AJCM
Avicenna Journal of Clinical Medicine
Avicenna J Clin Med, 2023; 30(3) 166-172. Doi: 10.32592/ajcm.30.3.166
https://sjh.umsha.ac.ir

Original Article

Investigating the Effect of High-intensity Interval Training on Serum Levels of Antioxidants and Oxidative Stress in Overweight and Obese Girls

Zahra Zandieh[1], Seyed Morteza Tayebi[1,*], Rasoul Eslami[1], Aref Mehdipour[2]

[1] Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
[2] Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Article history:
Received: 02 September 2023
Revised: 26 October 2023
Accepted: 10 November 2023
ePublished: 16 December 2023

*Corresponding author: Seyed Morteza Tayebi, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
Email: tayebism@atu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The prevalence of obesity has increased dramatically worldwide over the last 50 years. The results of some studies suggest that obesity and overweight are related to increased oxidative stress. The aim of this study is to investigate the effect of combined high-intensity interval training on serum levels of antioxidants and oxidative stress in obese and overweight girls.

Materials and Methods: Twenty-four obese and overweight girls volunteered to participate in this semi-experimental study. The subjects were randomly divided into two groups: the training group (n=12, age: 21.6±2.0, weight: 71.00 ± 4.13, BMI: 28.58 ± 1.68 and the control group (n=12, age: 20.1 ± 9.2, weight: 71.75 ± 5.40, BMI: 28.08 ± 1.59). The training group (4 weeks/4 sessions per week) performed combined high-intensity interval training, while the control group did not exercise during the intervention. Data were analyzed using repeated measures analysis at a significance level of 0.05.

Results: Antioxidant capacity (TAC), glutathione (GSH) and blood lipid profiles (TC, TG, HDL-c, LDL-c) showed no insignificant changes compared to the control group after four weeks of combined high-intensity interval training (P>0.05). On the other hand, malondialdehyde (MDA) levels showed a significant decrease after the intervention compared to the control group (P<0.05).

Conclusion: 8 weeks of combined high-intensity interval training significantly reduced MDA levels. According to the results, this type of training protocol can therefore be considered an effective method to reduce oxidative stress in obese and overweight girls.

Keywords: Antioxidants, Interval Exercise Training, Obesity, Oxidative Stress

Please cite this article as follows: Zandieh Z, Tayebi SM, Eslami R, Mehdipour A. Investigating the Effect of High-intensity Interval Training on Serum Levels of Antioxidants and Oxidative Stress in Overweight and Obese Girls. Avicenna J Clin Med. 2023; 30(3): 166-172. DOI: 10.32592/ajcm.30.3.166

Copyright © 2023 Avicenna Journal of Nursing and Midwifery Care. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

AJCM
مجله پزشکی بالینی ابن سینا
دوره ۳۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحات: ۱۷۲-۱۶۶
https://sjh.umsha.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی اثر تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر سطوح سرمی آنتی‌اکسیدان‌ها و استرس اکسیداتیو در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن

زهرا زندیه[۱]، سید مرتضی طیبی[۱،*]، رسول اسلامی[۱]، عارف مهدی‌پور[۲]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
[۲] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱
ویرایش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۴
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۹
انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۵

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** سید مرتضی طیبی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
ایمیل: tayebism@atu.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: شیوع چاقی در سراسر جهان، طی ۵۰ سال گذشته، به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. نتایج برخی از مطالعات حاکی از آن است که چاقی و اضافه‌وزن با افزایش استرس اکسیداتیو ارتباط دارد. هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثیر تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر سطوح سرمی آنتی‌اکسیدان‌ها و استرس اکسیداتیو در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن بود.

مواد و روش‌ها: دراین مطالعه نیمه تجربی، ۲۴ دختر دارای اضافه‌وزن به‌صورت داوطلبانه شرکت کردند و آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی، به دو گروه تمرین (۱۲ نفر، سن: ۲۱/۶±۲/۰، وزن: ۴/۱۳ ± ۷۱/۰۰، BMI: ۱/۶۸ ± ۲۸/۵۸) و گروه کنترل (۱۲ نفر سن: ۲۰/۱±۲/۹، وزن: ۵/۴۰ ± ۷۱/۷۵، BMI: ۱/۵۹ ± ۲۸/۰۸) تقسیم شدند. گروه تمرین (۴ هفته و ۴ جلسه در هفته) به انجام تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا پرداختند؛ اما در طول این مدت، گروه کنترل بی‌تمرین بودند. داده‌ها با استفاده از تحلیل اندازه‌گیری مکرر در سطح معناداری ۰/۰۵ تجزیه‌وتحلیل شدند.

یافته‌ها: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (TAC)، گلوتایتون احیا (GSH) و همچنین، نیم‌رخ چربی‌های خون (TC, TG, HDL-c, LDL-c) در اثر چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا، تغییرات معناداری نسبت به گروه کنترل نداشت (P>۰/۰۵). از طرفی، مقادیر مالون دی‌آلدهید (MDA) بعد از مداخله، کاهش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل نشان داد (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا به‌طور چشمگیری، سطوح MDA را کاهش داد؛ بنابراین، با توجه به یافته‌ها، می‌توان این نوع پروتکل تمرینی را روشی اثربخش برای کاهش استرس اکسیداتیو در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن در نظر گرفت.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان‌ها، استرس اکسیداتیو، تمرینات اینتروال، چاقی

استناد: زندیه، زهرا؛ طیبی، سید مرتضی؛ اسلامی، رسول؛ مهدی پور، عارف. بررسی اثر تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر سطوح سرمی آنتی‌اکسیدان‌ها و استرس اکسیداتیو در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن. مجله پزشکی بالینی ابن سینا، پاییز ۱۴۰۲؛۳۰(۳): ۱۷۲-۱۶۶.

مقدمه

شیوع چاقی در سراسر جهان، طی ۵۰ سال گذشته، به‌طور چشمگیری افزایش یافته است [۱]. تقریباً بیش از ۲/۱میلیارد بزرگ‌سال دارای اضافه‌وزن یا چاق هستند که از این تعداد، ۱/۵میلیارد نفر دارای اضافه‌وزن و ۶۴۰میلیون نفر چاق هستند [۲]. بر اساس روند فعلی، نرخ چاقی جهانی در مردان، به ۱۸ درصد خواهد رسید و در زنان تا سال ۲۰۲۵، از ۲۱ درصد فراتر خواهد رفت [۳].

نتایج برخی از مطالعات حاکی از آن است که چاقی و اضافه‌وزن با افزایش استرس اکسیداتیو ارتباط دارد [۴،۵]. از طرفی، هنگامی که تولیدات سیستم آنتی‌اکسیدانی متناسب با گونه‌های اکسیژن فعال‌شده نباشد، استرس اکسیداتیو بیشتر و فعال‌تر می‌شود و در چنین وضعیتی، گونه‌های اکسیژن فعال‌شده توانایی وارد کردن آسیب‌های مختلف به چربی‌ها، پروتئین‌ها و

اسیدنوکلئیک سلول‌ها را دارند [۶].

در افراد چاق، تولید رادیکال‌های آزاد افزایش و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد [۷]. همچنین، مشخص شده است که تجمع چربی و BMI هم‌بستگی بالایی با شاخص‌های استرس اکسایشی دارند [۸]. فعالیت ورزشی می‌تواند موجب افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شود. نقش فعالیت ورزشی منظم در درمان بیماری‌های متابولیکی و پیشگیری از آن‌ها به رسمیت شناخته شده است و برای بهبود وضعیت جسمانی در افراد چاق و دارای اضافه‌وزن، به‌جای دارو، از فعالیت‌های ورزشی، اعم از بی‌هوازی و هوازی استفاده می‌شود که هریک از این فعالیت‌ها از طریق سازوکارهای مختلفی بر بهبود وضعیت جسمانی تأثیر می‌گذارد [۹].

انجام منظم فعالیت‌های ورزشی با ایجاد سازگاری‌های سلولی و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بدن را برای مقابله با شرایط اکسایشی ارتقا دهد. در ارتباط با وضعیت آنتی‌اکسیدانی و زمانی که تولید رادیکال‌های آزاد در بدن افزایش می‌یابد، مالون دی‌آلدهید (MDA) و ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAC) و گلوتاتیون (GSH) از جمله شاخص‌های مهم استرس اکسایشی هستند که اندازه‌گیری می‌شوند [۱۰].

امروزه، از تمرینات تناوبی با شدت بالا (High Intensity Interval Training; HIIT) با توجه به جذابیت، تنوع و سازگاری متابولیکی بیشتر، به‌جای تمرینات استقامتی سنتی استفاده می‌شود. بسیاری از محققان پیشنهاد کرده‌اند که تمرینات HIIT برای کاهش وزن، از تمرینات تداومی یکنواخت مفیدتر هستند [۱۱]. مطالعات اخیر نیز با صراحت بیان کرده‌اند که اجرای HIIT برای کاهش چربی، کارایی بهتری نسبت به تمرینات استقامتی دارد و ازآنجایی‌که چاقی و اضافه‌وزن با افزایش استرس اکسیداتیو همراه است، اگر بتوانیم فرایند چاقی و اضافه‌وزن را به‌وسیله تغییرات در سیستم آنتی‌اکسیدانی تغییر دهیم، بسیار مطلوب خواهد بود [۱۲]. اما در مورد تأثیر تمرینات ورزشی ترکیبی اینتروال بر سطوح سرمی آنتی‌اکسیدان‌ها و استرس اکسیداتیو در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن پژوهشی یافت نشد و این موضوع تابه‌حال، به‌اندازه کافی بررسی نشده است.

لذا، با توجه به اهمیت سلامت‌محور بودن تمرینات ورزشی برای افراد دارای اضافه‌وزن، هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثیر تمرینات ترکیبی اینتروال با شدت بالا (CHIIT) بر سطوح سرمی آنتی‌اکسیدان‌ها و استرس اکسیداتیو در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن است.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع کاربردی و نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری در این تحقیق، دختران جوان چاق و دارای اضافه‌وزن بودند که از طریق فراخوان در کلینیک‌های سلامت شهر قم انتخاب شدند. ۲۴ دختر چاق و دارای اضافه‌وزن با مشخصات موجود در جدول ۱، به‌صورت داوطلبانه، در این پژوهش شرکت کردند.

جدول ۱: مشخصات مورفولوژیک آزمودنی‌ها در هر گروه (انحراف معیار ± میانگین)

متغیر / گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	نمایه توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	نسبت دور کمر به دور باسن	چربی بدن (درصد)
تمرین	۲۱/۲±۶/۰	۱۵۷/۳±۷/۹	۷۱/۰۰ ± ۴/۱۳	۲۸/۵۸ ± ۱/۶۸	۰/۸۸۱ ± ۰/۰۰۷	۳۳/۷۱ ± ۱/۰۸
کنترل	۲۰/۱±۹/۲	۱۵۹/۳±۸/۶	۷۱/۷۵ ± ۵/۴۰	۲۸/۰۸ ± ۱/۵۹	۰/۸۷۵ ± ۰/۰۰۷	۳۴/۲۸ ± ۱/۰۸

برای تعیین حجم نمونه نیز از نرم‌افزار Gpower نسخه ۳ استفاده شد. بدین صورت که برای آزمون آنوا با اندازه‌گیری مکرر، اندازه اثر ۰/۳۸ و توان آزمون ۰/۸۵ در سطح خطای ۰/۰۵، ۲۴ نفر تعیین شد. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی، به دو گروه تمرین (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرین با تواتر چهار جلسه در هفته و به مدت چهار هفته (در مجموع، ۱۶ جلسه) به انجام تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا پرداختند و در طول این مدت، گروه کنترل بی‌تمرین بودند و به کارهای روزمره خود می پرداختند. گفتنی است که هیچ‌یک از آزمودنی‌ها تا پایان دوره مداخله، مطالعه را ترک نکردند.

شرایط ورود به مطالعه شامل عدم مصرف داروهای ضدالتهاب و آنتی‌بیوتیک و کاهش‌دهنده چربی و مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در دو هفته قبل از ثبت نام، BMI بیشتر از ۲۵ درصد، نداشتن سابقه فعالیت بدنی منظم در شش ماه گذشته، نداشتن سابقه بیماری‌های دیابت، فشارخون بالا، بیماری‌های کبد، بیماری قلبی‌عروقی، بیماری‌های کلیوی، سرطان و مشکلات پزشکی و ارتوپدی بود و داوطلبان پس از معاینه توسط پزشک زنان و احراز شرایط ورود، وارد مطالعه شدند [۱۳].

شرکت‌کنندگان طبق برنامه هماهنگ‌شده قبلی، ۲۴ ساعت قبل از شروع و ۴۸ ساعت بعد از اتمام آخرین جلسه تمرینی، ضمن اینکه ۱۲ ساعت ناشتا بودند و طی ۲۴ ساعت اخیر هیچ‌گونه فعالیت ورزشی شدیدی نداشتند، برای اخذ نمونه‌خون به آزمایشگاه مربوط معرفی شدند. برای جلوگیری از تأثیر ریتم شبانه‌روزی، نمونه‌گیری خونی در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، بین ساعت ۸ تا ۹ صبح انجام شد. بدین منظور، مقدار ۱۰ سی‌سی خون از سیاه‌رگ بازویی دست چپ شرکت‌کنندگان در حالت نشسته به‌منظور

ارزیابی پروفایل لیپیدی، TAC، GSH و MDA جمع‌آوری شد. نمونه‌های خون پس از سانتریفیوژ با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و جدا کردن سرم تا زمان انجام آزمون‌ها، در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

هر جلسه، آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۱۲ دقیقه به گرم کردن (متشکل از حرکات کششی و جنبشی و ۵ دقیقه دویدن نرم) و سپس، به مدت ۲۵ دقیقه به تمرینات اصلی و در انتها، پنج دقیقه به سرد کردن پرداختند. قسمت اصلی پروتکل شامل ۴ × ۴ دقیقه و سه دقیقه استراحت فعال در آخر هر ست (دوچرخه سواری) بود. شدت تمرین اینتروال هوازی، در هفته اول، ۶۰ تا ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب و شدت تمرین مقاومتی نیز ۴۰ تا ۴۵ درصد یک تکرار بیشینه بود. در هفته دوم، شدت تمرین اینتروال ۶۵ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب و شدت تمرین مقاومتی ۴۵ تا ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. شدت تمرین هوازی در هفته سوم، ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب و شدت تمرین مقاومتی ۵۰ تا ۵۵ درصد یک تکرار بیشینه و شدت تمرین هوازی در هفته چهارم، ۸۰ تا ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب و شدت تمرین مقاومتی ۵۵ تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. استراحت فعال بین هر ست نیز با ۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب بود. استراحت بین ایستگاه‌ها نیز ۱۵ ثانیه بود. در تمرین مقاومتی، برای جلوگیری از استفاده بیش از حد و خستگی در همان گروه عضلانی، دو نوع حرکت متفاوت برای اندام فوقانی و دو نوع حرکت برای اندام تحتانی انتخاب شد که در هر ست، یکی از آن‌ها انجام شد [۱۴].

برای محاسبه شاخص‌های گرایش مرکزی (میانگین) و شاخص پراکندگی (انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر) از آمار توصیفی استفاده شد. پس از کسب اطمینان از طبیعی بودن توزیع نظری داده‌ها توسط آزمون شاپیروویلک و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لِوِن، از آزمون آماری تحلیل واریانس برای اندازه‌گیری‌های مکرر به‌منظور بررسی اختلاف معنی‌دار بین‌گروهی در گذر زمان استفاده شد. همه داده‌ها به‌صورت انحراف معیار ± میانگین بیان شده‌اند. تمام عملیات آماری در سطح معنی‌داری P <۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ انجام شده است.

نتایج

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، میانگین شاخص‌های مورفولوژیک در دختران دارای اضافه‌وزن، پس از چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا کاهش یافت (جدول ۲).

پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه تمرین و کنترل و انجام تحلیل‌های آماری مربوط، دریافتیم که چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر تغییرات سطوح ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (P=۰/۰۶۳)، گلوتاتیون احیا (P=۰/۲۹۲)، کلسترول تام (P=۰/۶۷۴)، تری‌گلیسرید (TG) (P=۰/۴۹۳)، HDL-C (P=۰/۱۷۹) و LDL-C (P=۰/۳۶۹) در دختران دارای اضافه‌وزن تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

در مقابل، مقادیر مالون دی‌آلدهید به دنبال چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا، کاهش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل نشان داد (شکل ۱).

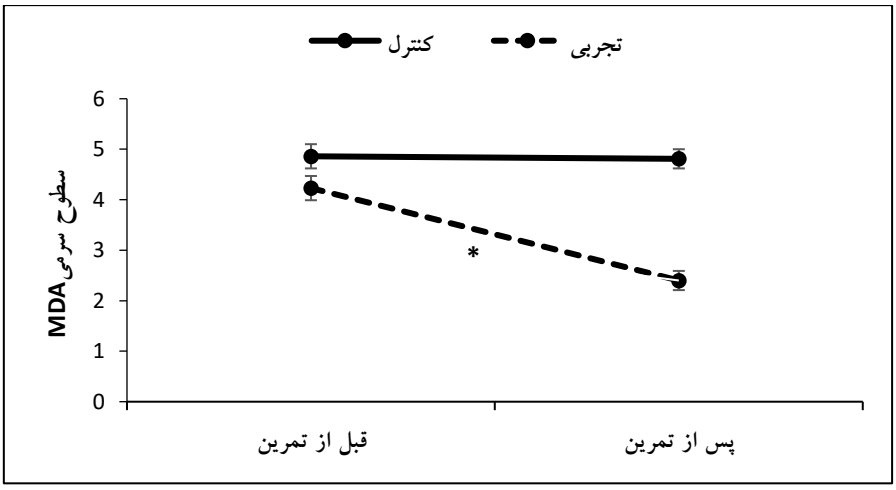
جدول ۲: نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون میانگین، کمترین و بیشترین مقدار نیم‌رخ مورفولوژیک در دختران دارای اضافه‌وزن

متغیر	گروه‌ها	پیش‌آزمون			پس‌آزمون		
		میانگین±انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین±انحراف معیار	کمترین	بیشترین
وزن (kg)	کنترل	۷۱/۷۵ ± ۵/۴۰	۶۵	۷۹	۷۱/۶۷ ± ۵/۹۱	۶۵	۸۰
	تمرین	۷۱/۰۰ ± ۴/۱۳	۶۵	۷۷	۷۰/۵۸ ± ۳/۸۰	۶۵	۷۶
شاخص توده بدن (kg/m^2)	کنترل	۲۸/۰۸ ± ۱/۵۹	۲۶/۲۳	۳۰/۸۶	۲۸/۰۳ ± ۱/۷۳	۲۵/۷۱	۳۱/۲۵
	تمرین	۲۸/۵۸ ± ۱/۶۸	۲۶/۵۶	۳۱/۶۴	۲۸/۴۰ ± ۱/۵۰	۲۶/۱۷	۳۱/۲۳

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس داده‌های مکرر سطوح سرمی آنتی‌اکسیدان‌ها، استرس اکسیداتیو و نیم‌رخ لیپیدی دختران دارای اضافه‌وزن

متغیر	گروه تجربی (n=12)		گروه کنترل (n=12)		سطح معنی‌داری*	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	واریانس (F)	معنی‌داری (P)
TAC	۲/۸۹ ± ۰/۳۶	۳/۱۴ ± ۰/۳۵	۳/۳۲ ± ۰/۳۶	۳/۳۰ ± ۰/۳۵	۳/۸۳۷	۰/۰۶۳
GSH	۷۱/۰۸ ± ۲/۶	۷۳/۸ ± ۲/۸	۶۸/۶۷ ± ۲/۶	۶۹/۰۸ ± ۲/۹	۱/۱۷	۰/۲۹۲
TC	۱۷۰/۰۸ ± ۳/۶۹	۱۶۸/۵۸ ± ۳/۰۵	۱۶۸/۳۳ ± ۳/۶۹	۱۶۷/۹۲ ± ۳/۰۵	۰/۱۸۲	۰/۶۷۴
TG	۱۰۰/۷۵ ± ۲/۳۶	۹۷/۶۷ ± ۲/۲۱	۱۰۴/۰۰ ± ۲/۳۶	۱۰۲/۵۰ ± ۲/۲۱	۰/۴۸۵	۰/۴۹۳
HDL	۴۸/۹۲ ± ۱/۸۶	۵۰/۳۳ ± ۱/۶۳	۴۷/۵۰ ± ۱/۸۶	۴۷/۷۵ ± ۱/۶۳	۱/۹۳	۰/۱۷۹
LDL	۹۶/۱۷ ± ۱/۹۵	۹۴/۴۲ ± ۱/۷۰	۹۲/۳۳ ± ۱/۹۵	۹۲/۰۸ ± ۱/۷۰	۰/۸۴۳	۰/۳۶۹

*: سطح معنی‌داری (P < ۰/۰۵)



شکل ۱: اثر چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر سطوح MDA در دختران دارای اضافه‌وزن

بحث

هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثیر تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر سطوح سرمی آنتی‌اکسیدان‌ها و استرس اکسیداتیو در دختران دارای اضافه‌وزن بود و بر اساس یافته‌های ما، تمرینات ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر بهبود سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی (از قبیل TAC و GSH) در دختران دارای اضافه‌وزن تأثیری نداشت؛ اما مداخله چهار هفته تمرینات ترکیبی اینتروال با شدت بالا موجب کاهش اکسیدان‌ها از قبیل MDA شد. همچنین، در مقادیر TC، TG، LDL-C و HDL-C بر اثر چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا، تغییرات بسیار جزئی و غیرمعنی‌داری نسبت به گروه کنترل مشاهده شد.

همسو با یافته‌های این مطالعه، در تحقیق عزیزبیگی و همکاران (۲۰۱۳) [۱۵]، کاهش معنی‌دار MDA و عدم تغییر معنی‌دار TAC و گلوتاتیون پراکسیداز به دنبال هشت هفته تمرین مقاومتی در مردان غیرفعال گزارش شد. همچنین، در تحقیق دیگری [۱۶] که اثر هشت هفته تمرین مقاومتی با دو شدت متفاوت بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو را در مردان جوان بررسی کرد، کاهش معنی‌دار MDA و افزایش معنی‌دار GSH در گروه‌های تمرین نسبت به کنترل دیده شد. اما سطوح TAC تنها در گروه مداخله نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌دار نشان داد. از طرفی، امیرخانی و همکاران (۲۰۱۸) [۱۷]، عدم کاهش معنی‌دار MDA و افزایش معنی‌دار TAC را به دنبال هشت هفته تمرین مقاومتی در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر [۱۸] که اثر هشت هفته تمرین هوازی اینتروال و مصرف مکمل چای سبز بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو دختران جوان غیرفعال را بررسی کرد، تغییر معنی‌دار MDA در گروه تمرین-دارونما نسبت به گروه مکمل مشاهده شد؛ اما، در سطوح TAC، بین سه گروه، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در پژوهش فخری و همکاران (۲۰۲۰) [۱۹]، اثر شش هفته تمرین اینتروال شدید بر سطوح TAC و MDA در دختران دارای اضافه‌وزن بررسی شد. در این مطالعه، کاهش معنی‌دار مقادیر MDA و افزایش معنی‌دار مقادیر TAC تنها در گروه تمرین گزارش شد. علاوه بر این، در مطالعه Ruangthai و همکاران (۲۰۱۹) [۲۰]، ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی توانست سطوح MDA را در مقایسه با کروه کنترل، به‌طور چشمگیری کاهش دهد. نتایج آن‌ها نشان داد که غلظت MDA پلاسما به‌طور درخور توجهی (۶۱ درصد) در گروه ترکیبی و در گروه تمرین مقاومتی (۶۵/۱ درصد) پس از ۱۲ هفته کاهش یافت؛ اما در گروه استقامتی بدون تغییر بود. بااین‌حال، کاهش غلظت MDA پلاسما فقط در گروه تمرین ترکیبی مشاهده شد. کاهش غلظت MDA پلاسمای مشاهده‌شده در گروه تمرین ترکیبی با افزایش فعالیت GPx در این مطالعه همراه بود. GPx آنزیمی آنتی‌اکسیدانی است که مسئول تجزیه پراکسیدهای لیپیدی است و از غشای سلولی در برابر آسیب پراکسیداتیو محافظت می‌کند. بنابراین، در این پژوهش، کاهش غلظت MDA پلاسما در گروه تمرین ترکیبی را احتمالاً ناشی از افزایش فعالیت GPx می‌دانند.

نظریه ارتباط چاقی و اضافه‌وزن با افزایش استرس اکسیداتیو را پیش‌تر، مطالعات دیگر مطرح کرده‌اند؛ اما مکانیسمی که باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن در چاقی یا اضافه‌وزن می‌شود، هنوز ناشناخته است. ازاین‌رو، برای تفسیر ارتباط بین چاقی و افزایش استرس اکسیداتیو چندین دلیل موجود است [۲۱]. چاقی با افزایش فعالیت‌های مکانیکی و متابولیکی عضله قلبی، مصرف اکسیژن را در آن افزایش می‌دهد که پیامد منفی آن تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن مانند رادیکال سوپراکسید، هیدروکسیل و انواع پراکسیدهای هیدروژن توسط زنجیره تنفسی در میتوکندری است [۲۲]. در واقع، آزاد شدن الکترون‌ها به خارج از زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری، باعث احیای مولکول‌های اکسیژن و تبدیل آن‌ها به رادیکال‌های سوپراکسید می‌شود. علاوه بر این، کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مانند سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، در افراد چاق، شاید یکی از دلایل افزایش استرس اکسیداتیو در آن‌ها

باشد [۲۳]. به نظر می‌رسد که شدت و مدت فعالیت‌های ورزشی در این مطالعه، موجب آثار مفید دفاع ضداکسایشی شده و میزان پراکسیداسیون لیپید را کاهش داده است.

همچنین، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که TC، TG، LDL-C و HDL-C در اثر چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا، تغییرات بسیار جزئی و غیرمعنی‌داری نسبت به گروه کنترل داشتند. این نتایج با یافته‌های برخی مطالعات ناهمخوان است. پاشایی و همکاران (۲۰۱۹) [۲۴]، اثر انواع تمرینات تناوبی با شدت بالا بر نیم‌رخ لیپیدی و هومئوستاز گلوکز در زنان میان‌سال دارای اضافه‌وزن و چاق را بررسی کردند. در این مطالعه، مداخله شامل هشت هفته تمرینات اینتروال با شدت بالا به‌تنهایی و تمرینات ترکیبی بود. در پایان، نتایج آن‌ها نشان داد که هر دو نوع تمرین به کاهش معنی‌دار TC، TG، LDL-C و افزایش معنی‌دار HDL-C منجر شد و همچنین، نتایج نشان دادند که اثر تمرینات ترکیبی نسبت به تمرینات اینتروال با شدت بالا به‌تنهایی بیشتر بود؛ البته، این مطالعه هم از نظر طول دوره مداخله و هم فرکانس تمرین با تحقیق ما متفاوت بود. همچنین، بنا به پیشنهاد Kessler و همکاران (۲۰۱۲) [۲۵]، حداقل هشت هفته تمرین لازم است تا مقادیر پروفایل چربی و هومئوستاز گلوکز تغییر یابند. از طرفی، Pramono و همکاران (۲۰۱۹) [۲۶]، نشان دادند که هشت هفته تمرین ترکیبی (مقاومتی ـ تمرین هوازی) در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق، هیچ تأثیری بر پروفایل چربی نداشت که از این نظر، با یافته‌های پژوهش ما همسو است.

برخی محققان بر این عقیده‌اند که کاهش مؤثر TC و TG در افراد دارای اضافه‌وزن یا چاق به‌نحوی مطلوب، از طریق کاهش وزن حاصل می‌شود؛ درحالی‌که دیگر محققان تغییرات ناشی از ورزش در نیم‌رخ چربی‌ها را مستقل از تغییرات وزن بدن می‌دانند [۲۷،۲۸]. در مجموع، شدت، مدت و تکرار تمرین‌ها و همچنین، کاهش مصرف چربی‌های اشباع و رژیم غذایی متعادل و کاهش وزن از عوامل مؤثر بر تغییرات نیم‌رخ چربی و پروتئین تلقی شده‌اند. بااین‌حال، در تحقیق حاضر، تغییر معنی‌داری در شاخص‌های ترکیب بدن آزمودنی‌ها مشاهده نشد. به‌علاوه، تحقیقات نشان می دهند که TC عامل خطرزای قلبی‌عروقی است [۲۹]. به نظر می رسد که اجرای فعالیت هوازی اصلی‌ترین عامل در کاهش آن محسوب شود [۷]. از طرفی، اشاره شده است که کنترل دقیق برنامه غذایی روزانه بیماران می‌تواند در مقدار لیپیدهای خون تأثیر بگذارد. در تحقیق حاضر، برنامه غذایی کنترل دقیق نشده بود، اگرچه توصیه‌های بهداشتی و غذایی برای همگان در نظر گرفته شده بود. ازاین‌رو، به نظر می‌رسد که افزایش شدت تمرین و کنترل رژیم غذایی عوامل احتمالی عدم تغییر TC باشند.

مطالعه حاضر با محدودیت‌هایی از جمله تعداد کم آزمودنی‌ها، جنسیت و دامنه سنی محدود، نبود نظارت دقیق بر تغذیه و طول مداخله کوتاه همراه بوده است. لذا، به نظر می‌رسد که برای مطالعات آینده، به انجام تحقیقات گسترده‌تری با تعداد بیشتری از شرکت‌کنندگان نیاز است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که تمرینات ترکیبی اینتروال با شدت بالا بر بهبود سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی (از قبیل TAC و GSH) و همچنین، نیم‌رخ چربی‌های خون در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن تأثیری ندارد؛ اما مداخله چهار هفته تمرینات ترکیبی اینتروال با شدت بالا موجب کاهش اکسیدان‌ها از قبیل MDA می‌شود. بنابراین، احتمالاً این نوع تمرینات می‌تواند در کاهش خطر استرس اکسیداتیو در دختران چاق و دارای اضافه‌وزن مؤثر باشد. همچنین، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که TC، TG، LDL-C و HDL-C در اثر چهار هفته تمرین ترکیبی اینتروال با شدت بالا، تغییرات بسیار جزئی و غیرمعنی‌داری نسبت به گروه کنترل داشتند.

تشکر و قدردانی

این مقاله از بخشی از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مصوب در دانشگاه علامه طباطبائی گرفته شده است. بدین وسیله، نویسندگان مراتب تشکر و سپاس خویش را از تمامی افراد شرکت‌کننده در پژوهش حاضر اعلام می‌کنند.

تضاد منافع

در این مطالعه، تضاد منافعی وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش طبق دستورالعمل‌های اخلاق تحقیق وزارت بهداشت ایران و نسخه آخر بیانیه هلسینکی انجام شده است و دارای کد اخذشده از کمیته اخلاق در تحقیق دانشگاه علامه طباطبائی به شماره IR.ATU.REC.1399.058 است.

سهم نویسندگان

نویسنده اول (پژوهشگر اصلی): تدوین پروپوزال، نگارش بخش‌های مختلف طرح، نظارت بر تمرینات، نگارش مقاله (۳۰ درصد)؛ نویسنده دوم (پژوهشگر اصلی): مسئول مکاتبات، تدوین چهارچوب اصلی طرح، ناظر کل پروژه، ویرایش علمی مقاله (۳۰ درصد)؛ نویسنده سوم (پژوهشگر همکار): مشاور علمی طرح، انجام معاینات بالینی و آزمایش‌های پزشکی، مشارکت در نگارش مقاله (۲۰ درصد)؛ نویسنده چهارم (پژوهشگر همکار): نظارت بر تمرینات، مشارکت در نگارش و ویرایش علمی مقاله (۲۰ درصد).

حمایت مالی

این پژوهش با استفاده از حمایت مالی و اعتبارات پژوهشی دانشگاه علامه طباطبائی انجام شده است.

REFERENCES

1. Tayebi SM, Ghanbari-Niaki A, Saeidi A, Hackney AC. Exercise training, neuregulin 4 and obesity. *Ann Appl Sport Sci*. 2017;**5**(2):1. PMID:30899900 DOI:10.18869/acadpub.aassjournal.5.2.1
2. Tayebi SM, Saeidi A, Khosravi M. Single and concurrent effects of endurance and resistance training on plasma

visfatin, insulin, glucose and insulin resistance of non-athlete men with obesity. *Ann Appl Sport Sci*. 2016;**4**(4):21-31. DOI: 10.18869/acadpub.aassjournal.4.4.21
3. Saeidi A, Tayebi SM, Khosravi A, Razi O, Sellami M, Abderrahman AB, Zouhal H. Obesity, Fat Mass, Osteopontin and Exercise Training. *Int J Appl Exerc Physiol*. 2019;**8**(1):177-9. DOI: 10.30472/ijaep.v8i1.372
4. Amirkhizi F, Siassi F, Dhahraki SH, Jalali M. Valuation of oxidative stress and total antioxidant capacity in women with general and abdominal adiposity. *Med J Mashhad Univ Med Sci*. 2012;**55**(3):170-7. DOI: 10.22038/mjms.2012.431
5. Epingeac ME, Gaman MA, Diaconu CC, Gad M, Gaman AM. The evaluation of oxidative stress levels in obesity. *Rev Chim (Bucharest)*. 2019;**70**(6):2241-4. DOI: 10.37358/RC.19.6.7314
6. Delavar R, Mogharnasi M, Khoobkhahi N. The Effects of Combined Training on OxidativeStress and Antioxidant Defense Indicators. *Int J Basic Sci Med*. 2017;**2**(1):29-32. DOI: 10.15171/ijbsm.2017.07
7. Tayebi SM, Saeidi A, Fashi M, Pouya S, Khosravi A, Shirvani H, Ahmadian M, Abderrahman AB, Hackney AC, Zouhal H. Plasma retinol-binding protein-4 and tumor necrosis factor-α are reduced in postmenopausal women after combination of different intensities of circuit resistance training and Zataria supplementation. *Sport Sci Health*. 2019;**15**:551-8. PMID: 31885723 DOI: 10.1007/s11332-019-00544-2
8. Flensted-Jensen M, Gram M, Dela F, Helge JW, Larsen S. Six weeks of high intensity cycle training reduces H2O2 emission and increases antioxidant protein levels in obese adults with risk factors for type ۲ diabetes. *Free Radical Biol Med*. 2021;**173**:1-6. PMID: 34273538 DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2021.07.020
9. Mohammadi S, Lotfi K, Mirzaei S, Asadi A, Akhlaghi M, Saneei P. Dietary total antioxidant capacity in relation to metabolic health status in overweight and obese adolescents. *Nutr J*. 2022;**21**(1):54. PMID: 36038871 DOI: 10.1186/s12937-022-00806-9
10. Lorente L, Martín MM ,Pérez-Cejas A, Abreu-González P, López RO, Ferreres J, et al. Serum total antioxidant capacity during the first week of sepsis and mortality. *J Crit Care*. 2018;**47**:139-44. PMID: 29981999 DOI: 10.1016/j.jcrc.2018.06.025
11. Ben-Zeev T, Okun E. High-Intensity Functional Training: Molecular Mechanisms and Benefits. *Neuromolecular Med*. 2021;**23**(3):335-8. PMID: 33386577 DOI: 10.1007/s12017-020-08638-8
12. Asjari M, Abedi B, Fatolahi H. Effects of aerobic training and licorice extract consumption on inflammation and antioxidant states in overweight women. *Obesity Medicine*. 2021;**21**:100271. DOI: 10.1016/j.obmed.2020.100271
13. Tayebi SM, Mehdipour A. The Effect of 8 Weeks of Cardio Kickboxing Training on Some Metabolic and Inflammatory Indicators in Adults with Type 2 Diabetes. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2023;**33**(2):212-221.
14. Soltani N, Esmaeil N, Marandi SM, Hovsepian V, Momen T, Shahsanai A, et al. Assessment of the effect of short-term combined high-intensity interval training on TLR4, NF-κB and IRF3 expression in young overweight and obese girls. *Public Health Genomics*. 2020;**23**(1-2):26-36. PMID: 32101857 DOI: 10.1159/000506057
15. 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. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2013;**23**(3):230-8. PMID: 23239675 DOI: 10.1123/ijsnem.23.3.230
16. Khaki E, Dehkodi KJ, Taghian F, Hosseini SA. Interactive Effect of Grape Seed Nanoparticle Extract and Resistance Training on Antioxidant System Function in Myocardial Infarction Rat Model. *Gene, Cell and Tissue*. 2023;**10**(1). DOI: 10.5812/gct-123703
17. Amirkhani Z, Azarbayjani MA. Effect of eight weeks resistance training on malondialdehyd, total ,antioxidant capacity, liver enzymes and lipid profile in overweight and obese women. *J Gorgan Univ Med Sci.* 2018;**20**(3):48-55.
18. Shahidi F, Shakeri C, Delfani Z. The effect of eight weeks interval aerobic exercise and consumption of green tea supplementation on oxidative stress indices of inactive young girls. *Razi J Med Sci*. 2019;**25**(11):72-84.
19. Fakhri S, Shakeryan S, Alizadeh A, Shahryari A. Effect of 6 weeks of high intensity interval training with nano curcumin supplement on antioxidant defense and lipid peroxidation in overweight girls-clinical trial. *Iranian J Diabetes Obesity*. 2020;11(3). DOI: 10.18502/ijdo.v11i3.2606.
20. Ruangthai R, Phoemsapthawee J. Combined exercise training improves blood pressure and antioxidant capacity in elderly individuals with hypertension. *J Exerc Sci Fitness*. 2019;**17**(2):67-76. PMID: 30949214 DOI: 10.1016/j.jesf.2019.03.001
21. Kukreja RC, Hess ML. The oxygen free radical system: from equations through membrane-protein interactions to cardiovascular injury and protection. *Cardiovasc Res*. 1992;**26**(7):641-55. PMID: 1423428 DOI: 10.1093/cvr/26.7.641
22. Sarkar S, Debnath M, Das M, Bandyopadhyay A, Dey SK, Datta G. Effect of high intensity interval training on antioxidant status, inflammatory response and muscle damage indices in endurance team male players. *Apunts Sports Med*. 2021;**56**(210):100352. DOI: 10.1016/j.apunsm.2021.100352
23. Ozata M, Mergen M, Oktenli C, Aydin A, Sanisoglu SY, Bolu E, et al. Increased oxidative stress and hypozincemia in male obesity. *Clin Biochem*. 2002;**35**(8):627-31. PMID: 12498997 DOI: 10.1016/s0009-9120(02)00363-6
24. Pashaei Z, Jafari A, Alivand M. The Effect of High Intensity Interval Training on Lipid Profile and Glucose Homeostasis in Overweight/Obese Middle-Aged Women. *J Appl Health Stud Sport Physiol*. 2020;**6**(2):56-64. DOI: 10.22049/jassp.2020.14018
25. Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med*. 2012;**42**:489-509. PMID: 22587821 DOI: 10.2165/11630910-000000000-00000
26. Pramono A, Jocken JW, Essers YP, Goossens GH, Blaak EE. Vitamin D and tissue-specific insulin sensitivity in humans with overweight/obesity. *J Clin Endocrinol Metab*. 2019;**104**(1):49-56. PMID: 30137362 DOI: 10.1210/jc.2018-00995
27. Zhao S, Zhong J, Sun C, Zhang J. Effects of aerobic exercise on TC, HDL-C, LDL-C and TG in patients with hyperlipidemia: A protocol of systematic review and meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2021;**100**(10):e25103. PMID: 33725906 DOI: 10.1097/MD.0000000000025103
28. Rajamand N, Tartibian B, Tayebi SM. Acute Response of Muscular Damage Biomarkers after HIFT Exercise in Overweight Men. *New Approaches in Exercise Physiology*. 2023;5(9):5-16. DOI: 10.22054/nass.2023.74086.1138
29. Tayebi SM, Mottaghi S, Mahmoudi SA, Ghanbari-Niaki A. The effect of a short-term circuit resistance training on blood glucose, plasma lipoprotein and lipid profiles in young female students. *Jentashapir J Cell Mol Biol*. 2016;7(5):e33899. DOI: 10.17795/jjhr-33899