

## *The Effect of 8 Weeks of Resistance Training and Consumption of Flaxseed Oil on Some Antioxidant Factors (Catalase and Superoxide Dismutase) in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial*

Fatemeh Firuzyar<sup>1</sup>  
Saeid Shamlou Kazemi<sup>2</sup>  
Ali Hemati Afif<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MSc in Exercise Physiology, Alborz Danesh University, Qazvin, Iran

<sup>2</sup> PhD Candidate in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Social Sciences, International Imam Khomeini University, Qazvin, Iran

(Received May 20, 2023; Accepted October 22, 2023)

### **Abstract**

**Background and purpose:** An increase in the production of free radicals is observed after intense exercise and poor diet. The aim of this study was to determine the effects of 8 weeks of resistance training and consumption of flaxseed oil on some antioxidant biomarkers, catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD), in women with type 2 diabetes.

**Materials and methods:** The study was conducted as a clinical trial with 60 women aged 50 to 65 years with type 2 diabetes and comprised four groups: supplement (n=15), exercise (n=15), supplement + exercise (n=15), and control (n=15). The intervention group performed exercise at 40% of 1-RM three times a week for 8 weeks. The supplement users also took two capsules of 200 mg flaxseed oil daily. To measure the CAT and SOD indicators, 5 cc were taken from the brachial vein in two phases, before and after the test. To analyze the data, a dependent t-test and a one-way analysis of variance (ANOVA) were performed in SPSS version 25 software at a significance level of 0.05.

**Results:** According to the results, a significant increase in CAT variables was observed after 8 weeks of intervention in the resistance training group (P= 0.04), the flaxseed oil group (P= 0.00), and the resistance training and flaxseed oil group (P= 0.02). However, no significant difference was found in the control group (P= 0.32). In addition, a significant increase in the SOD variable was observed in the resistance training group (P= 0.03), the flaxseed oil group (P= 0.00), and the resistance training + flaxseed oil group (P= 0.00); while no significant difference was observed in the control group (P= 0.67). Furthermore, the highest increase in SOD and CAT variables was observed in the flaxseed oil consumption group.

**Conclusion:** It appears that the consumption of flaxseed oil, moderate-intensity resistance exercise, and the simultaneous use of both have positive effects on increasing the capacity of the antioxidant agents SOD and CAT.

(Clinical Trials Registry Number: IRCT20221120056548N3)

**Keywords:** Catalase(CAT), Superoxide dismutase(SOD), Flaxseed oil, Resistance training, Type 2 Diabetes

**J Mazandaran Univ Med Sci 2023; 33 (Supple 2): 49-60 (Persian).**

**Corresponding Author: Saeid Shamlou Kazemi-** Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. (E-mail: saeidshamlou9092@gmail.com)

# تأثیر ۸ هفته تمرینات مقاومتی و مصرف روغن بذر کتان بر برخی از عوامل آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲؛ مطالعه کارآزمایی بالینی

فاطمه فیروزیار<sup>۱</sup>  
سعید شاملو کاظمی<sup>۲</sup>  
علی همتی عقیف<sup>۳</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** هایپرگلیسمی ناشی از دیابت، انجام تمرینات ورزشی با شدت بالا و تغذیه نامناسب موجب افزایش تولید رادیکال‌ها آزاد می‌شود. هدف از پژوهش حاضر تعیین تأثیر ۸ هفته تمرینات مقاومتی و مصرف روغن بذر کتان بر برخی از بیومارکرهای آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه به صورت کارآزمایی بالینی در ۶۰ نفر از زنان ۵۰ تا ۶۵ ساله مبتلا به دیابت نوع ۲، در ۴ گروه ۱۵ نفری (تمرین، مکمل، مکمل+تمرین و کنترل) انجام شد. گروه تمرینات به اجرای تمرینات به مدت ۸ هفته و ۳ نوبت در هفته با شدت ۴۰ درصد (۱ تکرار بیشینه) پرداختند و گروه‌های استفاده‌کننده از مکمل نیز روزانه، دو عدد کپسول ۲۰۰ میلی‌گرمی روغن بذر کتان مصرف کردند. از خون‌گیری به میزان ۵ سی‌سی از ورید بازویی در دو مرحله پیش و پس‌آزمون برای اندازه‌گیری شاخص‌های SOD (Superoxide dismutase) و CAT (Catalase) استفاده شد. برای آنالیز داده‌ها از آزمون t وابسته و تحلیل واریانس یک‌راهه (ANOVA) در نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۵ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

**یافته‌ها:** طبق نتایج، به دنبال اجرای ۸ هفته مداخله، در گروه تمرین مقاومتی ( $P=0/04$ )، گروه روغن بذر کتان ( $P=0/00$ ) و گروه تمرین مقاومتی+روغن بذر کتان ( $P=0/02$ )، افزایش معنی‌داری در متغیر CAT مشاهده شد؛ اما در گروه کنترل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P=0/32$ ). هم‌چنین، در گروه تمرین مقاومتی ( $P=0/03$ )، گروه روغن بذر کتان ( $P=0/00$ ) و گروه تمرین مقاومتی+روغن بذر کتان ( $P=0/00$ ) افزایش معنی‌داری در متغیر SOD مشاهده شد؛ در حالی که در گروه کنترل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P=0/67$ ). از سوی دیگر، بیش‌ترین میزان افزایش در متغیرهای SOD و CAT در گروه مصرف روغن بذر کتان مشاهده شد.

**استنتاج:** به نظر می‌رسد که مصرف روغن بذر کتان، تمرینات مقاومتی که با شدت متوسط صورت گرفته و به کارگیری هر دو به صورت هم‌زمان، دارای تأثیرات مثبت بر بالا بردن ظرفیت عوامل آنتی‌اکسیدانی SOD و CAT باشند.

شماره ثبت کارآزمایی بالینی: IRCT۲۰۲۲۱۱۲۰۰۵۶۵۴۸۸۳

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، آنزیم کاتالاز (CAT)، تمرینات مقاومتی، روغن بذر کتان، دیابت نوع ۲

## مقدمه

مقاومت محیطی به انسولین و تولید بیش از حد گلوکز توسط کبد اتفاق می‌افتد و پیش‌بینی می‌شود که هفتمین

دیابت نوع ۲ به علت سه ناهنجاری پاتوفیزیولوژیک، از جمله اختلال ترشح انسولین،

E-mail: saeidshamlou9092@gmail.com

**مؤلف مسئول:** سعید شاملو کاظمی - همدان: دانشگاه بوعلی سینا همدان، دانشکده علوم ورزشی

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه دانش البرز، قزوین، ایران

۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران

۳. دانشیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۳۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۴۰۲/۳/۱۹ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۷/۳۰

پستانداران در گلبول‌های قرمز و کبد و گاهی در کلیه یافت می‌شود (۹). عوامل بالینی زیادی با افزایش مزمن سطوح پارامترهای مربوط به استرس اکسیداتیو مرتبط هستند. شواهد اخیر نشان می‌دهد که بی‌حرکی طولانی مدت و رفتار سوء تغذیه مانند تعادل مثبت انرژی نوعی حالت ردوکس پرواکسیدانی ایجاد می‌کند که به تولید استرس اکسیداتیو منجر می‌شود (۱۰). با توجه به عوارض جانبی داروها، در تحقیقات اخیر، استفاده از طب مکمل به خصوص گیاه‌درمانی، درمانی کم‌هزینه با حداقل عوارض جانبی معرفی شده است. گیاه کتان در منطقه وسیعی از آسیا و اروپا می‌روید و در بین دانه‌های روغنی رایج، دانه بذر کتان مناسب‌ترین نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ را دارد؛ به طوری که روغن آن حاوی ۵۷ درصد اسیدهای چرب امگا ۳، به ویژه اسید چرب الفالینونیک اسید و ۱۶ درصد اسیدهای چرب امگا ۶، به طور خاص اسید لینولئیک است (۱۱).

Yadav و همکاران در پژوهشی بیان کردند که استفاده از روغن بذر کتان موجب تعدیل پاسخ استرس اکسیداتیو در افراد مبتلا به دیابت و هم‌چنین، بهبود اضافه‌وزن می‌شود (۱۲). هم‌چنین، جزء غذاهایی به شمار می‌آید که فیبر و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند. امروزه، ترکیباتی چون فیتواستروژن‌ها (لیگنان‌ها و ایزوفلاون‌ها) ترکیبات مؤثری بر درمان چاقی و دیابت هستند (۱۳). بی‌حرکی طولانی مدت می‌تواند محیطی را ایجاد کند که به تولید سطوح بالاتر سوپراکسید در شرایط پایه منجر شود (۱۰). طبق گفته کالج امریکایی پزشکی ورزشی، تمرینات مقاومتی نوعی فعالیت بدنی است که برای بهبود تناسب اندام با تمرین یک عضله یا گروهی از عضلات در برابر مقاومت خارجی طراحی شده است (۱۴). سازگاری ناشی از تمرینات مقاومتی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی موجب استرس متابولیکی مکانیکی و تولید یکی از بیومارکرهای آنتی‌اکسیدانی به نام آنزیم CAT می‌شود (۱۵). این محرک‌ها مسیرهای سیگنالیکی مختلف را فعال می‌کنند و عمدتاً در عضلات اسکلتی، به

علت مرگ‌ومیر در سال ۲۰۳۰ باشد (۱). هایپرگلیسمی ناشی از نقص در ترشح و عملکرد انسولین به تولید گونه‌های اکسیژن فعال کمک می‌کند و موجب تولید بیش‌تر گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود. در حضور سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی معیوب یا به دلیل تغییر درون‌زا یا نارسایی برون‌زا که تعادل را به نفع رادیکال‌های آزاد بر هم می‌زند، استرس اکسیداتیو ایجاد می‌شود (۲). انتشار واسطه‌های التهابی توسط هایپرگلیسمی و افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species)، ارتباط بین دیابت، استرس اکسیداتیو و التهاب را تأیید می‌کند؛ از این رو می‌توان گفت که بین دیابت، استرس اکسیداتیو و التهاب ارتباط وجود دارد (۳). بر این اساس، بین سطوح بیومارکرهای سیستمیک استرس اکسیداتیو، التهاب و پاتولوژی‌های مرتبط با سوء تغذیه و کم‌حرکی نظیر فشار خون بالا، دیابت، سندرم متابولیک، سرطان و چاقی رابطه‌ای قوی وجود دارد (۴، ۵).

بدن شبکه دفاعی آنتی‌اکسیدانی پیچیده‌ای را در بر می‌گیرد که به آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی درون‌زای متکی است که می‌توانند از تمرینات ورزشی، تغذیه و روند پیری تأثیر بگیرند (۶). این مولکول‌ها به طور جمعی، در برابر رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند تا در برابر آسیب حاصل از آن‌ها مقاومت کنند. اثرهای آن بر مولکول‌های زیستی حیاتی و در نهایت، در راستای کمک به بافت‌های بدن است. آن‌ها را می‌توان به آنتی‌اکسیدان‌های دفاعی خطی طبقه‌بندی کرد. این آنتی‌اکسیدان‌ها که شامل سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و گلوکاتیون پراکسیداز (GPX) هستند، برای بدن بسیار مهم و ضروری‌اند (۷). سوپراکسید دیسموتاز (SOD) اولین آنزیم سم‌زدا و قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان در سلول است که در خط اول سیستم دفاعی بدن نقش ایفا می‌کند (۸). CAT در انسان، تنظیم‌کننده‌ای مهم در متابولیسم پراکسید هیدروژن محسوب می‌شود که می‌تواند در هر ثانیه، میلیون‌ها مولکول پراکسید هیدروژن را به اکسیژن و آب تبدیل کند. بالاترین غلظت کاتالاز در

فعال شدن فاکتورهای رونویسی منجر می‌شوند که تولید پروتئین‌های آنتی‌اکسیدانی را آغاز می‌کنند. هنگامی که فرد به صورت دوره‌ای تمرین می‌کند، این رونویسی و انتقال آنتی‌اکسیدان‌ها به صورت تجمعی صورت می‌گیرد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عضلانی را افزایش می‌دهد و در مقابل، استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد (۱۶). عزیزبگی و همکاران در پژوهشی به تأثیر تمرینات مقاومتی فزاینده بر غلظت مالون دی‌آلدئید (malondialdehyde) و فعالیت آنزیم SOD در زنان مسن غیرفعال پرداختند. نتایج نشان داد که بعد از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی فزاینده، غلظت مالون دی‌آلدئید در گروه تمرینات مقاومتی فزاینده در مقایسه با گروه کنترل، کاهش معناداری یافت. هم‌چنین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گروه تمرینات مقاومتی فزاینده در مقایسه با گروه کنترل، افزایش معناداری یافت. در نهایت، می‌توان گفت که تمرین مقاومتی موجب کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید و افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز شده است. به نظر می‌رسد که تمرینات مقاومتی منظم موجب تعادل سیستم اکسیدانی و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی در بدن می‌شود و می‌تواند در پیشگیری از آسیب‌های جدی ناشی از استرس اکسیداتیو، به خصوص در سنین پیری، نقش بسزایی داشته باشد (۱۷). از این رو، درک اینکه چگونه برخی از عوامل آنتی‌اکسیدانی SOD و CAT در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ به ۸ هفته تمرینات مقاومتی و مصرف روغن بذر کتان پاسخ می‌دهند، ممکن است اطلاعات جدیدی درباره اثرهای ورزش و مکمل بر عوامل آنتی‌اکسیدانی به دست دهد.

## مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و به صورت کارآزمایی بالینی در قالب مطالعه‌ای نیمه‌تجربی و ۴ گروهی (۳ گروه تجربی و ۱ گروه کنترل)، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون، در استان همدان انجام گرفت. پس از کسب مجوز از کمیته اخلاق پژوهشگاه علوم

ورزشی (IR.SSRI.REC.1401.1870) و ثبت در سایت کارآزمایی بالینی (IRCT20221120056548N3)، با مراجعه به مرکز دیابت بعثت واقع در همدان، تعداد ۶۰ نفر در دامنه سنی ۵۰ تا ۶۵ سال بر مبنای فرمول محاسبه حجم نمونه مربوط به کارآزمایی‌های بالینی و با در نظر گرفتن خطای نوع اول آلفا برابر با ۰/۰۵ و خطای نوع دوم بتا برابر با ۰/۱ (۱۸) و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، در لیست آزمودنی‌های پژوهش قرار گرفتند. هم‌چنین، از افراد مورد مطالعه درخواست شد که قبل از اجرای آزمون، الگوهای خواب طبیعی (حداقل ۸ ساعت خواب) و الگوهای فعالیت روزانه و رژیم غذایی (۱۲ ساعت حالت ناشتا قبل از آزمون) در طول پژوهش را رعایت کنند و از هر گونه فعالیت بدنی شدید، مصرف مکمل غذایی، مصرف دارو، مصرف قهوه، دخانیات و کافئین تا ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون و تا زمان جمع‌آوری نمونه خونی که بر سیستم و عملکرد ایمنی تأثیر دارد، خودداری کنند. به منظور آشنایی افراد شرکت‌کننده در مطالعه با حرکات و دستگاه مورد استفاده، یک هفته قبل از شروع پروتکل تحقیق، افراد به سالن تمرین فراخوانده شدند تا با روند تحقیق، نحوه صحیح استفاده از مکمل و شیوه مناسب تمرین آشنا شوند. معیارهای ورود به مطالعه شامل نداشتن بیماری‌های جسمی یا ذهنی، نداشتن رژیم غذایی، یائسه بودن، نداشتن مشکلات جسمانی و حرکتی، قند خون بیش‌تر از ۱۲۰ و شرکت نکردن در فعالیت ورزشی منظم بود. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: تحمل نکردن ورزش (ابراز ناراحتی، بی‌حالی شدید، نداشتن تعادل و گیجی)، ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی، شرکت نکردن منظم در تمرینات و مصرف نادرست مکمل و کامل نکردن طول مدت پژوهش بود (۱۹). تمام اصول اخلاقی کار با این افراد در حین تمرین‌های ورزشی و آزمایش‌ها رعایت شد و پس از دریافت اطلاعات پزشکی، آزمودنی‌ها با روش همگن‌سازی بر اساس سن، قند خون و وزن به صورت تصادفی هدفمند،

در ۴ گروه (تمرینات مقاومتی ۱۵ نفر، مکمل روغن بذر کتان ۱۵ نفر، تمرینات به همراه مکمل ۱۵ نفر و کنترل ۱۵ نفر) قرار گرفتند. تمرینات ورزشی در باشگاه ورزشی و زیر نظر مربی انجام شد. هم‌چنین، برای انجام فعالیت‌های ورزشی در گروه تمرینات مقاومتی با سالن ورزشی بانوان هماهنگی لازم ایجاد شد تا مراحل تمرینی به مدت ۸ هفته در آنجا انجام شود. در حین اجرای پروتکل تمرینی، پزشک ورزشی و مربی در محل حضور داشتند و همراه داشتن بیمه ورزشی و کارت واکسیناسیون کرونا برای آزمودنی‌ها الزامی بود. برای گروه مکمل روغن بذر کتان نیز توصیه شد که مطابق دستورالعمل اجرایی به مصرف کپسول‌ها بپردازند و مقادیر آن را کم‌تر یا بیش‌تر نکنند. گروه کنترل نیز در این دوره هیچ‌گونه فعالیت بدنی نداشتند و هیچ مکملی را مصرف نکردند. تمامی مراحل پژوهش طی ۸ هفته صورت پذیرفت.

سن همه افراد شرکت‌کننده با استفاده از شناسنامه آنان ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن بدن (ترازوی دیجیتال (OMRON))، آزمودنی‌ها با حداقل لباس روی ترازو ایستادند. وزن بدن با دقت دهم کیلوگرم ثبت شد. اندازه‌گیری وزن بدن با حداقل سه ساعت فاصله از مصرف یک وعده غذایی انجام گرفت. برای اندازه‌گیری قد (قدسنج (SECA))، آزمودنی‌ها صاف، پشت به دیوار و دقیقاً زیر استادیومتر به حالتی ایستادند که پشت، کفل‌ها و پاشنه‌ها در تماس با دیوار بود. سر باید در جهت حد تراز فرانکفورت (Frankfurt plane) (حد بالایی حفره گوش و حد پایینی حفره چشمی باید بر روی یک صفحه هوریزنتال باشد) قرار می‌گرفت. آزمودنی‌ها پیش از اندازه‌گیری، نفس عمیقی کشیدند و در حین اندازه‌گیری نگه داشتند (۱۹).

#### پروتکل تمرین

تمرین به روش بالستیک و در مدت ۸ هفته و هر هفته، ۳ جلسه اجرا شد. هر جلسه با ۱۵ دقیقه گرم کردن

شامل دوچرخه‌سواری یا دویدن برای تقریباً ۱۵ دقیقه با شدت ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب با استفاده از فرمول کاروونن (سن-۲۲۰) در ۱۰ دقیقه اول و ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب در ۵ دقیقه آخر و ۳ ست ۵ تکراری پرش اسکات بدون وزنه و پرش رو به بالا و رو به جلو بدون وزنه شروع شد. هر جلسه تقریباً بین ۳۰ تا ۴۰ دقیقه به طول انجامید. بین هر ست، ۲ دقیقه و بین هر حرکت، ۴ دقیقه استراحت در نظر گرفته شده بود. حرکات شامل ۱۰ پرتاب توپ طبی از جلوی قفسه سینه، پرش طول جفت پا از حالت خمیده همراه با مکث بین هر حرکت با حمل وزنه در هر دست، پرش به سمت بالا از حالت خمیده همراه با مکث بین هر حرکت و حمل وزنه در هر دست، ۱۰ تکرار حرکت پلاننار فلکشن و ۱۰ پرش اسکات، شروع با زانوی خم ۹۰ درجه بود و تمامی حرکات با ۴۰ درصد ۱ تکرار بیشینه (1-Repetition Maximum) انجام شد. هم‌چنین، تمرینات بر اساس مدل خطی (حجم زیاد و شدت کم‌تر در شروع تمرین، سپس افزایش شدت و کاهش حجم) طراحی شد و پس از گذشت ۴ هفته، به میزان ۱۰ درصد به شدت تمرینات افزوده شد (۲۰، ۲۱). قدرت عضلانی با آزمون ۱ تکرار بیشینه برای تمام تمرینات موجود در مطالعه ارزیابی شد. ۱ تکرار بیشینه در هر حرکت با استفاده از فرمول برزیکي (Brzycki formula) محاسبه شد (۲۲):

$$1RM = \frac{(KG) \text{وزنه}}{1.0278 - (0.0278 \times \text{تعداد تکرارها})}$$

#### روغن بذر کتان

در گروه مکمل گیاهی و مکمل همراه با تمرینات ورزشی، از کپسول ۲۰۰ میلی‌گرمی روغن بذر کتان باریج ساخت ایران استفاده شد و به هر آزمودنی روزانه، دو عدد کپسول داده شد تا همراه غذا مصرف کند. دوره مصرف به صورت ۸ هفته‌ای و روزانه و تحت نظر محقق و پزشک مربوط بود (۲۳).

## نمونه‌گیری و تجزیه تحلیل خون

برای گرفتن نمونه‌های آزمایشگاهی استرس اکسیداتیو از کیت انسانی زلبایو (Zell bio) ساخت آلمان با حساسیت  $0.03$  (u/ml) استفاده شد. نمونه‌های خونی برای تعیین میزان غلظت شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی CAT و SOD در این مرحله بررسی شدند. در هر مرحله از خون‌گیری (دو مرحله در طول تحقیق)، حدود ۵ سی‌سی خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها گرفته و به لوله‌های آزمایش منتقل شد. سپس، نمونه‌ها بلافاصله توسط دستگاه و به مدت ۱۰ دقیقه و  $3000$  دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم نمونه‌ها جدا و در میکروتیوپ‌ها جمع‌آوری شدند و برای بررسی و آزمایش، در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  - درجه فریز و نگه‌داری شدند و بخشی دیگر با افزودن ماده ضد انعقاد EDTA به منظور اندازه‌گیری سطح قند خون، به صورت پلاسما درآمدند و با استفاده از کیت پارس آزمون اندازه‌گیری شدند (۱۸).

هم‌بسته در گروه‌های تمرین مقاومتی، مکمل و گروه ادغام تمرین + مکمل دارای سطوح معنی‌داری  $P < 0.05$  و مقادیر  $t > 1.96$  بوده است که نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار مقادیر CAT و SOD در پس‌آزمون است ( $P < 0.05$ )؛ اما در گروه کنترل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول شماره ۱: توزیع ویژگی‌های پایه به تفکیک گروه‌های مطالعه

متغیر	گروه	میانگین	سطح معنی‌داری
سن	تمرین مقاومتی	$55.85 \pm 3.68$	۰/۳۵۲
	مکمل روغن بذر کتان	$58.85 \pm 2.79$	۰/۳۶۲
	تمرین + مکمل	$62.17 \pm 2.37$	۰/۲۲۰
وزن	کنترل	$59.64 \pm 4.512$	۰/۲۸۴
	تمرین مقاومتی	$72.65 \pm 4.25$	۰/۸۲۴
	مکمل روغن بذر کتان	$69.81 \pm 3.88$	۰/۳۴۶
قند خون ناشتا	تمرین + مکمل	$70.15 \pm 3.12$	۰/۵۵
	کنترل	$73.26 \pm 4.13$	۰/۱۳۴
	تمرین مقاومتی	$175.32 \pm 5.13$	۰/۲۱۰
	مکمل روغن بذر کتان	$168.33 \pm 5.48$	۰/۷۱۸
	تمرین + مکمل	$162.20 \pm 4.96$	۰/۳۶۹
	کنترل	$170.55 \pm 5.94$	۰/۶۳۳

جدول شماره ۲: آزمون تی هم‌بسته برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها برای متغیر CAT و SOD

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	سطح معنی‌داری
CAT (U/ml)	Resistance EX supplement	$0.11 \pm 0.79$	$0.14 \pm 0.76$	۰/۰۴
	EX+supplement	$0.39 \pm 0.94$	$0.12 \pm 0.23$	۰/۰۰
	control	$0.18 \pm 0.16$	$0.6 \pm 0.44$	۰/۰۲
	Resistance EX supplement	$0.738 \pm 0.61$	$6.81 \pm 0.4$	۰/۰۳
SOD (U/ml)	EX+supplement	$8.79 \pm 0.59$	$7.47 \pm 1.3$	۰/۰۰
	control	$8.74 \pm 0.81$	$6.75 \pm 1.4$	۰/۰۰
	Resistance EX supplement	$5.78 \pm 0.62$	$6.13 \pm 0.68$	۰/۶۷
	control	$5.78 \pm 0.62$	$6.13 \pm 0.68$	۰/۶۷

تمرینات مقاومتی: Resistance EX

مکمل: supplement

تمرین + مکمل: EX+supplement

کنترل: control

## روش آماری

برای توصیف داده‌های پژوهش از آمار توصیفی نظیر میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد و برای آزمون فرضیه‌ها، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها که توسط آزمون کلموگروف اسمیرنوف حاصل شد، از آزمون  $t$  وابسته برای بررسی تغییرات درون گروهی و از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه (ANOVA) برای مقایسه بین گروهی در نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۵ در سطح معنی‌داری  $0.05$  استفاده شد.

## یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای دموگرافیک شامل سن و وزن آزمودنی‌های ۴ گروه پژوهش در جدول شماره ۱، ارائه شده است. براساس نتایج، گروه‌های دریافت‌کننده مکمل، تمرین، تمرین + مکمل و کنترل از نظر سن، وزن و قند خون ناشتا تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. با توجه به جدول شماره ۲، نتایج آزمون تی

طبق نتایج جدول شماره ۳، با توجه به حاصل آزمون آنوا و داشتن سطح معناداری کم‌تر از  $0.05$ ، بین گروه‌های تحقیق تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر، مقادیر متغیر CAT آزمودنی‌های گروه‌های مختلف پژوهش با یکدیگر دارای تفاوت معنی‌داری بود و بیش‌ترین میزان افزایش در پس‌آزمون، در گروه مکمل روغن بذر کتان بود ( $P = 0.001$ ).

جدول شماره ۳: آزمون آنالیز واریانس یک طرفه متغیر CAT در ۴ گروه

پژوهشی

مجموع مجنورات	درجه آزادی	میانگین مجنورات	F	سطح معنی داری
۸۵۲۴	۳	۹۰۱	۵۶۸۱	۰/۰۰۱
۶۵۱۴	۵۶	۰/۳۲		
۱۵۱۲۴	۵۹			

$P < 0/05$

طبق نتایج جدول شماره ۴، با توجه به آزمون آنوا و داشتن سطح معناداری کم تر از ۰/۰۵، بین گروه‌های تحقیق تفاوت معنی داری وجود دارد. به عبارت دیگر، مقادیر متغیر SOD آزمودنی‌های گروه‌های مختلف پژوهش با یکدیگر دارای تفاوت معناداری است ( $P = 0/00$ ) و در گروه مکمل روغن بذر کتان، بیش‌ترین افزایش در پس‌آزمون به دست آمد.

جدول شماره ۴: آزمون آنالیز واریانس یک طرفه متغیر SOD در چهار

گروه پژوهشی

مجموع مجنورات	درجه آزادی	میانگین مجنورات	F	سطح معنی داری
۲۵۶۱۴	۳	۲۵۶۱۴	۸۴۲۸	۰/۰۰۰
۱۹۶۸۵	۵۶	۱۹۶۸۵		
۴۵۷۵۴	۵۹			

$P < 0/05$

## بحث

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات مقاومتی و مصرف روغن بذر کتان بر برخی از بیومارکرهای آنتی‌اکسیدانی CAT و SOD در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که ۸ هفته مصرف روغن بذر کتان، تمرینات مقاومتی و به‌کارگیری هر دو به صورت هم‌زمان، تأثیرات مثبت بر افزایش معنی‌دار مقادیر آنتی‌اکسیدانی CAT و SOD در زنان مبتلا به دیابت دارد. مکمل‌های غذایی، به خصوص گیاهی، با توجه به اینکه دارای سطوح بالای آنتی‌اکسیدان و پلی‌فنول هستند، موجب تقابل با استرس اکسیداتیو می‌شوند. در حقیقت، به نظر می‌رسد که ترکیبات پلی‌فنولی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن تأثیر می‌گذارد و از افزایش بیش از حد و شدید

نشانگرهای آسیب عضلانی پیشگیری می‌کند و همچنین، با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، موجب مهار سنتز رادیکال‌های آزاد می‌شود و به دنبال آن، آسیب کم‌تری به غشاء سلول وارد می‌آید و همچنین، موجبات کاهش سطوح عوامل اکسیدانی مختلف را فراهم می‌آورد (۲۴).

برخی از مطالعات اظهار کرده‌اند که مصرف روغن بذر کتان علاوه بر افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند موجب افزایش فرایند لیپولیز، حفظ ذخایر گلیکوژن عضلانی و افزایش انقباض پذیری (فراخوانی) بیش‌تر واحدهای حرکتی و رهایش کلسیم از شبکه سارکوپلاسما (شود) (۲۶، ۲۵) و تمرینات ورزشی با شدت متوسط نیز می‌توانند میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشند (۲۷). هم‌سو با نتایج ما، Yang و همکاران بیان کردند که مصرف روغن بذر کتان موجب افزایش سطوح عوامل آنتی‌اکسیدانی می‌شود (۲۸).

حلال‌خور در پژوهش خود، بذر کتان را مکملی آنتی‌اکسیدانی معرفی کرد که موجب جلوگیری از اثرهای مخرب رادیکال‌های آزاد می‌شود (۲۹). در مقابل، پژوهش خسروی و همکاران نشان داد که مصرف دو دوز متفاوت بذر کتان تأثیری بر سطوح عوامل آنتی‌اکسیدانی در افراد مبتلا به پیش‌دیابت و چاق ندارد (۳۰). از دلایل ناهم‌سو بودن می‌توان به میزان دوز مصرفی اشاره کرد. تمرینات ورزشی ممکن است با افزایش تحمل شدت‌های بالای تمرین، باعث افزایش فشار مکانیکی و متابولیسمی بر سارکولما شود و به تشدید آسیب و التهاب بینجامد. در مقابل، تمرینات ورزشی با شدت متوسط می‌توانند میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشند (۲۷). هم‌سو با نتایج ما، Pinto و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی سازگاری التهابی به دنبال اجرای ۱۰ هفته تمرین مقاومتی با شدت متوسط در زنان پرداختند. نتایج نشان داد که پس از انجام تمرینات مقاومتی، میزان آسیب‌های عضلانی کاهش معنی‌داری پیدا کرد و میزان متغیرهای SOD، CAT و قدرت هیپرتروفی عضلانی پس از انجام تمرینات مقاومتی،

افزایش معنی داری نشان داد (۳۱). هم چنین، Parise و همکاران در پژوهشی تأثیر تمرینات مقاومتی را بر سطوح عوامل آنتی اکسیدانی در سالمندان بررسی کردند و مشاهده شد که به دنبال اجرای این تمرینات، سطوح CAT افزایش یافت (۳۲). عزیزیگی و همکاران نیز در پژوهشی بیان کردند که تمرینات مقاومتی با شدت متوسط سبب افزایش سطح SOD نسبت به پیش آزمون شد (۳۳). از سوی دیگر، Akgul و همکاران نیز در پژوهشی به بررسی تأثیر تمرین با شدت بالا بر وضعیت آنتی اکسیدانی پرداختند. نتایج بیان کرد که اجرای ۸ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا موجب کاهش سطوح SOD و CAT می شود (۳۴). هم چنین، ذوالفقار و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تمرینات غیرهوازی بر شاخص‌های استرس اکسایشی پرداختند و بیان کردند که به دنبال اجرای این تمرینات، فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT به طور معنی داری کاهش یافت (۳۵). Jamka و همکاران نیز بیان کردند که اجرای تمرینات مقاومتی و استقامتی در زنان چاق، موجب تضعیف سیستم آنتی اکسیدانی می شود و سطوح SOD و CAT را کاهش می دهد (۳۶).

از دلایل مغایرت در یافته‌ها می توان به تفاوت در نوع و شدت تمرینات، جنسیت آزمودنی‌ها، سطح آمادگی و مدت زمان اجرای تمرینات اشاره کرد. تمرینات ورزشی مقاومتی با افزایش سطوح لاکتیک عضلانی و آسیب‌های عضلانی، موجب افزایش سطوح استرس اکسیداتیو می شود. این فرایند با کاهش آنتی اکسیدان‌ها همراه است. افزایش شدت تمرینات ورزشی میزان رادیکال‌های آزاد را افزایش می دهد و این فرایند موجبات سرکوب سیستم دفاع آنتی اکسیدانی را فراهم می کند؛ لذا فرایند افزایش سطوح استرس اکسیداتیو دارای ارتباط مستقیم با شدت و نوع تمرینات ورزشی است (۳۷). فعالیت بدنی شدید اکسیژن مصرفی و تولید بنیان‌های آزاد داخل سلولی را به طور قابل توجهی افزایش می دهد. تمرینات مقاومتی که با شدت بالا

صورت می پذیرد، از طریق فرایند ایسکمی و خون‌رسانی مجدد و فعال کردن مسیر گزانتین اکسیداز، به تولید Reactive Oxygen Species (Ros) و فشار اکسایشی منجر می شود. این امر به بی تعادلی در همئوستاز اکسایشی و ضد اکسایشی و افزایش تولید Ros هنگام تمرین منجر می شود. بنیان‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن مولکول‌های بسیار واکنش پذیری هستند که در نتیجه متابولیسم طبیعی در سلول‌ها به طور مداوم تولید می شوند؛ اما توسط دفاع ضد اکسایشی آنزیمی (CAT و SOD) خنثی می شوند (۳۸). فعالیت ورزشی با بالا بردن ظرفیت آنتی اکسیدانی میتوکندریایی و کاهش تولید اکسیدان‌های میوکاردا همراه است و به محافظت از آسیب‌های اکسایشی منجر می شود (۳۹). یکی دیگر از مکانیسم‌های انطباقی که طی سال‌ها در افرادی که ورزش منظم دارند، ایجاد می شود، دستیابی به حالت سریع مصرف انرژی بیش تر است. این نتیجه به دلیل افزایش حجم میتوکندری و مقدار آنزیم‌های درگیر در چرخه اسید سیتریک و زنجیره انتقال الکترون اتفاق می افتد (۴۰).

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، می توان گفت که مقادیر آنتی اکسیدان SOD و CAT در گروه‌های تمرین مقاومتی و مصرف روغن بذر کتان، دارای تأثیرات مثبت بر شاخص‌های آنتی اکسیدان SOD و CAT است و موجبات افزایش این مقادیر را فراهم می آورد. در مجموع، به نظر می رسد که تمرینات مقاومتی منظم و با شدت متوسط می تواند موجب تعادل رادیکال‌های آزاد و تقویت سیستم آنتی اکسیدانی در بدن شود و شرایط جلوگیری از آسیب‌های جدی ناشی از استرس اکسیداتیو را فراهم کند. هم چنین، مصرف مکمل‌های گیاهی، نظیر روغن بذر کتان، سبب افزایش عوامل آنتی اکسیدانی می شود و به این دلیل، اثرهای تخریبی اکساینده‌ها بر غشاء لیپیدی سلول و فعالیت آنزیم‌های اکسیدانی کاهش می یابد.

از محدودیت‌های این مطالعه کم بودن حجم نمونه و کم بودن مراجعان به دلیل وجود بیماری کووید ۱۹

## سپاسگزاری

بدین وسیله، از تمام شرکت کنندگان در این پژوهش سپاسگزاری می‌شود. مقاله فوق حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد است که در دانشگاه دانش البرز به اجرا درآمده است. از مسئولان و آزمودنی‌های تحقیق قدردانی می‌کنیم.

بود و همچنین، به دلیل مقطعی بودن و ثبت نکردن میزان دریافت غذایی آزمودنی‌ها، به منظور توصیه قطعی، به مطالعات بیش‌تری نیاز است. به محققان پیشنهاد می‌شود که سایر انواع برنامه‌های تمرینی و مکمل‌های غذایی را بررسی کنند.

## References

- Galicia-Garcia U, Benito-Vicente A, Jebari S, Larrea-Sebal A, Siddiqi H, Uribe KB, et al. Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. *Int J Mol Sci* 2020; 21(17): 6275.
- Rendra E, Riabov V, Mossel DM, Sevastyanova T, Harmsen MC, Kzhyshkowska J. Reactive oxygen species (ROS) in macrophage activation and function in diabetes. *Immunobiology* 2019; 224(2): 242-53.
- Luc K, Schramm-Luc A, Guzik T, Mikolajczyk T. Oxidative stress and inflammatory markers in prediabetes and diabetes. *J Physiol Pharmacol* 2019; 70(6).
- Marseglia L, Manti S, D'Angelo G, Nicotera A, Parisi E, Di Rosa G, et al. Oxidative stress in obesity: a critical component in human diseases. *Int J Mol Sci* 2014;16(1): 378-400.
- Kaneto H, Katakami N, Matsuhisa M, Matsuoka T-a. Role of reactive oxygen species in the progression of type 2 diabetes and atherosclerosis. *Mediators Inflamm* 2010; 2010: 453892.
- Franzke B, Halper B, Hofmann M, Oesen S, Jandrasits W, Baierl A, et al. The impact of six months strength training, nutritional supplementation or cognitive training on DNA damage in institutionalised elderly. *Mutagenesis* 2015; 30(1): 147-153.
- Ighodaro O, Akinloye O. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria journal of medicine* 2018;54(4):287-93.
- Gusti AM, Qusti SY, Alshammari EM, Toraih EA, Fawzy MS. Antioxidants-related superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPX), glutathione-S-transferase (GST), and nitric oxide synthase (NOS) gene variants analysis in an obese population: A preliminary case-control study. *Antioxidants* 2021; 10(4): 595.
- Sharma I, Ahmad P. Catalase: a versatile antioxidant in plants. *Oxidative damage to plants: Elsevier* 2014: 131-48.
- Buresh R, Berg K. A tutorial on oxidative stress and redox signaling with application to exercise and sedentariness. *Sports Med Open* 2015; 1: 1-9.
- Khademi Y, Azarbayejani M, Hosseini S. The effects of combination of high intensity intermittent exercise and supplement flaxseed oil 1 ICAM-plasma concentration in male rats. *SSU\_Journals* 2017; 24(10): 828-39.
- Yadav RK, Singh M, Roy S, Ansari MN, Saeedan AS, Kaithwas G. Modulation of oxidative stress response by flaxseed oil: Role of lipid peroxidation and underlying mechanisms. *Prostaglandins Other Lipid Mediat* 2018; 135: 21-26.

13. Guarda DS, de Moura EG, Carvalho JC, Dos Reis AM, Soares PN, Lisboa PC, et al. Maternal flaxseed oil intake during lactation changes body fat, inflammatory markers and glucose homeostasis in the adult progeny: role of gender dimorphism. *J Nutr Biochem* 2016; 35: 74-80.
14. Medicine ACoS. ACSM's health-related physical fitness assessment manual. Lippincott Williams & Wilkins 2013.
15. Gacitua T, Karachon L, Romero E, Parra P, Poblete C, Russell J, et al. Effects of resistance training on oxidative stress-related biomarkers in metabolic diseases: a review. *Sport Sciences for Health* 2018; 14: 1-7.
16. da Silva EP, Oliveira Soares E, Malvestiti R, Hatanaka E, Lambertucci RH. Resistance training induces protective adaptation from the oxidative stress induced by an intense-strength session. *Sport Sciences for Health* 2016; 12: 321-328.
17. Azizbeigi K, Qeysari SF. The effects of progressive resistance training on malondialdehyde concentration and superoxide dismutase enzyme activity in inactive elderly women. *Payavard* 2019; 13(2): 151-159 (Persian).
18. Kazemi SS, Heidarianpour A, Naddaf H, Mehri F, Naderifar H. Effect of Combined Exercise Training and Curcumin Supplementation on Metabolic Indices and Serum Levels of Sirtuin 1 in Men with Metabolic Syndrome. *Avicenna J Clin Med* 2023; 30(1): 21-29 (Persian).
19. Naderifar H, Mohammad khani Gangeh M, Mehri F, Shamloo Kazemi S. Effects of High Intensity Interval Training and Consumption of Matcha Green Tea on Malondialdehyde and Glutathione Peroxidase Levels in women. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2022; 32(212): 42-53 (Persian).
20. Dalen T, Welde B, van den Tillaar R, Aune TK. Effect of single vs. multi joint ballistic resistance training upon vertical jump performance. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 2013; 19: 86-97.
21. Conceição MS, Bonganha V, Vechin FC, de Barros Berton RP, Lixandrão ME, Nogueira FRD, et al. Sixteen weeks of resistance training can decrease the risk of metabolic syndrome in healthy postmenopausal women. *Clin Interv Aging* 2013: 1221-1228.
22. Rahimi E, Abedi S, Hojjati S. The Effect of Zinc Magnesium Aspartate (ZMA) Supplementation on Body Composition and One Repetition Maximum in Sprinters. *Researches in Sport Sciences and Medical Plants* 2021; 5(2) (Persian).
23. Shareghfarid E, Nadjarzadeh A, Heidarzadeh-Esfahani N, Azamian Y, Hajiahmadi S. The Effect of Flaxseed Oil Supplementation on Body Composition and Inflammation Indices in Overweight Adults With Pre-Diabetes. *Nutr Metab Insights* 2022; 15: 11786388221090083.
24. Mirmasoumi G, Fazilati M, Foroozanfard F, Vahedpoor Z, Mahmoodi S, Taghizadeh M, Esfeh NK, Mohseni M, Karbassizadeh H, Asemi Z. The Effects of Flaxseed Oil Omega-3 Fatty Acids Supplementation on Metabolic Status of Patients with Polycystic Ovary Syndrome: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 2018; 126(4): 222-228.
25. Musazadeh V, Jafarzadeh J, Keramati M, Zarezadeh M, Ahmadi M, Farrokhian Z, et al. Flaxseed oil supplementation augments antioxidant capacity and alleviates oxidative stress: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Evid*

- Based Complement Alternat Med 2021; 2021: 4438613.
26. Nounou HA, Deif MM, Shalaby MA. Effect of flaxseed supplementation and exercise training on lipid profile, oxidative stress and inflammation in rats with myocardial ischemia. *Lipids Health Dis* 2012; 11: 129.
  27. Ristic J, Folic M, Radonjic K, Rosic MI, Bolevich S, Alisultanovich OI, et al. Preconditioning with PDE1 inhibitors and moderate-intensity training positively affect systemic redox state of rats. *Oxid Med Cell Longev* 2020; 2020: 6361703.
  28. Yang W, Fu J, Yu M, Huang Q, Wang D, Xu J, et al. Effects of flaxseed oil on anti-oxidative system and membrane deformation of human peripheral blood erythrocytes in high glucose level. *Lipids Health Dis* 2012; 11(1): 1-10.
  29. Halalkhor F. Effect of flaxseed supplementation and concurrent physical activity on total antioxidant capacity of the plasma and the lipid peroxidation index of overweight women. *Journal of Medicinal Plants* 2019; 18(70): 144-153.
  30. Mozaffari-Khosravi H, Javidi A, Nadjarzade A, Dehghani A, Eftekhari M. The Effect of Consumption of Two Various Dose of Flaxseed on Anthropometric Indices and Oxidative Stress in Overweight and Obese Prediabetic Individuals: A Randomized Controlled Trial. *Tolooebehdasht* 2016; 14(6): 68-78 (Persian).
  31. Pinto KMdC, Diniz RCR, Tourino FD, de Lacerda LT, Bearzoti E, Costa KB, et al. Similar Inflammatory Adaptation in Women following 10 Weeks of Two Equalized Resistance Training with Different Muscle Action Duration. *Biomed Res Int* 2022; 2022: 2185111.
  32. Parise G, Phillips SM, Kaczor JJ, Tarnopolsky MA. Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance exercise training in older adults. *Free Radic Biol Med* 2005; 39(2): 289-295.
  33. Azizbeigi K, Stannard SR, Atashak S, Haghighi MM. Antioxidant enzymes and oxidative stress adaptation to exercise training: Comparison of endurance, resistance, and concurrent training in untrained males. *Journal of Exercise Science & Fitness* 2014; 12(1): 1-6.
  34. Akgul M, Koz M. Effect of high intensity interval training under hypoxic conditions in a normobaric environment on moderately trained university students' antioxidant status. *Physical Education of Students* 2019; 23(5): 217-22.
  35. Zolfeghar Didani H, Kargarfard M, Azad Marjani VK. The Effects of Vitamin Supplementation on Oxidative Stress Indices after Anaerobic Activity in Water Polo Players. *Journal of Isfahan Medical School* 2012; 30(199).
  36. Jamka M, Bogdański P, Krzyżanowska-Jankowska P, Miśkiewicz-Chotnicka A, Karolkiewicz J, Duś-Żuchowska M, et al. Endurance training depletes antioxidant system but does not affect endothelial functions in women with abdominal obesity: A randomized trial with a comparison to endurance-strength training. *J Clin Med* 2021; 10(8): 1639.
  37. Bloomer RJ. Effect of exercise on oxidative stress biomarkers. *Adv Clin Chem* 2008; 46: 1-50.
  38. Masoumi-Ardakani Y, Najafipour H, Nasri HR, Aminizadeh S, Jafari S, Moflehi D. Effect of combined endurance training and MitoQ on cardiac function and serum level of

- antioxidants, NO, miR-126, and miR-27a in hypertensive individuals. *Biomed Res Int* 2022; 2022 :8720661
39. Quindry J, French J, Hamilton K, Lee Y, Mehta JL, Powers S. Exercise training provides cardioprotection against ischemia–reperfusion induced apoptosis in young and old animals. *Exp Gerontol* 2005; 40(5): 416-425.
40. Åstrand P-O, Rodahl K, Dahl H, StrÅ SB. *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise: Human kinetics*; 2003.