

Research Paper

The Effect of Exercise Training and Nettle Supplementation on the Inflammatory-Anti-Inflammatory Balance in Women with Metabolic Syndrome



Somayeh Behzadinezhad¹, Heshmatollah Parsian^{2*}, Mohammad Ali Azarbayjani³, Rouhollah Ershadi⁴, BI BI Fakhrosadat Hashemi⁵

1. Ph. D Student, Department of Exercise Physiology, Ki.C., Islamic Azad University, Kish, Iran.
2. Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Iran.
3. Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Science, Bu.C., Islamic Azad University, Bushehr, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Science, Bu.C., Islamic Azad University, Bushehr, Iran.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Behzadinezhad S, Parsian HA, Azarbayjani MA, Ershadi4R, Hashemi BB F. [The Effect of Exercise Training and Nettle Supplementation on the Inflammatory-Anti-Inflammatory Balance in Women with Metabolic Syndrome (Persian)]. Jundishapur Journal of Medical Sciences. 2026; 25(1): 66-76.



<https://doi.org/10.22118/jsmj.2025.564421.4099>

ABSTRACT

Background and Objectives Metabolic syndrome is associated with systemic inflammation and oxidative stress, which increase the risk of cardiovascular diseases. This study aimed to investigate the effects of eight weeks of concurrent exercise training and nettle supplementation on the inflammatory-anti-inflammatory balance in women with metabolic syndrome.

Subjects and Methods This semi-experimental study included 60 women with metabolic syndrome (aged 35–45 years) who were randomly assigned to four groups of 15 participants each: 1) Exercise + Placebo, 2) Nettle Supplement, 3) Exercise + Nettle Supplement, and 4) Placebo. The exercise groups followed an eight-week protocol, three sessions per week, consisting of 30 minutes of aerobic activity at 60–70% of heart rate reserve and 30 minutes of resistance training. The supplementation groups received 1,500 mg/day of dried nettle extract (three doses of 500 mg).

Results Between-group analysis showed that the combined group (Exercise + Nettle) led to a significant increase in total antioxidant capacity (TAC) levels ($P < 0.001$) and significant reductions in Interleukin-1 beta (IL-1 β) ($P = 0.011$) and C-reactive protein (CRP) ($P = 0.008$) compared to the Exercise + Placebo group. Additionally, compared to the Nettle Supplement group, the combined group achieved a greater reduction in CRP ($P = 0.001$).

Conclusion The findings suggest that both concurrent exercise and nettle supplementation alone can improve inflammatory status and antioxidant capacity in women with metabolic syndrome. However, combining these interventions produces a synergistic effect and may serve as a more effective strategy in lifestyle modification programs for managing this syndrome.

Keywords Metabolic syndrome; Exercise training; Nettle; Inflammation; Oxidative stress.

Received: 5 Dec 2025
Revised: 24 Dec 2025
Accepted: 9 April 2026

*** Corresponding Author:**

Heshmatollah Parsian

Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Shahre Ghods Branch, Islamic Azad University, Iran.

Tel: +989192511941

E-Mail: h.Parsian@iau.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Metabolic syndrome is a cluster of metabolic abnormalities, including abdominal obesity, dyslipidemia, hypertension, and insulin resistance. It was first described in 1988 by Gerald Reaven as “Syndrome X.” The pathophysiology of this syndrome results from complex interactions between genetic and environmental factors, ultimately leading to insulin resistance and chronic low-grade inflammation. The rising global prevalence of metabolic syndrome constitutes a major public health concern. Lifestyle modifications, particularly diet and physical activity, play a crucial role in the prevention and management of this condition. Regular exercise—especially aerobic and resistance training—is recognized as a fundamental and effective intervention for improving insulin sensitivity and reducing cardiovascular risk factors. Concurrent training programs that integrate both modalities may offer additional benefits. In parallel, the use of medicinal plants such as nettle as a complementary strategy has gained increasing attention. Evidence suggests that nettle supplementation can improve insulin sensitivity and lipid profiles. Preliminary findings also indicate that combining exercise training with nettle supplementation may exert synergistic metabolic effects. However, limited data are available regarding the combined impact of these interventions on the inflammatory–anti-inflammatory balance, a key component in the pathophysiology of metabolic syndrome. Therefore, this study aimed to investigate the effects of eight weeks of concurrent exercise training and nettle supplementation, both independently and in combination, on inflammatory and anti-inflammatory markers in women with metabolic syndrome.

Methods

This semi-experimental study employed a pretest–posttest design and was conducted on 60 women with metabolic syndrome (aged 35–45 years) in Qom, Iran. Participants were randomly assigned to four groups ($n = 15$ per group): (1) Exercise + Placebo, (2) Nettle Supplement, (3) Exercise + Nettle Supplement, and (4) Control (Placebo). Inclusion criteria were meeting at least three diagnostic criteria for metabolic syndrome and having a sedentary lifestyle. The exercise intervention consisted of eight weeks of concurrent training performed three times per week. Each session included 30 minutes of resistance training (eight major exercises performed in three sets of eight repetitions) followed by 30 minutes of aerobic exercise at an intensity of 60–70% of heart rate reserve. Participants in the supplementation groups consumed three daily capsules containing 500 mg of dried nettle leaf extract. Anthropometric measurements (body weight, height, body mass index, and body fat percentage) and fasting blood samples were collected before and after the intervention. Serum levels of inflammatory markers (C-

reactive protein (CRP) and IL-1 β), the anti-inflammatory marker IL-10, and total antioxidant capacity (TAC) were measured using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) kits and standard laboratory procedures. Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) with SPSS (version 26).

Results

Paired t-test results indicated that the exercise group exhibited a significant increase in serum TAC ($P = 0.023$) and IL-10 ($P = 0.035$), along with significant reductions in IL-1 β ($P < 0.001$) and CRP ($P < 0.001$). In the supplementation group, serum TAC significantly increased ($P < 0.001$), while there was a significant decrease in IL-1 β ($P < 0.001$) and CRP ($P < 0.001$) compared with baseline values. However, no significant change was observed in IL-10 ($P = 0.057$). In the combined group (exercise + supplementation), significant increases were observed in TAC ($P < 0.001$) and IL-10 ($P < 0.001$), accompanied by significant reductions in IL-1 β ($P < 0.001$) and CRP ($P < 0.001$). No significant changes were detected in the placebo group for any of the measured variables ($P > 0.05$). ANCOVA revealed significant between-group differences in TAC ($F = 25.147$; $P < 0.001$; partial $\eta^2 = 0.587$), IL-10 ($F = 3.897$; $P = 0.013$; partial $\eta^2 = 0.175$), IL-1 β ($F = 19.781$; $P < 0.001$; partial $\eta^2 = 0.519$), and CRP ($F = 26.118$; $P < 0.001$; partial $\eta^2 = 0.588$). Post hoc analyses demonstrated that the combined group showed a significantly greater increase in TAC ($P < 0.001$) and greater reductions in IL-1 β ($P = 0.011$) and CRP ($P = 0.008$) compared with the Exercise + Placebo group. Furthermore, compared with the Nettle Supplement group, the combined intervention resulted in a significantly greater reduction in CRP levels ($P = 0.001$).

Conclusion

The findings of this study indicate that eight weeks of concurrent exercise training (aerobic and resistance) and nettle supplementation, whether applied independently or in combination, significantly improved inflammatory and antioxidant profiles in women with metabolic syndrome. These improvements were characterized by increased levels of IL-10 and TAC, along with reduced concentrations of IL-1 β and CRP. The underlying mechanisms may include reductions in visceral adiposity—the primary source of pro-inflammatory cytokines—as well as activation of anti-inflammatory signaling pathways such as AMPK and inhibition of the NF- κ B pathway in response to exercise. The beneficial effects of nettle supplementation are likely attributable to its antioxidant and anti-inflammatory constituents, including quercetin. Notably, the combined intervention produced a synergistic effect, resulting in more pronounced improvements in IL-10, TAC, and IL-1 β compared with either intervention alone. This synergy may be explained by enhanced management of exercise-induced oxidative stress through nettle-derived antioxidants and

more effective multi-target modulation of shared inflammatory pathways. Overall, the combination of regular concurrent exercise training and nettle supplementation in our study may be proposed as an effective non-pharmacological and complementary strategy for improving the inflammatory-anti-inflammatory balance and antioxidant status in women with metabolic syndrome. Nevertheless, a number of limitations should be considered, including incomplete control of dietary intake, the absence of a follow-up period, and limited generalizability of the findings. Future studies incorporating longitudinal follow-up designs and molecular-level analyses are warranted to further elucidate these synergistic mechanisms.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The present study was conducted following approval by the Ethics Committee of Islamic Azad University, Marvdasht Branch, under ethics code (IR.IAU.M.REC.1403.564). All study procedures were carried out in accordance with ethical principles for research involving human participants. Before participation, all participants were informed about the objectives and procedures of the study, and written informed consent was

obtained from them. The confidentiality of participants' information and their rights were maintained throughout all stages of the study.

Funding

This study was financially supported by the researchers themselves and received no financial support from any other organization or institution.

Author's contributions

All authors contributed to the study design, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting and revising of the manuscript. All authors reviewed and approved the final version of the manuscript.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgements

The authors sincerely thank all participants who took part in this study, as well as the administrators and staff of the collaborating centers for their assistance in conducting the research.

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرین ورزشی و مکمل گزنه بر تعادل التهابی-ضدالتهابی در زنان مبتلا به سندرم متابولیک

سمیه بهزادی‌نژاد^۱، حشمت‌اله پارسیان^{۲*}، محمدعلی آذربایجانی^۳، روح‌الله ارشادی^۴، بی‌بی فخرالسادات هاشمی^۵

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بین‌المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران.
۲. دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.
۳. استاد گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.
۵. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.

Use your device to scan
and read the article online

Citation Behzadinezhad S, Parsian HA, Azarbayjani MA, Ershadi4R, Hashemi BB F. [The Effect of Exercise Training and Nettle Supplementation on the Inflammatory-Anti-Inflammatory Balance in Women with Metabolic Syndrome (Persian)]. Jundishapur Journal of Medical Sciences. 2026; 25(1): 66-76.

doi <https://doi.org/10.22118/jsmj.2025.564421.4099>

چکیده



زمینه و هدف: سندرم متابولیک با التهاب سیستمیک و استرس اکسیداتیو همراه است که خطر بیماری‌های قلبی-عروقی را افزایش می‌دهد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرین ترکیبی هم‌زمان و مصرف مکمل گزنه بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو و تعادل التهابی-ضدالتهابی در زنان مبتلا به سندرم متابولیک انجام شد.

روش بررسی: در این تحقیق نیمه‌تجربی، ۶۰ زن مبتلا به سندرم متابولیک (سن ۳۵-۴۵ سال) به صورت تصادفی در چهار گروه ۱۵ نفری قرار گرفتند: (۱) تمرین + دارونما، (۲) مکمل گزنه، (۳) تمرین + مکمل گزنه، و (۴) دارونما. گروه‌های تمرینی، به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته، پروتکل تمرین ترکیبی (۳۰ دقیقه فعالیت هوازی با شدت ۶۰-۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره و ۳۰ دقیقه تمرین مقاومتی) را اجرا کردند. گروه‌های دریافت‌کننده مکمل، روزانه ۱۵۰۰ میلی گرم عصاره خشک گزنه (۳ وعده ۵۰۰ میلی گرمی) مصرف کردند.

یافته‌ها: تحلیل بین‌گروهی نشان داد که گروه ترکیبی (تمرین + مکمل) موجب افزایش معنی‌دار سطوح TAC ($P < 0.001$) و کاهش معنی‌دار $IL-1\beta$ ($P = 0.001$) و CRP ($P = 0.008$) نسبت به گروه تمرین + دارونما شد و در مقایسه با گروه مکمل موجب کاهش بیشتر CRP ($P = 0.001$) شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها حاکی از آن است که هر دو مداخله تمرین ترکیبی و مصرف مکمل گزنه به تنهایی می‌توانند وضعیت التهابی و آنتی‌اکسیدانی را در زنان مبتلا به سندرم متابولیک بهبود بخشند. با این حال، ترکیب این دو روش، اثری هم‌افزاینده دارد و می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثرتر در برنامه‌های اصلاح سبک زندگی برای مدیریت این سندرم توصیه شود.

کلیدواژه‌ها: سندرم متابولیک، تمرین ورزشی، گزنه، التهاب، استرس اکسیداتیو.

تاریخ دریافت: ۱۹ آذر ۱۴۰۴

دریافت اصلاحات: ۳ دی ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۲۰ فروردین ۱۴۰۵

* نویسنده مسئول:

حشمت‌اله پارسیان

نشانی: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.

تلفن: ۰۹۱۹۲۵۱۱۹۴۱

رایانامه: h.Parsian@iau.ac.ir

مقدمه

سندرم متابولیک مجموعه‌ای از ناهنجاری‌های متابولیکی است که شامل چاقی مرکزی، دیس‌لیپیدمی، پرفشاری خون و مقاومت به انسولین است. این مجموعه اختلالات نخستین بار در سال ۱۹۸۸ توسط متخصص غدد آمریکایی، جرال د ریون، مشاهده و با عنوان «سندرم X» نام‌گذاری شد. پاتوفیزیولوژی زمینه‌ای سندرم متابولیک عمدتاً با عوامل ژنتیکی و محیطی درهم‌تنیده است که به‌طور مشترک در بروز مقاومت به انسولین و التهاب مزمن خفیف نقش دارند (۱). بدون تردید، ناهنجاری‌های متابولیکی به سطوح اپیدمیک رسیده‌اند و این روند رو به افزایش، چالشی جدی برای پزشکان در سراسر جهان ایجاد کرده است؛ چراکه میزان بروز این اختلالات همچنان در حال افزایش بوده و نشانه‌ای از کندشدن آن مشاهده نمی‌شود (۲).

شواهد علمی حاکی از آن است که سبک زندگی، شامل الگوی تغذیه، میزان فعالیت بدنی و همچنین نوع فعالیت انجام‌شده، ارتباط تنگاتنگی با بروز و پیشرفت سندرم متابولیک دارد و می‌تواند از طریق تأثیر بر تعادل انرژی، حساسیت به انسولین و وضعیت التهابی بدن، خطر ابتلا به این سندرم را تعدیل کند (۳). فعالیت جسمانی و تمرینات ورزشی منظم از اولین مداخلات در کاهش مقاومت به انسولین سندرم متابولیک هستند (۴-۶) و مشخص شده است که تمرینات ورزشی از روش‌های مداخله موثر در کاهش مقاومت به انسولین ۲ است (۶-۸). ورزش هوازی فواید قابل توجهی را برای عوامل خطر قلبی عروقی، به‌ویژه در افرادی که خطر قلبی عروقی بالاتری دارند، نشان می‌دهد و به‌عنوان نسخه اصلی ورزش توصیه می‌شود (۶، ۹، ۱۰). ورزش مقاومتی همچنین برخی از عوامل خطر قلبی عروقی را بهبود می‌بخشد (۱۱، ۱۲) و به‌طور معمول به‌عنوان مکمل ورزش هوازی توصیه می‌شود. بنابراین استفاده از یک روش تمرینی که هم مزایای تمرینات هوازی و مقاومتی را داشته باشد می‌تواند برای پیشگیری و درمان سندرم متابولیک توصیه شود. همچنین نتایج تحقیقات بالینی و مرورهای سیستماتیک نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی هم‌زمان اثرات مثبتی بر بهبود پروفایل متابولیک افراد مبتلا به سندرم متابولیک دارد (۱۵-۱۳).

یکی دیگر از مداخلات درمانی در اختلالات متابولیکی استفاده از گیاهان دارویی است (۱۶). گزنه (*Urtica dioica* L) از خانواده *Urticaceae*، به‌شکل وحشی در شمال آفریقا، آمریکای شمالی، اروپا و آسیا رشد می‌کند (۱۷). مشتقات آن ازجمله پودر خشک خام، دم‌کرده (چای گیاهی)، عصاره خشک، جوشانده یا آب میوه تازه در گیاه درمانی بی‌تردید مهم هستند (۱۸). همچنین تحقیقات مداخله‌ای نشان داده است که استفاده از مکمل گزنه اثرات مفیدی بر بهبود عملکرد انسولین و جذب گلوکز (۱۹)، بهبود پروفایل لیپیدی (۲۰) و همچنین سطح آمینوترانسفرازهای سرمی (۲۱) دارد که می‌تواند نشان‌دهنده اثرات حفاظتی گزنه بر اجزای سندرم متابولیک باشد.

برخی تحقیقات پیشین گزارش کرده‌اند که مصرف گزنه در کنار تمرینات ورزشی موجب اثرات بهتر بر سلامت متابولیک است. در همین خصوص دادور و همکاران گزارش کردند که استفاده از مکمل گزنه همراه با غذا در کنار تمرینات ورزشی موجب کاهش مقاومت به انسولین و بهبود پروفایل لیپیدی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد (۲۲). همچنین نتایج تحقیقات دباغ و نیک بخت نشان‌دهنده اثر ترکیبی تمرین هوازی و مکمل گزنه بر کاهش قند خون ناشتا در مردان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود (۲۳).

سندرم متابولیک با شیوع روزافزون و پیامدهای خطرناک قلبی-عروقی و متابولیکی، به یکی از مسائل سلامت عمومی در سطح جهان تبدیل شده است (۲). کنترل و بهینه‌سازی عوامل سبک زندگی، ازجمله فعالیت بدنی منظم و استفاده هدفمند از مواد غذایی یا مکمل‌های گیاهی، نقش اساسی در پیشگیری از سندرم متابولیک و بهبود وضعیت متابولیک افراد دارد (۲۴). با توجه به شواهد محدود درباره اثرات ترکیبی تمرین ورزشی و مکمل گزنه بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو و تعادل التهابی-ضدالتهابی (۲۰، ۲۴)، بررسی علمی و دقیق این مداخلات می‌تواند راهکارهای کاربردی و ایمن برای مدیریت سندرم متابولیک ارائه دهد، که ضرورت تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

با توجه به شواهد موجود، هدف مطالعه حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرینات ترکیبی هم‌زمان و مصرف مکمل گزنه، به‌صورت مستقل و ترکیبی، بر شاخص‌های التهابی و ضدالتهابی در زنان مبتلا به سندرم متابولیک بود.

روش بررسی

در تحقیق نیمه‌تجربی حاضر که با طرح تحقیق پیش‌آزمون-پس‌آزمون با سه گروه مداخله تمرین و یک گروه کنترل انجام شد؛ ۶۰ زن مبتلا به سندرم متابولیک ساکن شهر قم به‌روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب خواهند شدند. سپس این آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در ۴ گروه مساوی ۱۵ نفری شامل ۱- تمرین + دارونما، ۲- مکمل، ۳- تمرین + مکمل و ۴- دارونما تقسیم شدند.

شرایط ورود به تحقیق حاضر شامل زنان مبتلا به سندرم متابولیک (سه شرط از: ۱- افزایش سطح انسولین سرمی بالا (مقاومت به انسولین)، ۳- چاقی به‌خصوص چاقی شکمی، ۴- افزایش تری‌گلیسرید سرمی و ۵- کاهش لیپوپروتئین پرچگال)، دامنه سنی ۳۵ تا ۴۵ سال، داشتن سطح کم‌خطر فعالیت بدنی، سبک زندگی کم‌تحرک در شش ماه اخیر بود و شرایط خروج از تحقیق نیز شامل انصراف از ادامه تحقیق، هرگونه مصدومیت، بارداری و غیبت بیش از ۳ جلسه در طول دوره تحقیق بود.

پس از انتخاب آزمودنی‌ها در جلسه‌ای شرایط تحقیق برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و پس از امضای رضایت‌نامه آگاهانه آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به‌قید قرعه به گروه‌های مداخله تخصیص داده شدند. پس از هماهنگی‌های اولیه آزمودنی‌های تن‌سجی و آزمایش خون به‌صورت ناشتا

(۸-۱۰ ساعت ناشتایی شبانه) از همگی آزمودنی‌ها انجام شد.

مداخله تمرین در تحقیق حاضر شامل هشت هفته تمرینات ترکیبی با تواتر سه جلسه تمرین در هفته بود. قبل از شروع تمرینات اصلی به منظور گرم کردن، ۱۵-۱۰ دقیقه فعالیت‌های ورزشی سبک و تمرینات انعطاف‌پذیری ایستا و پویا و همچنین نرمش‌های جنبشی برای عضلات و مفاصل درگیر اجرا خواهد شد. پس از تمام شدن تمرینات اصلی نیز به مدت ۱۰ دقیقه حرکات هوازی سبک، تمرینات انعطاف‌پذیری و تمرینات تنفسی و آرام‌سازی، اجرا شد (۲۵).

در پروتکل تمرین حاضر (جدول ۱) در بخش مقاومتی شامل ۳۰ دقیقه تمرین مقاومتی برای عضلات سینه (پرس سینه روی نیمکت)، دلتوئید (نشر با دمبل)، لت (لت سیم‌کش دست باز از جلو)، جلو بازو (جلو بازو سیم‌کش ایستاده)، پشت بازو (پشت بازو و سیم‌کش ایستاده)، پرس پا خوابیده، پشت ران خوابیده و ساق پا ایستاده است که در ۳ ست ۸ تکراری براساس تکرار بیشینه^۱ (۲۶، ۲۷) هر فرد اجرا شد (انتخاب وزنه براساس توانایی فرد برای انجام ۸ تکرار بود). همچنین عضلات شکم و فیله نیز در سه ست ۲۰ تا ۲۵ تکراری اجرا شد. بین هر ست ۹۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد. در بخش هوازی مدت زمان تمرین ۳۰ دقیقه بود که با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره اجرا شد و شدت تمرین با توجه به ضربان قلب ذخیره هر فرد کنترل شد و ضربان قلب ذخیره نیز با استفاده از فرمول کاروون^۲ محاسبه شد (۲۸، ۲۹).

در تحقیق حاضر مکمل گزنه از شرکت اورتی هرب، ساخت پژوهشکده گیاهان دارویی ایران با کد بهداشت (۲۴۱۱۱۹۴۹۳۸۳۳۵۴۱۶) با منشأ گیاهی تأیید شده به صورت قرص روکش دار خریداری شد. هر کپسول اورتی هرب حاوی ۵۰۰ میلی گرم عصاره خشک برگ گیاه گزنه است. مکمل گزنه در گروه‌های مکمل گزنه و گروه ترکیبی به صورت ۳ بار در روز و بعد از وعده غذایی مصرف شد.

۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه مداخلات، خون‌گیری به صورت ناشتا انجام شد. برای اندازه‌گیری متغیرهای خونی، به مقدار ۵ سی‌سی نمونه خونی از ورید بازویی آنها در حالت ناشتا گرفته شد. پس از جداسازی سرم از نمونه‌های

خونی با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ، نمونه سرم تا زمان تحلیل شاخص‌های التهابی در دمای ۷۰- نگهداری شد. متغیرهای تن‌سنجی نیز به صورت ناشتا اندازه‌گیری شد. در تحقیق حاضر براساس وزن به دست آمده از توزین وزن (کیلوگرم) آزمودنی‌ها و قد ایستاده (متر) آزمودنی‌ها و استفاده از فرمول برآورد شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها برحسب کیلوگرم بر متر مربع محاسبه شد. درصد چربی بدن با استفاده از روش بیوایمپدانس و با استفاده از دستگاه بادی کامپوزیشن این بادی مدل ۲۷۰ ساخت کشور کره انجام شد. سطح پروتئین واکنسر C (CRP) و اینترلوکین-۱ بتا (IL-1β) و اینترلوکین-۱۰ (IL-۱۰) در سرم ناشتا با استفاده از کیت‌های Human ELISA Kit شرکت R&D Systems (Bio-Techne, USA) تعیین شد. کیت‌ها براساس روش Sandwich ELISA عمل می‌کنند: ابتدا نمونه‌ها و استانداردهای کنترل در چاهک‌های از پیش پوشش داده شده با آنتی‌بادی خاص قرار گرفتند. پس از انکوباسیون و شست‌وشو، آنتی‌بادی دوم متصل به آنزیم اضافه شد. پس از افزودن سوبسترا و متوقف کردن واکنش، شدت رنگ با دستگاه Microplate Reader در طول موج مشخص (CRP: ۴۵۰ نانومتر، IL-1β و IL-۱۰: ۴۵۰ نانومتر با اصلاح ۵۷۰ نانومتر) خوانده شد. غلظت نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد (Standard Curve) محاسبه شد و تمام اندازه‌گیری‌ها در تکرار دابل انجام شد تا دقت و صحت نتایج تضمین شود.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) با استفاده از روش رنگ‌سنجی مبتنی بر مهار رادیکال آزاد DPPH (۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل) و با کیت تجاری مطابق دستورالعمل سازنده تعیین گردید. تمامی اندازه‌گیری‌ها در شرایط استاندارد آزمایشگاهی و توسط پرسنل آموزش دیده انجام شد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد. تمام تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ P انجام شد.

جدول ۱. پروتکل شش هفته‌ای تمرینات ورزشی

هفته	سیکل تمرین	تعداد تناوب	زمان تناوب (ثانیه)	شدت (HRR)	استراحت: تمرین	استراحت بین تناوب‌ها	استراحت بین سیکل‌ها
نوع استراحت زمان (دقیقه)							
۱	۳	۶	۱۰	۸۰-۸۵	۱:۱	غیرفعال	۳-۵ غیرفعال
۲	۴	۶	۱۰	۸۰-۸۵	۱:۱	غیرفعال	۳-۵ غیرفعال
۳	۴	۷	۱۰	۸۰-۸۵	۱:۱	فعال	۳-۵ غیرفعال
۴	۵	۷	۱۰	۸۰-۸۵	۱:۱	فعال	۳-۵ غیرفعال
۵	۵	۸	۱۰	۸۰-۸۵	۱:۱	فعال	۳-۵ غیرفعال
۶	۶	۸	۱۰	۸۰-۸۵	۱:۱	فعال	۳-۵ غیرفعال

² Karvonen

¹ repetition maximum

یافته‌ها

$P < 0.001$) و CRP ($P < 0.001$) نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد ولی تفاوت معنی‌داری در IL-10 مشاهده نشد ($P = 0.057$). در گروه ترکیبی (تمرین + مکمل) افزایش TAC سرمی ($P < 0.001$) و IL-10 ($P < 0.001$) و کاهش IL-1 β ($P < 0.001$) و CRP ($P < 0.001$) نسبت به مقادیر پایه معنی‌دار بود. در گروه دارونما تفاوت معنی‌داری در متغیرهای مورد بررسی مشاهده نشد ($P > 0.05$).

تحلیل کوواریانس نشان داد (جدول ۳) که تفاوت معنی‌دار در TAC ($F = 3/897$; $P = 0.001$ ، $\eta^2 = 0.587$ ، جزیی)، IL-10 ($F = 25/147$; $P = 0.001$ ، $\eta^2 = 0.175$ ، جزیی)، IL-1 β ($F = 19/781$; $P = 0.001$ ، $\eta^2 = 0.519$ ، جزیی) و CRP ($F = 26/118$; $P = 0.001$ ، $\eta^2 = 0.588$ ، جزیی) بین گروه‌های تحقیق وجود داشت. برای تعیین محل اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد (جدول ۴).

جدول ۲ مربوط به مشخصات دموگرافی و متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در گروه‌های مورد مطالعه است.

پیش‌شرط‌های آزمون‌های پارامتریک شامل توزیع نرمال داده‌ها، تجانس واریانس‌ها و برقراری شیب رگرسیونی، بررسی شد و در تمامی موارد برقرار بودند. براساس این پیش‌شرط‌ها، از آزمون تی زوجی و تحلیل کوواریانس استفاده گردید. خلاصه نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تی وابسته (جدول ۳) افزایش معنی‌داری در TAC سرمی ($P = 0.023$) و IL-10 ($P = 0.035$) و کاهش معنی‌داری در IL-1 β ($P < 0.001$) و CRP ($P < 0.001$) در گروه تمرین مشاهده شد. در گروه مکمل افزایش معنی‌داری در TAC سرمی ($P < 0.001$) و کاهش معنی‌داری در IL-1 β ($P < 0.001$) مشاهده شد.

جدول ۲. مشخصات سن، قد، وزن و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها در گروه‌های تحقیق

گروه	مرحله	تمرین+دارونما	مکمل	تمرین+مکمل	دارونما
سن (سال)	قبل	۴۰/۱۱ ± ۱/۴۷	۴۰/۴۴ ± ۱/۶۸	۳۹/۷۹ ± ۱/۷۳	۳۸/۹۳ ± ۱/۸۴
قد (متر)	قبل	۱/۶۴ ± ۰/۰۱	۱/۶۵ ± ۰/۰۳	۱/۶۴ ± ۰/۰۱	۱/۶۲ ± ۰/۰۲
وزن (کیلوگرم)	قبل	۸۷/۳۶ ± ۱/۷۲	۹۰/۶۰ ± ۱/۹۴	۸۹/۹۵ ± ۱/۴۳	۸۸/۱۵ ± ۱/۸۶
	بعد	۸۲/۰۱ ± ۳/۷۲	۸۹/۸۸ ± ۲/۵۰	۸۲/۴۳ ± ۳/۵۷	۸۷/۹۰ ± ۲/۹۹
شاخص توده بدن	قبل	۳۲/۶۵ ± ۰/۸۱	۳۳/۲۷ ± ۰/۹۲	۳۳/۵۳ ± ۰/۷۶	۳۳/۴۷ ± ۱/۱۲
(کیلوگرم بر متر مربع)	بعد	۳۰/۶۷ ± ۱/۶۸	۳۲/۹۹ ± ۰/۹۶	۳۰/۷۳ ± ۱/۳۶	۳۳/۳۶ ± ۱/۰۶

جدول ۳. بررسی تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرهای مورد بررسی

متغیرها	گروه	تغییرات درون گروهی (تی وابسته)	تغییرات بین گروهی (ANCOVA)
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (میلی‌مول معادل تروکس بر لیتر)	تمرین+دارونما	۱/۴۹ ± ۰/۱۹	۱/۵۳ ± ۰/۱۸
	مکمل	۱/۴۸ ± ۰/۲۳	۱/۶۶ ± ۰/۲۲
	تمرین+مکمل	۱/۴۵ ± ۰/۱۱	۱/۶۹ ± ۰/۱۸
	دارونما	۱/۴۳ ± ۰/۲۴	۱/۴۲ ± ۰/۲۰
اینترلوکین-۱۰ (میلی‌گرم بر لیتر)	تمرین+دارونما	۳/۲۰ ± ۱/۲۱	۴/۳۳ ± ۱/۶۳
	مکمل	۳/۹۳ ± ۱/۰۳	۴/۵۳ ± ۰/۶۴
	تمرین+مکمل	۲/۵۳ ± ۰/۷۴	۴/۵۳ ± ۱/۵۵
	دارونما	۳/۴۷ ± ۰/۷۵	۳/۳۳ ± ۰/۶۲
اینترلوکین-۱ بتا (پیکوگرم بر میلی لیتر)	تمرین+دارونما	۳/۹۳ ± ۰/۸۰	۳/۲۷ ± ۰/۴۶
	مکمل	۴/۰۷ ± ۰/۷۹	۳/۲۰ ± ۰/۹۴
	تمرین+مکمل	۴/۱۳ ± ۰/۹۲	۲/۹۳ ± ۱/۰۳
	دارونما	۴/۰۷ ± ۰/۸۰	۴/۲۷ ± ۰/۸۸
پروتئین واکشنر C (میلی‌گرم بر لیتر)	تمرین+دارونما	۵/۰۷ ± ۰/۹۶	۳/۶۷ ± ۰/۹۰
	مکمل	۵/۰۳ ± ۰/۹۰	۳/۸۳ ± ۰/۹۵
	تمرین+مکمل	۵/۵۳ ± ۱/۱۹	۳/۲۳ ± ۰/۷۵
	دارونما	۴/۴۷ ± ۰/۵۲	۴/۹۸ ± ۰/۹۳

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

گروه (الف)	گروه (ب)	ظرفیت آنتی اکسیدانی تام	اینتروکین-۱۰	اینتروکین-۱۰ بتا	پروتئین واکنشگر C
تمرین+دارونما	مکمل	$P<0/001$	$P=0/975$	$P=0/354$	$P=0/470$
	تمرین+مکمل	$P<0/001$	$P=0/415$	$P=0/011$	$P=0/008$
دارونما	دارونما	$P=0/141$	$P=0/018$	$P<0/001$	$P<0/001$
مکمل	تمرین+مکمل	$P=0/073$	$P=0/472$	$P=0/094$	$P=0/001$
	دارونما	$P<0/001$	$P=0/018$	$P<0/001$	$P<0/001$
تمرین+مکمل	دارونما	$P<0/001$	$P=0/003$	$P<0/001$	$P<0/001$

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات ترکیبی هم‌زمان (مقاومتی و هوازی) موجب افزایش معنی‌داری در سطح $IL-10$ و کاهش معنی‌داری در سطوح $IL-1\beta$ و CRP در مقایسه با گروه دارونما شد. $IL-10$ یک سیتوکین ضدالتهاب قوی است و از جمله میوکاین‌هایی است که ترشح آن با ورزش تحریک می‌شود (۳۰). این ماده با مهار مسیرهای سیگنالینگ التهابی مانند فاکتور هسته‌ای کاپایی (NF- κ B) باعث کاهش تولید سیتوکین‌های پیش‌التهابی مانند $IL-1\beta$ می‌شود (۳۱).

ورزش ترکیبی یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش چربی بدن، به‌ویژه چربی احشایی است. بافت چربی، به‌ویژه نوع احشایی آن، منبع اصلی ترشح آدیپوکاین‌های پیش‌التهابی مانند فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF- α) و نیز CRP است. کاهش توده چربی احشایی ناشی از ورزش، به‌طور مستقیم باعث کاهش سطح این نشانگرهای التهابی در گردش خون می‌شود (۳۲). همچنین، ورزش منظم مسیرهای مهم سلولی مانند AMPK و PPAR- γ را فعال می‌کند (۳۳).

فعال‌شدن این مسیرها نه تنها حساسیت به انسولین و اکسیداسیون اسیدهای چرب را بهبود می‌بخشد، بلکه اثرات مستقیم ضدالتهابی نیز دارد. به‌عنوان مثال، فعال‌سازی AMPK می‌تواند فعالیت NF- κ B را، که یک فاکتور رونویسی کلیدی در التهاب است، مهار کند (۳۴).

در بررسی اثر مکمل گزنه، یافته‌های ما نشان داد که مصرف مکمل (۵۰۰ میلی گرم عصاره خشک برگ گیاه گزنه) موجب افزایش معنی‌دار TAC و $IL-10$ و کاهش معنی‌دار $IL-1\beta$ و CRP نسبت به گروه دارونما شد. بسیاری از ترکیبات موجود در گزنه (مانند کوئرستین) به‌عنوان دهنده الکترون عمل کرده و مستقیماً رادیکال‌های آزاد را خنثی می‌کنند که به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و TAC سرم منجر می‌شود (۳۵).

ترکیبات گزنه می‌توانند مسیرهای التهابی اصلی را مهار کنند؛ به‌عنوان مثال، گزارش شده است که عصاره گزنه فعالیت NF- κ B را مهار می‌کند (۳۶). از آنجا که NF- κ B نقش کلیدی در رونویسی ژن‌های پیش‌التهابی مانند $IL-1\beta$ و TNF- α دارد، مهار آن منجر به کاهش تولید این سیتوکین‌ها و در نتیجه کاهش نشانگرهای وابسته مانند CRP می‌شود.

(۳۴). برخی مطالعات نیز نشان داده‌اند که گزنه می‌تواند ترشح سیتوکین‌های ضدالتهابی مانند $IL-10$ را افزایش دهد و در عین حال ترشح سیتوکین‌های پیش‌التهابی را کاهش دهد (۳۷، ۳۸). این تعدیل در پاسخ ایمنی می‌تواند به بهبود تعادل التهابی کمک کند.

در گروه ترکیبی نیز افزایش معنی‌داری در TAC و $IL-10$ و کاهش معنی‌دار $IL-1\beta$ و CRP نسبت به گروه دارونما مشاهده شد. در این گروه، به‌نظر می‌رسد اثرات سودمند ورزش و گزنه به‌صورت هم‌افزا عمل کرده‌اند. نتایج نشان داد گروه ترکیبی اثربخشی بیشتری بر افزایش سطح $IL-10$ نسبت به گروه تمرین ورزشی و همچنین اثرات بارزتری بر بهبود TAC، $IL-10$ و $IL-1\beta$ در مقایسه با گروه مکمل به‌تنهایی داشت. این هم‌افزایی می‌تواند ناشی از حمله هم‌زمان به مکانیسم‌های بیماری‌زای سندرم متابولیک از چندین جبهه باشد (۳۷، ۳۹).

اگرچه ورزش در بلندمدت وضعیت آنتی‌اکسیدانی را بهبود می‌بخشد، اما در جلسه حاد خود، یک محرک اکسیداتیو ایجاد می‌کند. حضور هم‌زمان آنتی‌اکسیدان‌های قوی گزنه می‌تواند این استرس اکسیداتیو حاد را بهتر مدیریت کرده و به سازگاری مطلوب‌تر و قوی‌تر سیستم آنتی‌اکسیدانی درونی کمک کند (۴۰). این می‌تواند دلیل افزایش قوی‌تر TAC در گروه ترکیبی را توضیح دهد. از سوی دیگر، هم ورزش و هم گزنه به‌طور مستقل می‌توانند مسیر NF- κ B را مهار کنند (۳۴، ۳۸). ترکیب این دو مداخله ممکن است باعث سرکوب قوی‌تر و پایدارتر این مسیر اصلی التهابی شود که در نهایت به کاهش بیشتر $IL-1\beta$ و CRP منجر می‌شود. علاوه‌براین، ورزش با بهبود حساسیت به انسولین و پروفایل لیپیدی، بستر متابولیک بدن را اصلاح می‌کند (۱۵-۱۳، ۴۱). این بهبود کلی در وضعیت متابولیک ممکن است باعث افزایش حساسیت و پاسخ‌گویی بافت‌ها به ترکیبات ضدالتهاب و تنظیم‌کننده ایمنی موجود در گزنه شود و اثرات آن را بارزتر کند (۲۳، ۳۷).

این مطالعه باوجود دستاوردهای ارزشمند، دارای محدودیت‌هایی است که در تفسیر نتایج باید مدنظر قرار گیرد. نخست، کنترل‌نکردن کامل برخی عوامل مخدوش‌کننده بالقوه مانند رژیم غذایی دقیق، سطح استرس و کیفیت خواب آزمودنی‌ها در طول دوره تحقیق، می‌تواند بر دقت نتایج تأثیرگذار باشد. دوم، عدم طراحی دوره پیگیری سبب شده است که پایداری اثرات مثبت مشاهده‌شده پس از توقف مداخلات مشخص نباشد. سوم،

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در طراحی پژوهش، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تدوین و ویرایش مقاله مشارکت داشته‌اند و نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که در ارتباط با انتشار این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافع وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی شرکت‌کنندگان در این پژوهش و همچنین مسئولان و کارکنان مراکز همکاری‌کننده که در اجرای این مطالعه همکاری کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

تعمیم‌پذیری یافته‌ها به دلیل تمرکز بر گروه خاصی از زنان مبتلا به سندرم متابولیک در یک محدوده سنی و جغرافیایی مشخص، محدود است. چهارم، این تحقیق مکانیسم‌های سلولی-مولکولی دقیق (مانند بررسی مستقیم مسیرهای سیگنالینگ) را اندازه‌گیری نکرده و فقط بر شاخص‌های نهایی سرمی متمرکز بوده است. در نهایت، استفاده از یک پروتکل تمرینی و یک دوز خاص از مکمل گزنه، امکان مقایسه با سایر روش‌های مداخله یا تعیین دوز بهینه را فراهم نمی‌کند. رفع این محدودیت‌ها در مطالعات آتی می‌تواند درک جامع‌تری از آثار این مداخلات ارائه دهد.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات ترکیبی هم‌زمان (هوازی و مقاومتی) و همچنین مصرف مکمل عصاره گزنه، هر یک به‌تنهایی قادر به بهبود وضعیت التهابی و آنتی‌اکسیدانی در این جمعیت هستند. این بهبودها به‌صورت افزایش معنادار سطح IL-10 (به‌عنوان یک سیتوکین ضدالتهاب کلیدی) و TAC و نیز کاهش معنادار سطح فاکتورهای پیش‌التهابی شامل CRP و IL-1β مشاهده شد. نکته حائز اهمیت، اثر هم‌افزایی (سینرژی) مداخله ترکیبی (تمرین به‌همراه مکمل گزنه) بود. نتایج حاکی از آن بود که گروه تحت مداخله ترکیبی، در مقایسه با گروه‌های ورزش یا مکمل به تنهایی نشان داد. این یافته‌ها بیانگر آن است که ترکیب این دو روش مداخله‌ای غیردارویی می‌تواند راهبرد مؤثرتری برای تعدیل استرس اکسیداتیو و بازگرداندن تعادل التهابی در زنان مبتلا به سندرم متابولیک باشد. در مجموع، به‌نظر می‌رسد گنجانیدن تمرینات منظم ترکیبی و استفاده از مکمل گزنه در چهارچوب یک برنامه اصلاح سبک زندگی، می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مکمل ایمن و عملی برای مدیریت سندرم متابولیک و کاهش خطرات قلبی-عروقی وابسته به آن توصیه شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

پژوهش حاضر پس از تأیید کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت با کد اخلاق (IR.IAU.M.REC.1403.564) انجام شد. کلیه مراحل پژوهش با رعایت اصول اخلاقی پژوهش در انسان و پس از آگاهی شرکت‌کنندگان از اهداف و روند مطالعه و اخذ رضایت آگاهانه از آنان صورت گرفت. همچنین، محرمانگی اطلاعات و حقوق شرکت‌کنندگان در تمامی مراحل پژوهش رعایت شد.

حامی مالی

این پژوهش با حمایت مالی شخصی پژوهشگران انجام شده است و هیچ‌گونه حمایت مالی از سوی سازمان یا مؤسسه دیگری دریافت نشده است.

References

1. Hamooya BM, Siame L, Muchaili L, Masenga SK, Kirabo A. Metabolic syndrome: Epidemiology, mechanisms, and current therapeutic approaches. *Frontiers in Nutrition*. 2025 Sep 3;12:1661603. [[10.3389/fnut.2025.1661603](#)][[PMID](#)]
2. Boicean A, Ichim C, Sasu SM, Todor SB. Key insights into gut alterations in metabolic syndrome. *Journal of Clinical Medicine*. 2025 Apr 14;14(8):2678. [[10.3390/jcm14082678](#)][[PMID](#)]
3. Deng Y, Yang Q, Hao C, Wang HH, Ma T, Chen X, Ngai FW, Xie YJ. Combined lifestyle factors and metabolic syndrome risk: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Obesity*. 2025 Feb;49(2):226-36. [[10.1038/s41366-024-01671-8](#)][[PMID](#)]
4. Vrdoljak J, Kumric M, Vilovic M, Martinovic D, Rogosic V, Borovac JA, Ticinovic Kurir T, Bozic J. Can fasting curb the metabolic syndrome epidemic?. *Nutrients*. 2022 Jan 20;14(3):456. [[10.3390/nu14030456](#)][[PMID](#)]
5. Paley CA, Johnson MI. Abdominal obesity and metabolic syndrome: exercise as medicine?. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2018 May 4;10(1):7. [[10.1186/s13102-018-0097-1](#)][[PMID](#)]
6. Weweg MA, Thom JM, Rye KA, Parmenter BJ. Aerobic, resistance or combined training: A systematic review and meta-analysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. *Atherosclerosis*. 2018 Jul 1;274:162-71. [[10.1016/j.atherosclerosis.2018.05.002](#)][[PMID](#)]
7. Ghalavand A, Shakerian S, Zakerkish M, Shahbazian H, Monazam Nejad A. The effect of resistance training on anthropometric characteristics and lipid profile in men with type 2 diabetes referred to Golestan Hospital. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2017 Oct 23;13(6):709-20.
8. Gordon BA, Benson AC, Bird SR, Fraser SF. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes research and clinical practice*. 2009 Feb 1;83(2):157-75. [[10.1016/j.diabres.2008.11.024](#)][[PMID](#)]
9. Lemes IR, Turi-Lynch BC, Cavero-Redondo I, Linares SN, Monteiro HL. Aerobic training reduces blood pressure and waist circumference and increases HDL-c in metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American Society of Hypertension*. 2018 Aug 1;12(8):580-8. [[10.1016/j.jash.2018.06.007](#)][[PMID](#)]
10. Sari-Sarraf V, Aliasgarzadeh A, Naderali MM, Esmaeili H, Naderali EK. A combined continuous and interval aerobic training improves metabolic syndrome risk factors in men. *International Journal of General Medicine*. 2015 May 21:203-10. [[10.2147/IJGM.S81938](#)][[PMID](#)]
11. Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism. *Sports medicine*. 2010 May;40(5):397-415. [[10.2165/11531380-000000000-00000](#)][[PMID](#)]
12. Lemes ÍR, Ferreira PH, Linares SN, Machado AF, Pastre CM, Netto J. Resistance training reduces systolic blood pressure in metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British journal of sports medicine*. 2016 Dec 1;50(23):1438-42. [[10.1136/bjsports-2015-094715](#)][[PMID](#)]
13. Da Silva MA, Baptista LC, Neves RS, De França E, Loureiro H, Lira FS, Caperuto EC, Veríssimo MT, Martins RA. The effects of concurrent training combining both resistance exercise and high-intensity interval training or moderate-intensity continuous training on metabolic syndrome. *Frontiers in physiology*. 2020 Jun 11;11:572. [[10.3389/fphys.2020.00572](#)][[PMID](#)]
14. Delgado-Floody P, Chiroso-Ríos L, Caamaño-Navarrete F, Valdés-Badilla P, Herrera-Valenzuela T, Monsalves-Álvarez M, Núñez-Espinosa C, Castro-Sepulveda M, Guzmán-Muñoz E, Andrade DC, Álvarez C. Concurrent training and interindividual response in women with a high number of metabolic syndrome risk factors. *Frontiers in Physiology*. 2022 Sep 23;13:934038. [[10.3389/fphys.2022.934038](#)][[PMID](#)]
15. Agner VF, Garcia MC, Taffarel AA, Mourão CB, da Silva IP, da Silva SP, Peccin MS, Lombardi Jr I. Effects of concurrent training on muscle strength in older adults with metabolic syndrome: A randomized controlled clinical trial. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2018 Mar 1;75:158-64. [[10.1016/j.archger.2017.12.011](#)][[PMID](#)]
16. Fakhri M, Fakheri H, Azadbakht M, Moosazadeh M, Yousefi SS. Effect of medicinal plants and natural products on liver enzymes in non-alcoholic fatty liver patients in Iran: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Preventive Medicine*. 2022 Jan 1;13(1):87. [[10.4103/ijpvm.IJPVM.313.20](#)][[PMID](#)]
17. Jakubczyk K, Janda K, Szkyrpan S, Gutowska I, Wolska J. Stinging nettle (*Urtica dioica* L.) -botanical characteristics, biochemical composition and health benefits. *Pomeranian journal of life sciences*. 2015 Jan 1;61(2):191-8. [[PMID](#)]
18. Said AA, Otmani IS, Derfoufi S, Benmoussa A. Highlights on nutritional and therapeutic value of stinging nettle (*Urtica dioica*). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2015;7(10):8-14.
19. Zamani-Garmsiri F, Akmal M, Gohari A, Zal F, Seghatoleslam A. *Urtica dioica* (Gazaneh) distillate restores glucose metabolism in diabetic rats. *International Journal of Preventive Medicine*. 2023 May 1;14(1):68. [[10.4103/ijpvm.ijpvm.293.21](#)][[PMID](#)]
20. Othman BA, Nanakali NM. The Preventive Effects of *Urtica dioica* Extract and Nanoparticle on Oxidative Stress and Lipid Profile in Hyperlipidemic Male Rats. *Cihan University-Erbil Scientific Journal*. 2022 Nov 1;6(2):125-32.
21. Ahmadi M, Hajihashemi S, li Chehrei A, Hosseini N. Therapeutic effects of *Urtica dioica* methanolic extract on gentamicin induced nephrotoxicity in rats. *Koomesh*. 2014 Jan 1;15(2):220-31.
22. Dadvar N, Ghalavand A, Zakerkish M, Hojat S, Alijani E, Mahmoodkhanikooshkaki R. The effect of aerobic training and *Urtica Dioica* on lipid profile and fasting blood glucose in middle age female with type II diabetes. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2017 Jan 20;15(6):507-16.

- 23.Dabagh S, Nikbakht M. Glycemic control by exercise and Urtica dioica Supplements in men with type 2 diabetes. Jundishapur Journal of Chronic Disease Care. 2016;5(1).
- 24.Onu A, Trofin DM, Tutu A, Onu I, Galaction AI, Sardaru DP, Trofin D, Onita CA, Iordan DA, Matei DV. Integrative strategies for preventing and managing metabolic syndrome: the impact of exercise and diet on oxidative stress reduction—a review. Life. 2025 May 8;15(5):757. [[10.3390/life15050757](#)] [PMID]
- 25.Ghalavand A, Delaramnasab M, ZARE A. Effects of continuous aerobic exercise and circuit resistance training on fasting blood glucose control and plasma lipid profile in male patients with type II diabetes mellitus.
- 26.Grgic J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Sabol F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. Journal of sport and health science. 2022 Mar 1;11(2):202-11. [[10.1016/j.jshs.2021.01.007](#)] [PMID]
- 27.Kent M. Oxford dictionary of sports science and medicine. OUP Oxford; 2006 Dec 1.
- 28.Hoffman J. Norms for fitness, performance, and health. Human Kinetics; 2006.
- 29.Voudouris D, Horianopoulou M, Apostolopoulou Z, Chryssanthopoulos C, Bardopoulou M, Maridaki M, Vassilakopoulos T, Koutsilieris M, Philippou A. The effects of a short-term combined exercise program on liver steatosis indices and the lipidemic and glycemic profile in NAFLD individuals: A pilot study. Metabolites. 2023 Oct 13;13(10):1074. [[10.3390/metabo13101074](#)] [PM ID]
- 30.Cabral-Santos C, de Lima Junior EA, Fernandes IM, Pinto RZ, Rosa-Neto JC, Bishop NC, Lira FS. Interleukin-10 responses from acute exercise in healthy subjects: A systematic review. Journal of cellular physiology. 2019 Jul;234(7):9956-65. [[10.1002/jcp.27920](#)] [PMID]
- 31.Heyen JR, Ye SM, Finck BN, Johnson RW. Interleukin (IL)-10 inhibits IL-6 production in microglia by preventing activation of NF-κB. Molecular Brain Research. 2000 Apr 14;77(1):138-47. [[10.1016/S0169-328X\(00\)00042-5](#)] [PMID]
- 32.Silva FM, Duarte-Mendes P, Teixeira AM, Soares CM, Ferreira JP. The effects of combined exercise training on glucose metabolism and inflammatory markers in sedentary adults: a systematic review and meta-analysis. Scientific Reports. 2024 Jan 22;14(1): 1936. [[10.1038/s41598-024-51832-y](#)] [PMID]
- 33.Wan K, Jin Y, Fan R, Xu Q, Li X, Yan H, Wang R. Exploring molecular mechanisms of exercise on metabolic syndrome: a bibliometric and visualization study using CiteSpace. Frontiers in Endocrinology. 2024 Sep 3;15:1408466. [[10.3389/fendo.2024.1408466](#)] [PMID]
- 34.Diniz TA, de Lima Junior EA, Teixeira AA, Biondo LA, da Rocha LA, Valadão IC, Silveira LS, Cabral-Santos C, de Souza CO, Neto JC. Aerobic training improves NAFLD markers and insulin resistance through AMPK-PPAR-α signaling in obese mice. Life sciences. 2021 Feb 1;266:118868. [[10.1016/j.lfs.2020.118868](#)] [PMID]
- 35.Jaiswal V, Lee HJ. Antioxidant activity of Urtica dioica: An important property contributing to multiple biological activities. Antioxidants. 2022 Dec 19;11(12):2494. [[10.3390/antiox11122494](#)] [PMID]
- 36.Francišković M, Gonzalez-Pérez R, Orčić D, Sanchez de Medina F, Martínez-Augustin O, Svirčev E, Simin N, Mimica-Dukić N. Chemical composition and immunomodulatory effects of Urtica dioica L.(Stinging Nettle) Extracts. Phytotherapy research. 2017 Aug;31(8):1183-91. [[10.1002/ptr.5836](#)] [PMID]
- 37.Dastah S. The Effect of 12 Weeks of Combined Training with Nettle Supplementation on IL-18 and IL-10 Levels in Women with Type 2 Diabetes. Journal of Nutrition, Fasting and Health. 2026 Jan 1;14(1):58-67.
- 38.Shakibaei M, Allaway D, Nebrich S, Mobasheri A. Botanical extracts from Rosehip (Rosa canina), Willow Bark (Salix alba), and Nettle Leaf (Urtica dioica) suppress IL-1β-induced NF-κB activation in canine articular chondrocytes. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2012;2012(1):509383. [[10.1155/2012/509383](#)] [PMID]
- 39.Rahmati M, Keshvari M, Mirnasouri R, Chehelcheraghi F. Exercise and Urtica dioica extract ameliorate hippocampal insulin signaling, oxidative stress, neuroinflammation, and cognitive function in STZ-induced diabetic rats. Biomedicine & Pharmacotherapy. 2021 Jul 1;139:111577. [[10.1016/j.biopha.2021.111577](#)] [PMID]
- 40.Kargar Ardakani S, Motamed P, Sadegh AS. The effect of oral royal jelly supplementation and exercise training on antioxidant defense-related parameters in healthy active girls. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2025 May 22;24(2):141-52.
- 41.Gholabi A, Ghalavand A, Barmala A, Sadegh Joola M, Gholami A. Effect of Exercise Training on Insulin Dysfunction Related to Obesity across the Lifespan. Razi Journal of Medical Sciences. 2025 Mar 10;32(1):1-20.



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by [Ahvaz Jundishapur University of Medical Science](#). This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).