Sport. Physiol, 2025, 16(64): 35-50. DOI: 10.22089/spj.2025.17394.2338

Sport Physiology

Journal hompage: https://spj.ssrc.ac.ir

Original Research

The Effect of Resistance Training and Walnut Oil Consumption on Some Oxidative Stress Parameters in Athletes

Ehteram Eftekhari[1], Raha Rassolnia[2], Saeid Shamlou [3], Ali Hemmati Afif [*4]

1. Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Danesh Alborz University, Qazvin, Iran
2, 4. Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
3. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 15/01/2025, Accepted: 05/07/2025, Online Published: 15/07/2025

*Corresponding Author: Ali Hemmati Afif, E-mail: hematiafif@soc.ikiu.ac.ir

How to Cite: Eftekhari, E; Rassolnia, R; Shamlou, S; Hemmati Afif, A. (2025) The effect of resistance training and walnut oil consumption on some oxidative stress parameters in athletes. *Sport Physiology*, 16(64): 35-50. (In Persian).

Extended Abstract

Background and Purpose

Oxidative stress is considered a major risk factor in the onset and progression of metabolic syndrome, as well as in the development of diabetic complications and vascular inflammation. Regular physical exercise is a key component of a healthy lifestyle that helps prevent the occurrence of chronic diseases, such as cardiovascular diseases, metabolic syndrome, and diabetes. Resistance training, by coordinating the neuromuscular systems and involving enzymes and hormones during exercise while using fats as training fuel in heavier exercises, creates conditions in which the level of oxidative stress increases. Walnut oil acts as an agent against oxidative stress. The anti-inflammatory properties of walnut oil have been confirmed by their effect on the levels of pro-inflammatory cytokines such as IL-6, IL-8, TNF-α, and MCP-1. Therefore, the current study investigates the effect of resistance training and walnut oil consumption on some oxidative stress parameters in athletes.

Materials and Methods

The present study was an experimental study with a statistical population of female athletes aged 25 to 35 years, with an average weight of 63.75 ± 3.48 kg. The samples were randomly divided

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC- ND: No Derivatives) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

into four groups of ten: Group 1 (walnut oil consumption), Group 2 (resistance training), Group 3 (walnut oil consumption + resistance training), and Group 4 (control). Exercise training was performed for 8 weeks, with 3 sessions per week. In the first two weeks, the resistance training program started with an intensity of 70% of one repetition maximum, and then every two weeks, the training load was increased by 5% of one repetition maximum. In the supplement and supplement with exercise groups, the walnut oil dosage was 15 cc of walnut oil per day, 4 capsules containing 1.25 cc, taken with meals (three times a day) by the participants, according to previous studies. At each stage of blood collection (two stages during the study), about 5 cc of blood was taken from the subjects' brachial vein and transferred to test tubes. Then, the samples were immediately centrifuged by the machine for 10 minutes and 3000 rpm; the serum of the samples was separated and collected in microtubes and frozen and stored at -20 degrees for examination and testing. The Zell bio human kit made in Germany with a sensitivity of 0.03 (u/ml) was used to measure oxidative stress levels. The dependent t-test was used to examine intra-group changes, and the one-way analysis of variance (ANOVA) test was used to compare between groups in SPSS version 25 at a significance level of 0.05.

Results

The results of the dependent t-test indicated that there was a significant difference in the amount of intra-group changes in the variables under study (superoxide dismutase, reactive oxygen species, and catalase) in all three intervention groups ($P < 0.05$). However, in the control group, no significant difference was observed in any of the variables under study between the pre-test and post-test ($P < 0.05$). To compare the effects of exercises and the supplement group on the measured variables in women, the analysis of variance test was used to determine the differences between groups in the post-test. The results of the analysis of variance test showed that following the implementation of 8 weeks of intervention, a significant increase in the SOD variable was observed in the walnut oil group ($P = 0.01$) and the resistance training + walnut oil group ($P = 0.02$). However, in the resistance training group ($P = 0.11$), no significant difference was observed compared to the control group ($P = 0.22$). Additionally, in the walnut oil group ($P = 0.00$) and the resistance training + walnut oil group ($P = 0.01$), a significant increase in the CAT variable was observed ($P = 0.65$). On the other hand, in the walnut oil group ($P = 0.00$) and the resistance training + walnut oil group ($P = 0.01$), a significant decrease in the ROS variable was observed compared to the control group ($P = 0.57$). In the post-test, there was a significant difference between the four groups ($P < 0.05$).

Conclusion

Dietary supplements, especially herbal ones, counteract oxidative stress due to their high antioxidant levels. In fact, it seems that the compounds in herbal supplements affect the body's antioxidant capacity and prevent excessive and severe increases in muscle damage markers. Additionally, by increasing antioxidant capacity, they inhibit the synthesis of free radicals, resulting in less damage to cell membranes and reducing the levels of various oxidant agents. According to the findings of this study, following resistance training, the levels of antioxidant factors such as SOD and CAT decreased, while ROS levels increased. On the other hand, antioxidant factors such as SOD and CAT increased after walnut oil consumption, while ROS levels decreased. Overall, it seems that resistance training can increase free radicals and affect the

antioxidant system in the body, creating conditions for serious damage caused by oxidative stress. Furthermore, the consumption of herbal supplements such as walnut oil increases antioxidant factors, thereby reducing the destructive effects of oxidants on the cell lipid membrane and the activity of oxidant enzymes.

Key Words: resistance training, walnut oil, superoxide dismutase enzyme (SOD), catalase enzyme (CAT), reactive oxygen species (ROS).

Article message

According to the results of this study, it seems that consuming walnut oil increases antioxidant capacity and reduces cellular damage by decreasing ROS, improving cellular activity, and reducing muscle damage.

Ethical Considerations

This study was approved by the Research Ethics Committee of the Sports Science Research Institute, in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, with the code of ethics (IR.SSRC.REC.1402.057).

Authors' Contributions

Conceptualization: (Saeid Shamlou)
Data Collection: (Ehteram Eftekhari, Saeid Shamlou)
Data Analysis: (Saeid Shamlou, Ehteram Eftekhari)
Manuscript Writing: (Raha Rassolnia, Saeid Shamlou)
Review and Editing: (Saeid Shamlou)
Responsible for funding: (Ali Hemmati Afif)
Literature Review: (Saeid Shamlou, Ehteram Eftekhari)
Project Manager: (Ali Hemmati Afif)

Conflict of Interest

According to the authors, this article has no conflicts of interest.

Acknowledgments

We sincerely thank all participants who assisted us in conducting this research. The research costs were covered by the authors.

فیزیولوژی ورزشی، زمستان ۱۴۰۳، دوره ۱۶، شماره ۶۴، صص ۳۵-۵۰. DOI: 10.22089/spj.2025.17394.2338

فیزیولوژی ورزشی
وبگاه نشریه: https://spj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تاثیر تمرینات مقاومتی و روغن گردو بر برخی پارامترهای استرس اکسیداتیو در ورزشکاران

احترام افتخاری[۱]، رها رسول‌نیا[۲]، سعید شاملو[۳]، علی همتی عفیف*[۴]

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه دانش البرز، قزوین، ایران
۲ و ۴. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۴، تاریخ انتشار آنلاین:۱۴۰۴/۰۴/۲۴

*نویسنده مسئول: علی همتی عفیف، ایمیل: hematiafif@soc.ikiu.ac.ir

نحوه ارجاع‌دهی: افتخاری، احترام، رسول‌نیا، رها. شاملو، سعید و همتی عفیف، علی. (۱۴۰۳). تاثیر تمرینات مقاومتی و روغن گردو بر برخی پارامترهای استرس اکسیداتیو در ورزشکاران. فیزیولوژی ورزشی، ۱۶(۶۴): ۳۵-۵۰.

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات مقاومتی و مصرف روغن گردو بر روی پارامترهای استرس اکسیداتیو CAT، SOD و ROS در ورزشکاران بود. تحقیق حاضر یک مطالعه تجربی با جامعه آماری زنان ورزشکار بود. نمونه‌ها به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به‌طور تصادفی، به چهار گروه ده نفری تقسیم شدند. تمرینات ورزشی به مدت ۸ هفته و هر هفته، ۳ جلسه اجرا شد که دو هفته ابتدایی، برنامه تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع شد و سپس هر دو هفته یک بار برای افزایش میزان بار تمرینی به میزان ۵ درصد بر میزان یک تکرار بیشینه اضافه گردید و در گروه مکمل گیاهی و مکمل همراه با تمرینات ورزشی، روغن گردو به صورت مصرف روزانه ۱۵ سی‌سی همراه با وعده‌های غذایی مصرف شد. طبق نتایج به دنبال اجرا ۸ هفته مداخله در گروه روغن گردو(P=۰.۰۱)، گروه تمرین مقاومتی+روغن گردو(P =۰.۰۲)، افزایش معنی داری در متغیر SOD مشاهده شد؛ اما در گروه تمرین مقاومتی(P=۰.۱۱) نسبت‌به گروه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده نشد(P=۰.۲۲). همچنین در گروه روغن گردو(P=۰.۰۰)، گروه تمرین مقاومتی+روغن گردو(P=۰.۰۱)، نیز افزایش معنی داری در متغیر CAT مشاهده شد(P=۰.۶۵)؛ از طرفی، در گروه روغن گردو(P=۰.۰۰)، گروه تمرین مقاومتی+روغن گردو(P=۰.۰۱)، نیز کاهش معنی داری در متغیر ROS نسبت به گروه کنترل مشاهده شد(P=۰.۵۷). با توجه به نتایج این پژوهش به‌نظر می‌رسد مصرف روغن گردو باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب‌های سلولی از طریق کاهش ROS و موجب بهبود فعالیت سلولی و کاهش آسیب‌های عضلانی می‌شود.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC- ND: No Derivatives) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

واژگان کلیدی: تمرینات مقاومتی، روغن گردو، آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، آنزیم کاتالاز (CAT) و گونه فعال اکسیژن (ROS).

مقدمه

در حضور سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی معیوب یا به دلیل تغییر درون‌زا یا نارسایی برون‌زا که تعادل را به نفع رادیکال‌های آزاد برهم می‌زند، استرس اکسیداتیو ایجاد می‌شود(۱). استرس اکسیداتیو به عنوان یک عامل خطر اصلی در شروع و پیشرفت بیماری سندرم متابولیک و همچنین در ایجاد عوارض دیابت و التهاب عروقی در نظر گرفته می‌شود(۲). تمرینات بدنی منظم، از اجزای اصلی سبک زندگی سالم است که از بروز برخی از بیماری‌های مزمن همچون بیماری‌های قلبی-عروقی و بعضی بیماری‌ها نظیر سندرم متابولیک و دیابت پیشگیری می‌کند(۳).

تمرینات مقاومتی با هماهنگی دستگاه‌های عصبی-عضلانی و درگیر کردن آنزیم‌ها و هورمون‌های بدن در حین اجرا تمرینات و استفاده از چربی‌ها به عنوان سوخت تمرینی در تمرینات سنگین‌تر باعث ایجاد شرایطی می‌شود که میزان استرس اکسیداتیو در طول اجرای تمرینات افزایش یافته که با اعمال شرایط استراحت می‌تواند به کاهش مقادیر استرس اکسیداتیو منجر شود(۴, ۵). در پژوهشی، نادری‌فر و همکاران بیان کردند به‌دنبال اجرا تمرینات ورزشی، استرس اکسیداتیو در زنان کاهش می‌یابد(۶).

روغن گردو به عنوان عاملی در برابر استرس اکسیداتیو عمل می‌کند(۷). خواص ضد التهابی روغن گردو با تاثیر بر سطوح سیتوکین‌های پیش‌التهابی مانند IL-6، IL-8، TNF-a و MCP-1 مورد تایید قرار گرفته است(۸). همچنین روغن گردو از پلیمرهای زیستی در برابر آسیب اکسیداتیو ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) محافظت می‌کند و ترشح سیتوکین‌های پیش‌التهابی را سرکوب می‌کند(۹). در پژوهشی گزارش کردند که گردو حاوی پلی فنول‌های بیشتری نسبت به هر آجیل دیگری است. روغن گردو نسبت به سایر آجیل‌ها در اتصال با LDL برتری دارد و اکسیداسیون آنها را مهار می‌کند. پلی فنل گردو دارای فعالیت شبه سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و اثر مهار رادیکال قابل توجهی در برابر دی فنیل پیکریل هیدرازیل هستند(۱۰).

مطالعات نشان داده است که شرکت در فعالیت‌های ورزشی شدید باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (پراکسیدان ها) در عضلات اسکلتی، کبد و قلب می‌شود. لذا دستگاه دفاعی بدن برای مقابله با استرس های اکسایشی و شرایط التهابی از ضد اکساینده‌هایی نظیر SOD، کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) بهره می‌گیرد (۱۱). SOD آنزیم آنتی اکسیدانی است که تبدیل رادیکال سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن کاتالیز می‌کند(۱۲). مکانیسم‌های متعددی جهت افزایش شکل‌گیری ROS پیشنهاد شده است. گلیکاسیون غیر آنزیمی پروتئین‌ها، خوداکسیداسیون گلوکز و تخریب اکسیداتیو پروتئین‌های گلیکوزیله عوامل اصلی رادیکال‌های آزاد به‌شمار می‌آیند(۱۳). آنزیم CAT تجزیه یا کاهش پراکسید هیدروژن (H_2O_2) به آب و اکسیژن مولکولی را کاتالیز می کند، در نتیجه فرآیند سم‌زدایی توسط SOD را تکمیل می‌کند(۱۴).

ROS از طریق فرآیندهای متابولیکی منظم در میتوکندری سلولی به دنبال اجرا تمرینات ورزشی تولید شده و موجب آسیب به ماکرومولکول‌ها می‌شود(۱۵). از سوی دیگر، در پژوهشی عنوان شد سازگاری ناشی از تمرینات مقاومتی در ظرفیت آنتی اکسیدانی موجب استرس متابولیکی_مکانیکی و تولید یکی از بیومارکرهای آنتی اکسیدانی به نام آنزیم CAT می‌شود(۱۶). در مقابل، روغن گردو به دلیل وجود توکوفرول‌ها (ویتامین E)، پلی‌فنول‌ها (مانند الاژیتانین‌ها، پدونکولاژین) و فیتواسترول‌ها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد(۱۰).

با توجه به مباحث بیان شده و تناقضات پژوهشی در خصوص تاثیرات ورزش بر میزان سطوح استرس اکسیداتیو و عوامل آنتی اکسیدانی و همچنین بررسی تاثیر مصرف روغن گردو به صورت مجزا و همزمان با تمرینات ورزشی بر عوامل یاد شده که تا کنون پژوهشی تاثیر همزمان این مداخلات را در زنان ورزشکار مورد بررسی قرار نداده است، لذا در این پژوهش به بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات مقاومتی و مصرف روغن گردو بر روی پارامترهای استرس اکسیداتیو CAT، SOD، ROS در ورزشکاران پرداخته می‌شود.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و در قالب یک مطالعه تجربی و ۴ گروهی (۳ گروه تجربی و ۱ گروه کنترل)، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون، دراستان همدان انجام گرفت. داوطلبان شرکت‌کننده در این مطالعه در مورد هدف مطالعه توجیه شدند. آنها همچنین فرم رضایت‌نامه کتبی را پر کردند. این مطالعه با رعایت دستورالعمل‌های بیانیه هلسینکی، مورد تأیید کمیته اخلاق پژوهشی پژوهشگاه علوم ورزشی با کد اخلاق (IR.SSRC.REC.1402.057) قرار گرفت.

جامعه پژوهش مورد نظر زنان ورزشکار شهرستان همدان بوده که تعداد ۴۰ نفر از زنان ۲۵ تا ۳۵ سال که سابقه اجرا تمرین مقاومتی به طور مداوم نداشته‌اند، بر مبنای نرم‌افزار جی پاور و با در نظر گرفتن خطای نوع اول آلفا برابر با ۰.۰۵ و خطای نوع دوم بتا برابر با ۰.۱ (۱۷) 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 مکمل‌های آنتی اکسیدانی، مصرف دارو، مصرف قهوه، دخانیات و کاکائو تا ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون و تا زمان جمع‌آوری نمونه خونی که بر سیستم و عملکرد ایمنی تاثیر دارد، خودداری کنند (۱۸).

به منظور آشنایی افراد شرکت‌کننده در مطالعه با حرکات و دستگاه‌های 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 و نداشتن مشکلات جسمانی و حرکتی بود. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: تحمل نکردن ورزش (ابراز ناراحتی، بی‌حالی شدید، نداشتن تعادل و گیجی)، ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی، شرکت نکردن منظم در تمرینات و مصرف نادرست مکمل و کامل نکردن طول مدت پژوهش بود (۶). تمام اصول اخلاقی کار با این افراد در حین تمرین‌های ورزشی و آزمایش‌ها

رعایت شد و پس از دریافت اطلاعات پزشکی، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی سازی ساده، در ۴ گروه (تمرینات مقاومتی ۱۰ نفر، مکمل روغن گردو ۱۰ نفر، تمرینات به همراه مکمل ۱۰ نفر و کنترل ۱۰ نفر) قرار گرفتند.

سن همه افراد شرکت کننده با استفاده از شناسنامه آنان ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن بدن (ترازوی دیجیتال Xiaomi ساخت کشور چین)، آزمودنی‌ها با حداقل لباس روی ترازو ایستادند. وزن بدن با دقت ۰.۱ کیلوگرم ثبت شد(۱۹). اندازه‌گیری وزن بدن در ابتدا صبح و به‌صورت ناشتا انجام گرفت. برای اندازه‌گیری قد (قدسنج SECA)، آزمودنی‌ها صاف، پشت به دیوار و دقیقا زیر استادیومتر به حالتی ایستادند که پشت، کفل‌ها و پاشنه‌ها در تماس با دیوار بود. سر باید در جهت حد تراز فرانکفورت (حد بالای حفره گوش و حد پایینی حفره چشمی باید بر روی یک صفحه هوریزنتال باشد) قرار گرفت. آزمودنی‌ها پیش از اندازه‌گیری، نفس عمیقی کشیدند و در حین اندازه‌گیری نگه‌داشتند (۶).

پروتکل تمرین

تمرینات ورزشی به مدت ۸ هفته و هر هفته، ۳ جلسه اجرا شد. تمام جلسات تمرینی با گرم کردن و تمرینات کششی به مدت ۱۰ دقیقه شروع شد و پس از اتمام تمرینات، نوبت به سرد کردن رسید (در ۵ دقیقه پایانی هر جلسه، شرکت‌کنندگان در یک دوره سرد کردن شرکت کردند که شامل حرکات استاتیک با هدف قرار دادن گروه‌های عضلانی بزرگتر بود و بین ۱۰ تا ۱۵ ثانیه در هر موقعیت طول می‌کشید و هر تمرین ۱ تا ۲ بار تکرار می‌شد)(۲۰). شرکت‌کنندگان ۹ حرکت اسکات، پرس پا، جلو ران، پشت ران، زیربغل سیمکش، پارویی نشسته، پرس سینه، بک‌فلای و کرانچ را در ۳ نوبت با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه، بین ۶ تا ۱۲ تکرار و مدت استراحت ۶۰ تا ۹۰ ثانیه بین هر ست و ۱۲۰ تا ۱۸۰ ثانیه بین هر حرکت اجرا کردند. لازم به ذکر است که دو هفته ابتدایی، برنامه تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع شد و سپس هر دو هفته یک بار برای افزایش میزان بار تمرینی به میزان ۵ درصد بر میزان یک تکرار بیشینه اضافه گردید(۲۱). یک تکرار بیشینه در هر حرکت با استفاده از فرمول برزیسکی (Brzycki formula) محاسبه شد (۲۲).

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

مصرف روغن گردو

در گروه مکمل و مکمل همراه با تمرینات ورزشی، دوز مصرفی روغن گردو با توجه به مطالعات پیشین به صورت مصرف روزانه ۱۵ سی‌سی از روغن گردو، ۴ کپسول حاوی ۱.۲۵ سی‌سی همراه با وعده‌ها(سه مرتبه در روز) توسط شرکت‌کنندگان مصرف شد (۲۳).

نمونه‌گیری و تجزیه و تحلیل خون

در هر مرحله از خون‌گیری (دو مرحله در طول تحقیق)، حدود ۵ سی سی خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها گرفته و به لوله‌های آزمایش منتقل شد. سپس، نمونه‌ها بلافاصله توسط دستگاه و به مدت ۱۰ دقیقه و ۳۰۰۰ دور در دقیقه

سانتریفیوژ شدند؛ سرم نمونه‌ها جدا و در میکروتیوپ ها جمع‌آوری شدند و برای بررسی و آزمایش، در دمای ۲۰- درجه فریز و نگهداری شدند. از کیت انسانی زلبایو (Zell bio) ساخت آلمان با حساسیت ۰.۰۳ U/ml برای سنجش سطوح استرس اکسیداتیو استفاده شد(۱۷).

روش‌های 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 کولموگروف-اسمیرنوف حاصل شد، از آزمون t وابسته برای بررسی تغییرات درون گروهی و از آزمون تحلیل واریانس یک راهه ANOVA و آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه بین گروهی در نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ در سطح معنی‌داری ۰.۰۵ انجام شد.

نتایج

میانگین و انحراف معیار متغیرهای دموگرافیک شامل سن، وزن و شاخص توده بدنی (BMI) آزمودنی‌های چهار گروه پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها

Table 1- Chatactristics of Subjects

گروه | Group	سن(سال) | Age (y)	وزن (kg) Weight	شاخص توده بدنی (kg/m²) BMI
تمرین | Training	28.4±2.4	63.4±2.6	22.4±0.6
روغن گردو | Walnut Oil	30.8±3.0	65±3.4	23.2±0.8
روغن گردو+تمرین Walnut Oil + Training	29.4±2.6	64.2±3.6	22.9±1.2
کنترل | Control	28.4±2.3	62.3±4.1	22.1±1.7

نتایج آزمون تی وابسته مشخص نمود که تفاوت معنی‌داری در میزان تغییرات درون‌گروهی متغیرهای موردبررسی (سوپر اکسید دیسموتاز، گونه اکسیژن فعال و کاتالاز) در هر سه گروه مداخله وجود داشت(P<۰.۰۵) اما در گروه کنترل بین پیش و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از متغیرهای موردبررسی مشاهده نشد (P>۰.۰۵).

جهت مقایسه اثر تمرینات و گروه مکمل بر متغیرهای مورد اندازه‌گیری در زنان از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد تا تفاوت‌های بین گروهی در پس‌آزمون مشخص گردد. نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان داد به دنبال اجرا ۸ هفته مداخله در گروه روغن گردو(P ۰.۰۱)، گروه تمرین مقاومتی+روغن گردو(P ۰.۰۲)، افزایش معنی داری در متغیر SOD مشاهده شد؛ اما در گروه تمرین مقاومتی(P ۰.۱۱) نسبت‌به گروه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده نشد(P ۰.۲۲). همچنین در گروه روغن گردو(P ۰.۰۰)، گروه تمرین مقاومتی+روغن گردو(P ۰.۰۱)، نیز افزایش معنی داری در متغیر CAT مشاهده شد(P ۰.۶۵)؛ از طرفی، در گروه روغن گردو(P ۰.۰۰)، گروه تمرین مقاومتی+روغن گردو(P ۰.۰۱)، نیز کاهش

معنی داری در متغیر ROS نسبت به گروه کنترل مشاهده شد(P ۰.۵۷). در پس‌آزمون بین چهار گروه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰.۰۵).

جدول۲- مقادیر CAT، SOD و ROS در گروه های پژوهش

Table 2- CAT, SOD and ROS levels in the research groups

	سوپر اکسید دسیموتاز (SOD) (U/m)		گونه اکسیژن فعال(ROS) (mg/dl)		کاتالاز (CAT) (U/m)	
	پیش‌آزمون pre	پس‌آزمون post	پیش‌آزمون pre	پس‌آزمون post	پیش‌آزمون pre	پس‌آزمون post
کنترل | Control	64.5±3.6	65.4±2.7	618.6±7.2	616.8±6.3	5.4±0.4	5.4±0.5
تمرین | Training	66.4±4.1	60.8±3.4[a]	605.9±5.6	620.7±6.4[ab]	5.3±0.2	4.9±0.3[ab]
روغن گردو | Walnut Oil	65.1±3.2	82.4±4.7[ab]	617.7±6.8	584.4±8[ab]	5.1±0.3	6.3±0.4[ab]
روغن گردو+تمرین Walnut Oil + Training	68.2±3.1	75.5±3.7[ab]	622.1±7.3	598.6±6.4[ab]	6.1±0.5	6.7±0.2[ab]

a تفاوت معنی‌دار نسبت‌به پیش‌آزمون؛ b تفاوت معنی‌دار نسبت‌به گروه کنترل.

[a] Significant difference compared to the pre-test; [b] Significant difference compared to the control group

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی تاثیر ۸ هفته تمرینات مقاومتی و مصرف روغن گردو بر برخی از بیومارکرهای آنتی اکسیدانی CAT، SOD و ROS در زنان انجام شد. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که ۸ هفته مصرف روغن گردو و به کارگیری هر دو به صورت همزمان، تاثیرات مثبت بر افزایش معنی‌دار مقادیر آنتی اکسیدانی CAT و SOD و کاهش ROS در زنان دارد، حال‌آنکه تمرینات مقاومتی به‌تنهایی موجب کاهش مقادیر آنتی اکسیدانی مطرح شده گردید و در مقابل موجب افزایش سطوح ROS نیز شد. آنزیم SOD اولین خط دفاع آنتی‌اکسیدانی است که رادیکال سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند (۱۲)، سپس آنزیم CAT پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تجزیه می‌کند (۱۴). این دو آنزیم نقش کلیدی در حفظ تعادل اکسیداتیو دارند و ترکیب تمرینات با مصرف منابع غذایی آنتی‌اکسیدان‌دار می‌تواند این مسیر را تقویت کند. همچنین روغن گردو با کاهش سیتوکین‌های التهابی نظیر TNF-α، IL-6 و MCP-1 از آسیب بیشتر جلوگیری می‌کند (۸, ۲۴).

مکمل‌های غذایی، به خصوص گیاهی، با توجه به اینکه دارای سطوح بالای آنتی اکسیدانی هستند، موجب تقابل با استرس اکسیداتیو می‌شود.در حقیقت، به نظر می‌رسد که ترکیبات موجود در مکمل‌های گیاهی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن تاثیر می‌گذارد و از افزایش بیش از حد و شدید نشانگرهای آسیب عضلانی پیشگیری می‌کند و همچنین، با افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی، موجب مهار سنتز رادیکال‌های آزاد می‌شود و به دنبال آن، آسیب کمتری به غشا سلول وارد می‌آید و همچنین موجبات کاهش سطوح عوامل اکسیدانی مختلف را فراهم می‌آورد (۲۵).

برخی از مطالعات اظهار داشتند که اثر ترکیبی تمرینات مقاومتی و روغن گردو موجب بهبود در شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی شده است؛ به‌طوری که افزایش معنادار در CAT و SOD و کاهش محسوس در ROS نسبت به

گروه‌های دیگر مشاهده شد. این یافته نشان می‌دهد که ترکیب مداخلات تمرینی و تغذیه‌ای می‌تواند اثر هم‌افزایی در کاهش استرس اکسیداتیو داشته باشد. تقویت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در اثر تمرین و مهار تولید ROS توسط روغن گردو می‌تواند توجیه‌گر این نتیجه باشد (۷, ۲۶). در قابل نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت ورزشی منجر به کاهش معنادار در سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی SOD و CAT و افزایش سطح ROS گردید. این یافته‌ها حاکی از آن است که ورزش اعمال‌شده، به‌ویژه در شدت یا مدت خاص به‌کاررفته، می‌تواند منجر به ایجاد استرس اکسیداتیو در بدن شود.

این امر می‌تواند به این جهت باشد که ورزش، تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را به سطحی افزایش می‌دهد که ممکن است آسیب قابل تحملی را ایجاد کند، که به نوبه خود، می‌تواند با تنظیم مجدد سیستم‌های آنتی اکسیدانی سلولی و تحریک سیستم‌های ترمیم آسیب اکسیداتیو، سازگاری‌های مفیدی را القا کند. همچنین استرس اکسیداتیو ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و التهاب احتمالا مکانیسم مهمی است که می‌تواند منجر به مرگ سلول‌های کبدی و آسیب بافت شود. ناهنجاری‌های میتوکندری، کاهش چندین آنزیم آنتی‌اکسیدان، کاهش گلوتاتیون (GSH) و کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های وابسته به GSH، تجمع لکوسیت ها و التهاب کبدی منابع اصلی تولید بیش از حد ROS هستند. تولید بیش از حد ROS ظرفیت سایر سیستم‌های دفاعی آنتی اکسیدانی را سرکوب می‌کند و باعث آسیب اکسیداتیو بیشتر می‌شود(۲۷). همچنین پژوهش یانگ چاو[1] و همکاران (2025) نشان داد که تمرینات شدید در بازیکنان فوتبال منجر به کاهش CAT و افزایش مالون‌دی‌آلدئید (MDA) شد که نشانگر افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و استرس اکسیداتیو است (۲۸). همچنین، پژوهش دیگری توسط راداک[2] و همکاران (2001) بر روی موش‌های آزمایشگاهی نشان داد که ورزش مزمن منجر به کاهش SOD و CAT و افزایش MDA در بافت مغز شد (۲۹). این نتایج بیانگر آن است که تمرینات شدید یا طولانی‌مدت می‌تواند مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی را تحت تأثیر منفی قرار دهد.

با این حال، برخی تحقیقات نیز نتایجی غیرهمسو با مطالعه حاضر ارائه داده‌اند. به‌عنوان نمونه، روی[3] و همکاران (2021)گزارش کردند که تمرینات استقامتی منظم می‌توانند باعث افزایش سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در عضلات اسکلتی شوند و بدن را برای مقابله با ROS سازگار نمایند (۳۰). همچنین در مطالعه‌ای توسط پریرا[4] مشخص شد که ورزش با شدت متوسط به مدت طولانی نه تنها باعث افزایش ROS نمی‌شود، بلکه ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی را نیز بهبود می‌بخشد (۳۱). در مطالعه‌ای نیز به بررسی تأثیر هشت هفته تمرین ورزشی ترکیبی بر استرس اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدی در زنان یائسه پرداختند و در نتایج بیان داشتند که سطوح سرمی SOD و CAT گروه تجربی پس از هشت هفته تمرین ورزشی ترکیبی به طور معنی‌داری افزایش یافت که این امر با تحقیقات ما ناهمسو بود (۳۲).

[1] Yongchao
[2] Radak
[3] Ruy
[4] Pereira

تفاوت بین نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات غیرهمسو می‌تواند به دلایلی همچون شدت تمرین، مدت تمرین، نوع بافت مورد مطالعه، وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها (ورزشکار یا غیرورزشکار) و یا تفاوت‌های گونه‌ای در مدل‌های حیوانی و انسانی مربوط باشد.

مکمل‌های غذایی، به‌خصوص گیاهی، با توجه به اینکه دارای سطوح بالای آنتی اکسیدان و پلیفنول هستند، موجب تقابل با استرس اکسیداتیو می‌شوند. در حقیقت، به نظر می‌رسد که ترکیبات پلی‌فنولی بر ظرفیت آنتی اکسیدانی بدن تاثیر می‌گذارد و از افزایش بیش از حد و شدید نشانگرهای آسیب عضلانی پیشگیری می‌کند و هم‌چنین، با افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی، 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 (۲۵). وانگ[1] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی تاثیر روغن گردو بر سلول‌های HepG2 کبدی در برابر مقاومت بالای انسولین ناشی از گلوکز و استرس اکسیداتیو پرداختند و در نتایج بیان شد که روغن گردو تاثیر مثبت بر استرس اکسیداتیو و مقاومت انسولینی را کاهش می‌دهند(۳۳). همچنین لورنزون[2] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی بیومارکرهای استرس اکسیداتیو، آنتی اکسیدان های مرتبط با آجیل و بیماری های قلبی عروقی پرداختند در نتایج بیان داشتند که آنتی اکسیدان های موجود در گردو باعث افزایش مقادیر آنتی اکسیدانی SOD و CAT پس از دوره مصرف هشت هفته‌ای شد(۲۶). همچنین سطوح بالای آنتی اکسیدان موجود در روغن گردو به کاهش استرس اکسیداتیو در بدن کمک می کند که در نتیجه این عامل میزان گونه‌های فعال (واکنش‌پذیر) اکسیژن در تقابل آنتی اکسیدان ها واکنش نشان داده و سطوح پایین تری را نشان می‌دهد (۳۴). این افزایش سطوح با افزایش آنتی‌اکسیدان گردو رابطه مثبت و مستقیم داشت و نشان می‌دهد با افزایش سطوح آنتی اکسیدانی و کاهش رادیکال‌های آزاد به بهبود استرس اکسیداتیو عضلانی منجر می‌شود. همچنین جامکا[3] و همکاران (۲۰۲۱) در زنان مبتلا به چاقی شکمی نشان دادند که تمرینات بدون تغذیه مکمل می‌تواند منجر به تضعیف سیستم آنتی‌اکسیدانی شود (۳۵). همنین در مطالعه‌ای که بر روی سلول‌های مونوسیتی انسانی (U937)تحت شرایط هایپرگلیسمی انجام شد، مشخص گردید که اگرچه روغن گردو ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها و فعالیت SOD را افزایش می‌دهد، اما تأثیری بر آسیب اکسیداتیو به DNA و پروتئین‌ها ندارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که روغن گردو ممکن است در برخی جنبه‌های استرس اکسیداتیو مؤثر نباشد (۳۶). در مطالعه‌ای دیگر، سلول‌های میکروگلیال HMC3 تحت تیمار با روتنون (یک عامل القاکننده استرس اکسیداتیو) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روغن گردو به تنهایی تأثیر قابل‌توجهی بر سطح ROS نداشت، اما در ترکیب با روتنون، سطح ROS افزایش‌یافته را به سطح کنترل بازگرداند. این یافته نشان می‌دهد که اثرات آنتی‌اکسیدانی روغن گردو ممکن است وابسته به شرایط خاصی باشد (۳۷). مطالعه‌ای بر روی روغن گردو استخراج‌شده با روش‌های مختلف نشان داد که برخی از این روش‌ها می‌توانند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی روغن را کاهش دهند. به‌عنوان مثال، روغن استخراج‌شده

[1] Wang
[2] Lorenzon
[3] Jamka

با روش پرس سرد (SP) دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی پایین‌تری نسبت به سایر روش‌ها بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که فرآیند استخراج می‌تواند بر خواص آنتی‌اکسیدانی روغن گردو تأثیر بگذارد (۳۸). این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از جنسیت، ترکیب بدنی، شدت تمرین، تغذیه و سایر عوامل زمینه‌ای باشد .

از محدودیت‌های این مطالعه محدودیت حجم نمونه و محدودیت مراجعین به دلیل وجود بیماری کووید -۱۹ بود و همچنین به دلیل مقطعی بودن و عدم ثبت میزان دریافت غذایی آزمودنی‌ها، به‌منظور توصیه قطعی نیاز به مطالعات بیشتری است. به محققین پیشنهاد می‌شود مطالعاتی در خصوص سایر انواع برنامه‌های تمرینی و مکمل‌های غذایی را مورد بررسی قرار دهند.

پیام مقاله

به نظر می‌رسد که تمرینات مقاومتی می‌تواند موجب افزایش رادیکال‌های آزاد شده و سیستم آنتی اکسیدانی در بدن را تحت تاثیر قرار می‌دهد و شرایط آسیب های جدی ناشی از استرس اکسیداتیو را فراهم می‌کند. همچنین مصرف مکمل های گیاهی نظیر روغن گردو سبب افزایش عوامل آنتی اکسیدانی می‌شود و به این دلیل اثرات تخریبی اکساینده‌ها بر غشای لیپیدی سلول و فعالیت آنزیم‌های اکسیدانی، کاهش می‌یابد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه با رعایت دستورالعمل‌های بیانیه هلسینکی، مورد تأیید کمیته اخلاق پژوهشی پژوهشگاه علوم ورزشی با کد اخلاق (IR.SSRC.REC.1402.057) قرار گرفت.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: سعید شاملو

جمع‌آوری داده‌ها: احترام افتخاری، سعید شاملو

تحلیل داده‌ها: سعید شاملو، احترام افتخاری

نوشتن مقاله: رها رسول‌نیا، سعید شاملو

بازبینی و ویرایش: سعید شاملو

مرور ادبیات: احترام افتخاری، سعید شاملو

مدیر پروژه: علی همتی عفیف

تعارض منافع

بدین‌وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند هیچ‌گونه تعارض منافعی در این مقاله وجود ندارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمام شرکت‌کنندگان در این پژوهش سپاس‌گزاری می‌شود. مقاله فوق حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد است که در دانشگاه دانش البرز به اجرا درآمده است که مراتب تقدیر خود را از مسئولین و آزمودنی‌های تحقیق اعلام می‌داریم.

منابع

1. Firouzyar F, Shamlou Kazemi S, Hemmati Afif A. The Effect of High-Intensity Interval Training on Antioxidant Factors in Women with Type 2 Diabetes. Journal of Exercise and Health Science. 2022;2(3):1-14. [In Persian].

2. Ni J, Shen L, Xu L, Jin Q, Wang G. 7-Ethoxyrosmanol alleviates hyperglycemia-induced vascular endothelial dysfunction by regulating FBXL7 expression. Journal of Bioenergetics and Biomembranes. 2021;53(5):553-60.

3. Wirth K, Keiner M, Fuhrmann S, Nimmerichter A, Haff GG. Strength training in swimming. International journal of environmental research and public health. 2022;19(9):5369.

4. Maestroni L, Read P, Bishop C, Papadopoulos K, Suchomel TJ, Comfort P, et al. The benefits of strength training on musculoskeletal system health: practical applications for interdisciplinary care. Sports Medicine. 2020;50(8):1431-50.

5. Rasuli Jokar E, Shamlou Kazemi S. Effect of Eight-Weeks Chitosan Supplementation and Combined Exercise on the Blood Pressure and Lipid Profile of Women With Hypertension. Journal of Sport Biosciences. 2023;15(1):55-70. [In Persian].

6. 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. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2022;32(212):42-53. [In Persian].

7. Laubertová L, Koňariková K, Gbelcová H, Ďuračková Z, Žitňanová I. Effect of walnut oil on hyperglycemia-induced oxidative stress and pro-inflammatory cytokines production. European journal of nutrition. 2015;54:291-9.

8. Gencoglu H, Orhan C, Tuzcu M, Sahin N, Juturu V, Sahin K. Effects of walnut oil on metabolic profile and transcription factors in rats fed high carbohydrate / fat diets. Journal of Food Biochemistry. 2020;44(7):e13235.

9. Zhao H, Li J, Zhao J, Chen Y, Ren C, Chen Y. Antioxidant effects of compound walnut oil capsule in mice aging model induced by D-galactose. Food & Nutrition Research. 2018;62.

10. Nguyen TH, Vu DC. A review on phytochemical composition and potential health-promoting properties of walnuts. Food Reviews International. 2023;39(1):397-423.

11. Yano T, Yunoki T, Matsuura R, Arimitsu T, Kimura T. Excessive oxygen uptake during exercise and recovery in heavy exercise. Physiological research. 2007;56:721-5.

12. Müllner E, Brath H, Toferer D, Adrigan S, Bulla M-T, Stieglmayer R, et al. Genome damage in peripheral blood lymphocytes of diabetic and non-diabetic individuals after intervention with vegetables and plant oil. Mutagenesis. 2013;28(2):205-11.

13. Maritim A, Sanders a, Watkins Iii J. Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: a review. Journal of biochemical and molecular toxicology. 2003;17(1):24-38.

14. Kodydková J, Vávrová L, Kocík M, Zak A. Human catalase, its polymorphisms, regulation and changes of its activity in different diseases. Folia biologica. 2014;60(4):153.

15. Wang F, Wang X, Liu Y, Zhang Z. Effects of exercise induced ROS on the pathophysiological functions of skeletal muscle. Oxidative medicine and cellular longevity. 2021;2021(1):3846122.

16. 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.

17. 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 Journal of Clinical Medicine. 2023;30(1):21-9. [In Persian].

18. Firuzyar F, Shamlou Kazemi S, Hemati Afif A. 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. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2023;33(228):49-60. [In Persian].

19. Shamlou Kazemi S, Heidarianpour A. The Effect of Eight Weeks' Circuit Resistance Training and Moderate Intensity Continuous Training on Metabolic Indices and Sirtuin1 Serum Level in Women with Metabolic Syndrome. Iranian Journal of Diabetes and Metabolism. 2023;23(3):168-78. [In Persian].

20. Kazemi SS, Heidarianpour A, Shokri E. Effect of resistance training and high-intensity interval training on metabolic parameters and serum level of Sirtuin1 in postmenopausal women with metabolic syndrome: a randomized controlled trial. Lipids in Health and Disease. 2023;22(1):177. [In Persian].

21. Eghbali E, Arazi H, Suzuki K. Supplementing With Which Form of Creatine (Hydrochloride or Monohydrate) Alongside Resistance Training Can Have More Impacts on Anabolic/Catabolic Hormones, Strength and Body Composition? Physiological Research. 2024;73(5):739.

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).

23. Zibaeenezhad MJ, Farhadi P, Attar A, Mosleh A, Amirmoezi F, Azimi A. Effects of walnut oil on lipid profiles in hyperlipidemic type 2 diabetic patients: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Nutrition & diabetes. 2017;7(4):e259-e.

24. Zhao H, Li J, Zhao J, Chen Y, Ren C, Chen Y. Antioxidant effects of compound walnut oil capsule in mice aging model induced by D-galactose. Food & Nutrition Research. 2018;62:10.29219/fnr. v62. 1371.

25. Mirmasoumi G, Fazilati M, Foroozanfard F, Vahedpoor Z, Mahmoodi S, Taghizadeh M, et al. 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. Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes. 2018;126(04):222-8.

26. Lorenzon dos Santos J, Schaan de Quadros A, Weschenfelder C, Bueno Garofallo S, Marcadenti A. Oxidative stress biomarkers, nut-related antioxidants, and cardiovascular disease. Nutrients. 2020;12(3):682.

27. Clemente-Suárez VJ, Bustamante-Sanchez Á, Mielgo-Ayuso J, Martínez-Guardado I, Martín-Rodríguez A, Tornero-Aguilera JF. Antioxidants and sports performance. Nutrients. 2023;15(10):2371.

28. Xie Y, Gu Y, Li Z, Zhang L, Hei Y. Effects of exercise on different antioxidant enzymes and related indicators: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Scientific Reports. 2025;15(1):12518.

29. Radák Z, Kaneko T, Tahara S, Nakamoto H, Pucsok J, Sasvári M, et al. Regular exercise improves cognitive function and decreases oxidative damage in rat brain. Neurochemistry international. 2001;38(1):17-23.

30. Bouviere J, Fortunato RS, Dupuy C, Werneck-de-Castro JP, Carvalho DP, Louzada RA. Exercise-stimulated ROS sensitive signaling pathways in skeletal muscle. Antioxidants. 2021;10(4):537.

31. Pereira B, Rosa LC, Safi D, Medeiros MHGd, Curi R, Bechara EJH. Superoxide dismutase, catalase, and glutathione peroxidase activities in muscle and lymphoid organs of sedentary and exercise-trained rats. Physiology & behavior. 1994;56(5):1095-9.

32. Giolo JS, Costa JG, da Cunha-Junior JP, Pajuaba ACA, Taketomi EA, de Souza AV, et al. The effects of isoflavone supplementation plus combined exercise on lipid levels, and inflammatory and oxidative stress markers in postmenopausal women. Nutrients. 2018;10(4):424.

33. Wang J, Wu T, Fang L, Liu C, Liu X, Li H, et al. Peptides from walnut (Juglans mandshurica Maxim.) protect hepatic HepG2 cells from high glucose-induced insulin resistance and oxidative stress. Food & function. 2020;11(9):8112-21.

34. Berryman CE, Grieger JA, West SG, Chen C-YO, Blumberg JB, Rothblat GH, et al. Acute consumption of walnuts and walnut components differentially affect postprandial lipemia, endothelial function, oxidative stress, and cholesterol efflux in humans with mild hypercholesterolemia. The Journal of nutrition. 2013;143(6):788-94.

35. KB S, Vaishali K, Kadavigere R, Sukumar S, KN S, Pullinger SA, et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular

function among individuals with overweight and obesity—a systematic review. International journal of obesity. 2024:1-17.

36. Calcabrini C, De Bellis R, Mancini U, Cucchiarini L, Stocchi V, Potenza L. Protective effect of Juglans regia L. walnut extract against oxidative DNA damage. Plant foods for human nutrition. 2017;72:192-7.

37. Munteanu C, Kotova P, Schwartz B. Impact of Olive Oil Components on the Expression of Genes Related to Type 2 Diabetes Mellitus. Nutrients. 2025;17(3):570.

38. Gao P, Ding Y, Chen Z, Zhou Z, Zhong W, Hu C, et al. Characteristics and antioxidant activity of walnut oil using various pretreatment and processing technologies. Foods. 2022;11(12):1698.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی