تمرینات تناوبی شدید

تعداد جلسات هفتگی	تعداد ست در هر جلسه	تعداد تکرار در هر ست	مدت زمان هر تکرار	شدت فعالیت (درصد ضربان قلب ذخیره)	استراحت بین هر تکرارها (ثانیه)	نسبت فعالیت به استراحت	مدت زمان استراحت بین ست‌ها (دقیقه)	زمان کل (گرم کردن و سرد کردن) (دقیقه)	زمان کل جلسه (دقیقه)
۴	۱	۱	۳۰ دقیقه	۶۰-۷۰ درصد	--	--	--	۱۵	۴۵
۳	۱	۳	۱۵ دقیقه	۶۰-۷۰ درصد	۱۲۰	--	--	۱۵	۶۴
۳	۳	۶-۸	۲۵ ثانیه	۷۰-۸۰ درصد	۱۰۰	یک به چهار	۲ دقیقه استراحت فعال	۱۵	۳۶
۳	۳	۷-۸	۳۰ ثانیه	۸۰-۹۰ درصد	۹۰	یک به سه	۲ دقیقه استراحت فعال	۱۵	۳۵

داد اختلاف معنی داری در تمامی متغیرهای MDA، TAC و درصد چربی در پس آزمون و پس از انجام شش هفته از انجام تحقیقات وجود دارد ($p < 0/05$).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در تمامی متغیرهای MDA، TAC و درصد چربی تفاوت معنی داری بین گروه کنترل و تمرین، کنترل و مکمل + تمرین، کنترل و مکمل، مکمل و تمرین، مکمل و مکمل + تمرین وجود دارد تنها بین گروه های مکمل + تمرین با گروه تمرین ($p < 0/05$) و وجود دارد.

اختلاف معنی داری مشاهده نشد بنابراین انجام هشت هفته تمرین HIIT و مصرف اسید اورسولیک منجر به کاهش معنادار درصد چربی بدن در گروه های تمرینی می شود اما در گروه کنترل تاثیر معنی داری نداشت.

بعد از اتمام انجام تمرینات پس آزمون همانند پیش آزمون از آزمودنی ها گرفته شد. از آزمون شاپیروویلیک برای نرمال بودن داده ها، و از آزمون آنالیز کوواریانس با مد نظر قرار دادن پیش آزمون به عنوان کووریت جهت مقایسه نتایج به دست آمده بین گروه های تحقیق استفاده گردید و در صورت وجود تفاوت معنی دار بین گروه های تحقیق از آزمون بونفرونی برای مقایسه بین میانگین های چهار گروه استفاده شد. مقدار معناداری در سراسر تحقیق در مقدار ۹۵ درصد با آلفای کوچک تر و یا مساوی با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

در تحقیق حاضر، پیش فرض نرمال بودن توزیع داده ها به وسیله آزمون شاپیروویلیک ($P > 0/05$) تأیید گردید. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس نشان

جدول ۲: نتایج آزمون آنالیز کوواریانس برای بررسی اختلافات بین گروهی متغیرهای تحقیق

متغیرها	گروه تمرین	مکمل	مکمل + تمرین	کنترل	F(p)	اندازه اثر
MDA (μM)						
پیش آزمون	۳/۸۰±۰/۴۳	۳/۷۲±۰/۱۵	۳/۸۶±۱/۰۳	۳/۶۲±۰/۳۳	۱۸/۰۴ (۰/۰۰۱)*	۰/۶۷
پس آزمون	۲/۲۹±۰/۲۷	۲/۳۶±۰/۲۰۶	۲/۲۱±۰/۳۳	۳/۶۱±۰/۱۴		
TAC (μmol)						
پیش آزمون	۰/۲۷±۰/۰۳	۰/۳۸±۰/۰۲	۱/۵۳±۰/۰۵	۱/۷۳±۰/۰۸	۱۳/۶۴ (۰/۰۰۱)*	۰/۴۹
پس آزمون	۱/۱۳±۰/۰۹	۱/۰۱±۰/۰۵	۱/۶۸±۰/۵۲	۱/۸۹±۱۹/۷۸		
درصد چربی				۳/۶۵ (۰/۰۰۱)*		
پیش آزمون	۳۶/۱±۰۵/۹۵	۳۵/۴±۲/۵	۳۳/۲±۱/۲	۳۵/۳±۲/۸	۳۶/۸۳ (۰/۰۲)*	۰/۵۹
پس آزمون	۳۲/۶±۲/۱	۳۳/۹±۳/۰۲	۲۹/۲۱±۲/۳۴	۳۱/۰۸±۲/۰۳		

*: معناداری $p < 0/05$

جدول ۳: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

متغیر	گروه	اختلاف میانگین	P
MDA	کنترل	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱
	تمرین	۰/۲۸	۰/۰۰۱
	مکمل + تمرین	۰/۱۹	۰/۰۰۱
	تمرین	۰/۲۹	۰/۰۰۱
	مکمل + تمرین	۰/۲	۰/۰۰۱
	مکمل + تمرین	۰/۰۹	۰/۱۷
TAC	کنترل	۰/۰۹	۰/۰۰۶
	تمرین	۰/۲۵	۰/۰۰۱
	مکمل + تمرین	۰/۰۸	۰/۰۳
	تمرین	۰/۱۶	۰/۰۰۱
	مکمل + تمرین	۰/۰۰۳	۰/۰۲
	مکمل + تمرین	۰/۱۵	۰/۳۱
درصد چربی	کنترل	۰/۰۹	۰/۰۱
	تمرین	۰/۲۵	۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل	۰/۰۸	۰/۰۰۳
	تمرین	۰/۱۶	۰/۰۰۱
	مکمل + تمرین	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
	تمرین + مکمل	۰/۱۵	۰/۴۴

بحث

استرس اکسایشی مرتبط با چاقی و اضافه وزن نظیر بیماری های قلبی و دیابت و غیره جلوگیری کند [۲۸].

فعالیت های ورزشی شدید با چندین سازوکار از جمله نشت اکسیژن از زنجیره انتقال الکترونی، سوخت و ساز پروستاگلانندین، فعالیت گزانتین اکسیدازها و ماکروفاژها و افزایش فعالیت کاتکولامین ها ممکن است بر فرآیندهای بروز فشار اکسایشی تأثیر گذاشته و منجر به افزایش شاخص های استرس اکسایشی در خون از جمله MDA شود [۲۹].

به طور کلی از گزارش های موجود چنین استنباط می شود که بر حسب نوع و شدت فعالیت بدنی، میزان آمادگی افراد و سازگاری آنان به تمرینات می توان افزایش، کاهش یا عدم تغییر مالون دی آلدئید را پس از تمرین انتظار داشت. مطالعات نشان می دهد که شدت و مدت فعالیت بدنی و نوع آزمودنی ها متغیر مهمی است که می تواند در میزان اثرگذاری فعالیت بدنی بر شاخص های استرس اکسایشی بدن دخالت نماید. در واقع هر چه شدت فعالیت بدنی بیشتر و مدت آن طولانی تر باشد میزان بروز پراکسیداسیون لیپیدی نیز بیشتر خواهد بود. در یک جلسه تمرینی با فعالیت سبک، بدن با چالشی جدی مواجه نمی شود تا پاسخ آنتی اکسیدانی ویژه ای را داشته باشد [۳۰]. به نظر می رسد در تحقیق حاضر بالا بودن شدت تمرین در طول شش هفته HIIT توانسته سازگاری کافی در دستگاه ضد اکسایشی بدن آزمودنی های گروه تمرین به وجود آورد. همچنین دلیل این کاهش مالون دی آلدئید را نیز بتوان بر تاثیر تمرین در کاهش میزان تولید رادیکال های آزاد و یا کاهش مرتبط با استرس اکسیداتیو ارتباط داد.

تحقیقات نشان داده اند تمرینات HIIT ممکن است به علت مصرف بیش از حد اکسیژن و همچنین متابولیسم بی هوازی زیاد منجر به تولید RNS از گزانتین NADPH اکسیداز ری پرفیوژن، ایسکیمیک تغییرات هموستاز کلسیم و آسیب عضلانی ناشی از آن گردد [۳۱]؛ در نتیجه باعث آسیب به ملکول های مختلف از جمله، لیپیدها، پروتئینها و DNA می شود [۳۲]. گزارش شده است NADPH اکسیداز یک آنزیم مسئول تولید ROS در عروق است که توسط پلی فنول سرکوب می شود [۳۳]. احتمالاً اورسولیک همانند یک پلی فنول مانع فعالیت آنزیم های تولید کننده ROS مانند لیپواکسیژناز، سیکلواکسیژناز و گزانتین هیدروژناز اکسیداز می شود [۳۴].

بنابراین با توجه به نتایج مطالعه حاضر و سایر مطالعات انجام شده می توان گفت اسید اورسولیک با مهار تشکیل رادیکال های آزاد از افزایش در میزان MDA جلوگیری کرده و موجب افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و بنابراین کاهش معنی دار MDA می شود.

در ارتباط با افزایش ظرفیت تام آنتی اکسیدان، افراد چاق ۷ درصد کمتر از افراد با وزن معمولی از ظرفیت آنتی اکسیدانی برخوردار هستند [۳۵]. بنابراین این احتمال وجود دارد که پروتکل تمرینی حاضر ضمن کاهش درصد چربی و بهبود نمایه توده بدن و هم چنین افزایش برداشت اکسیژن بر روندهای متابولیکی سلول های چربی اثرگذار بوده و سبب وضعیت بهینه ای در شرایط آنتی اکسیدانی شده باشد. از طرفی همزمان

هدف از تحقیق حاضر تاثیر شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف مکمل اسید اورسولیک بر استرس اکسایشی و درد چربی در پسران نوجوان چاق بود. نتایج تحقیق نشان داد اختلاف معنی داری پس از انجام شش هفته از تمرینات و مصرف مکمل اسید اورسولیک در تمامی متغیرهای تحقیق بین چهار گروه وجود داشت.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق فروتن و همکاران (۱۴۰۱) [۲۰]، عطارزاده حسینی و همکاران (۱۳۹۹) [۲۳]، زلفی و همکاران (۱۴۰۱) [۲۴]، فخری و همکاران (۱۳۹۸) [۱۷]، همسو و با تحقیق یوسف پور و همکاران (۲۰۱۷) [۱۹]، ناهمسو بود.

یوسف پور و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیق خود به بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید بافت کبدی موش های صحرایی نر ویستار پرداختند و به این نتیجه رسیدند هشت هفته تمرین تناوبی شدید تأثیری بر تغییرات ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و غلظت مالون دی آلدئید نداشته است [۱۹]. از دلایل ناهمسویی تحقیق حاضر با تحقیق یوسف پور و همکاران می توان به تفاوت در آزمودنی های دو تحقیق (انسان در مقابل موش) و همچنین مداخله اسید اورسولیک علاوه بر تمرینات تناوبی با شدت بالا در تحقیق حاضر اشاره کرد.

طی فعالیت های غیر مرسوم و شدید ورزشی به واسطه افزایش مصرف اکسیژن، رادیکال های آزاد تولید و باعث آسیب اکسایشی در سلول و بافت ها می شود. رادیکال های آزاد با لیپیدها واکنش نشان داده و باعث بروز پراکسیداسیون لیپیدی می شود. یکی از رایج ترین و پایدارترین محصولات این واکنش مالون دی آلدئید می باشد که به عنوان یکی از اصلی ترین شاخص های استرس اکسایشی یاد می شود [۲۵]. به طور کلی، افزایش غلظت مالون دی آلدئید در بافت خون به شدت ورزش وابسته بوده و متناسب با افزایش شدت فعالیت، تولید و رهاسازی مالون دی آلدئید نیز افزایش می یابد [۲۶]. مطالعات نشان داده اند ورزش منظم با افزایش تولید رادیکال آزاد در حین ورزش همراه است که این سازگاری منجر به افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی می شود. اگر چه نتایج مطالعات انجام شده نشان می دهد که فعالیت بدنی شدید و نامنظم از طریق افزایش هورمون هایی مانند کاتکولامینها پروستاگلانندینها و فعالیت ماکروفاژها بر عملکرد اکسایشی سلولها و ساختمان غشای سلولی اثر گذار است و موجب افزایش استرس اکسایشی و پراکسیداسیون لیپیدی می شود؛ اما اجرای تمرین ورزشی منظم و مستمر، از طریق افزایش دفاع ضد اکسایشی موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی می شود [۲۷]. رادیکال های آزاد فقط تولید آسیب نمی کنند بلکه نقش سیگنالینگ سلولی و تحریک آنزیماتیک را نیز بر عهده دارند. گونه های فعال اکسیژن تولید شده در فعالیت ورزشی مسیر سیگنالینگ مهمی مانند میتوزن محرک پروتئین کیناز را فعال کرده که می تواند باعث رونویسی عوامل مختلف شده و به این ترتیب فعالیت ورزشی می تواند به خودی خود باعث بهبود استرس اکسیداتیو شود و از بیماری های

سازوکارهای احتمالی کاهش درصد چربی متعاقب تمرینات HIIT، افزایش اکسیداسیون چربی حین و پس از فعالیت ورزشی و کاهش اشتها پس از فعالیت ورزشی ذکر شده است [۴۴-۴۶]. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی منظم به خصوص تمرینات تناوبی شدید، از طریق افزایش حساسیت گیرنده‌های بتا آدرنرژیک بافت آدیپوز و افزایش برداشت و اکسیداسیون لیپید در عضلات، لیپولیز را افزایش داده و منجر به بهبود نیمرخ لیپیدی می‌گردد [۴۷]. همچنین محققان بیان کردند که افزایش مقادیر HDL به دلیل استرس ناشی از تمرینات ورزشی با افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز، کاتابولیسم لیپوپروتئین‌ها را افزایش داده و موجب بهبود نیمرخ لیپیدی سرم می‌شود [۴۸].

یکی دیگر از دلایل افزایش اکسیداسیون چربی‌ها که منجر به بهبود نیمرخ لیپیدی به دنبال انجام تمرینات ورزشی می‌شود، سازوکارهای هورمونی است. تمرینات هوازی برای تولید انرژی هنگام فعالیت و تامین نیاز عضلات به انرژی با تحریک دستگاه غدد درون ریز، ترشح هورمون‌های اپی نفرین، نور اپی نفرین، هورمون شد و کورتیزول را افزایش داده و موجب افزایش اکسیداسیون چربی‌ها می‌شود. به موجب افزایش لیپولیز و اکسیداسیون چربی‌ها، نیمرخ لیپیدی نیز بهبود می‌یابد. در کل، با توجه به مطالعات صورت گرفته می‌توان بیان کرد که تمرینات تناوبی شدید از طریق سازوکارهای میتوکندریایی (افزایش میتوکندری، افزایش آنزیم‌ها و پروتئین‌های میتوکندری) و افزایش انتقال دهنده‌های اسیدچرب و همچنین، افزایش حساسیت گیرنده‌های بتا آدرنرژیک و سازوکارهای هورمونی موجب افزایش لیپولیز شده و ضمن بهبود مقادیر چربی زیر جلدی، باعث بهبود نیمرخ لیپیدی سرم نیز می‌شود [۴۹، ۵۰].

اسید اورسولیک باعث کاهش بیان ژنی سایتوکاین‌های پیش التهابی و متعاقب آن التهاب می‌شود [۱۳، ۱۴]. گزارش شده است که اسید اورسولیک احتمالاً فعالیت آنزیم فسفودی استراز را مهار و از این طریق به افزایش فعالیت لیپولیز و به دنبال آن کاهش درصد چربی و وزن بدن کمک می‌کند. همچنین، این فرضیه مطرح شده است که اسید اورسولیک می‌تواند از طریق مهار فعالیت آنزیم لیپاز پانکراس باعث مهار جذب چربی‌ها در روده کوچک شود و از این طریق به افزایش لیپولیز و کاهش وزن منجر شود [۵۱، ۵۲].

اسید اورسولیک سبب لیپولیز چربی می‌شود که عملکرد لیپولیتیک آن از طریق مسیر PKA وابسته به CAMP می‌باشد. مطالعات اهداف پایین دست از مسیر PKA نشان داد که اسید اورسولیک از طریق انتقال HSL از سیتوزول به قطرات چربی و کاهش بیان perilipin A توسط مسیر PKA و تنظیم مثبت ATGL (یک لیپاز محدود کننده سرعت در کاتابولیسم لیپولیتیک) در سلولهای چربی کشت اولیه، سبب تحریک لیپولیز می‌شود [۵۳، ۵۴] بنابراین گفته‌های فوق، اسید اورسولیک می‌تواند کاندیدی قوی در درمان چاقی باشد.

در تحقیق حاضر درصد چربی در پس آزمون و پس از چهار هفته از انجام تمرینات در گروه تمرین + مکمل از ۳۷ درصد به ۳۲ درصد و در گروه تمرین از ۳۶ درصد

با انجام تمرینات هوازی و بی‌هوازی رادیکال‌های آزاد فراوانی تولید می‌شود. شدت اختلال ایجاد شده در هموستاز اکسیداسیون / احیا به عوامل زیادی از جمله نوع ورزش، وضعیت جسمانی، سن، جنس، و عادت غذایی افراد بستگی دارد [۳۶] از طرفی حین فعالیت ورزشی، متابولیسم اکسیژن و تولید رادیکال‌های آزاد در بدن افزایش می‌یابد. همچنین افراد غیرفعال در زمان استراحت TBARS (تیوباربیوتیک اسید فعال به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپید) کمتری دارند که با شروع فعالیت‌های بدنی این امر برعکس می‌شود. احتمالاً یکی از دلایل افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی همین باشد. مقابله با افزایش تولید رادیکال‌های آزاد به الگوی بیان ژن‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی آستانه مورد نیاز برای القای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بستگی دارد. با این حال اثر فعالیت ورزشی روی شرایط آنتی‌اکسیدانی به نوع فعالیت ورزشی و شرایط محیطی و تعریق وابسته می‌باشد. در پاسخ به ROS تولید شده در حین فعالیت ورزشی بعضی از ژنهای سیستم آنتی‌اکسیدانی سریع‌العمل می‌شوند تا با استرس اکسیداتیو حاد ایجاد شده مقابله نمایند. در حالی که ژن‌های دیگر به آهستگی در پاسخ به استرس اکسیداتیو مزمن تنظیم افزایشی پیدا می‌کنند [۳۷].

طور کلی، نتایج حاکی از آن است که میزان درصد چربی پس آزمون در گروه تمرین و ترکیبی کمتر بوده است هر چند به لحاظ آماری معنی دار نبوده است. نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش توده چربی بدنی در راستای نتایج مطالعات چین و همکاران (۲۰۲۰) [۳۸]، نونز و همکاران (۲۰۱۹) [۳۹]، وکیلی و همکاران (۲۰۱۹) [۴۰]، احمدزاده و همکاران (۲۰۱۹) [۴۱] می‌باشد.

وکیلی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیق خود با عنوان تأثیر چهار هفته تمرین HIIT با مکمل سازی جینسینگ بر توان هوازی، بی‌هوازی و ترکیب بدنی زنان دارای اضافه وزن و چاق به این نتیجه رسیدند درصد چربی، نسبت دور کمر به باسن و BMI در گروه تمرینی و مکمل نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری داشته است که با نتایج تحقیق حاضر در گروه تمرینات HIIT همسو بود و دلیل آن را احتمالاً می‌توان یکسان بودن پروتکل تمرینی دو تحقیق دانست [۲۱] اما با توجه به متفاوت بودن مکمل‌های مورد استفاده در دو تحقیق (جینسینگ در مقابل اسیداورسولیک) نتایج در گروه‌های مصرف مکمل دو تحقیق متفاوت بود.

مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که تمرینات HIIT موجب بهبود آمادگی قلبی-عروقی هوازی و آمادگی بی‌هوازی و نیز در مدت زمان کمتری باعث بهبود وضعیت ترکیب بدن می‌گردد [۴۲، ۴۳]. در این راستا، چین و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تاثیر انواع مختلف پروتکل‌های تمرینی HIIT بر ترکیب بدنی و ظرفیت هوازی مردان جوان گزارش کردند که پس از انجام پروتکل‌های مختلف تمرینات HIIT ظرفیت هوازی و توده خالص بدنی به طور معنی‌داری افزایش یافته است در حالی که توده چربی و فشار خون سیستولی به طور معنی‌داری پس از هشت هفته تمرین کاهش یافته است [۴۴].

insulin-like growth factor-1 and insulin-like growth factor binding protein-3 in obese women. *Koomesh journal*, 1393. 15(3): p. 302-309.

[5] Hollis, J.L., et al., *A systematic review and meta-analysis of moderate-to-vigorous physical activity levels in secondary school physical education lessons.* *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2017. 14: p. 1-26.

[6] Shivappa, N., et al., *Dietary inflammatory index and endometrial cancer risk in an Italian case-control study.* *British Journal of Nutrition*, 2016. 115(1): p. 138-146.

[7] Kessler, H.S., S.B. Sisson, and K.R. Short, *The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk.* *Sports medicine*, 2012. 42(6): p. 489-509.

[8] Adams, O.P., *The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels.* *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 2013. 6: p. 113.

[9] Louzada Junior, A., et al., *Multimodal HIIT is More Efficient Than Moderate Continuous Training for Management of Body Composition, Lipid Profile and Glucose Metabolism in the Diabetic Elderly.* *International Journal of Morphology*, 2020. 38(2).

[10] Wood, G., et al., *HIIT is not superior to MICT in altering blood lipids: a systematic review and meta-analysis.* *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 2019. 5(1).

[11] Groussard, C., et al., *Tissue-specific oxidative stress modulation by exercise: A comparison between MICT and HIIT in an obese rat model.* *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2019. 2019.

[12] Kashyap, D., et al., *Ursolic acid and oleanolic acid: pentacyclic terpenoids with promising anti-inflammatory activities.* *Recent patents on inflammation & allergy drug discovery*, 2016. 10(1): p. 21-33.

[13] Katashima, C.K., et al., *Ursolic acid and mechanisms of actions on adipose and muscle tissue: a systematic review.* *Obesity reviews*, 2017. 18(6): p. 700-711.

[14] Mancha-Ramirez, A.M. and T.J. Slaga, *Ursolic acid and chronic disease: an overview of UA's effects on prevention and treatment of obesity and cancer*, in *Anti-inflammatory Nutraceuticals and Chronic Diseases*. 2016, Springer. p. 75-96.

[15] Kwon, E.-Y., S.-K. Shin, and M.-S. Choi, *Ursolic acid attenuates hepatic steatosis, fibrosis, and insulin resistance by modulating the circadian rhythm pathway in diet-induced obese mice.* *Nutrients*, 2018. 10(11): p. 1719.

[16] Bashir, R., *Ursolic Acid and Maslinic Acid: Novel Candidates for Counteracting Muscle Loss and Improving Body Composition*, in *Nutrition and Enhanced Sports Performance*. 2019, Elsevier. p. 707-714.

[17] Fakhri, S., et al., *The effect of 6 weeks of high-intensity interval training (HIIT) with using Nano-curcumin supplement on total antioxidant capacity and Malondialdehyde level in*

به ۳۲ درصد کاهش یافت که با توجه به آزمون بونفرونی این کاهش درصد نسبت به گروه کنترل معنادار بود اما یا اینکه درصد چربی در گروه مصرف مکمل از ۳۵/۴ درصد به ۳۳ درصد کاهش یافت اما این کاهش از لحاظ آماری معنادار نبود که شاید دلیل آن را بتوان در کم بودن مدت زمان انجام تمرینات (که از محدودیت های تحقیق بود) اشاره کرد و احتمالاً با ادامه دار بودن تمرینات برای شش و بیشتر از شش هفته، درصد چربی گروه مصرف مکمل نیز از لحاظ آماری کاهش معناداری داشته باشد. در این راستا بشیر و همکاران (۲۰۱۹) اسید اورسولیک را به عنوان راهکاری تازه و بدیع برای کاهش وزن مطمئن و سالم پیشنهاد کرده است که علاوه بر کمک به کاهش وزن، از دست رفتن توده عضلانی حین کاهش وزن را به حداقل می‌رساند [۱۶]. از محدودیت های تحقیق حاضر می توان به تعداد پایین آزمودنی های تحقیق حاضر و همچنین عدم بررسی ماندگاری تمرینات و مکمل اسید اورسولیک اشاره کرد.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد تمرین تناوبی شدید در ترکیب با مکمل سازی اسید اورسولیک روش مناسبی برای افزایش TAC، کاهش MDA و درصد چربی بدن پسران نوجوان دارای اضافه وزن و چاق است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان مقاله در تمامی مراحل تحقیق و تدوین مقاله مشارکت داشته اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خویش را از تمامی شرکت کنندگان در این تحقیق را اعلام می دارند.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع و مأخذ

- [1] Barranco, P., et al., *Asma, obesidad y dieta.* *Nutrición Hospitalaria*, 2012. 27(1): p. 138-145.
- [2] Nguyen, D.M. and H.B. El-Serag, *The epidemiology of obesity.* *Gastroenterology Clinics*, 2010. 39(1): p. 1-7.
- [3] Chooi, Y.C., C. Ding, and F. Magkos, *The epidemiology of obesity.* *Metabolism*, 2019. 92: p. 6-10.
- [4] Abdi Keykanlo, N., H. Rohani, and F. Asari, *Effects of 8 weeks aerobic training on body composition and plasma levels of*

- [29] Margaritelis, N.V., et al., *Eccentric exercise per se does not affect muscle damage biomarkers: Early and late phase adaptations*. European journal of applied physiology, 2021. 121: p. 549-559.
- [30] Hu, Y., et al., *Lignan intake and risk of coronary heart disease*. Journal of the American College of Cardiology, 2021. 78(7): p. 666-678.
- [31] Bogdanis, G., et al., *Short-term high-intensity interval exercise training attenuates oxidative stress responses and improves antioxidant status in healthy humans*. Food and Chemical Toxicology, 2013. 61: p. 171-177.
- [32] Kurtoğlu, A., et al., *Effects of chronic core training on serum and erythrocyte oxidative stress parameters in amputee football players*. Frontiers in Physiology, 2023. 14: p. 1188843.
- [33] Sellami, M., et al., *Herbal medicine for sports: a review*. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2018. 15(1): p. 14.
- [34] Ordoñez-Quintana, E., et al., *Supercritical and subcritical extraction of ursolic acid and polyphenols from apple pomace: Effect of variables on composition and antioxidant capacity*. Journal of Food Processing and Preservation, 2020. 44(1): p. e14296.
- [35] Soares, J.P., et al., *Effects of combined physical exercise training on DNA damage and repair capacity: role of oxidative stress changes*. Age, 2015. 37: p. 1-12.
- [36] Jabbari, S. and M. Kargarfard, *Short-term effect of Quercetin supplementation on inflammatory and oxidative stress indices of active individuals after intense exercise*. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology, 2021. 8(1): p. 36-43.
- [37] Tabriz, I., *Effects of aerobic and exhaustive exercise on salivary and serum total antioxidant capacity and lipid peroxidation indicators in sedentary men*. Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, 2016. 20(5): p. 427-34.
- [38] Chin, E.C., et al., *Low-frequency HIIT improves body composition and aerobic capacity in overweight men*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2020. 52(1): p. 56-66.
- [39] Nunes, P.R., et al., *Effect of high-intensity interval training on body composition and inflammatory markers in obese postmenopausal women: a randomized controlled trial*. Menopause, 2019. 26(3): p. 256-264.
- [40] Vakili, J., V. Sari Sarraf, and T. Khanvari, *Effects of High-intensity Interval Training on Body Composition and Hormone Growth Agents in Overweight Adolescent Boys*. Journal of Arak University of Medical Sciences, 2021. 24(1): p. 136-149.
- [41] Ahmadzadeh, S., Bakhtiari, N. *Ursolic Acid: 5 cyclic triterpenoid in apple peel With a wide range of therapeutic effects*. Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology), 2019; 32(2): 133-146.
- [18] Nguyen, H.N., et al., *Ursolic acid and related analogues: Triterpenoids with broad health benefits*. Antioxidants, 2021. 10(8): p. 1161.
- [19] Usefpor, M., A.A. Ghasemnian, and A. Rahmani, *The Effect of a period of high intensive interval training on total antioxidant capacity and level of liver tissue malondialdehyde in male Wistar rats*. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences, 2017. 22(5): p. 103-110.
- [20] Forotan, Kh., Mogharnasi, M., and Afzalpour, M. E. *The effect of 6 weeks of High intensity interval training with fenugreek supplementation on plasma levels of malondialdehyde and glutathione peroxidase in overweight and obese women*. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2022; 9(2): 213-226.
- [21] Javad Vakili, J., Amirsasan, R., and Nourmohammadi, O. *The effect of four weeks hiit with ginseng supplementation on aerobic and anaerobic powers and body composition of overweight and obese females*. Sport and Exercise Physiology, 2019. 2(12): 45-54
- [22] Bang, H.S., et al., *Ursolic acid supplementation decreases markers of skeletal muscle damage during resistance training in resistance-trained men: a pilot study*. The Korean Journal of Physiology & Pharmacology, 2017. 21(6): p. 651-656.
- [23] Attarzadeh Hosseini, S.R., et al., *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): p. 207-213.
- [24] Zolfi, H. and A. Shakib, *The effect of the high intensity interval training on endothelial function concentrating on alterations in miR-16 expression, total antioxidant capacity and serum malondialdehyde in the obese men*. Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences, 2022. 26(4): p. 435-445.
- [25] Finaud, J., G. Lac, and E. Filaire, *Oxidative stress*. Sports medicine, 2006. 36(4): p. 327-358.
- [26] Tartibian, B., et al., *Comparing of Cu/Zn SOD gene expression of lymphocyte cell and Malondialdehyde level in active men and women after physical training*. Zahedan J Res Med Sci, 2012. 14(7): p. 57-60.
- [27] Ghorbanian, B., et al., *Effect of an incremental interval endurance rope-training program on antioxidant biomarkers and oxidative stress in non-active women*. Scientific Journal of Nursing, Midwifery and Paramedical Faculty, 2018. 4(1): p. 29-40.
- [28] Parise, G., et al., *Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance exercise training in older adults*. Free Radical Biology and Medicine, 2005. 39(2): p. 289-295.

- [49] Boukabous, I., et al., *Low-Volume High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Body Composition, Cardiometabolic Profile, and Physical Capacity in Older Women*. Journal of aging and physical activity, 2019. 1(aop): p. 1-11.
- [50] Su, L., et al., *Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis*. PloS one, 2019. 14(1): p. e0210644.
- [51] Kim, J., et al., *Anti-lipase and lipolytic activities of ursolic acid isolated from the roots of Actinidia arguta*. Archives of Pharmacal Research, 2009. 32(7): p. 983-987.
- [52] Kunkel, S.D., et al., *Ursolic acid increases skeletal muscle and brown fat and decreases diet-induced obesity, glucose intolerance and fatty liver disease*. PloS one, 2012. 7(6).
- [53] Jia, Y., et al., *Ursolic acid improves lipid and glucose metabolism in high-fat-fed C57BL/6J mice by activating peroxisome proliferator-activated receptor alpha and hepatic autophagy*. Molecular nutrition & food research, 2015. 59(2): p. 344-354.
- [54] Sundaresan, A., T. Radhiga, and K.V. Pugalendi, *Ursolic acid and rosiglitazone combination improves insulin sensitivity by increasing the skeletal muscle insulin-stimulated IRS-1 tyrosine phosphorylation in high-fat diet-fed C57BL/6J mice*. Journal of physiology and biochemistry, 2016. 72: p. 345-352.
- [42] Heydari, M., J. Freund, and S.H. Boutcher, *The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males*. Journal of obesity, 2012. 2012.
- [43] Boutcher, S.H., *High-intensity intermittent exercise and fat loss*. Journal of obesity, 2010. 2011.
- [44] Baker, J.S., et al., *Body composition matters when designing and prescribing HIIT protocols to individuals for health promotion*. Physical Activity and Health, 2020. 4(1).
- [45] Alonso-Fernández, D., et al., *Impact of a HIIT protocol on body composition and VO2max in adolescents*. Science & Sports, 2019. 34(5): p. 341-347.
- [46] Chin, E.C., et al., *Low-Frequency HIIT Improves Body Composition and Aerobic Capacity in Overweight Men*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2020. 52(1): p. 56-66.
- [47] Liu, J.-X., L. Zhu, and J.-M. Deng, *The effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on fat loss and cardiometabolic health in pediatric obesity: A protocol of systematic review and meta-analysis*. Medicine, 2019. 98(10).
- [48] Muscella, A., E. Stefano, and S. Marsigliante, *The effects of exercise training on lipid metabolism and coronary heart disease*. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 2020. 319(1): p. H76-H88.

Citation (Vancouver): Mohammadi M, Mojtahedi H, Mohammadi M. [The effect of high intensity interval training (HIIT), and ursolic acid supplementation on biomarkers of oxidative stress and body composition index in obese adolescent student boys]. *Res. Sport Sci. Edu.* 1(3): 49-58