

# Simultaneous effect of four weeks of *Nigella sativa* oil supplementation and aerobic exercise on serum levels of malondialdehyde and total antioxidant capacity in inactive young women

Ali Ghasemi Kahrizsangi<sup>1\*</sup>, Zahra AbedinZadeh<sup>2</sup>, Zahra HajiKhodadadi<sup>2</sup>, Mohsen Salehi<sup>3</sup>

1. Sport Sciences Department, University of Qom, Qom, Iran
2. Sports Physiology Department, Qom University, Qom, Iran
3. Department of Statistics, Faculty of Science, University of Qom, Qom, Iran

\* Corresponding author e-mail: a.ghasemi@qom.ac.ir

## Abstract

**Background and Objective:** Exercise interventions and consumption of some supplements can lead to changes in the antioxidant system and oxidative stress of skeletal muscles. Based on this, the present study investigated the effect of four weeks of *Nigella sativa* oil supplementation and aerobic exercise on the serum levels of malondialdehyde and the total antioxidant capacity of inactive young women.

**Materials and Methods:** For this purpose, 40 inactive young women with an average age of  $22.23 \pm 4.51$  years and BMI of  $25.46 \pm 4.21$  participated in the research. Prior to the treatment, they filled out a written consent form. Then, the subjects were randomly divided into four groups: control (N=9), exercise + placebo (N=10), supplement (N=10), and exercise + supplement (N=11). The aerobic exercise groups performed four weeks of aerobic exercise with an intensity of 50% to 80% of the maximum heart rate, three sessions a week. Also, the *Nigella sativa* oil supplement groups received 1000 mg of its capsule per day after lunch. Blood samples were collected to measure the serum level of malondialdehyde and total antioxidant capacity in two stages before and after 24 hours of the last training session in fasting conditions from antecubital vein. Statistical analysis was performed by paired t-tests and the analysis of covariance at a significance level of  $P < 0.05$ .

**Results:** Results showed that there is a significant decrease in total antioxidant capacity values between the aerobic group with the two supplement groups ( $P=0.03$ ) and supplement + exercise ( $P=0.03$ ). Also, a significant decrease was shown after the test as was compared to the pre-test in the within-group values of malondialdehyde serum concentration in the supplement group ( $P=0.03$ ).

**Conclusion:** According to the results, we conclude that the aerobic exercises and *Nigella sativa* supplementation leads to a decrease in the total antioxidant capacity and it has no effect on the oxidative index.

**Keywords:** Aerobic exercises, Malondialdehyde, Total antioxidant capacity, *Nigella sativa* supplement, Inactive women

Received: Sep 20, 2023

Revised: Jan 16, 2024

Accepted: Jan 24, 2024

**How to cite this article:** Ghasemi Kahrizsangi A, AbedinZadeh Z, HajiKhodadadi Z, Salehi M. supplementation and aerobic exercise on serum levels of malondialdehyde and total antioxidant capacity in inactive young women. Daneshvar Medicine 2024; 31(6):14-25. doi: 10.22070/DANESHMED.2024.18239.1405

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC) where it is permissible to download, share, remix, transform, and build on the work provided it is properly cited. The work

## تأثیر چهار هفته تمرین هوازی و مکمل‌دهی روغن سیاه‌دانه بر سطوح سرمی مالون دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام دختران جوان غیرفعال

علی قاسمی کهریزسنگی<sup>۱\*</sup>، زهرا عابدین زاده<sup>۲</sup>، زهرا حاجی خدادادی<sup>۲</sup>، محسن صالحی<sup>۳</sup>

۱. گروه علوم ورزشی، دانشگاه قم، قم، ایران

۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه قم، قم، ایران

۳. گروه آمار، دانشگاه قم، قم، ایران

\*نویسنده مسئول: علی قاسمی کهریزسنگی Email: a.ghasemi@qom.ac.ir

### چکیده

**مقدمه و هدف:** مداخلات تمرینی و مصرف برخی مکمل‌ها می‌تواند منجر به تغییراتی در سیستم آنتی‌اکسیدانی و استرس اکسیداتیو عضلات اسکلتی شود. بر این اساس پژوهش حاضر، به بررسی و مطالعه اثر توأمان چهار هفته مکمل‌دهی روغن سیاه‌دانه و تمرین هوازی بر سطوح سرمی مالون دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام دختران غیرفعال پرداخت.

**مواد و روش‌ها:** بدین منظور، تعداد ۴۰ نفر از زنان جوان غیرفعال دارای شرایط ورود به مطالعه دانشگاه قم با میانگین سنی:  $22/23 \pm 4/51$  و  $25/46 \pm 4/21$  BMI با پرکردن رضایت‌نامه کتبی در پژوهش پیش‌رو شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به چهار گروه کنترل (۹ نفر)، تمرین + دارونما (۱۰ نفر)، مکمل (۱۰ نفر) و تمرین + مکمل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. گروه‌های تمرین هوازی چهار هفته تمرینات هوازی ایروبیکی را با شدت ۵۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه را سه جلسه در هفته انجام دادند، همچنین گروه‌های مکمل روغن سیاه‌دانه روزانه یک کیپسول ۱۰۰۰ میلی‌گرم را در روز بعد از وعده ناهار دریافت کردند. نمونه‌های خونی برای اندازه‌گیری سطح سرمی مالون دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در دو مرحله قبل و ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین در شرایط ناشتا از سیاهرگ زند اعلا جمع‌آوری شدند. تحلیل آماری به وسیله آزمون‌های t زوجی و تحلیل کوواریانس در سطح معنی‌داری  $P < 0/05$  انجام گرفت.

**نتایج:** نتایج بین‌گروهی نشان داد که بین گروه هوازی با دو گروه مکمل ( $P = 0/03$ ) و مکمل + تمرین ( $P = 0/03$ ) در مقادیر TAC سرمی کاهش معنی‌داری وجود دارد، همچنین کاهش معنی‌دار پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در مقادیر درون‌گروهی غلظت سرمی MDA در گروه مکمل ( $P = 0/03$ ) نشان داده شد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت تمرینات هوازی و مکمل‌دهی سیاه‌دانه منجر به کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام می‌شود، و تأثیری بر شاخص اکسیداتیوی ندارد.

**واژه‌های کلیدی:** تمرین هوازی، مالون دی‌آلدئید، آنتی‌اکسیدان تام، مکمل روغن سیاه‌دانه، دختران غیرفعال

وصول مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۲۹

اصلاحیه نهایی: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴

## مقدمه

امروزه از فعالیت بدنی به‌عنوان مهم‌ترین عامل پیشگیری از بروز بیماری‌ها و داشتن زندگی سالم یاد می‌شود. هنگام فعالیت‌های بدنی افزایش مصرف اکسیژن در عضلات فعال موجب بیشتر شدن انتقال الکترون در زنجیره تنفسی، نشت الکترون از میتوکندری، تولید بنیان‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (۱). طی سال‌های اخیر نقش رادیکال‌های آزاد و یا به عبارت دیگر گونه‌های اکسیژن فعال<sup>۱</sup> (ROS) در رشد و پیشرفت بسیاری از بیماری‌ها از جمله اختلالات نورولوژیکی<sup>۲</sup> و قلبی عروقی به‌طور چشمگیری مورد توجه قرار گرفته است (۲). بدن انسان دارای سیستم دفاعی برای مقابله با رادیکال‌های آزاد<sup>۳</sup> موسوم به سیستم آنتی‌اکسیدان است. عدم تعادل بین میزان رادیکال آزاد تولیدشده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی<sup>۴</sup> باعث استرس اکسیداتیو<sup>۵</sup> می‌شود. شدت آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد به میزان آنها، طول دوره مجاورت با آنها و نوع آنها بستگی دارد (۳). طی فرایند "لیپید پراکسیداسیون"<sup>۶</sup> رادیکال‌های آزاد و اجزای سلولی به‌خصوص اسیدهای چرب غیراشباع به غشای سلولی حمله می‌کنند و باعث تولید رادیکال‌های آزاد بیشتری می‌شوند؛ به این ترتیب که اسیدهای چرب شکسته و گازهای هیدروکربونی "اتان و پنتان"<sup>۷</sup> و آلدهیدها تشکیل می‌شوند و باعث آسیب عضلانی و التهاب می‌شوند (۴). فعالیت‌های بدنی رادیکال‌های آزاد در بدن را تولید می‌کنند (۵). همچنین عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن که استرس اکسیداتیو نام دارد به دنبال ورزش ایجاد می‌شود (۶). مطالعات نشان می‌دهد که تمرینات استقامتی و سازگاری با تمرینات سبک و هوازی، باعث کاهش معنی‌دار استرس اکسیداتیو عضلات اسکلتی می‌شود و میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را بالا می‌برد (۷). نشان داده شده است،

پراکسیداسیون لیپیدی<sup>۸</sup> در پاسخ به فعالیت ورزشی در افراد تمرین‌کرده (۸) و نیز تمرین‌نکرده افزایش می‌یابد با این تفاوت که مقادیر آن در کسانی که به‌طور مرتب فعالیت بدنی دارند کمتر از دیگران افزایش می‌یابد. در تأیید این موضوع متین و همکاران پاسخ MDA فوتبالیست‌های جوان را به یک وهله فعالیت ورزشی (آزمون بروس<sup>۹</sup>) با دانشجویان غیرفعال که در هیچ فعالیت ورزشی منظمی شرکت نداشته‌اند مقایسه کرده و شاهد افزایش جزئی مقادیر MDA در فوتبالیست‌ها در مقایسه با گروه کنترل بودند (۹). در اغلب پژوهش‌هایی که با شدت‌های بالاتر از ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی انجام شده است، مقادیر MDA افزایش یافته است. به دنبال افزایش استرس اکسیداتیو، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی تحریک و فعال می‌شود که با جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد، ترمیم صدمات ناشی از فعالیت رادیکال‌ها، افزایش دفع مولکول‌های صدمه‌دیده و به حداقل رساندن جهش سلولی با آسیب رادیکال‌های آزاد مقابله می‌کنند. به عبارتی آنتی‌اکسیدان‌ها نقش مهمی در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد دارند و از سرطانی شدن سلول‌های بدن جلوگیری می‌کنند و دارای اهمیت بالینی هستند، همچنین نشان داده شده است که تمرینات هوازی طولانی‌مدت و تمرینات قدرتی تعادل بین رادیکال‌های آزاد و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی را بر هم می‌زند (۱۰).

برای حفظ سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و محافظت از آسیب اکسایشی استفاده از تغذیه مناسب ضروری است، تغذیه صحیح برای بهبود عملکرد ورزشی، بازگشت به حالت اولیه بعد از خستگی ورزش، جلوگیری از آسیب و محافظت از آسیب اکسایشی لازم است (۱۱). سیاه‌دانه از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی است. تیموکوئینون (TG) ماده فعال سیاه‌دانه به همراه مشتقاتش یعنی دی تیموکوئینون و تیمول<sup>۱۰</sup> از ارگان‌های بدن در مقابل آسیب اکسایشی ناشی از رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کند. دانه گیاه سیاه‌دانه در طب سنتی بسیاری از کشورها جهت پیشگیری و درمان بسیاری از اختلالات و بیماری‌ها مصرف

۱ Active Oxygen  
 ۲ Neurological  
 ۳ Free radicals  
 ۴ Antioxidant capacity  
 ۵ Oxidative stress  
 ۶ Lipid peroxidation  
 ۷ Ethane and Pentane

<sup>۸</sup> Lipid peroxidation

<sup>۹</sup> Bruce Test

<sup>۱۰</sup> Thymol

پژوهش داده شد که در نهایت تعداد ۴۰ نفر از دختران غیرفعال دارای دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال که دارای شرایط شرکت در پژوهش بودند به صورت هدفمند انتخاب شدند. حجم نمونه با نرم‌افزار **G power** با خطای آلفا ۵ درصد و توان آزمون معادل ۸۵ درصد با اندازه اثر یک بر اساس فرمول زیر تعیین شد (۱۵).

$$m = \left(1 + \sqrt{g-1}\right) \frac{(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2}{\Delta_{plan}^2} + \frac{z_{1-\alpha/2}^2 \sqrt{g-1}}{2(1 + \sqrt{g-1})}, g \geq 2$$

که حجم نمونه کل برابر خواهد بود با:

$$N = m + (g-1) \times n = [1 + \sqrt{(g-1)}] \times m$$

اما در نهایت تعداد نمونه در هر یک از گروه‌ها به‌استثنای گروه دارونما از معادله زیر محاسبه شد:

$$n = \frac{m}{\sqrt{g-1}}$$

**g** = تعداد گروه‌ها؛

**M** = حجم نمونه در گروه دارونما؛

$\Delta$ : اندازه تأثیر استاندارد شده (Standardized effect size)؛

**N** = حجم نمونه لازم در هر یک از گروه‌ها به‌جز گروه دارونما.

میزان **m** عدد ۲۰ نفر را نشان داد در نتیجه تعداد نفرات هر گروه به‌جز دارونما نیز ۱۱ نفر را نشان داد. در نتیجه حجم نمونه کل ۵۳ نفر بود. اما تجزیه و تحلیل نهایی به علت عدم دسترسی کافی به تعداد مورد نظر و با توجه به سایر پژوهش‌های صورت گرفته مشابه، روی ۴۰ نفر انجام شد. شرایط حضور آزمودنی‌ها شامل: دختران جوان با دامنه سنی:  $41/51 \pm 22/23$  سال و  $21/4 \pm 46/25$  BMI. غیرفعال و سالم بدون هیچ بیماری و مصرف دارو یا مکمل خاصی بودند که در شش ماه اخیر فعالیت بدنی منظم نداشتند، بود. همچنین رضایت‌نامه کتبی از کلیه آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی ساده از طریق قرعه‌کشی به چهار گروه شامل گروه دارونما+ تمرین هوازی (۱۰ نفر)، گروه مکمل سیاه‌دانه+ تمرین هوازی (۱۱ نفر)، گروه مکمل سیاه‌دانه (۱۰ نفر) و گروه کنترل (۹ نفر) تقسیم شدند. بعد از ۱۰-۱۲ ساعت ناشتایی شبانه، آزمودنی‌ها رأس ساعت ۸ صبح در محل خون‌گیری حاضر

می‌شود. دانه سیاه‌دانه دارای اثرات محافظت کبدی، کلیوی، گوارشی، سیستم عصبی و قلب و عروقی و همچنین اثرات ضدالتهابی، ضدسرطانی، ضد میکروبی و انگلی است. سیاه‌دانه باعث کاهش فشار خون، قند خون و چربی خون بالا می‌شود (۱۱). ولی مطالعات بالینی انسانی در مورد این گیاه گسترده نیست. دانه‌های سیاه‌دانه محتوی پروتئین، عناصر معدنی، ویتامین و کربوهیدرات هستند. در پژوهشی نشان داده شد که سیاه‌دانه می‌تواند به‌عنوان یک ماده ضدالتهاب، ضدتومور و ضداکسایش در نظر گرفته شود (۱۲). در ارتباط با تأثیر سیاه‌دانه بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیانگر افزایش معنی‌دار این شاخص است (۱۳). همچنین یوسفی و همکاران به بررسی نقش محافظتی مکمل سیاه‌دانه بر استرس اکسیداتیو ناشی از گلایسوفیت در ماهی کپور پرداختند که نتایج حاکی از افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی (مالون دی‌آلدئید **MDA**) در ماهی‌های تغذیه‌شده از جیره‌های غنی‌شده از سیاه‌دانه بود (۱۴). اگرچه مطالعات متعددی در زمینه بررسی تأثیر تمرین هوازی بر سطوح مالون دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام صورت گرفته است؛ اما گستره محدودی را به خود اختصاص داده است همچنین هنوز مطالعاتی در زمینه بررسی تأثیر مکمل سیاه‌دانه و تمرین هوازی به‌صورت توأمان روی مالون دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام انجام نشده است؛ از این رو محقق به دنبال بررسی تأثیر هم‌زمان چهار هفته تمرین هوازی و مکمل دهی سیاه‌دانه بر سطوح مالون دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام دختران غیرفعال است.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی به روش نیمه‌تجربی با طرح پژوهشی پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل و دارونما و دارای مصوبه کد اخلاق با شناسه: IR.QOM.REC.1399.026 بود، که به‌صورت یک‌سو کور به اجرا در آمد. جامعه آماری پژوهش حاضر را دختران غیرفعال با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال دارای شرایط پژوهش که به سالن شهید بروجردی دانشگاه قم مراجعه می‌کردند، تشکیل می‌داد. برای انتخاب آزمودنی‌ها، ابتدا فراخوانی در دانشگاه قم برای علاقه‌مندان به شرکت در

و سپس نمونه‌های خونی در مرحله پیش‌آزمون از هر چهار گروه مورد پژوهش گرفته شد و گروه‌ها از نظر نداشتن تفاوت معنی‌دار متغیرهای وابسته شامل مالون دی‌آلدهید (MDA) و ظرفیت اکسیدانی تام (TAC) زنان جوان غیرفعال تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند و دوره چهار هفته‌ای تمرین هوازی و مکمل دهی شروع شد. مطابق جدول شماره (۱) برنامه تمرینی گروه تمرین هوازی شامل چهار هفته تمرینات هوازی (ایروبیک) به صورت سه جلسه در هفته و با شدت ۵۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب به صورت فزاینده برگزار شد که شامل سه بخش گرم‌کردن (۱۰ دقیقه)، اجرای حرکات ایروبیک در حالت ایستاده-بخش اصلی تمرین (به صورت فزاینده، ۲۰ تا ۳۰ دقیقه)، در پایان برگشت به حالت اولیه (۱۰-۵) بود (۱۶).

مدت تمرین در اولین جلسه با ۳۰ دقیقه شروع شد و در آخرین جلسه به ۴۰ دقیقه رسید. برنامه یک جلسه تمرینی به صورت زیر بود:

- مرحله گرم‌کردن به مدت ۱۰ دقیقه شامل دو نرم و سبک و حرکات کششی ایستا، هر حرکت ۱۵-۱۰ ثانیه؛
- انجام تمرینات ایروبیک به مدت ۱۵ تا ۲۵ دقیقه؛
- انجام تمرینات کششی سردکردن به مدت ۵ دقیقه.

شدند و نمونه خون اولیه به میزان ۴ سی‌سی از ورید قدامی بازویی توسط متخصصین خون‌گیری آزمایشگاه گرفته شد. سپس وزن و شاخص توده بدنی (BMI) آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین رژیم غذایی آزمودنی‌ها از طریق پرسشنامه یادآمد ۲۴ ساعته خوراک کنترل شد. در ادامه برنامه تمرینی و مکمل دهی ۲۴ ساعت بعد از خون‌گیری اولیه به مدت ۴ هفته آغاز شد. بعد از اتمام دوره چهار هفته‌ای تمرینی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین مجدداً اندازه‌گیری پیکرشناختی و آزمایشگاهی در شرایط و زمان مشابه آزمون‌های اولیه و با همان ابزار توسط محقق و متخصص آزمایشگاه بیمارستان امیرالمؤمنین (ع) شهر قم انجام شد. عدم شرکت بیش از سه جلسه در جلسات تمرین و داشتن بیماری خاص و یا استفاده از دارو یا مکمل خاصی موجب حذف آزمودنی از تحقیق می‌شد. عوامل تمرینی مثل مدت، شدت فعالیت ورزشی و تعداد ضربان قلب در دقیقه در حین اجرای پروتکل تمرینی کنترل شد.

### روش اجرای تمرین

پس از کنترل سوابق پزشکی، وضعیت تغذیه‌ای و فعالیت بدنی و تقسیم‌بندی گروه‌ها به چهار گروه پژوهش، برخی از اندازه‌گیری‌های اولیه مانند سن، قد، وزن و BMI انجام

جدول ۱. برنامه تمرین هوازی در مدت چهار هفته

هفته تمرین	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
حداکثر ضربان قلب	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰
زمان تمرین (دقیقه)	۳۰	۳۵	۳۵	۴۰

روغن سیاه‌دانه ساخت شرکت باریج را پس از وعده ناهار مصرف کردند. لازم به ذکر است گروه تمرین- دارونما کپسول‌های مشابه با طعم و رنگ یکسان با مکمل اصلی را که حاوی آرد نخودچی بود استفاده کردند (۱۷).

### خون‌گیری و نمونه‌های خونی

در ابتدا پیش از شروع دوره تمرینی (پیش‌آزمون) و ۴۸ ساعت پس از اتمام آخرین جلسه تمرینی (پس‌آزمون) میزان ۴ سی‌سی نمونه خونی از تمامی آزمودنی‌ها در وضعیت ناشتایی از ورید قدامی بازویی گرفته و پس از

مطابق جدول شماره (۱) شدت تمرین در هفته اول ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه بود که هر هفته ۱۰ درصد به آن اضافه می‌شد، همچنین مدت‌زمان تمرینی در هفته اول ۳۰ دقیقه بود که در پایان هفته چهارم به ۴۰ دقیقه افزایش یافت.

### پروتکل مکمل دهی

با استناد به تحقیق Kaatabi و همکارانش گروه‌های مصرف‌کننده مکمل روغن سیاه‌دانه طبق دستورالعمل مشخص شده روزانه یک عدد کپسول ۱۰۰۰ میلی‌گرمی

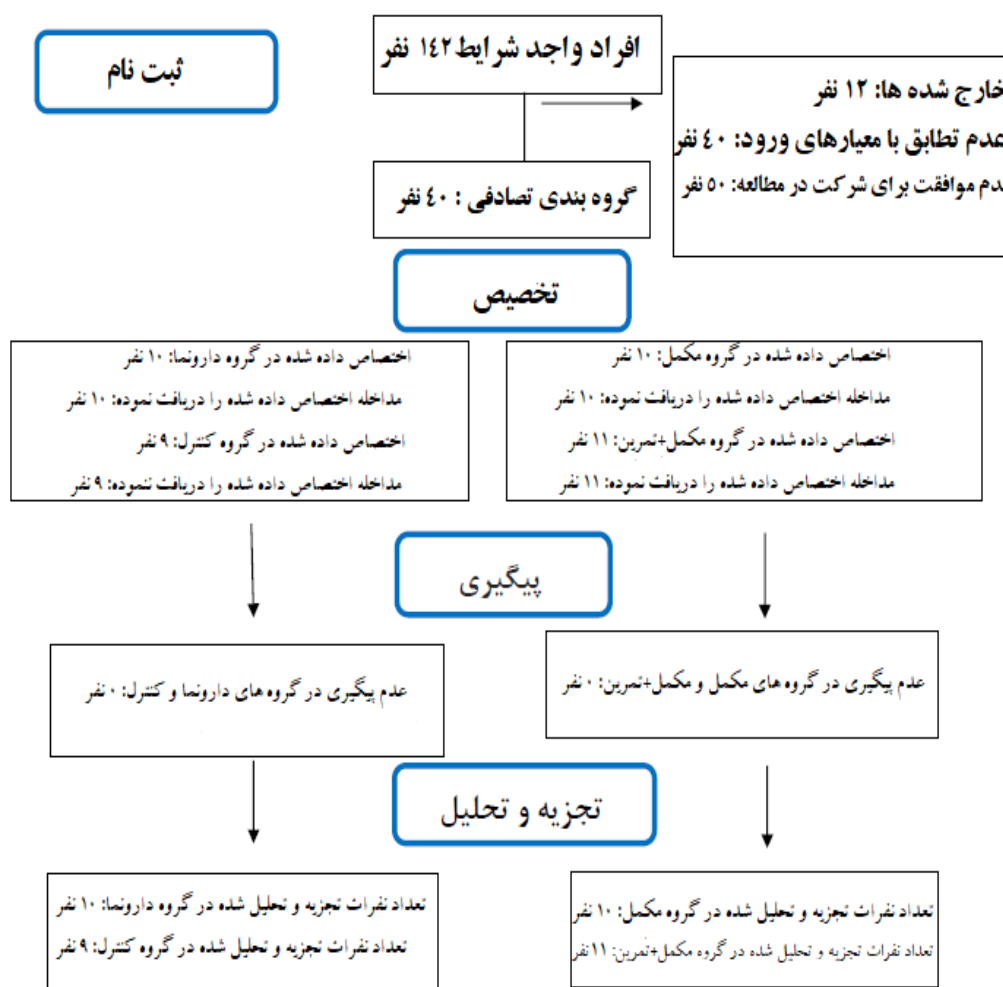
استاندارد) با استفاده از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف، تجانس واریانس با استفاده از آزمون لوین بررسی شد. به منظور آزمون فرضیه‌ها از آزمون t هم‌بسته جهت بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و از آزمون تحلیل کواریانس جهت بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی و در صورت معنی‌داری از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. همچنین سطح معنی‌داری نیز برای تمام محاسبات ( $\alpha \leq 0.05$ ) در نظر گرفته شد.

همچنین مراحل انجام مطالعه شامل انتخاب آزمودنی، افراد خارج‌شده از پژوهش و گروه‌بندی آزمودنی‌ها در چهار گروه مطالعه به صورت فلوجارت کانسورت در شکل شماره ۱ آورده شده است.

سانتریفیوژکردن و جداسازی سرم خون به منظور تجزیه و تحلیل مالون دی آلدهید (MDA) از کیت تشخیصی ساخت شرکت پویان طب رازی با حساسیت ۰/۵ میکرومول بر لیتر و کیت ظرفیت اکسیدانی تام (TAC) با حساسیت ۵ میکرومول بر لیتر به روش الایزا در داخل سرم استفاده شد.

## روش تجزیه و تحلیل

اطلاعات به‌دست‌آمده از متغیرهای مورد اندازه‌گیری برحسب شاخص‌های مرکزی و پراکندگی توصیف شدند. پس از جمع‌آوری اطلاعات، به منظور تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا وضعیت طبیعی داده‌ها (میانگین و انحراف



شکل شماره ۱. فلوجارت کانسورت انتخاب آزمودنی تا تجزیه و تحلیل داده‌ها

## نتایج

مشخصات آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف پژوهش در جدول (۲) نشان داده شده است. بر اساس داده‌های این جدول، تفاوت معنی‌داری در متغیرهای قد، وزن و شاخص توده بدنی بین گروه‌های پژوهش مشاهده نشد ( $P < 0/05$ ).

جدول ۲. توصیف برخی متغیرهای پیکرشناختی و ترکیب بدنی در گروه‌های پژوهش (مرحله پیش‌آزمون)

متغیر	گروه	کنترل	تمرین + دارونما	مکمل	تمرین + مکمل	معنی‌داری
تعداد		۹	۱۰	۱۰	۱۱	
سن (سال)		۲۰/۱۱±۲/۲۶	۱۹/۴۵±۱/۹۶	۲۱/۲۰±۲/۰۴	۱۹/۴۵±۱/۹۶	۰/۱۹۰
قد (سانتی‌متر)		۱۵۹/۸۹±۴/۴۳	۱۶۴/۱۰±۳/۹۶	۱۵۹/۷۰±۵/۱۷	۱۶۰/۰۹±۴/۵۴	۰/۱۴۳
وزن (کیلوگرم)		۵۸/۷۵±۹/۶۴	۶۷/۰۴±۸/۲۸	۶۴/۴۲±۸/۵۶	۶۳/۴۲±۸/۳۷	۰/۲۷۹
<b>BMI</b>		۲۳/۳±۳/۳۹	۲۴/۹۹±۲/۷۶	۲۵/۴۶±۳/۵۵	۲۴/۹۸±۳/۶۲	۰/۵۷۸

نتایج آزمون توزیع طبیعی داده‌ها بر اساس آزمون کالموگراف-اسمیرنوف نیز در جدول شماره ۳ آورده شده است. بر اساس نتایج این آزمون و عدم معنی‌داری توزیع طبیعی داده‌ها برقرار است.

جدول ۳. نتایج آزمون توزیع طبیعی مقادیر مالون دی‌آلدهید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (میکرومول بر لیتر)

گروه	پیش‌آزمون (MDA)	پس‌آزمون (MDA)	پیش‌آزمون (TAC)	پس‌آزمون (TAC)
هوازی	۰/۲۰۰	۰/۰۶۱	۰/۳۰۹	۰/۲۰۰
مکمل	۰/۲۰۰	۰/۱۹۰	۰/۳۰۰	۰/۲۵۱
مکمل+تمرین	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰
کنترل	۰/۲۰۰	۰/۰۵۹	۰/۴۹۰	۰/۲۱۰

نتایج تحلیل داده‌های درون‌گروهی (t وابسته) در جدول (۴) کاهش معنی‌دار پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در غلظت سرمی MDA در گروه مکمل را پس از مداخله نشان می‌دهد ( $P=0/03$ ). نتایج تحلیل درون‌گروهی چهار هفته تمرین هوازی به همراه مکمل دهی روغن سیاه‌دانه نشان داد که تفاوت معنی‌داری در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در غلظت سرمی TAC در هیچ‌یک از گروه‌ها مشاهده نشد. همچنین در نتایج بین‌گروهی تحلیل آماری کوواریانس نشان داد، بین گروه‌های هوازی، مکمل، مکمل+هوازی و کنترل در غلظت سرمی MDA تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ( $P=0/07$ ). اما بین گروه‌های هوازی، مکمل، هوازی+مکمل و کنترل در غلظت سرمی TAC تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $P=0/014$ ). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بین گروه تمرین+دارونما با دو گروه مکمل و مکمل+تمرین کاهش معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ).

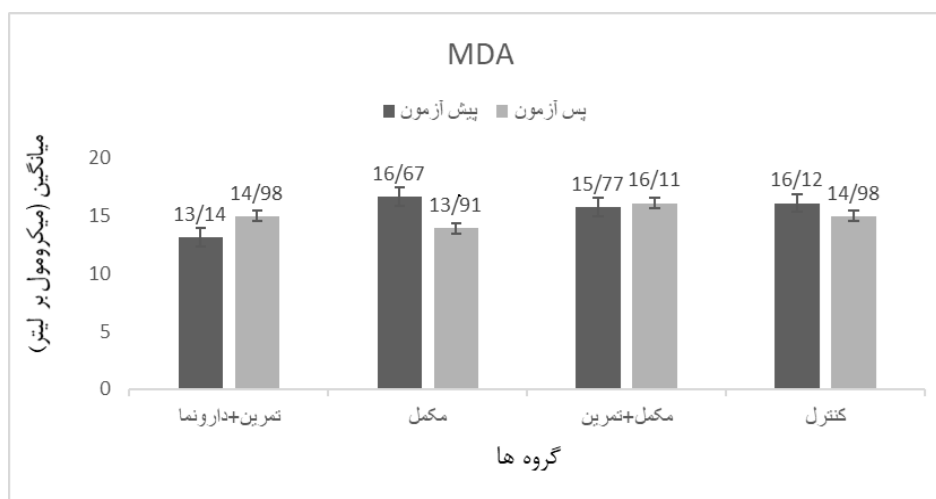
نتایج تحلیل داده‌های درون‌گروهی (t وابسته) در جدول (۴) کاهش معنی‌دار پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در غلظت سرمی MDA در گروه مکمل را پس از مداخله نشان می‌دهد ( $P=0/03$ ). نتایج تحلیل درون‌گروهی چهار هفته تمرین هوازی به همراه مکمل دهی روغن سیاه‌دانه نشان داد که تفاوت معنی‌داری در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در غلظت سرمی TAC در هیچ‌یک از گروه‌ها مشاهده نشد. همچنین در نتایج بین‌گروهی تحلیل آماری

جدول ۴. مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی بر اساس آزمون‌های آماری t وابسته و تحلیل کوواریانس در متغیرهای پژوهش

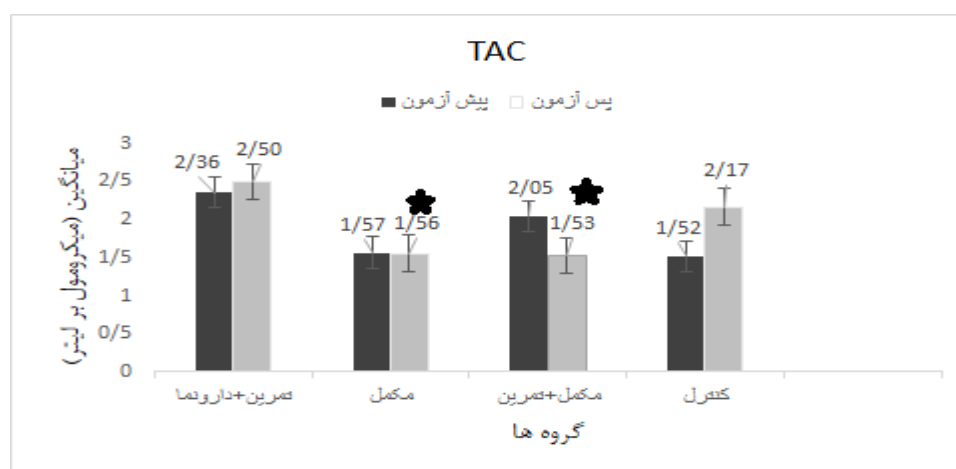
متغیر	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	t	معنی‌داری	مقادیر F	معنی‌داری
MDA (mm/L)	تمرین+دارونما	۱۳,۱۴±۲,۶	۱۴,۹۸±۴,۱۷	-۰,۷	۰,۴	۰,۸	۰,۰۷
	مکمل	۱۶,۶۷±۳,۸۳	*۱۳,۹۱±۲,۱۰	۲,۵	۰,۰۳		
	مکمل+تمرین	۱۵,۷۷±۴,۰۵	۱۶,۱۱±۵,۶۱	-۰,۱۷	۰,۸		
	کنترل	۱۶,۱۲±۵,۴۴	۱۴,۹۸±۷,۰۶	۰,۸	۰,۴		
TAC (mm/L)	تمرین+دارونما	۲,۳۶±۱,۱۳	۲,۵±۰,۵۷	-۰,۳	۰,۷	۰,۹	۰,۰۱۴
	مکمل	۱,۵۷±۰,۸۱	†۱,۵۶±۰,۶۸	۰,۰۰۹	۰,۹		
	مکمل+تمرین	۲,۰۵±۰,۶۴	†۱,۵۳±۰,۷۷	۱,۵	۰,۱		
	کنترل	۱,۵۲±۱,۱۱	۲,۱۷±۰,۷۴	-۱,۱۷	۰,۲		

\* تفاوت معنی‌داری درون‌گروهی ( $P < 0/05$ )

† نتایج تعقیبی بونفرونی تفاوت بین گروه تمرین+ دارونما با سایر گروه‌های مطالعه ( $P < 0/05$ )



شکل ۲. مقادیر میانگین MDA در چهار گروه پژوهش در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون



شکل ۳- مقادیر میانگین TAC در چهار گروه پژوهش در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون

\* معنی‌داری آمون تعقیبی بین گروه تمرین+ دارونما با سایر گروه‌های مطالعه در مرحله پس‌آزمون ( $P < 0/05$ )



**بحث**

نتایج پژوهش حاضر تغییر معنی‌داری در مقادیر بین‌گروهی بر اساس آزمون تحلیل کوواریانس را در مقادیر مالون دی‌آلدهید نشان نداد. در این ارتباط وکیلی و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تأثیر فعالیت ورزشی هوازی بر تغییرات شبانه‌روزی مالون دی‌آلدهید و پروتئین کربونیل مردان سالم پرداختند که نتایج تحقیق آنها با این پژوهش همسو بود و سطح مالون دی‌آلدهید افراد گروه تمرینی تغییر معنی‌داری نداشت (۱۸). گائینی و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی همسو به بررسی تأثیر تمرین استقامتی و بی‌تمرینی بر پراکسیداسیون لیپید و دستگاه ضداکسایشی موش‌های ویستار پرداخت آزمودنی‌ها به مدت ۱۲ هفته و ۳ جلسه در هفته به تمرین هوازی استقامتی می‌پرداختند که در آخر در مقادیر شاخص‌های استرس اکسیداتیو و مالون دی‌آلدهید تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (۱۹). یوسف‌پور و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی همسو تأثیر یک دوره تمرین تناوبی را بر میزان مالون دی‌آلدهید بررسی کردند که تأثیر معنی‌داری را مشاهده نکردند. آنها عنوان کردند با توجه به اینکه ۸ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیری بر تغییرات آنتی‌اکسیدانی تام و غلظت مالون دی‌آلدهید نداشته است، شاید بتوان با احتیاط بیان کرد که تمرینات ورزشی منظم تناوبی، با ایجاد سازگاری مفید در سیستم آنتی‌اکسیدانی، بدن را در مقابل تولیدات استرس اکسیداتیو مقاوم‌تر می‌کند (۲۰). باین‌حال نتایج در تضاد با یافته‌های مطالعه بقایی و همکاران (۲۰۱۶) هست که به بررسی ۲ ماه ورزش هوازی متوسط بر بیان ژن SOD-2 و لپتین و مالون دی‌آلدهید در مردان میان‌سال پرداختند که نتایج کاهش میزان مالون دی‌آلدهید را نشان داد (۲۱). حجازی و همکاران (۲۰۱۴) نیز تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی مالون دی‌آلدهید در زنان میان‌سال را مورد بررسی قرار دادند، که نتایج کاهش غلظت سرمی مالون دی‌آلدهید در تمرین هوازی را نشان داد (۲۲). آنها بیان کردند پایین‌بودن مقدار مالون دی‌آلدهید در این پژوهش می‌تواند برخاسته از کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و یا افزایش کارایی سیستم

آنتی‌اکسیدانی در آزمودنی‌ها باشد. نتایج تحقیقات قبلی در ارتباط با تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر میزان مالون دی‌آلدهید ضد و نقیض هستند. دلیل این نتایج متناقض احتمالاً به نوع آزمودنی‌ها، تجربه آزمودنی‌ها، نوع تمرین، مدت و شدت تمرین برمی‌گردد. بنابراین با توجه به همه این تفاوت‌ها نمی‌توان به یک نتیجه‌گیری قاطع در ارتباط با نحوه تأثیرپذیری پراکسیداسیون چربی در اثر فعالیت ورزشی منظم دست یافت (۲۲). فعالیت بدنی با وجود فواید گوناگونی که برای سلامتی عمومی انسان دارد، می‌تواند به دلیل افزایش فشار اکسایشی از طریق افزایش تولید گونه‌های واکنش‌پذیر، موجب آسیب بافت‌های مختلف بدن شود. فعالیت ورزشی باعث افزایش سوخت و ساز و به دنبال آن مصرف بیشتر اکسیژن می‌شود که به تولید رادیکال‌های آزاد منجر می‌شود. تولید رادیکال‌های آزاد در حین تمرین ورزشی در بروز آسیب عضلانی و ایجاد و گسترش التهاب پس از تمرین نقش دارد که می‌تواند آسیب سلولی را افزایش دهد، فعالیت بدنی از طرق مختلف مانند نشت اکسیژن از زنجیره انتقال الکترونی، افزایش فعالیت کاتکولامین‌ها، سوخت و ساز هورمون‌های پروستاگلان‌دین، فعالیت گزانتین اکسیدازها و ماکروفاژی ممکن است بر فرایندهای فشار اکسایشی اثر بگذارد. احتمالاً اشکال مختلف تمرین بدنی (استقامتی و یا مقاومتی) با تولید سطوح متفاوتی از فشار اکسایشی در بدن همراه‌اند، اما نکته کلیدی آن است که هر چه شدت تمرین بالاتر باشد، میزان فشار وارده بر بدن نیز بیشتر خواهد بود (۲۳). به‌طور کلی ثابت شده است که چنانچه فعالیت ورزشی به‌طور منظم انجام شود، فرایندهای سازشی گوناگونی در پاسخ به آن اتفاق می‌افتد که با تنظیم مثبت آنزیم‌های ضداکسایشی، تولید مولکول‌های ضداکسایشی داخلی و جابه‌جایی ویتامین‌های ضداکسایشی از ذخایر بافتی و انتقال آنها از طریق پلازما به محل وقوع استرس اکسایشی نشان داده شده‌اند. به‌طور کلی ماهیت فعالیت ورزشی به‌گونه‌ای است که بدن را پس از مدتی در برابر

۳ بار) شرکت داده شدند نتایج نشان داد که تمرین هوازی باعث افزایش معنی‌دار TAC بزاق و سرم می‌شود (۲۸). نتایج این مطالعه با زرین‌دست و همکاران (۲۰۲۱) که به بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی و تمرین در آب بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل زنان سالمند پرداختند ناهمسو است. نتایج آنها حاکی از کاهش آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو و افزایش ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی بود (۲۹). عضلات اسکلتی در طول فعالیت انقباضی گونه‌های رادیکال آزاد تولید می‌کنند، رادیکال‌های آزاد ناشی از ورزش گونه‌های واکنشی اکسیژن هستند. تعیین جایگاه‌های اولیه تولید گونه‌های واکنشی اکسیژن در عضلات اسکلتی عمل پیچیده‌ای است. مسیرهای زیادی قادر به تولید رادیکال‌های آزاد در عضلات اسکلتی هستند. باوجود این مدارک موجود نشان می‌دهد منابع اولیه تولید رادیکال‌های آزاد در عضلات اسکلتی، میتوکندری‌ها، گرانترین اکسیداز، NADPH اکسیداز و نیتریک اکساید سنتاز است. منابع ثانویه تولید رادیکال‌های آزاد در ورزش شامل اکسیداسیون کاتکولامین‌ها (اپی نفرین و نوراپی نفرین) و فاگوسیتوز سلول‌های سفید است. اغلب محققان به این نتیجه رسیده‌اند که منبع اولیه تولید رادیکال‌های آزاد عضلات اسکلتی میتوکندری‌ها هستند. درحقیقت ۱۵-۱۸ درصد از اکسیژن مصرفی در عضلات اسکلتی منجر به تولید ATP و آب می‌شود و ۵-۲ درصد باقی‌مانده این واکنش با یک اکسیژن احیاء جهت تولید رادیکال‌های سوپراکساید مصرف می‌شود. با ادامه افزایش فعالیت عضلانی متابولیسم اکسیداتیوی نیز افزایش می‌یابد که افزایش در تولید سوپراکساید را در پی خواهد داشت. از این رو افزایش در تولید رادیکال‌های آزاد باید به وسیله ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عضلات متعادل شود تا اینکه موجب آسیب کمتری به پروتئین‌ها، چربی‌ها و DNA شده و از آنها محافظت کنند (۳۰). در توضیح مکانیسم‌های اصلی مسئول توسعه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام می‌توان گفت انجام فعالیت

آسیب و استرس اکسایشی مقاوم می‌کند و این مهم به دلیل افزایش توانایی ضداکسایشی بدن حاصل می‌شود. بنابراین می‌توان چنین اظهار کرد که انجام فعالیت‌های ورزشی به‌عنوان یک عامل محرک در تقویت دستگاه دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن عمل می‌کند، به‌ویژه زمانی که تمرین به‌طور منظم انجام می‌شود (۲۴). همچنین در تحقیق حاضر مقادیر پیش‌آزمون نسبت به پس‌آزمون مقادیر مالون دی‌آلدهید در گروه مکمل کاهش معنی‌داری را نشان داد که سازوکار تأثیرگذاری سیاه‌دانه در کاهش مالون دی‌آلدهید به این صورت است که سیاه‌دانه از طریق افزایش آنزیم‌های ضداکسایشی موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی می‌شود. همچنین، سیاه‌دانه با داشتن ترکیباتی مانند تیمول، TQ و دی‌تیموکوئینون موجب حذف بنیان‌های آزاد شده و در نتیجه باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدی می‌شود (۲۵). مطالعه حاضر همچنین نشان داد که مقادیر TAC بین گروه تمرین+ دارونما با دو گروه مکمل و مکمل+ تمرین کاهش معنی‌داری داشته است. نتایج مطالعه حاضر با نتیجه عزیزی و همکاران (۲۰۱۴) که به بررسی تأثیر دو پروتکل تمرین مقاومتی بر پراکسیداسیون چربی و تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما در مردان سالم پرداخت همسو است. آنها بیان کردند که احتمالاً عدم افزایش یا تغییر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ناشی از اثرهای تطابقی تمرین مقاومتی در سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی مانند SOD و GPX و کاهش نیاز به آنتی‌اکسیدان پلاسمایی برای دفاع در برابر فشار اکسیداتیو یا فعال شدن دیگر مسیرهای آنتی‌اکسیدانی باشد (۲۶). قاسمی‌پور و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی همسو به بررسی اثر تمرین استقامتی و قهوه سبز بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو پرداختند که نتایج گروه تمرین کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد (۲۷). نتایج حاضر در تضاد با نتایج ساری صراف و همکاران (۲۰۱۶) است. در این پژوهش مردان کم‌تحرک در برنامه تمرینی بی‌هوازی (۵۰ تا ۷۰ درصد ذخیره ضربان قلب) به مدت ۸ هفته (هر بار

مقادیر اکسیدانی مالون دی‌آلدهید شود. لذا تمرین هوازی و مکمل‌دهی سیاه‌دانه می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شود ولی تأثیری بر عامل اکسیدانی مالون دی‌آلدهید در دختران غیرفعال ندارد.

### ملاحظات اخلاقی

تحقیق حاضر با نظارت و تصویب معاونت محترم پژوهشی دانشگاه قم و با کسب رضایت کامل از آزمودنی‌ها انجام شد. آزمودنی‌ها از تمامی جنبه‌های تحقیقی اطلاع داشته و هر زمان که می‌خواستند می‌توانستند از پروژه تحقیقی خارج شوند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه قم است و بدین وسیله مراتب تشکر خود را از تمامی دانشجویان که در تمامی مراحل انجام مطالعه پژوهشگران را یاری کردند اعلام داشته و آرزوی موفقیت و سربلندی برای آنان می‌کنیم.

### تعارض و منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضادی در منافع وجود ندارد.

ورزشی به شیوه تمرینی و منظم به‌وسیله تنظیم و تعدیل سنتز هر دو آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (گلوکاتایون پراکسیداز، سوپر اکسیددیسموتاز و کاتالاز) و غیرآنزیمی (اسید اوریک، آلومین و سروپلاسمین) در سلول‌های عضلانی، قلبی و سایر اندام‌ها باعث بهبود ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی می‌شود. همچنین، احتمالاً افزایش ایجادشده در سطوح اسید اسکوریک، نیتریک اکساید، بیلی‌روبین و شاخص‌هایی همانند گلوکاتامین پلاسمایی در توسعه TAC ناشی از تمرین و فعالیت‌های ورزشی منظم می‌تواند مؤثر باشند (۳۱). به نظر می‌رسد در مورد تأثیر مکمل سیاه‌دانه بر پاسخ ورزشی اکسیدان‌ها هنوز ابهاماتی وجود دارد. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر، اثر مکمل سیاه‌دانه و پاسخ ورزشی مالون دی‌آلدهید و آنتی‌اکسیدان تام متفاوت بود، باید در مورد مقدار مصرف، طول دوره مکمل‌دهی و نوع مکمل مورد استفاده بر شاخص‌های بررسی‌شده و سایر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی تحقیقات بیشتری انجام شود تا بتوان به نتیجه کلی دست یافت.

### نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر حاکی از کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در دختران غیرفعال پس از چهار هفته تمرین هوازی و مکمل‌دهی سیاه‌دانه بود. اما نتوانست منجر به تغییری در

### منابع

- Mehri A, Hosseinpour Delaware S, Azizi M, Azarbaijani M A, Farzangi P. Effect of 8 weeks aerobic training and supplementation of resveratrol on oxidative marker MDA and Antioxidant SOD and GPX cardiomyocytes tissue in streptozotocin-diabetic rats. *Journal of Plasma and Biomarkers* 2020; 13(3):97-108.
- Sawada Y, Ichikawa H, Ebine N, Minamiyama Y, Alharbi AAD, Iwamoto N, et al. Effects of High-Intensity Anaerobic Exercise on the Scavenging Activity of Various Reactive Oxygen Species and Free Radicals in Athletes. *Nutrients* 2023;15(1):222.
- Hosseini Mk, Tartibiyani B. Estimation of physiological indicators in sports. Tehran: tabib, Timurzadeh 2007:192.
- Mastaloudis A, Morrow JD, Hopkins DW, Devaraj S, Traber MG. Antioxidant supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, but not inflammation, in ultramarathon runners. *Free Radical Biology and Medicine*. 2004;36(10):1329-41. 10.1016/j.freeradbiomed.2004.02.069
- Brancaccio M, Mennitti C, Cesaro A, Fimiani F, Moscarella E, Caiazza M, et al. Dietary thiols: A potential supporting strategy against oxidative stress in heart failure and muscular damage during sports activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(24):9424. 10.3390/ijerph17249424
- Pingitore A, Lima GPP, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C. Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*. 2015;31(7-8):916-22. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.02.005>
- Ye Y, Lin H, Wan M, Qiu P, Xia R, He J, et al. The effects of aerobic exercise on oxidative stress in older adults: A systematic review and

- meta-analysis. *Frontiers in Physiology* 2021;12:701151.
8. Pangkahila EA, Adiputra N, Pangkahila W, Yasa IWPS. Balanced physical exercise increase physical fitness, optimize endorphin levels, and decrease malondialdehyde levels. *Bali Medical Journal* 2016;5(3):493-6.
  9. Metin G, Gumustas M, Uslu E, Belce A, Kayserilioglu A. Effect of regular training on plasma thiols, malondialdehyde and carnitine concentrations in young soccer players. *Chinese Journal of Physiology* 2003;46(1):35-9.
  10. Park S-Y, Kwak Y-S. Impact of aerobic and anaerobic exercise training on oxidative stress and antioxidant defense in athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation* 2016;12(2):113.
  11. Vargas-Mendoza N, Angeles-Valencia M, Morales-González Á, Madrigal-Santillán EO, Morales-Martínez M, Madrigal-Bujaidar E, et al. Oxidative stress, mitochondrial function and adaptation to exercise: New perspectives in nutrition. *Life* 2021;11(11):1269.
  12. Alenzi FQ, Altamimi MA, Kujan O, Tarakji B, Tamimi W, Bagader O, et al. Antioxidant properties of *Nigella sativa*. *J Mol Genet Med*. 2013;7(3):1-5.
  13. Ardiana M, Pikir B, Santoso A, Hermawan H, Al-Farabi M. Effect of *Nigella sativa* supplementation on oxidative stress and antioxidant parameters: A meta-analysis of randomized controlled trials. *The Scientific World Journal*. 2020; doi.org/10.1155/2020/2390706
  14. Yousefi M, Adineh H, Reverter M, Hamidi MK, Vatnikov YA, Kulikov EV, et al. Protective effects of black seed (*Nigella sativa*) diet supplementation in common carp (*Cyprinus carpio*) against immune depression, oxidative stress and metabolism dysfunction induced by glyphosate. *Fish & Shellfish Immunology* 2021;109:12-9.
  15. M. s. Nima, Z. Farhad. Sample Size in Medical Research: an applied approach. *ASRP* 2017; 29-31.
  16. Ahmadian TA. The effect of 6-Week aerobic exercises with the spirulina supplementation consumption on aerobic performance in non-athletic girls. *Journal of Sport and Biomotor Sciences* 2016;8(15):37-43.
  17. Kaatabi H, Bamosa AO, Lebda FM, Al Elq AH, Al-Sultan AI. Favorable impact of *Nigella sativa* seeds on lipid profile in type 2 diabetic patients. *Journal of family & community medicine* 2012;19(3):155.
  18. Vakili J, Gayini A A, Hedayati M, Saeed N, AM. Circadian changes of malondialdehyde and protein carbonyl in healthy university men. *University of Medical Sciences and Health Services* 2013;2(35):105-98.
  19. Gaini, Sa-IW, K, Moqransi. The effect of endurance training and non-training on lipid peroxidation and antioxidant system of Wistar rats. *Kinesiology and Sports* 2008;11(6):63-51.
  20. Yusufpour M, Qasim Nian A A, Rahmani A. The effect of a period of intense intermittent training on the amount of total antioxidant capacity and malondialdehyde in the liver tissue of male Wistar rats. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2018;5(22):103-10.
  21. Baghaiee B, Teixeira AB, Tartibian B. Moderate aerobic exercise increases SOD-2 gene expression and decreases leptin and malondialdehyde in middle-aged men. *Science & Sports* 2016;31(3):e55-e63.
  22. Hejazi M, Nizam Dost Z, Jo MS. The effect of 12 weeks of aerobic exercise on serum levels of leptin, vaspin and some indices of oxidative stress in obese middle-aged women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2014;2(16):118-1.
  23. White A, Estrada M, Walker K, Wisnia P, Filgueira G, Valdés F, et al. Role of exercise and ascorbate on plasma antioxidant capacity in thoroughbred race horses. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 2001;128(1):99-104.
  24. Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proceedings of the Society for experimental Biology and Medicine* 1999;222(3):283-92.
  25. Vakili J, Amir Sasan R, Hashem Pour S, Khanvari T. The effect of black seed supplement on exercise response of superoxide dismutase and serum malondialdehyde in male volleyball players. *quarterly journals of applied health studies in exercise physiology*. 2017;2(3):46-0.
  26. Azizibigi K, Sasan RA, Atsek S. The effect of two resistance training protocols on fat peroxidation and total plasma antioxidant capacity changes in healthy men. *Sports Biology Journal* 2014;3(6):245-57.
  27. Ghasemipour S, Marandi SM, Quaidi K, Nasab FK, Shirkhani S, Abdullahi M. The effect of endurance training and green coffee on oxidative stress and nitric oxide indices in pre-diabetic male rats. *Applied studies of biological sciences in sports* 2022. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.5133.1701>.
  28. 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):427-34.
  29. Zarrindast S, Ramezani M, Moghaddam M. Effects of eight weeks of moderate intensity aerobic training and training in water on DNA damage, lipid peroxidation and total antioxidant capacity in sixty years sedentary women. *Science & Sports* 2021;36(3):e81-e5.
  30. Mahbod E. The Impact of the Psychological Stress on the Heart Rate of the Losing and Winning Coaches of the Soccer Premier League 2019; 9(3):65-75.
  31. Moradi Z, Shameshki I, Basami M. The effect of saffron supplementation on changes in superoxide desmutase and catalase enzyme levels during a session of intense anaerobic activity in young women. *Sport physiology* 2012;14:130-19.