

Comparison of Eight Weeks of Combined Training With and Without Chia Seed Consumption on Oxidative Stress and Lipid Profile in Women with Metabolic Syndrome

Aysouda Moaiyedi ¹ , Javad Vakili ^{2✉} , Saeid Nikoukheslat ³ 

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
E-mail: aysoodamoayedi7@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: Vakili@tabrizu.ac.ir
3. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
E-mail: s_nikoo@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research	Introduction Metabolic Syndrome (MS) is a cluster of metabolic disorders associated with obesity and Oxidative Stress (OS). Chia seeds, rich in fatty acids and antioxidants, may contribute to the improvement of MS. This study aimed to investigate the effects of eight weeks of combined training with and without chia seed consumption on OS and lipid profile in women with MS.
Article history: Received: 10 November 2024 Received in revised form: 1 February 2025 Accepted: 12 March 2025 Published online: 20 September 2025	Methods: In a quasi-experimental design, 26 non-menopausal women aged 40–52 years with MS were assigned to one of two groups: combined training with chia seed supplementation (T+S) or combined training alone (T). The T+S group consumed 20 grams of chia seeds daily. The 8-week training protocol consisted of three weekly sessions of combined training—bodyweight resistance training (RPE 15–17) and aerobic training (60–80% of HRR)—each lasting 70–90 minutes. Fasting blood samples were collected 48 hours before and after the intervention to assess malondialdehyde (MDA), total antioxidant capacity (TAC), and lipid profile. Data were analyzed using two-way mixed ANOVA, Mann–Whitney U, and Wilcoxon signed-rank tests at a significance level of $\alpha < 0.05$.
Keywords: Chia seeds, Combined exercises, Lipid profile, Metabolic syndrome, Oxidative stress	Results: After eight weeks, both groups showed significant reductions in triglycerides ($p < 0.001$), low-density lipoprotein (LDL) ($p < 0.01$), and total cholesterol ($p < 0.001$), with no additional benefit observed from chia seed consumption. However, the T+S group demonstrated a significant increase in high-density lipoprotein (HDL) ($p < 0.03$) and TAC ($p < 0.001$), along with a significant reduction in MDA ($p < 0.001$). Conclusion: The findings of the present study indicate that eight weeks of combined training with chia seed consumption is more effective in improving OS and MS indicators.

Cite this article: Moaiyedi A., Vakili J., & Nikokheslat S. Comparison of Eight Weeks of Combined Training With and Without Chia Seed Consumption on Oxidative Stress and Lipid Profile in Women with Metabolic Syndrome. *Journal of Sport Biosciences*. 2024; 17 (2): 25–42.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JSB.2025.384308.1659>.



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
| Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: jsb@ut.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

Metabolic syndrome (MetS) is a prevalent condition characterized by abdominal obesity, elevated triglycerides, low HDL cholesterol, high blood pressure, and increased fasting glucose, which increase the risk of cardiovascular diseases (CVDs) and type 2 diabetes. Obesity, inflammation, and oxidative stress (OS) are key factors in MetS development, with excessive reactive oxygen species (ROS) causing mitochondrial dysfunction and lipid oxidation. Combined aerobic and resistance exercise is considered one of the most effective interventions for improving MetS outcomes, such as muscle strength, blood pressure control, blood glucose regulation, and weight management. Unfortunately, physical activity is often overlooked in favor of pharmaceutical treatments, despite its significant impact on health outcomes. Chia seeds, rich in protein, lipids, and fiber, exhibit antioxidant properties and have shown potential benefits in managing metabolic disorders. Given the potential benefits of chia seeds, combined exercises, and their effects on oxidative stress and lipid profiles, this study compares the effects of these interventions on individuals with metabolic syndrome.

Methods

In a semi-experimental design, 26 premenopausal women aged 40–52 with metabolic syndrome were assigned to either an exercise plus chia seed group (T+S) or an exercise-only group (T). The T+S group consumed 20g of chia seeds daily in two servings before lunch and dinner. Both groups completed an 8-week combined aerobic and resistance training program (3 sessions/week, 60–80% HRR, RPE 15–17, 70–90 minutes) at the University of Tabriz Gymnasium. Participants were recruited via public call and screened for eligibility. Blood samples were collected before and after the intervention during the follicular phase (8–14 days post-menstruation), 24–72 hours after the last training session, following a 12-hour fast. Serum levels of LDL, TG, HDL, TC, MDA, and TAC were measured using enzymatic colorimetric methods and spectrophotometry.

Results

A two-way mixed analysis of variance (ANOVA), along with Mann-Whitney U and Wilcoxon tests, revealed significant improvements in triglycerides, LDL, and total cholesterol levels across both groups following the eight-week intervention, with a significance level set at $\alpha < 0.05$. Both groups demonstrated marked improvements in triglycerides ($p < 0.001$), LDL ($p < 0.001$), and total cholesterol ($p < 0.001$). However, no additional effects from chia seed supplementation were observed. Furthermore, the training plus supplementation (T+S) group exhibited significant increases in HDL ($p < 0.03$) and TAC ($p < 0.001$), along with a notable decrease in MDA ($p < 0.001$).

Conclusion

Combined training with chia seed supplementation significantly improved key markers of metabolic syndrome, including increased HDL and TAC levels and decreased MDA levels, reflecting enhanced antioxidant capacity. In contrast, combined training alone led to significant reductions in LDL, TG, and TC levels but did not affect oxidative stress markers. Chia seed supplementation contributed to the improvement of HDL but did not provide additional benefits for other lipid markers beyond those achieved through exercise alone. These findings align with previous systematic reviews suggesting that combined training is an effective strategy for improving lipid profiles and lowering cardiovascular risk in individuals with metabolic syndrome. The results also suggest that chia seeds, when used alongside exercise, may enhance antioxidant defenses and support improvements in specific metabolic health parameters.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This research has received approval from the Research Ethics Committee at the University of Tabriz (IR.TABRIZU.REC.1402.167).

Funding: This article is derived from a Master's thesis. All expenses were covered by the authors.

Authors' contribution: All authors contributed equally to the preparation of the article

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgments: We would like to express our gratitude to all the participants who contributed to this research.

مقایسه هشت هفته تمرینات ترکیبی با و بدون مصرف دانه چیا بر استرس اکسایشی و پروفایل لیپیدی زنان مبتلا به سندروم متابولیک

آیسودا مویدی^۱، جواد وکیلی^۲، سعید نیکوخصلت^۳

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: aysoodamoayed7@gmail.com
 ۲. نویسنده مسئول، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: Yakili@tabrizu.ac.ir
 ۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: s_nikoo@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه: سندروم متابولیک (MS) مجموعه‌ای از اختلالات متابولیکی است که با چاقی و استرس اکسایشی (OS) مرتبط است. دانه چیا حاوی اسیدهای چرب و آنتی‌اکسیدان‌هایی است که می‌تواند در بهبود MS مؤثر باشد. این تحقیق با هدف بررسی اثر هشت هفته تمرین ترکیبی با و بدون مصرف دانه چیا بر OS و پروفایل لیپیدی زنان مبتلا به MS انجام گرفت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰	روش پژوهش: در یک طرح نیمه‌تجربی، ۲۶ زن غیربائس ۴۰-۵۲ ساله مبتلا به MS در یکی از دو گروه تمرین ترکیبی و مصرف دانه چیا (T+S) و تمرین ترکیبی (T) قرار گرفتند. گروه T+S روزانه ۲۰ گرم دانه چیا دریافت کردند. پروتکل تمرینی هشت‌هفته‌ای شامل سه جلسه تمرین ترکیبی (تمرین مقاومتی با وزن بدن (RPE ۱۵-۱۷) و تمرین هوازی (۶۰-۸۰٪ HRR)) در هفته به مدت ۷۰-۹۰ دقیقه بود. نمونه‌های خونی برای سنجش فاکتورهای مالون دی‌آلدهید (MDA)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) و پروفایل لیپیدی ۴۸ ساعت پیش و پس از پروتکل تمرینی در شرایط ناشتا اخذ شد. داده‌ها از تحلیل واریانس مختلط دوطرفه و آزمون یومن‌وینتی و ویلکاکسون در سطح معناداری $\alpha < 0.05$ تحلیل شدند.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۱۳	یافته‌ها: پس از هشت هفته مداخله، در هر دو گروه بهبود تری‌گلیسیرید ($P < 0.001$)، لیپوپروتئین کم‌چگال ($P < 0.01$) و کلسترول تام ($P < 0.001$) مشاهده شد و مصرف دانه چیا تأثیر مضاعفی نداشت؛ اما افزایش معناداری در لیپوپروتئین پرچگال ($P < 0.03$) و TAC ($P < 0.001$) و کاهش MDA ($P < 0.001$) در گروه T+S مشاهده شد.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲	نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر نشان داد هشت هفته تمرین ترکیبی با مصرف دانه چیا در بهبود OS و MS مؤثرتر است.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰	

کلیدواژه‌ها:

استرس اکسایشی،
پروفایل لیپیدی،
تمرینات ترکیبی،
دانه چیا،
سندروم متابولیک

استناد: مویدی، آیسودا؛ وکیلی، جواد؛ و نیکوخصلت، سعید. مقایسه هشت هفته تمرینات ترکیبی با و بدون مصرف دانه چیا بر استرس اکسایشی و پروفایل لیپیدی زنان مبتلا به سندروم متابولیک. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۲؛ ۱۷(۲): ۴۲-۲۵.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JSB.2025.384308.1659>.

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کرییتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است. | آدرس نشریه: <https://jsb.ut.ac.ir/> | ایمیل: jsb@ut.ac.ir



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

سندروم متابولیک^۱ (MetS) از مشکلات رایج در جهان است که روند صعودی دارد. حدود یک‌چهارم جمعیت بزرگسال جهان به MetS مبتلا هستند [۱]. وجود سه شاخص غیرطبیعی از پنج جزء (اندازه دور کمر بالا، افزایش تری‌گلیسیرید^۲ (TG) کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا^۳ (HDL)، افزایش فشارخون و افزایش قند خون ناشتا^۴ (FBS)) نشانگر MetS است. احتمال بروز حمله قلبی، سکتۀ مغزی، دیابت نوع دو و مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی در افراد مبتلا به MetS بیشتر است [۲]. پاتوژن MetS شامل چندین مکانیسم پیچیده است و دلایل ژنتیکی و اکتسابی دارد که تا به امروز به‌طور واضح مشخص نشده است. دریافت بیش‌ازحد کالری و کاهش مصرف انرژی، به تجمع لیپید و چاقی شکمی منجر می‌شود که یکی از مؤلفه‌های تشخیص MetS نیز چاقی شکمی است [۳]. از طرفی، چاقی می‌تواند هم نتیجه و هم علت استرس اکسایشی^۵ (OS) باشد. مطالعات نشان می‌دهد افرادی که درصد چربی بالاتری دارند، OS بالاتری نیز دارند. OS وضعیت به‌وجودآمده به‌علت عدم تعادل بین اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها در سیستم بیولوژیکی است [۴]. در کل OS پل ارتباط MetS و آسیب‌های مزمن است. افزایش تولید گونه‌های اکسیدکننده در MetS به‌عنوان سازوکار اساسی برای اختلال در عملکرد میتوکندری و سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی پذیرفته شده است. در نتیجه، چاقی و بالا رفتن کالری دریافتی ارتباط عمیقی با تشدید فاکتورهای MetS و تولید گونه‌های فعال اکسیژن^۶ (ROS) دارد [۵]. از طرفی، افزایش درصد چربی بدن با افزایش اسیدهای چرب آزاد^۷ (FFA) و ذخیره‌سازی بیش‌ازحد چربی در بافت چربی سفید مرتبط است. افزایش پاتولوژیک FFA سرم ناشی از تجمع بیش‌ازحد چربی در سرم افراد چاق، مانع متابولیسم طبیعی گلوکز می‌شود و موجب تجمع چربی کبدی، عضلانی و سوبستراهای انرژی می‌شود و اکسیداسیون چربی در میتوکندری و پروکسیزوم را افزایش می‌دهد [۶]. غلظت بالای FFA موجب افزایش استرهای کلسترول و TG می‌شود و سپس به کبد منتقل شده و موجب سنتز و تولید لیپوپروتئین‌های بسیار کم‌تراکم^۸ (VLDL) غنی از TG می‌شود. همچنین FFA موجب انتقال TG از VLDL به HDL و کاهش HDL می‌شود. همه این تغییرات، مشخصه دیس لیپیدی را در MetS تشکیل می‌دهند [۷]. برآورد خسارت توسط ROS از طریق مالون دی‌آلدید^۹ (MDA) اندازه‌گیری می‌شوند. MDA متداول‌ترین شاخص سنجش پراکسیداسیون لیپید است و توسط پراکسیداسیون اسیدهای چرب چندگانه اشباع‌نشده غشاهای بیولوژیکی تولید می‌شود. دفاع آنتی‌اکسیدانی انسان برای محافظت از سیستم‌های بیولوژیکی در برابر OS تکامل یافته است و مجموعه‌ای از مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی پیچیده در سیستم‌های بیولوژیکی یافت می‌شود. سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی بسته به نوع ROS تولید می‌شود و با توجه به مولکول هدف محافظت‌شده می‌تواند عملکردهای مختلفی داشته باشد [۸]. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) مقدار کل آنتی‌اکسیدان‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیبات کم‌وزن مولکولی در پلاسما هستند. کاهش قدرت تمام این اجزای پلاسما با هر دو جزء هیدروفیلی و هیدروفوبیک تخمین زده می‌شود که همه با هم در مجموع TAC را تشکیل می‌دهند [۵].

افزایش فعالیت بدنی در پیشگیری و درمان اولیه بیماری‌های قلبی-عروقی و MetS به‌دلیل مزایای محافظتی قلبی مرتبط با بهبود آمادگی قلبی-تنفسی توصیه می‌شود [۹]. ترکیب تمرینات هوازی و تمرینات قدرتی به‌عنوان راهبرد مؤثری برای بهبود سلامت، عملکرد کلی بدن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش همه عوامل دخیل در MetS است [۱۰]. تمرین ترکیبی شامل ترکیبی از تمرینات هوازی و

1. Metabolic syndrome

2. Triglycerides

3. High-density lipoprotein

4. Fasting blood sugar

5. Oxidative stress

6. Reactive oxygen species

7. Free Fatty Acids

8. Very-low-density lipoprotein

9. Malondialdehyde

10. Total antioxidant capacity

تمرینات مقاومتی با وزنه یا وزن بدن در یک جلسه تمرینی است. با پیروی از یک برنامه تمرین ترکیبی می‌توان از فواید افزایش آمادگی جسمانی و آمادگی قلبی-عروقی، به همراه بهبود ترکیب بدنی، کاهش درصد چربی، کاهش مقاومت به انسولین، بهبود پروفایل لیپیدی، بهبود سوخت‌وساز گلوکز-لیپید، کاهش هورمون‌های مترشحۀ بافت چربی، حفظ یا رشد عضله اسکلتی، افزایش قدرت و هماهنگی عصبی-عضلانی همزمان بهره برد [۱۱]. این تأثیرات و تغییرات می‌توانند در کاهش یا کنترل مؤلفه‌های سندروم متابولیک مؤثر باشند. نتایج فراتحلیلی در سال ۲۰۲۳ نشان داد که ورزش ترکیبی مناسب‌ترین روش در کنترل اختلالات متابولیکی است. ورزش ترکیبی مزایای هر دو نوع ورزش را دارد و ممکن است اثر هم‌افزایی در بعضی پارامترها را داشته باشد، ولی به این معنا نیست که همه نتایج را به حداکثر می‌رساند. بنابراین، ورزش هوازی مؤثرترین روش در بهبود BMI و ورزش مقاومتی بهترین راه برای کاهش چربی بدن است و نتیجه‌گیری شده است که با تمرینات ترکیبی می‌توان به حداکثر تأثیرات تمرینی رسید [۱۲]. فعالیت ورزشی می‌تواند با برانگیختن سازگاری‌های خاص، مانند افزایش فعالیت آنزیم ترمیم‌کننده آسیب آنتی‌اکسیدانی، افزایش مقاومت در برابر استرس اکسایشی و سطوح پایین‌تر آسیب اکسایشی مفید باشد. مطالعه روی غشای سلولی از گلبول‌های قرمز خون و دیگر سلول‌های بدن ورزشکاران نشان می‌دهد که ورزشکاران کمتر در معرض آسیب استرس اکسایشی هستند و تعادل بین آنتی‌اکسیدان‌ها و اکسیدان‌ها در بین ورزشکاران مناسب‌تر از سایر افراد است [۱۳].

دانه‌های مغزی از زمان‌های قدیم نقش مهمی در تغذیه و سلامت انسان ایفا می‌کنند. دانه چیا، به‌عنوان دانه مغزی و طلایی قرن بیست‌ویکم شناخته می‌شود و دارای محتوای بالایی از اسیدهای چرب اشباع‌نشده ضروری، آنتی‌اکسیدان‌ها، فیبر غذایی و همچنین اسیدهای آمینه ضروری، پلی‌فنول‌ها، ویتامین‌ها و نمک‌های معدنی است که می‌تواند در بهبود بیماری‌ها نقش داشته باشد [۱۴]. در حال حاضر، دانه‌های چیا بیشتر برای حفظ تعادل چربی سرم در بدن مصرف می‌شوند. این به دلیل وجود امگا-۳ در دانه چیا است [۱۵].

در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی (مانند کتان، کینوا و آفتابگردان)، دانه‌های چیا با ترکیب شیمیایی منحصربه‌فرد باارزش، مواد مغزی بالاتری دارد [۱۶]. امروزه خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی چربی‌های غیراشباع چندگانه (PUFA) امگا-۳ مطرح شده است. مصرف PUFA ممکن است به تغییر سطوح مختلف PUFA در فسفولیپیدهای غشای سلولی منجر شود. PUFA در عملکرد و پاسخگویی سلولی و بافتی به سیگنال‌ها نقش دارد که ممکن است به‌عنوان آنتی‌اکسیدان با تنظیم مسیر سیگنال دهی آنتی‌اکسیدان عمل کند [۱۷]. همان‌طور که بیان شد، سطح استرس اکسایشی و چربی خون در افراد مبتلا به سندروم متابولیک بالاست. مطالعات اغلب روی نمونه‌های حیوانی انجام شده است و مطالعات اندکی اثر دانه چیا یا تمرین ترکیبی بر پروفایل لیپیدی و استرس اکسایشی را در بیماران سندروم متابولیک بررسی کرده‌اند. همچنین در پژوهش‌های مربوط به تأثیر دانه چیا بر پروفایل لیپیدی و استرس اکسایشی نتایج ضد و نقیض زیادی مشاهده می‌شود. در مطالعه مروری نظام‌مند در سال ۲۰۲۴، تأثیرات مصرف دانه چیا بر پروفایل لیپیدی و استرس اکسایشی در افراد مبتلا به اختلالات متابولیکی بررسی شد. نتایج نشان داد که مصرف دانه چیا تأثیر شایان توجهی بر بهبود پروفایل لیپیدی در افراد مبتلا به اختلالات متابولیک نداشته است، اما در میان شرکت‌کنندگان مبتلا به چاقی و دیابت نوع دو تغییرات معناداری مشاهده شد [۱۸]. همچنین در پژوهشی در سال ۲۰۲۴ تأثیرات محافظتی دانه‌های چیا در برابر آسیب اکسایشی را بررسی کرد. نتایج نشان داد که دانه‌های چیا می‌توانند استرس اکسایشی را کاهش داده و پروفایل لیپیدی را در موش‌های تغذیه‌شده با رژیم غذایی پرچرب و پرکربوهیدرات بهبود بخشند [۱۹]. این یافته‌ها نشان‌دهنده مزایای بالقوه دانه‌های چیا در کاهش آسیب اکسایشی و بهبود سوخت‌وساز لیپیدها هستند. دریافت مکمل‌های غذایی آنتی‌اکسیدانی و برنامه تمرینی منظم ارتباط مؤثری با کاهش خطر انواع بیماری‌های مزمن دارد و می‌توان با پیروی از برنامه تمرینی

1. Polyunsaturated fats

و دریافت مکمل از فواید هردو مورد به‌طور همزمان بهره برد. هدف از تحقیق حاضر مقایسه هشت هفته تمرینات ترکیبی با و بدون مصرف دانه چیا بر استرس اکسایشی و پروفایل لیپیدی در زنان مبتلا به سندروم متابولیک بود.

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر به‌صورت نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. این تحقیق نیمه‌تجربی دوگروهه شامل گروه تمرین و گروه تمرین+دریافت دانه چیا پس از تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه تبریز با کد IR.TABRIZU.REC.1402.167 انجام شد و از لحاظ هدف تحقیق، از نوع تحقیقات کاربردی است.

شرکت‌کنندگان

جامعه آماری این تحقیق زنان میانسال ۴۰ تا ۵۲ ساله غیربائسه مبتلا به سندروم متابولیک ساکن شهر تبریز بودند که طبق فراخوان برای شرکت در طرح اعلام آمادگی کردند.

روند اجرای پژوهش

آزمودنی‌ها از طریق فراخوان برای شرکت در پژوهش دعوت شدند. فراخوان در سطح شهر تبریز از طریق پیام‌رسان‌های مجازی، نصب اطلاعیه در باشگاه‌ها، مرکز بهداشت محلات و در دانشگاه تبریز از طریق اطلاع‌رسانی در سیستم اتوماسیون اداری دانشگاه تبریز انجام گرفت. در متن فراخوان با شرح کوتاهی از پژوهش از خانم‌های ۴۰-۵۵ ساله غیربائسه که دارای اضافه وزن یا چاقی، دور کمر بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر، فشار خون بالاتر از ۱۳ میلی‌متر جیوه و یا دیس لیپیدی بر اساس آزمایش خون شش ماه اخیر بودند، درخواست شده بود با پژوهشگر تماس بگیرند. پس از انتشار فراخوان حدود ۳۰۰ داوطلب با پژوهشگر تماس گرفتند. جمع‌آوری اطلاعات اولیه شامل سال تولد، قد، وزن، دور کمر، FBS، TG، HDL، فشار خون، سابقه ابتلا به بیماری، مصرف دارو، شرکت در کلاس‌های ورزشی و تاریخ آخرین قاعدگی از طریق پیام‌رسان‌های مجازی و یا از طریق مصاحبه تلفنی تکمیل شد. داوطلبان حائز شرایط به جلسه معارفه تحقیق دعوت شدند. از بین داوطلبان با در نظر گرفتن معیارهای ورود ۲۶ نفر برای شرکت در تحقیق پذیرفته شدند و این دوره با ۲۶ نفر شروع شد و پایان یافت. معیارهای ورود به تحقیق عبارت بودند از: زنان غیربائسه میانسال مبتلا به سندروم متابولیک، نداشتن سابقه فعالیت ورزشی منظم، کم‌تحرکی (میزان فعالیت روزانه بر اساس پرسشنامه فعالیت بدنی کمتر از ۶۰۰ مت دقیقه در هفته)، نداشتن سابقه فعالیت ورزشی حرفه‌ای، مصرف مکمل کاهش وزن و مکمل گیاهی حاوی فیبر و آنتی‌اکسیدان، تبعیت از رژیم غذایی خاص، استعمال دخانیات، حساسیت به دانه چیا و خانواده نعنایان (ریحان، نعنای، رومارن، مریم‌گلی، مرزه، مرزنگوش، پونه کوهی، زوفا، آویشن، اسطوخودوس و بادنجنجوبه) و کنجد یا دانه خردل، مصرف مشروبات الکلی، محدودیت در انجام فعالیت بدنی، بارداری، اختلال بارز عملکرد کلیوی، تیروئیدی یا کبدی، بیماری‌های التهابی حاد و مزمن و سابقه جراحی، انفارکتوس میوکارد یا هرگونه حادثه عروق مغزی طی سه ماه اخیر بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل ابتلا به بیماری یا آسیب‌دیدگی (که مانع شرکت در پروتکل‌های ورزشی شود)، ایجاد آلرژی در آزمودنی پس از دریافت مکمل، استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، غیبت بیش از دو جلسه در پروتکل تمرینی، شرکت در تمرینات ورزشی دیگر که با پروتکل تمرینی این تحقیق در تضاد باشد، ناتوانی در انجام تمرینات به شکل صحیح و عدم دریافت یک وعده مکمل در روز بود که به تمامی آزمودنی‌های حاضر در پژوهش توضیح داده شد. پیش از اجرای پروتکل اصلی، شاخص‌های آنتروپومتریکی (شاخص توده بدنی، سن، قد و وزن) و مشخصات فردی ثبت شد. به‌منظور گروه‌بندی شرکت‌کنندگان، افراد واجد شرایط به‌صورت تخصیص تصادفی بر

اساس BMI، قند خون ناشتا، TG و سن در دو گروه ۱۳ نفری T و T+S تقسیم شدند. یک گروه فقط در کلاس تمرین ترکیبی شرکت کرد و گروه دیگر علاوه بر شرکت در کلاس تمرین ترکیبی روزانه ۲۰ گرم دانه چیا را طبق پروتکل دریافت کرد. همچنین از آزمودنی‌ها درخواست شد که فعالیت جسمانی و برنامه غذایی روزانه خود را تغییر ندهند. کالری و مقدار گروه‌های غذایی دریافتی آزمودنی‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل فرم ثبت غذایی سه‌روزه شامل یک روز تمرینی، یک روز عادی میان هفته و یک روز تعطیل آخر هفته محاسبه شد. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل فرم ثبت غذایی، کالری دریافتی آزمودنی‌ها در طول مداخله مشابه قبل مداخله ولی با پیروی از الگوی یک رژیم غذایی نرمال و توزیع مناسب درشت‌مغذی‌ها (کربوهیدرات ۵۵ درصد، چربی ۳۰ درصد، پروتئین ۱۵ درصد) بود. آموزش استانداردسازی کالری دریافتی به صورت ارسال صوت یا کلیپ آموزشی در گروه آموزشی مجازی تحقیق و همچنین به صورت آموزش رودرو هر هفته به مدت ۱۰ دقیقه انجام می‌گرفت.

پروتکل تمرینی

پروتکل محقق ساخته تمرین مقاومتی و هوازی به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۷۰-۹۰ دقیقه به طول انجامید. هر جلسه شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن با حرکات کششی و هوازی نرم، ۳۵-۴۰ دقیقه تمرین قدرتی (۷-۸ حرکت در هر جلسه)، ۱۵-۲۵ دقیقه تمرین هوازی و در نهایت ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. پروتکل تمرین ترکیبی شامل تمرینات مقاومتی با وزن بدن و تمرینات هوازی به شکل جاگینگ و دو بود. تمرین هوازی پس از اتمام تمرین مقاومتی اجرا شد. ضربان قلب استراحتی هر آزمودنی توسط خود آزمودنی به مدت دو روز متوالی و سه بار پشت سرهم گزارش شد. ضربان قلب ذخیره‌ای (HRR) (با توجه به شدت تمرینی برای هر جلسه) برای هر آزمودنی حساب شد. هر جلسه با مقایسه ضربان قلب حین فعالیت هوازی با ضربان قلب ذخیره‌ای محاسبه شده برای آزمودنی، شدت تمرینات هوازی کنترل شد. ضربان قلب هدف با استفاده از فرمول کاروونن^۲ محاسبه شد. دوره آماده‌سازی به مدت یک هفته (سه جلسه)، به منظور آشنایی با تکنیک صحیح حرکات مقاومتی و جاگینگ برگزار شد. افزایش شدت با توجه به سطح آزمودنی‌ها در اجرای حرکات و RPE انجام شد [۲۰]. ترتیب تمرینات به گونه‌ای انتخاب شد که یک گروه عضلانی دو بار متوالی استفاده نشود. به منظور به حداقل رساندن خستگی و بهینه‌سازی زمان تمرین، تمرینات به طور متناوب از حرکات بالاتنه، میان تنه و پایین تنه انجام شد. برنامه تمرینات مقاومتی شامل حرکات شنا، دیپ، سرشانه (بالا تنه)، کرانچ، سوپرمین، زیر شکم (تنه)، اسکوات، لانچ و بالا آوردن ساق پا (پایین تنه) بود که در دو دور به صورت دایره‌ای با مدت زمان اجرا و استراحت بین ایستگاهی ۳۰ ثانیه‌ای و با شدت برابر با ۱۵-۱۷ RPE اجرا شد. استراحت بین دو دور ۲-۵ دقیقه بود (جدول ۱). همان‌طور که بیرد^۳ و همکاران (۲۰۰۵) توصیه کرده‌اند [۲۱]، یک برنامه تمرینی مقاومتی بهینه با وزن بدن را می‌توان با تغییر تعداد تکرارها، ست‌ها، سرعت یا نحوه اجرای حرکات تنظیم کرد. در این پژوهش، برای افزایش شدت تمرینات مقاومتی، از روش تغییر زاویه بدن در حرکات مختلف استفاده شد. این روش با هدف ایجاد چالش بیشتر برای عضلات و افزایش بار تمرینی به کار گرفته شد. برای مثال در حرکت شنا، ابتدا دست‌ها روی دیوار قرار گرفتند، سپس تمرین روی نیمکت و استپ انجام شد و در نهایت، حرکت به شکل شнай اصلاح شده روی زمین اجرا شد (جدول ۲). برنامه تمرینات هوازی با شدت ۶۰-۶۵ درصد در هفته اول شروع شد و در هفته هشتم به ۷۵-۸۰ درصد HRR رسید. این تمرینات به صورت تناوبی در دو دور پنج دقیقه‌ای در هفته اول شروع شد و در هفته هشتم به پنج دور دوقدقیقه‌ای رسید (جدول ۳).

1. Heart rate reserve

3. Stephen Bird

2. Karvonen

جدول ۱. برنامه تمرینات مقاومتی پروتکل تمرین ترکیبی

هفته	تعداد تکرار	RPE (۶-۲۰)	زمان اجرای هر ایستگاه (ثانیه)	استراحت بین ایستگاهی (ثانیه)	استراحت بین دور (دقیقه)	تعداد دور
۱	۲۰-۲۲	۱۵-۱۶	۳۰	۳۰	۲-۵	۲
۲	۲۰-۲۲	۱۵-۱۶	۳۰	۳۰	۲-۵	۲
۳	۱۸-۲۰	۱۵-۱۶	۳۰	۳۰	۲-۵	۲
۴	۱۸-۲۰	۱۵-۱۶	۳۰	۳۰	۲-۵	۲
۵	۱۶-۱۸	۱۶-۱۷	۳۰	۳۰	۲-۵	۳
۶	۱۶-۱۸	۱۶-۱۷	۳۰	۳۰	۲-۵	۳
۷	۱۴-۱۶	۱۶-۱۷	۳۰	۳۰	۲-۵	۳
۸	۱۴-۱۶	۱۶-۱۷	۳۰	۳۰	۲-۵	۳

جدول ۲. حرکات مقاومتی بالاتنه، تنه و پایین تنه

هفته	۱-۲	۳-۴	۵-۶	۷-۸
شنا روی دیوار	شنا روی نیمکت	شنا روی استپ	شنا روی زانو روی زمین	
دپ روی زمین	دپ روی استپ	دپ روی استپ با پالس	دپ روی نیمکت	
پرس سرشانه ایستاده	پرس سرشانه ایستاده با کش قرمز	پرس سرشانه ایستاده با کش سبز	پرس سرشانه و اسکپولا ایستاده با کش سبز	
کرانچ معکوس زانو خم	کرانچ معکوس تک پا	کرانچ معکوس همراه با بلند کردن باسن	کرانچ معکوس تک پا همراه با بلند کردن باسن	
سوپرمین نیمه	سوپرمین دست و پا مخالف	سوپرمین	سوپرمین با پالس	
شکم خوابیده پا قیچی روی آرنج	شکم خوابیده پا قیچی	زیر شکم قیچی خوابیده روی آرنج	زیر شکم قیچی خوابیده	
ایر اسکات نیمه	اسکات	اسکات با پالس	اسکات کرانچ ایستاده	
لانگز نیمه	لانگز	لانگز با پالس	لانگز با پالس و کرانچ ایستاده	
بالا آوردن ساق پا از روی زمین	بالا آوردن ساق پا از روی استپ	بالا آوردن ساق پا از روی پالس	بالا آوردن ساق پا از روی استپ تک پا	

جدول ۳. برنامه تمرینات هوازی پروتکل تمرین ترکیبی

هفته	تکرار	مدت (دقیقه)	استراحت (دقیقه)	HRR (درصد)
۱	۲	۵	۳-۲	۶۵-۶۰
۲	۲	۵	۳-۲	۶۵-۶۰
۳	۳	۴	۳-۲	۷۰-۶۵
۴	۳	۴	۳-۲	۷۰-۶۵
۵	۴	۳	۵-۳	۷۵-۷۰
۶	۴	۳	۵-۳	۷۵-۷۰
۷	۵	۲	۵-۳	۸۰-۷۵
۸	۵	۲	۵-۳	۸۰-۷۵

مکمل سازی

دانه چیا توسط محقق در بسته های ۲۰ گرمی بسته بندی می شد و هر ۱۵ روز یک بار به اعضای گروه T+S تحویل داده می شد [۲۲]. دانه چیا مصرفی در این پژوهش وارداتی از هند بود و از عطاری معتبر در بازار تبریز تهیه شد. یک بسته مکمل دانه چیا روزانه توسط آزمودنی به دو لیوان آب ولرم معادل ۵۰۰ سی سی آب اضافه می شد و در دو نوبت، هر نوبت ۲۵۰ سی سی، نیم ساعت قبل از ناهار و شام به صورت نوشیدنی میل می شد.

نمونه گیری و روش سنجش متغیرها

نمونه های خونی با توجه به تاریخ آخرین قاعدگی آزمودنی ها در مرحله پیش آزمون و پس آزمون در روز هشتم تا چهاردهم روز بعد از شروع قاعدگی و در دوره فولیکولی انجام شد. با توجه به آخرین تاریخ شروع قاعدگی آزمودنی ها و تنظیم زمان خونگیری آنها در دوره فولیکولی، آزمودنی ها به دو گروه تقسیم شدند. هر گروه با توجه به تاریخ تعیین شده جهت خونگیری مراجعه کرد. خونگیری در مرحله پس آزمون به شیوه ای برنامه ریزی شد تا آزمودنی ها در مرحله فولیکولی باشند و زمان خونگیری در بازه زمانی ۲۴ تا ۷۲ ساعت از آخرین جلسه تمرینی آزمودنی ها باشد. آزمودنی ها در تاریخ تعیین شده ساعت هشت و نیم تا نه و نیم صبح در محل آزمایشگاه فیزیولوژی مجتمع ژیمنازیوم دانشگاه تبریز در حالت ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه حاضر شدند. پنج سی سی نمونه خون از ورید قدامی دست چپ در حالت نشسته توسط تکنیسین خونگیری اخذ شد. نمونه ها در لوله آزمایش ژل دار ریخته شد. نمونه ها در اسرع وقت به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز تحویل داده شدند. فاصله زمانی بین خونگیری و سانتیفریژ نمونه ها بیشتر از دو ساعت نبود. نمونه ها کدگذاری و فریز شدند. استخراج داده ها از دو سری سرم فریز شده نمونه ها همزمان انجام گرفت. سطوح شاخص LDL (حساسیت دو میلی لیتر در دسی لیتر، ضریب تغییرات ۰/۶۳ درصد) با روش آنزیماتیک، سطوح TG (حساسیت یک میلی لیتر در دسی لیتر، ضریب تغییرات ۱/۶ درصد)، HDL (حساسیت یک میلی لیتر در دسی لیتر، ضریب تغییرات ۱/۵ درصد) و TC (حساسیت سه میلی لیتر در دسی لیتر، ضریب تغییرات ۱/۴ درصد)، با روش فتومتریک آنزیماتیک با استفاده از کیت های شرکت پارس آزمون ساخت ایران اندازه گیری شد. اساس روش اندازه گیری MDA و TAC سرمی بر پایه واکنش با تیوباریتوریک اسید (TBA) (حساسیت ۱۰ و دو میکرومول آهن دو ظرفیتی) و استخراج با بوتانل نرمال، اندازه گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد انجام شد.

روش آماری

تحلیل آماری از طریق نرم افزار SPSS Statistics IBM نسخه ۲۶ انجام شد. از آزمون پارامتریک تحلیل واریانس مختلط دوطرفه^۱ برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل و مقایسه درون گروهی در سطح معناداری $\alpha < 0.05$ و آزمون‌های ناپارامتریک یومن-ویتنی برای مقایسه گروهی، ویلکاکسون برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل و مقایسه درون گروهی در سطح معناداری $\alpha < 0.05$ استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی آزمودنی‌های تحقیق برای متغیرهای جمعیت‌شناختی در جدول‌های ۴ و ۵ آمده است.

جدول ۴. خلاصه وضعیت توصیفی آزمودنی‌ها

متغیر	قد	سن	کالری دریافتی روزانه	میزان فعالیت (مت در هفته)	سابقه خانوادگی سندروم
					ندارد
میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	۱۵۲ $\pm$ ۵/۷۴	۴۴/۳۴ $\pm$ ۳/۸۵	۲۰۴۷/۴۰ $\pm$ ۱۷۷/۶۳	۵۸۴/۴۲ $\pm$ ۲۰۹/۱۶	۸۰٪
					۲۰٪

جدول ۵. آمار توصیفی متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

تمرین ترکیبی و چیا		تمرین ترکیبی	
پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
FBS (mg/dl)	۱۰۹.۳ $\pm$ ۸.۶	۹۷.۷ $\pm$ ۱۱.۳	۱۱۱.۸ $\pm$ ۱۵.۲
TC (mg/dl)	۲۱۱.۴ $\pm$ ۴۴.۲	۱۹۱.۳ $\pm$ ۴۶.۲	۱۷۸.۴ $\pm$ ۳۲.۹
TG (mg/dl)	۱۷۹.۱۵ $\pm$ ۶۰.۲	۱۳۱.۱ $\pm$ ۳۲.۵	۱۳۱.۰ $\pm$ ۳۲.۴
HDL (mg/dl)	۳۶ $\pm$ ۸۳.۷	۴۱.۸۴ $\pm$ ۰.۴۷	۴۰ $\pm$ ۸۵.۹
LDL (mg/dl)	۱۳۶.۰۸ $\pm$ ۴۰.۸۳	۱۲۰.۱۵ $\pm$ ۳۸.۱۲	۱۳۰.۴۶ $\pm$ ۳۴.۲۰
TAC (mmol/l)	۱.۴۴ $\pm$ ۰.۲۵	۱.۶۴ $\pm$ ۰.۲۲	۱.۴۱ $\pm$ ۰.۱۹
MDA (nmol/ml)	۲.۱۲ $\pm$ ۰.۸۵	۱.۵۰ $\pm$ ۰.۴	۱.۸۶ $\pm$ ۰.۹۱
W (Kg)	۸۲.۶۹ $\pm$ ۱۵.۹۷	۷۸.۷۳ $\pm$ ۱۵.۰۴	۸۰.۶۷ $\pm$ ۱۱.۳۳
دور کمر (cm)	۹۸.۷ $\pm$ ۹.۲۵	۸۹.۳۴ $\pm$ ۸.۰۶	۹۶.۲۳ $\pm$ ۷.۰۹
BMI (Kg/m ²)	۳۳.۱۱ $\pm$ ۵.۵۲	۳۱.۳۸ $\pm$ ۵.۰۸	۳۲.۲۲ $\pm$ ۲.۸۷

FBS: قند خون ناشتا؛ TC: کلسترول تام؛ W: وزن؛ BMI: شاخص توده بدنی

¹. Mixed Two-Way ANOVA

با استفاده از آنالیز واریانس مختلط دوطرفه، تأثیر عوامل درون گروهی و بین گروهی همزمان بررسی شد. مفروضات نرمالیت و کرویت ارزیابی شدند و مقایسه‌ها با استفاده از تنظیمات بوفرونی انجام گرفت. آزمون یومن ویتنی برای مقایسهٔ گروهی، ویلکاکسون برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل و مقایسهٔ درون گروهی شاخص MDA استفاده شد (جدول‌های ۶ و ۷).

جدول ۶. نتایج شاخص MDA در پیش‌آزمون-پس‌آزمون و نتایج تأثیر متغیرهای مستقل در هر گروه

متغیر	مراحل اندازه گیری	نمره Z	سطح معناداری	گروه	زمان اندازه گیری	مقدار Z	سطح معناداری
MDA	پیش آزمون	-۱/۱۵	۰/۲۴	T+S	پیش آزمون-پس آزمون	-۲/۷۰	۰/۰۰*
	پس آزمون	-۰/۲۳	۰/۸۱	T	پیش آزمون-پس آزمون	-۱/۱۸	۰/۲۳

جدول ۷. نتایج تحلیل واریانس با عامل بین گروهی و مقایسه زوجی

متغیر	مقدار F	معناداری	اندازهٔ اثر	توان آزمون	گروه	مراحل اندازه گیری	اختلاف میانگین	معناداری
TAC	اثر زمان	۱۵/۴۸	۰/۰۰ ⁺	۰/۳۲	۰/۹۶	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۰/۲۰
	اثر تعامل گروه-زمان	۱/۸۲	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۲۵		T	پیش آزمون و پس آزمون
	اثر گروه	۱/۴۷	۰,۲۳	۰/۰۶	۰/۲۱	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۵,۸۴
HDL	اثر زمان	۴/۹۹	۰/۰۳ ⁺	۰/۱۷	۰/۵۷	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۰/۰۳*
	اثر تعامل گروه-زمان	۱/۰۶	۰/۳۱	۰/۰۴	۰/۱۷		T	پیش آزمون و پس آزمون
	اثر گروه	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۰۲	۰/۱۰	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۴۷,۱۵
TG	اثر زمان	۲۷/۵۳	۰/۰۰ ⁺	۰/۵۳	۰/۹۹	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۰,۰۰*
	اثر تعامل گروه-زمان	۰/۹۴	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۱۵		T	پیش آزمون و پس آزمون
	اثر گروه	۸,۶۶	۰/۰۰ [#]	۰/۲۶	۰/۸۰	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۱۵,۹۲
LDL	اثر زمان	۱۰/۶۰	۰/۰۰ ⁺	۰/۳۰	۰/۸۸	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۰,۰۰*
	اثر تعامل گروه-زمان	۰/۰۱	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۵		T	پیش آزمون و پس آزمون
	اثر گروه	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۶	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۲۰,۱۵
TC	اثر زمان	۱۹/۵۴	۰/۰۰ ⁺	۰/۴۴	۰/۹۸	T+S	پیش آزمون و پس آزمون	۰,۰۰*
	اثر تعامل گروه-زمان	۰/۱۸	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۶		T	پیش آزمون و پس آزمون
	اثر گروه	۰/۹۴	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۱۵			

+نشانه تفاوت معنادار بین زمان‌ها در سطح $P<0.05$; *نشانه تفاوت معنادار درون گروهی در سطح $P<0.05$; #نشانه تفاوت معنادار بین گروه‌ها در سطح $P<0.05$.

تفاوت بین گروهی شاخص TAC معنادر ($P=0/23$) نبود. TAC در گروه T+S افزایش معناداری ($P=0/00$) داشت و دامنه تغییرات برابر با ۱۳ درصد بود، ولی در گروه T افزایش معنادر نبود ($P=0/08$) و دامنه تغییرات برابر با ۷ درصد بود. بنابراین مصرف مکمل دانه چیا توانسته بود شاخص TAC زنان مبتلا به سندرم متابولیک را در مقایسه با گروه تمرین، افزایش دهد. تفاوت بین گروهی شاخص MDA

معنادر (P=۰/۲۴) (P=۰/۸۱) نبود. MDA در گروه T+S کاهش معناداری (P=۰/۰۰) داشت و دامنه تغییرات برابر با ۲۵ درصد بود ولی در گروه T کاهش معنادر نبود (P=۰/۲۳) و دامنه تغییرات برابر با ۱۶ درصد بود. بنابراین مصرف مکمل دانه چیا توانسته بود شاخص MDA زنان مبتلا به سندروم متابولیک را در مقایسه با گروه تمرینی کاهش دهد. تفاوت بین گروهی شاخص HDL معنی دار (P=۰/۴۸) نبود. HDL در گروه T+S تغییر معنی داری (P=۰/۰۳) داشت و دامنه تغییرات برابر با ۱۳ درصد بود، ولی در گروه T تغییرات معنادر نبود (P=۰/۴۰) و دامنه تغییرات برابر با ۶ درصد بود. بنابراین مصرف مکمل دانه چیا توانسته بود شاخص HDL زنان مبتلا به سندروم متابولیک را در مقایسه با گروه تمرینی افزایش دهد. تفاوت بین گروهی شاخص TG معنادر (P=۰/۰۰) بود. TG در هر دو گروه تغییر معنی داری (P=۰/۰۰) داشت. دامنه تغییرات در گروه T و T+S به ترتیب برابر با ۳۲ و ۳۶ درصد بود. بنابراین، تمرین ترکیبی موجب بهبود شاخص TG در هر دو گروه تمرینی شده و دانه چیا تأثیر مضاعفی نداشت. تفاوت بین گروهی شاخص LDL معنادر (P=۰/۶۷) نبود. LDL در هر دو گروه تغییر معناداری (P=۰/۰۰) داشت. دامنه تغییرات در هر دو گروه برابر با ۹ درصد بود. بنابراین، تمرین ترکیبی موجب بهبود شاخص LDL در هر دو گروه تمرینی شده و دانه چیا تأثیر مضاعفی نداشت. تفاوت بین گروهی شاخص TC معنی دار (P=۰/۳۴) نبود. TC در هر دو گروه تغییر معنی داری (P=۰/۰۰) داشت. دامنه تغییرات در گروه T و T+S به ترتیب برابر با ۸ و ۹ درصد بود. بنابراین، تمرین ترکیبی موجب بهبود شاخص TC در هر دو گروه تمرینی شده و دانه چیا تأثیر مضاعفی نداشت.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین ترکیبی همراه با مصرف دانه چیا به طور معناداری شاخص های MDA، TAC و HDL را در زنان مبتلا به سندروم متابولیک بهبود بخشید، درحالی که تمرینات ترکیبی بدون مصرف دانه چیا موجب کاهش معنادر سطوح LDL، TG و TC شدند و مصرف دانه چیا نتوانست تفاوت معناداری در بهبود این متغیرها ایجاد کند. یافته های این پژوهش با نتایج یک مطالعه سیستماتیک همسوست که نشان می دهد تمرینات ترکیبی مؤثرترین روش برای بهبود پارامترهای سندروم متابولیک، از جمله پروفایل لیپیدی و کاهش عوامل خطر بیماری های قلبی-عروقی هستند [۲۳]. از طرفی، در تحقیق مذکور و پژوهش موسلا^۱ و همکاران (۲۰۲۰) [۲۴] تمرینات هوازی به طور معناداری سطح HDL را افزایش داد که با یافته های پژوهش حاضر ناهمسو است. سندروم متابولیک، که با چاقی، عدم تحمل گلوکز، هیپرتری گلیسیریدمی و فشار خون بالا شناخته می شود، به طور قوی با عدم فعالیت بدنی و کاهش سطح آمادگی جسمانی مرتبط است. افزایش فعالیت بدنی می تواند از بروز این سندروم جلوگیری کند یا آن را بهبود بخشد. فعالیت ورزشی منظم، از طریق کاهش وزن و بهبود حساسیت به انسولین، به بهبود پروفایل لیپیدی کمک می کند. تمرینات هوازی منظم موجب بهبود شاخص های TC، TG و LDL می شوند، درحالی که سطح پایه TG و تفاوت های متابولیکی فردی می توانند بر پاسخ به ورزش تأثیر بگذارند [۲۵]. مکانیسم کاهش TG و افزایش HDL پس از فعالیت بدنی، به افزایش جذب لیپوپروتئین ها در عضلات و تحریک گیرنده های بتا-آدرنرژیک مرتبط است [۲۶]. تمرینات مقاومتی نیز با افزایش اکسیداسیون گلوکز و حساسیت به انسولین، به بهبود شاخص های متابولیکی کمک می کنند [۲۷]. ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی، نه تنها موجب بهبود پروفایل لیپیدی و ترکیب بدن می شود، بلکه مزایای سلامتی بیشتری نسبت به انجام هر یک به تنهایی دارد [۲۸، ۲۹]. تمرینات ترکیبی، با کاهش بافت چربی زیرجلدی و احشایی، تأثیر مثبتی بر التهاب و استرس

¹. Antonella Muscella

اکسایشی مرتبط با چاقی دارند و می‌توانند بسیاری از اختلالات متابولیک را بهبود بخشند [۳۰-۳۳]. احتمالاً دلیل ناهمسویی یافته‌های حاضر با پژوهش‌های پیشین، تفاوت در نوع پروتکل ورزشی، حجم، شدت و مدت زمان تمرین است.

نتایج بعدی این پژوهش نشان داد که هشت هفته تمرین ترکیبی با و بدون مصرف دانه چیا تأثیر متفاوتی بر استرس اکسایشی دارد. برخی پژوهش‌ها این تأثیر را تأیید کرده‌اند، درحالی‌که برخی دیگر نتایج متفاوتی گزارش داده‌اند. پژوهشی در سال ۲۰۲۲ نشان داد که ورزش هوازی منظم موجب کاهش معنادار MDA و افزایش سطح آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند اکسید نیتریک، دیسموتاز سوپراکسید و TAC در افراد مسن می‌شود [۳۴]. این یافته با نتایج پژوهش حاضر که تغییر معناداری در TAC و MDA گروه T مشاهده نکرد، ناهمسوست. در عین حال، یک تحقیق فراتحلیلی در سال ۲۰۲۱، همسو با پژوهش حاضر، نشان داد که تمرین مقاومتی تأثیر شایان توجهی در کاهش استرس اکسایشی ندارد [۳۵]. تحقیقی دیگر روی زنان یائسه با فشار خون طبیعی و بالا نشان داد که ۱۰ هفته تمرین ترکیبی هیچ‌گونه تغییری در شاخص‌های استرس اکسایشی بزاقی در هیچ‌یک از گروه‌ها ایجاد نکرد [۳۶] که این یافته نیز با نتایج پژوهش حاضر همسوست. این تفاوت ممکن است به عوامل مختلفی مانند نوع برنامه ورزشی، شدت و حجم تمرینات یا ویژگی‌های جمعیت مورد بررسی مرتبط باشد. تأثیر فعالیت ورزشی بر بدن بسیار گسترده و پیچیده است [۳۷]. هدف فعالیت ورزشی در برابر استرس اکسایشی افزایش فعالیت پاسخ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است. افراد مسن‌تر که در طول زندگی ورزش کرده‌اند، در مقایسه با هم‌تایان ورزش‌نکرده، بیان کاتالاز را در بیوپسی عضلات افزایش می‌دهند [۳۸]. یک مطالعه منتشرشده در سال ۲۰۲۱ نشان داد که برنامه تمرینی با شدت و فواصل بالا می‌تواند سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت کند و افراد پس از فعالیت‌های بدنی، استرس اکسایشی کمتری داشته باشند [۳۹]. طبق این پژوهش میزان تولید استرس اکسایشی ناشی از ورزش با شدت متوسط ممکن است در حدی نباشد که از ظرفیت آنتی‌اکسیداسیون در سلول‌ها فراتر رود. بنابراین احتمالاً موجب بهبود شایان توجه TAC نشود [۴۰]. در پژوهش حاضر پروتکل تمرین ترکیبی نتوانست TAC و MDA را در جامعه پژوهشی به‌طور معناداری بهبود دهد. احتمالاً دلیل ناهمسویی یافته حاضر با پژوهش‌های ذکرشده نوع پروتکل ورزشی، حجم و شدت تمرین بوده است. احتمالاً شدت تمرینات در این پژوهش به‌حدی نبوده که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها را تحریک کرده و تغییرات معناداری در TAC ایجاد کند. این اختلافات نشان می‌دهد که برای درک بهتر تأثیر انواع تمرینات ورزشی بر استرس اکسایشی، به تحقیقات بیشتری نیاز است.

امروزه دانه چیا بیشتر برای حفظ تعادل چربی سرم در بدن مصرف می‌شود. در پژوهش نظام‌مند و متاآنالیز منتشرشده در سال ۲۰۲۱، نشان داده شد که مصرف دانه چیا تأثیر مثبتی بر پروفایل لیپیدی دارد و به‌ویژه منجر به افزایش سطح HDL می‌شود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسو هستند که مشاهده شد مصرف دانه چیا تأثیر مثبت و معناداری بر افزایش سطح HDL در گروه مورد مطالعه داشته است [۴۱]. یک مطالعه نظام‌مند و متاآنالیز که در سال ۲۰۲۴ با هدف ارزیابی اثرات مکمل‌سازی دانه چیا بر پروفایل لیپیدی در بیماران مبتلا به اختلالات متابولیک انجام گرفت، نتیجه‌ها نشان داد که مکمل‌سازی دانه چیا موجب بهبود معنادار TC، LDL و TG و افزایش HDL می‌شود [۱۸]. در تحقیق حاضر تأثیر دانه چیا بر کاهش سایر شاخص‌ها مشاهده نشد در نتیجه، این اختلاف‌ها نشان‌دهنده ناهمسویی میان نتایج تحقیق حاضر و مطالعات دیگر است که تأثیرات وسیع‌تری از دانه چیا بر پروفایل لیپیدی نشان داده‌اند. مکانیسم‌های پیشنهادی مختلفی برای تأثیر دانه چیا بر پروفایل لیپیدی وجود دارد. دانه چیا حاوی مقدار زیادی اسید آلفا-لینولنیک (ALA) است. اسید چرب امگا-۳ توانایی کاهش سطح TG، TC، LDL و افزایش HDL را همزمان در جریان خون دارد [۴۲]. علاوه بر این، فیبر محلول موجود در دانه چیا می‌تواند با اتصال به اسید صفراوی در دستگاه گوارش، سطح کلسترول را کاهش دهد و دفع آن را تسهیل کند. این فرایند به افزایش تولید اسید صفراوی از کلسترول منجر می‌شود که در نهایت به کاهش مقدار کلسترول موجود در جریان خون می‌انجامد. محتوای پروتئین در دانه‌های چیا می‌تواند به‌طور بالقوه پروفایل لیپیدی را بهبود بخشد، زیرا نشان داده شده است که جذب LDL را در روده کاهش و همزمان سطح HDL را افزایش می‌دهد. همچنین دانه چیا سرشار از لیگنان‌هاست. لیگنان‌ها ترکیبات گیاهی هستند که تأثیرات کاهنده

کلسترول دارند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که لیگنان‌ها می‌توانند جذب کلسترول را در دستگاه گوارش مختل کنند و دفع اسیدهای صفراوی را افزایش دهند که در نهایت به کاهش سطح کلسترول تام و LDL منجر می‌شود [۱۸]. از طرفی، فیتواسترول‌ها ترکیبات گیاهی است که در دانه چیا یافت می‌شوند. فیتواسترول‌ها ساختار شیمیایی مشابهی با کلسترول دارند و می‌توانند با کلسترول برای جذب در دستگاه گوارش رقابت کنند. این فرایند در نهایت می‌تواند به کاهش سطح کلسترول در خون منجر شود [۴۳]. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که دانه چیا می‌تواند بیان ژن‌هایی را که به سنتز لیپیدها کمک می‌کنند، کاهش و بیان ژن‌های مرتبط با اکسیداسیون اسید چرب را افزایش دهد. این نشان می‌دهد که دانه چیا توانایی کاهش تولید لیپید در کبد و افزایش تجزیه چربی‌ها را در بدن دارد. این دانه‌ها به دلیل شاخص گلیسمی پایین به تدریج هضم می‌شود که از افزایش ناگهانی سطح قند خون جلوگیری می‌کند. افزایش سطح قند خون می‌تواند به دیس لیپیدی منجر شود. بنابراین، گنجاندن غذاهای با شاخص گلیسمی پایین مانند دانه چیا در رژیم غذایی ممکن است به بهبود پروفایل لیپید کمک کند [۱۸]. در پژوهش حاضر، مصرف مکمل دانه چیا توانست شاخص HDL زنان مبتلا به سندروم متابولیک را در مقایسه با گروه تمرینی افزایش دهد. در خصوص بررسی شاخص‌های LDL, TG و TC تمرین ترکیبی به‌تنهایی و تمرین ترکیبی همراه مصرف دانه چیا هر دو موجب بهبود تمامی شاخص‌ها شد و تفاوت معناداری بین گروه‌های تمرینی مشاهده نشد. علت عدم ایجاد تفاوت معنادار را می‌توان در مقدار و طول مدت مصرف دانه چیا بررسی کرد.

دانه چیا به‌عنوان منبع فراوان آنتی‌اکسیدان نیز شناخته شده است. PUFAها به‌عنوان اجزای ساختاری فسفولیپیدهای غشایی، بر خواص غشایی و تعدیل عملکرد سلولی تأثیر می‌گذارند و می‌توانند همانند آنتی‌اکسیدان عمل کنند [۱۶]. همسو با پژوهش حاضر، تحقیق نظام‌مندی در سال ۲۰۲۰ روی نقش درمانی دانه چیا بر جلوگیری از انواع مختلف سرطان انجام شده است. در این پژوهش نتیجه‌گیری شد که آنتی‌اکسیدان‌های دانه چیا فرایند اکسیداسیون را مهار می‌کنند و می‌تواند از آسیب سلولی جلوگیری کند [۴۴]. این نتایج همسو با پژوهش حاضر نشان می‌دهد که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی چیا می‌توانند به بهبود وضعیت اکسایشی کمک کنند. دانه چیا به‌عنوان منبع فراوان اسیدکافئیک، اسید کلروژنیک میریستین، کامفرول و کوئرستین در نظر گرفته می‌شود. کوئرستین آنتی‌اکسیدان قوی و مؤثرتر از سایر ترکیبات فلاونید است و قادر به جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و DNA است [۴۵]. همسو با پژوهش حاضر، یک بررسی نظام‌مند و متآنالیز در سال ۲۰۱۹ نشان داد که مکمل‌های اسیدهای چرب امگا-۳ به‌طور شایان توجهی سطوح MDA، TAC بهبود می‌بخشد. بنابراین، اسیدهای چرب امگا-۳ را نیز می‌توان به‌عنوان عوامل تقویت‌کننده در دفاع آنتی‌اکسیدانی در برابر ROS نام برد [۱۸]. در پژوهش حاضر، مقایسه نتایج هر دو گروه T و T+S نشان داد مصرف دانه چیا تأثیر فزاینده‌ای بر HDL, TAC و کاهش MDA داشت. پس می‌توان نتیجه گرفت احتمالاً هشت هفته تمرین ترکیبی با مصرف دانه چیا می‌تواند در بهبود استرس اکسایشی و پروفایل لیپیدی در زنان مبتلا به سندروم متابولیک مؤثرتر باشد.

با وجود تأکید به آزمودنی‌ها در جلسات هماهنگی مبنی بر عدم دستکاری رژیم غذایی و فعالیت روزمره، کنترل دقیقی بر این موضوعات نبوده و همچنین عدم استفاده از دارونما از محدودیت‌های تحقیق حاضر بود. تمرینات ترکیبی به‌تنهایی موجب بهبود LDL, TG و TC و تمرین ترکیبی به‌همراه دریافت دانه چیا موجب بهبود HDL, TAC و MDA در زنان مبتلا به سندروم متابولیک شد که احتمالاً می‌تواند برای پیشگیری و درمان بیماری‌های قلبی-عروقی و متابولیکی زنان مبتلا به سندروم متابولیک مفید باشد، هرچند به تحقیقات بیشتری نیاز است. اما می‌توان چنین پروتکلی را با احتیاط و با رعایت جوانب تمرینی و پزشکی به زنان مبتلا به سندروم متابولیک زیر نظر مربی با تحصیلات رشته فیزیولوژی ورزشی و پزشک ناظر تجویز کرد.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند، سپاسگزاریم.

References

- [1]. Prasun P. Mitochondrial dysfunction in metabolic syndrome. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*. 2020;1866(10):165838. 10.1016/j.bbadis.2020.165838
- [2]. Nilsson PM, Tuomilehto J, Rydén L. The metabolic syndrome - What is it and how should it be managed? *Eur J Prev Cardiol*. 2019;26(2_suppl):33-46. 10.1177/2047487319886404
- [3]. Fahed G, Aoun L, Bou Zerdan M, Allam S, Bou Zerdan M, Bouferraa Y, et al. Metabolic Syndrome: Updates on Pathophysiology and Management in 2021. *Int J Mol Sci*. 2022;23(2). 10.3390/ijms23020786
- [4]. Pisoschi AM, Pop A, Iordache F, Stanca L, Predoi G, Serban AI. Oxidative stress mitigation by antioxidants - An overview on their chemistry and influences on health status. *Eur J Med Chem*. 2021;209:112891. 10.1016/j.ejmech.2020.112891
- [5]. Vona R, Gambardella L, Cittadini C, Straface E, Pietraforte D. Biomarkers of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome and Associated Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2019;2019:8267234. 10.1155/2019/8267234
- [6]. Ezzati A, Atashak S, Roshdi Bonab R. The Effect of Concurrent Training Order on Oxidative Stress Biomarkers in Sedentary Obese Women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2021;22(6):459-68. 20.1001.1.16834844.1399.22.6.3.0
- [7]. Tripathy D, Mohanty P, Dhindsa S, Syed T, Ghanim H, Aljada A, et al. Elevation of free fatty acids induces inflammation and impairs vascular reactivity in healthy subjects. *Diabetes*. 2003;52(12):2882-7. 10.2337/diabetes.52.12.2882
- [8]. Demirci-Çekiç S, Özkan G, Avan AN, Uzunboy S, Çapanoğlu E, Apak R. Biomarkers of Oxidative Stress and Antioxidant Defense. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2022;209:114477. 10.1016/j.jpba.2021.114477
- [9]. Ingle L, Mellis M, Brodie D, Sandercock GR. Associations between cardiorespiratory fitness and the metabolic syndrome in British men. *Heart*. 2017;103(7):524-8. 10.1136/heartjnl-2016-310142
- [10]. Mota MP, Dos Santos ZA, Soares JFP, de Fátima Pereira A, João PV, O'Neil Gaivão I, et al. Intervention with a combined physical exercise training to reduce oxidative stress of women over 40 years of age. *Exp Gerontol*. 2019;123:1-9. 10.1016/j.exger.2019.05.002
- [11]. Marini E, Mariani PG, Ministrini S, Pippi R, Aiello C, Reginato E, et al. Combined aerobic and resistance training improves microcirculation in metabolic syndrome. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(9):1571-6. 10.23736/S0022-4707.18.09077-1
- [12]. Khalafi M, Sakhaei MH, Habibi Maleki A, Rosenkranz SK, Pourvaghar MJ, Fang Y, et al. Influence of exercise type and duration on cardiorespiratory fitness and muscular strength in post-menopausal women: a systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2023;10:1190187. 10.3389/fcvm.2023.1190187

- [13]. Higgins MR, Izadi A, Kaviani M. Antioxidants and Exercise Performance: With a Focus on Vitamin E and C Supplementation. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(22). 10.3390/ijerph17228452
- [14]. Alasalvar C, Chang SK, Bolling B, Oh WY, Shahidi F. Specialty seeds: Nutrients, bioactives, bioavailability, and health benefits: A comprehensive review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2021;20(3):2382-427. 10.1111/1541-4337.12730
- [15]. Peerzada J, Sinclair B, Perinbarajan G, Ganesan H, Ojha N, Chidambaram R, et al. The therapeutic potential of chia seeds as medicinal food- a review. *Nutrire*. 2023;48. 10.1186/s41110-023-00224-9
- [16]. Khalid W, Arshad MS, Aziz A, Rahim MA, Qaisrani TB, Afzal F, et al. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): A therapeutic weapon in metabolic disorders. *Food Sci Nutr*. 2023;11(1):3-16. 10.1002/fsn3.3035
- [17]. Du Q, Zhou L, Li M, Lyu F, Liu J, Ding Y. Omega-3 polyunsaturated fatty acid encapsulation system: Physical and oxidative stability, and medical applications. *Food Frontiers*. 2022;3(2):239-55. 10.1002/fft2.134
- [18]. Run Q, Yan H, Pam P, Jamilian P, Zarezadeh M, Zhang H. The Effects of Chia Supplementation on Lipid Profile in Patients Suffering from Metabolic Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Food Biochemistry*. 2024;2024(1):5587140. 10.1155/2024/5587140
- [19]. Aref M, FaragAllah EM, Goda NIA, Abu-Alghayth MH, Abomughaid MM, Mahboub HH, et al. Chia seeds ameliorate cardiac disease risk factors via alleviating oxidative stress and inflammation in rats fed high-fat diet. *Scientific Reports*. 2024;14(1):2940. 10.1038/s41598-023-41370-4
- [20]. Francis P, Mc Cormack W, Toomey C, Norton C, Saunders J, Kerin E, et al. Twelve weeks' progressive resistance training combined with protein supplementation beyond habitual intakes increases upper leg lean tissue mass, muscle strength and extended gait speed in healthy older women. *Biogerontology*. 2017;18(6):881-91. 10.1007/s10522-016-9671-7
- [21]. Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med*. 2005;35(10):841-51. 10.2165/00007256-200535100-00002
- [22]. Lovato AdC, Corgozinho MLMV, Alves LV, Martins SR, Duarte RCF, Cardoso CN, et al. Effect of the use of Chia (*Salvia Hispanica* L.) seeds on antioxidant status and anthropometric parameters in obese, type 2 diabetics and/or hypertensive patients. *Research, Society and Development*. 2022;11(4):e46511427432. 10.56238/colleinternhealthscienv1-124
- [23]. Liang M, Pan Y, Zhong T, Zeng Y, Cheng ASK. Effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic syndrome parameters and cardiovascular risk factors: a systematic review and network meta-analysis. *Rev Cardiovasc Med*. 2021;22(4):1523-33. 10.31083/j.rcm2204156
- [24]. Muscella A, Stefàno E, Marsigliante S. The effects of exercise training on lipid metabolism and coronary heart disease. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2020;319(1):H76-H88. 10.1152/ajpheart.00708.2019
- [25]. Mosteoru S, Gaiță L, Gaiță D. Sport as Medicine for Dyslipidemia (and Other Risk Factors). *Current Atherosclerosis Reports*. 2023;25(9):613-7. 10.1007/s11883-023-01133-y
- [26]. Leitão L, Marocolo M, de Souza HLR, Arriel RA, Vieira JG, Mazini M, et al. Multicomponent Exercise Program for Improvement of Functional Capacity and Lipidic Profile of Older Women with

- High Cholesterol and High Triglycerides. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(20):10731. 10.3390/ijerph182010731
- [27]. Da Silva MAR, Baptista LC, Neves RS, De França E, Loureiro H, Lira FS, et al. The Effects of Concurrent Training Combining Both Resistance Exercise and High-Intensity Interval Training or Moderate-Intensity Continuous Training on Metabolic Syndrome. *Front Physiol*. 2020;11:572. 10.3389/fphys.2020.00572
- [28]. Brito AdF, Soares YM, Silva AS. CONCURRENT TRAINING OR COMBINED TRAINING? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2019;25. 10.1590/1517-869220192502123895
- [29]. Ribeiro AS, Tomeleri CM, Souza MF, Pina FL, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, et al. Effect of resistance training on C-reactive protein, blood glucose and lipid profile in older women with differing levels of RT experience. *Age (Dordr)*. 2015;37(6):109. 10.1007/s11357-015-9849-y
- [30]. García-Giménez JL, Cánovas-Cervera I, Pallardó FV. Oxidative stress and metabolism meet epigenetic modulation in physical exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. 2024. 10.1016/j.freeradbiomed.2024.01.008
- [31]. Kolnes KJ, Petersen MH, Lien-Iversen T, Højlund K, Jensen J. Effect of Exercise Training on Fat Loss-Energetic Perspectives and the Role of Improved Adipose Tissue Function and Body Fat Distribution. *Front Physiol*. 2021;12:737709. 10.3389/fphys.2021.737709
- [32]. Babaei P, Hoseini R. Exercise training modulates adipokine dysregulations in metabolic syndrome. *Sports Medicine and Health Science*. 2022;4(1):18-28. 10.1016/j.smhs.2022.01.001
- [33]. Chomiuk T, Niezgoda N, Mamcarz A, Śliz D. Physical activity in metabolic syndrome. *Front Physiol*. 2024;15:1365761. 10.3389/fphys.2024.1365761
- [34]. 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. *Front Physiol*. 2021;12:701151. 10.3389/fphys.2021.701151
- [35]. Thirupathi A, Wang M, Lin JK, Fekete G, István B, Baker JS, et al. Effect of Different Exercise Modalities on Oxidative Stress: A Systematic Review. *Biomed Res Int*. 2021;2021:1947928. 10.1155/2021/1947928
- [36]. Amaral AL, Mariano IM, Giolo JS, Dechichi JGC, Souza AVd, Batista JP, et al. Effects of combined exercise on salivary oxidative stress in hypertensive and normotensive postmenopausal women. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2022;28. <https://doi.org/10.1590/S1980-657420220012321>
- [37]. Viña J, Ollaso-Gonzalez G, Arc-Chagnaud C, De la Rosa A, Gomez-Cabrera MC. Modulating Oxidant Levels to Promote Healthy Aging. *Antioxid Redox Signal*. 2020;33(8):570-9. 10.1089/ars.2020.8036
- [38]. Copley JN, Sakellariou GK, Owens DJ, Murray S, Waldron S, Gregson W, et al. Lifelong training preserves some redox-regulated adaptive responses after an acute exercise stimulus in aged human skeletal muscle. *Free Radic Biol Med*. 2014;70:23-32. 10.1016/j.freeradbiomed.2014.02.004
- [39]. Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q. Effects of high intensity exercise on oxidative stress and antioxidant status in untrained humans: A systematic review. *Biology*. 2021;10(12):1272. 10.3390/biology10121272

- [40]. Kulczyński B, Kobus-Cisowska J, Taczanowski M, Kmiecik D, Gramza-Michałowska A. The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds-Current State of Knowledge. *Nutrients*. 2019;11(6). 10.3390/nu11061242
- [41]. Silva Lda, Verneque BJB, Mota APL, Duarte CK. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) consumption and lipid profile: a systematic review and meta-analysis. *Food & Function*. 2021;12(19):8835-49. 10.1039/d1fo01287h
- [42]. Mohd Ali N, Yeap SK, Ho WY, Beh BK, Tan SW, Tan SG. The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *J Biomed Biotechnol*. 2012;2012:171956. 10.1155/2012/171956
- [43]. Ullah R, Nadeem M, Khalique A, Imran M, Mehmood S, Javid A, et al. Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *J Food Sci Technol*. 2016;53(4):1750-8. 10.1007/s13197-015-1967-0
- [44]. Enes BN, Moreira LPD, Silva BP, Grancieri M, Lúcio HG, Venâncio VP, et al. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) effects and their molecular mechanisms on unbalanced diet experimental studies: A systematic review. *J Food Sci*. 2020;85(2):226-39. 10.1111/1750-3841.15003
- [45]. Vuksan V, Jenkins AL, Brissette C, Choleva L, Jovanovski E, Gibbs AL, et al. Salba-chia (*Salvia hispanica* L.) in the treatment of overweight and obese patients with type 2 diabetes: A double-blind randomized controlled trial. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2017;27(2):138-46. 10.1016/j.numecd.2016.11.124