

2024 (Summer), 2 (2): 44-53

DOR:

Research article

Journal of Physiology of Training and Sports Injuries

([PTSIJournal@gmail.com](mailto:PTSIJournal@gmail.com))

([zanjan.ptsjournal@iau.ir](mailto:zanjan.ptsjournal@iau.ir))

<https://sanad.iau.ir/journal/eps>

Received: 2024/5/30

Accepted: 2024/7/10

(ISSN: 3060 - 6306)

## The effects of 16 weeks concurrent training and low-calorie diet on metabolic and inflammatory parameters in women with metabolic syndrome

**Mehdi Kargarfard<sup>1</sup>, Nasimeh Faregh<sup>2</sup>**

1. Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Isfahan University, Iran. (Corresponding Author). Email: [M.Kargarfard@spr.ui.ac.ir](mailto:M.Kargarfard@spr.ui.ac.ir)

2. M.Sc., Exercise Physiology (Sports Nutrition), Department of Sports Sciences, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Isfahan University, Iran. Email: [nasimfaregh1386@gmail.com](mailto:nasimfaregh1386@gmail.com)

### Abstract:

Metabolic syndrome is a combination of most dangerous cardiovascular risk factors, including hyperglycemia, increased low-density lipoprotein cholesterol, high triglycerides, high systolic blood pressure, and increased waist circumference. Increasing physical activity in the prevention, primary treatment of cardiovascular diseases and metabolic syndrome is recommended due to the benefits of cardiac protection related to improving cardiorespiratory fitness.

The aim of this experimental and applied study is to analyze the effects of simultaneous performance of high-intensity interval training and resistance training in combination with a low-calorie diet on metabolic indicators in elderly women with metabolic syndrome.

The findings of the present study indicate that simultaneous high-intensity interval training and resistance training in combination with a low-calorie diet provides multiple metabolic benefits in obese women with metabolic syndrome after a 16-week intervention.

Simultaneous implementation of high-intensity interval training and resistance training in combination with a low-calorie diet can potentially lead to significant improvements in weight, body mass index, fasting blood sugar, insulin, insulin resistance, and C-reactive protein in people with metabolic syndrome.

**Keywords:** Insulin Resistance, Glycosylated Hemoglobin, C-Reactive Protein, Resistance Training, High-Intensity Interval Training.

**How to Cite:** Kargarfard, M., Faregh, N. (2024). The effects of 16 weeks concurrent training and low-calorie diet on metabolic and inflammatory parameters in women with metabolic syndrome. *Journal of Physiology of Training and Sports Injuries*, 2(2):44-53. [Persian].

دوره ۲ - شماره ۲  
تابستان ۱۴۰۳ - صص: ۴۴-۵۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۱۰  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲۰  
مقاله پژوهشی

## اثر ۱۶ هفته تمرین همزمان و رژیم کم کالری بر پارامترهای متابولیکی و التهابی در زنان مبتلا به سندرم متابولیک

مهدی کارگرفرد<sup>۱</sup>، نسیمه فارغ<sup>۲</sup>

۱. استاد فیزیولوژی ورزش، گروه علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول).

آدرس پست الکترونیک: [M.Kargarfard@spr.ui.ac.ir](mailto:M.Kargarfard@spr.ui.ac.ir)

۲. کارشناس ارشد، فیزیولوژی ورزش (تغذیه ورزشی)، گروه علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، ایران.

آدرس پست الکترونیک: [nasimfaregh1386@gmail.com](mailto:nasimfaregh1386@gmail.com)

### چکیده:

سندرم متابولیک، ترکیبی از بیشتر عوامل خطرزای قلبی عروقی خطرناک از جمله هایپرگلیسمی، افزایش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم، تری گلیسرید بالا، فشار خون سیستولیک بالا و افزایش دور کمر است. افزایش تمرینات بدنی در پیشگیری، درمان اولیه بیماری های قلبی عروقی و سندرم متابولیک به دلیل مزایای محافظت قلبی مرتبط با بهبود آمادگی قلبی تنفسی توصیه شده است. هدف این پژوهش نیمه تجربی و کاربردی، تحلیل اثرات اجرای همزمان تمرینات مقاومتی و تناوبی با شدت بالا بر شاخص های متابولیک در زنان مسن مبتلا به سندرم متابولیک است.

یافته های پژوهش حاضر نشان می دهد که اجرای همزمان تمرینات مقاومتی و تناوبی با شدت بالا در ترکیب با رژیم کم کالری فواید متابولیکی متعددی در زنان چاق مبتلا به سندرم متابولیک پس از یک مداخله ۱۶ هفته ای فراهم می کند.

اجرای همزمان تمرینات مقاومتی و تناوبی با شدت بالا در ترکیب با رژیم کم کالری به طور بالقوه می تواند دستاوردهای ارزشمندی از جمله بهبود قابل توجه وزن، شاخص توده بدنی، قند خون ناشتا، انسولین، مقاومت به انسولین و پروتئین واکنشگر سی در افراد مبتلا به سندرم متابولیک ایجاد کند.

**واژگان کلیدی:** مقاومت به انسولین، هموگلوبین گلیکوزیله، پروتئین واکنش دهنده سی، تمرین مقاومتی، تمرین تناوبی با شدت بالا.

**شیوه استناددهی:** کارگرفرد، مهدی؛ فارغ، نسیمه. اثر ۱۶ هفته تمرین همزمان و رژیم کم کالری بر پارامترهای متابولیکی و التهابی در زنان مبتلا به سندرم متابولیک. فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی، تابستان ۱۴۰۳، ۲(۲): ۴۴-۵۳.

فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی؛ تابستان ۱۴۰۳، ۲(۲).

## ۱. مقدمه

بر توده بدون چربی بدن وجود ندارد، در حالی که بیشتر مطالعات تمایل به بهبود توده بدون چربی بدن با وزن کم داشتند. تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم در مقابل تمرین تداومی با شدت متوسط، معنی دار نبود. با این حال، علی‌رغم حجم تمرین کمتر، تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم باعث بهبود بیشتر در آمادگی قلبی تنفسی نسبت به کنترل غیرورزشی و تمرین تداومی با شدت متوسط در بزرگسالان با وزن طبیعی، اضافه وزن و چاق شد. بنابراین، به نظر می‌رسد که تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم برای افزایش آمادگی جسمانی یک درمان کارآمد از نقطه نظر زمان است، اما برای بهبود ترکیب بدن، این چنین نیست [۹].

اثرات تمرین تناوبی شدید با حجم بسیار کم در مقابل تمرین تناوبی شدید با حجم متوسط را در بیماران مبتلا به سندرم متابولیک مورد مطالعه قرار دادند. تعداد ۱۱۷ بیمار مبتلا به سندرم متابولیک، به‌طور تصادفی، به سه گروه تمرین تناوبی شدید با حجم بسیار کم (۴۰ نفر)، تمرین تناوبی شدید با حجم متوسط (۳۷ نفر) یا غیرفعال (۴۰ نفر) تقسیم شدند. همه گروه‌ها برای حمایت از کاهش وزن، مشاوره تغذیه‌ای دریافت کردند. حداکثر اکسیژن مصرفی، ترکیب بدن و کیفیت زندگی قبل و بعد از مداخله ارزیابی شد. همه گروه‌ها به‌طور قابل توجهی وزن بدن را کاهش دادند (تقریباً ۳٪)؛ اما فقط در گروه‌های تمرینی، حداکثر اکسیژن مصرفی و کیفیت زندگی بهبود یافت. تمرین تناوبی با حجم کم، حتی زمانی که با شدت متوسط انجام شود، برای بهبود سلامت کاردیومتابولیک در بیماران چاق مبتلا به سندرم متابولیک به اندازه کافی موثر است. این یافته‌ها نقش حیاتی ورزش را در پیشگیری، کنترل و درمان بیماری نشان می‌دهد [۳۶].

پژوهشگران، اثرات ضدالتهابی رژیم غذایی و محدودیت کالری را بر پارامترهای متابولیک، لیپیدها و پروفایل چاقی مورد بررسی قرار دادند. تعداد ۱۸ نفر بالغ با سندرم متابولیک و شاخص توده بدن بین ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع به مدت شش ماه تحت یک رژیم کم کالری متعادل قرار گرفتند تا حداقل ۵ درصد کاهش وزن داشته باشند. پس از کاهش وزن، بهبود قابل توجهی در شاخص توده بدنی، دور کمر، انسولین، قند خون ناشتا و ارزیابی مدل هموستاز مقاومت به انسولین مشاهده شد. تجزیه و تحلیل کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم و کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا تغییری را در ترکیب خود نشان دادند. انتقال تری‌اسیل‌گلیسرول از کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا به کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم با کاهش قابل توجهی در سیتوکین‌های پیش‌التهابی همراه بود که منجر به کاهش کلی امتیاز التهابی می‌شود [۳۷].

افزایش تمرینات بدنی در پیشگیری و درمان اولیه سندرم متابولیک به دلیل مزایای محافظت قلبی مرتبط با بهبود آمادگی قلبی تنفسی [۱۶، ۲۱، ۲۹] توصیه شده است. نوع و روش تمرین یک نکته

سندرم متابولیک ترکیبی از بیشتر عوامل خطرزای قلبی عروقی خطرناک از جمله هایپرگلیسمی، افزایش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم، تری‌گلیسرید بالا، فشار خون سیستولیک بالا و افزایش دور کمر است [۲]. تحقیقات نشان داده است که کاهش وزن و تمرین ورزشی با کاهش التهاب و مقاومت به انسولین در بیماران چاق و دارای اضافه وزن همراه است [۸]. علاوه بر این، کاهش وزن در زنان دارای اضافه وزن و چاق، با رژیم غذایی یا ورزش، ممکن است سطوح شاخص های متابولیکی را تعدیل کند. با این حال، داده‌های تجربی برای این فرضیه‌ها هنوز اندک هستند [۱۲].

اثرات ورزش و مداخله تغذیه‌ای بر ترکیب بدن، سلامت متابولیک و عملکرد بدنی در بزرگسالان مبتلا به چاقی مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها دریافتند که ویژگی افراد مبتلا به چاقی سارکوپنیک، توده عضلانی کم (سارکوپنی) و چربی بدنی بالا (چاقی) است. ورزش هوازی، وزن بدن و توده چربی را کاهش داد. به علاوه، تمرین مقاومتی، توده چربی را کاهش و قدرت عضلانی را بهبود بخشید. ترکیب تمرین هوازی و مقاومتی باعث کاهش توده چربی و بهبود سرعت راه رفتن شد. مداخلات تغذیه‌ای، به ویژه رژیم غذایی کم کالری با پروتئین بالا نیز توده چربی را کاهش داد، اما بر توده و قدرت عضلانی تأثیری نداشت. علاوه بر تمرینات ورزشی، تغذیه مزایای اضافی را ارائه نکرد [۱۲].

پژوهشگران دریافتند که شواهدی مبنی بر اثربخشی تمرینات تناوبی با شدت بالا برای تعدیل ترکیب بدن وجود ندارد. به همین دلیل، اثرات اجرای تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم در مقابل یک تمرین تداومی با شدت متوسط را بر ترکیب بدن و آمادگی قلبی تنفسی در بزرگسالان دارای وزن طبیعی، اضافه وزن و چاق مطالعه کردند. تأثیر تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم که در آن مقدار کل تمرین انجام شده در طول تمرین بیشتر از ۵۰۰ دقیقه معادل متابولیک در هفته بود را با کنترل غیرورزشی و تمرین تداومی با شدت متوسط ارزیابی کردند. هیچ تفاوتی بین تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم و کنترل بدون ورزش روی توده چربی کل بدن، در صد چربی بدن و توده بدون چربی بدن، یا بین تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم و تمرین تداومی با شدت متوسط روی توده چربی کل بدن، درصد چربی بدن و توده بدون چربی بدن یافت نشد. با این حال، تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم به‌طور قابل توجهی آمادگی قلبی تنفسی را در مقایسه با کنترل غیرورزشی بهبود بخشید. این داده‌ها نشان داد که تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم در تعدیل توده چربی کل بدن یا درصد کل چربی بدن در مقایسه با کنترل غیرورزشی و تمرین تداومی با شدت متوسط ناکارآمد است. یک یافته جدید از این متا‌آنالیز این بود که به نظر می‌رسد در مقایسه با یک کنترل بدون ورزش، هیچ اثر قابل توجهی از تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم کم

ترازوی دیجیتال (با دقت اندازه گیری یک گرم) مدل سکا (ساخت کشور آلمان) جهت تعیین قد و وزن آزمودنی ها استفاده شد. سپس، با استفاده از فرمول رایج، شاخص توده بدنی آزمودنی ها محاسبه شد. بر اساس تقسیم بندی انجمن قلب آمریکا، در صورتی که فردی مبتلا به بیش از سه ویژگی مرتبط با سندرم متابولیک باشد، تشخیص پزشک معالج، سندرم متابولیک است. در این تحقیق، آزمودنی ها، دارای سه ویژگی شاخص سندرم متابولیک شامل چاقی شکمی، قند خون بالا و مقاومت به انسولین و فشارخون بالا بودند.

متغیر هموگلوبین گلیکوزیله از طریق روش های آزمایشگاهی تشخیص پزشکی تخصصی، با استفاده از ماده انعقادی EDTA از نمونه خون آزمودنی ها، چهار ساعت پس از انجام نمونه گیری، به روش کروماتوگرافی اندازه گیری شد [۱۸]. پروتئین واکنشگر سی به عنوان یک نشانگر التهابی، با کیت آزمایشگاهی تخصصی به روش الایزا اندازه گیری شد [۸].

### ۳. یافته ها

مقایسه ویژگی های بدنی و فیزیولوژیکی گروه های سه گانه به منظور اطمینان از عدم وجود تفاوت های اولیه بین آن ها با استفاده از تحلیل واریانس ها صورت گرفت. تفاوت معناداری در متغیرهای سن به سال ( $P = 0/565$ )، وزن به کیلوگرم ( $P = 0/162$ )، شاخص توده بدن برحسب کیلوگرم بر متر مربع ( $P = 0/208$ )، گلوکز ناشتای قند خون برحسب میلی گرم بر دسی لیتر ( $P = 0/519$ )، انسولین برحسب واحد بر میلی لیتر ( $P = 0/663$ )، مقاومت به انسولین ( $P = 0/965$ )، درصد هموگلوبین گلیکوزیله شده ( $P = 0/176$ ) و پروتئین واکنشگر سی برحسب میلی گرم بر دسی لیتر ( $P = 0/834$ ) در مرحله پایه پیش آزمون در بین گروه های پژوهش وجود نداشت که این بیانگر همگنی گروه ها است.

به منظور مقایسه متغیر وزن در مرحله پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه ها، از روش آماری t همبسته استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۱، کاهش معناداری در مقادیر وزن زنان مبتلا به سندرم متابولیک در هر سه گروه مورد مطالعه پس از ۱۶ هفته مداخله در مقایسه با حالت پایه مشاهده شد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۲ نشان داد که با توجه به اثر معنادار گروه، بین ارزش های وزن در گروه های مورد مطالعه پس از ۱۶ هفته مداخله تفاوت معناداری وجود دارد. بنابراین، فرض تحقیق مبنی بر اثر بخشی ۱۶ هفته رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین همزمان بر وزن زنان مبتلا به سندرم متابولیک تأیید می شود. با توجه به تفاوت بین گروه ها، برای مقایسه دو به دوی گروه ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. بین مقادیر وزن گروه تمرین و رژیم کم کالری با گروه های تمرین

مهم تجویز تمرین است. اگرچه، تا به امروز، مطالعات کمی با استفاده از تمرین هوازی تناوبی با شدت بالا انجام شده است [۱۱، ۱۵] و تمرین تناوبی با شدت متوسط [۲۴] به طور موفقیت آمیزی با برنامه تمرین مقاومتی برای بهبود عملکرد قلبی تنفسی ترکیب شده اند. با این حال، بر اساس دانش ما، مطالعات محدودی اثرات اجرای همزمان تمرینات مقاومتی و تناوبی با شدت بالا در ترکیب با رژیم غذایی کم کالری را بر عوامل خطرزای سندرم متابولیک در زنان مسن ارزیابی نموده اند. بنابراین، هدف این پژوهش، تحلیل اثرات تمرین همزمان مقاومتی و تناوبی با شدت بالا در ترکیب با رژیم غذایی کم کالری بر شاخص های سندرم متابولیک در زنان مسن مبتلا بود.

### ۲. روش پژوهش

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی است که در یک دوره زمانی چهار ماهه انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر را کلیه بیماران زن ۳۰ تا ۵۰ سال مبتلا به سندرم متابولیک (بر اساس تشخیص پزشک معالج) مراجعه کننده به مرکز سلامت سپاهان اصفهان تشکیل دادند. بر اساس معیارهای ورود و خروج، تعداد ۴۵ بیمار زن مبتلا به سندرم متابولیک، به صورت هدفمند انتخاب شدند، سپس، به صورت تصادفی در سه گروه مساوی و هم گن تمرین همزمان (مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا)، رژیم کم کالری و تمرین همزمان همراه با رژیم کم کالری قرار گرفتند. تعداد ۵ نفر از گروه های مختلف به دلیل مشغله کاری، ابتلاء به آنفلوآنزا، عدم شرکت در یکی از اندازه گیری ها یا جلسات تمرینی، از مطالعه خارج شدند. در نهایت، از اطلاعات تعدیل شده مربوط به ۴۰ نفر در تحلیل داده ها (گروه تمرین همزمان به تعداد ۱۳ نفر، رژیم کم کالری به تعداد ۱۴ نفر و تمرین همزمان همراه با رژیم کم کالری به تعداد ۱۲ نفر) استفاده شد.

این بانوان، دارای قند خون مساوی یا بیشتر از ۱۰۰ میلی گرم بر دسی لیتر، اندازه دور کمر مساوی یا بیشتر از ۸۸ سانتی متر و مقاومت به انسولین بوده و از رژیم های غذایی کم کالری و مکمل های نیروز استفاده نمی کردند. در صورت غیبت متوالی یا متناوب، به ترتیب، در سه یا پنج جلسه تمرینی، یا بروز هر نوع بیماری حاد موضعی یا سیستمیک متابولیک یا مفصلی یا مانعی که مشارکت در جلسات تمرین یا اندازه گیری را مختل می کرد، آزمودنی از پروتکل خارج می شد. به علاوه، شرکت در برنامه های تمرینی و فعالیت های بدنی خارج از چهارچوب پروتکل پژوهش و استفاده از هر نوع مداخله رژیم غذایی یا مصرف مکمل های غذایی و دارویی نیز باعث خروج آزمودنی از پروتکل پژوهش می شد.

علاوه بر تکمیل فرم رضایت آگاهانه شرکت در تحقیق توسط آزمودنی ها، از پرسشنامه های سلامت و ریسک بیماری، میزان فعالیت بدنی و یادآمد ۲۴ ساعته رژیم غذایی، به ترتیب، برای تعیین وضعیت سلامتی، میزان فعالیت های بدنی و چگونگی رژیم غذایی آزمودنی ها استفاده شد. از قدسنج دیواری (با دقت اندازه گیری یک سانتی متر) و فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی؛ تابستان ۱۴۰۳، ۲(۲).

به نتایج جدول ۴، ارزش های شاخص توده بدنی در سه گروه مورد مطالعه پس از ۱۶ هفته مداخله در مقایسه با حالت پایه کاهش معناداری را نشان داد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۵ نشان داد که با توجه به اثر معنادار گروه، بین ارزش های شاخص توده بدن در گروه های مورد مطالعه پس از مداخله ۱۶ هفته ای تفاوت معناداری وجود دارد. بنابراین، فرض تحقیق مبنی بر اثر بخشی شانزده هفته رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین همزمان بر شاخص توده بدنی زنان مبتلا به سندرم متابولیک تأیید می شود. با توجه به تفاوت معنادار بین گروه ها، برای مقایسه دو به دوی گروه ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۶ نشان داده شده است. بین مقادیر شاخص توده بدنی در گروه تمرین همزمان و رژیم کم کالری با گروه های تمرین همزمان به تنهایی و رژیم کم کالری به تنهایی و همچنین گروه رژیم کم کالری با گروه تمرین همزمان به تنهایی تفاوت معناداری مشاهده شد.

به منظور مقایسه متغیر قند خون ناشتا در مرحله پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه ها، از روش آماری t همبسته استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۷، مقادیر قند خون ناشتا در گروه های مداخله تمرین به تنهایی و رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین همزمان پس از ۱۶ هفته در مقایسه با حالت پایه کاهش معناداری را نشان داد، در حالی که این تغییر در گروه کنترل معنادار نبود. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۸، نشان داد که بین مقادیر قند خون ناشتا در گروه های مورد مطالعه با تعدیل پیش آزمون، بعد از یک دوره ۱۶ هفته ای تفاوت معناداری وجود دارد. بنابراین، فرض تحقیق مبنی بر اثر بخشی شانزده هفته رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین بر قند خون زنان مبتلا به سندرم متابولیک تأیید می شود. با توجه به تفاوت معنادار بین گروه ها، برای مقایسه دو به دوی گروه ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۹ نشان داده شده است. بین مقادیر قند خون گروه کم کالری در ترکیب با تمرین همزمان در مقایسه با گروه رژیم کم کالری تفاوت معناداری مشاهده شد.

به منظور مقایسه متغیر انسولین ناشتای خون در مرحله پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه ها، از روش آماری t همبسته استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۱۰، مقادیر انسولین ناشتای خون در گروه های تمرین همزمان و تمرین و رژیم کم کالری پس از ۱۶ هفته مداخله در مقایسه با حالت پایه کاهش معناداری را نشان داد، در حالی که در گروه رژیم کم کالری تغییری را نشان نداد. بر اساس نتایج جدول ۱۱، بین مقادیر انسولین خون در گروه های مورد مطالعه بعد از یک دوره ۱۶ هفته ای مداخله با کنترل پیش آزمون، تفاوت معناداری وجود دارد. بنابراین، فرض تحقیق مبنی بر اثر بخشی شانزده هفته رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین بر انسولین خون زنان مبتلا به سندرم متابولیک تأیید می شود. با توجه به تفاوت معنادار بین گروه ها، برای مقایسه دو به دوی گروه ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در

به تنهایی و رژیم کم کالری به تنهایی و همچنین گروه رژیم کم کالری با گروه تمرین به تنهایی تفاوت معناداری مشاهده شد.

جدول ۱. مقایسه وزن قبل و بعد از دوره مطالعه به تفکیک گروه ها

p	t	df	انحراف استاندارد ± میانگین		شاخص آماری گروه ها
			تمرین همزمان	تمرین و رژیم کم کالری	
۰/۰۰۰	۷/۹۵۰	۱۲	۸۲/۷±۱۳/۵۶	۸۳/۷±۲۵/۶۰	تمرین همزمان
۰/۰۰۰	۱۲/۴۶۶	۱۱	۸۱/۴±۱۶/۲۰	۸۵/۳±۲۸/۷۶	تمرین و رژیم کم کالری
۰/۰۰۱	۱۰/۹۶۳	۱۳	۸۴/۳±۱۶/۵۴	۸۷/۳±۲۵/۵۶	رژیم کم کالری

جدول ۲. مقایسه متغیر وزن پس از مداخله بین گروه ها

p	F	df	میانگین مجذورات	عامل	متغیر
۰/۰۰۰	۱۶۰/۰۳	۱	۱۰۲۰/۶۶۳	اثر پیش آزمون	وزن (کیلوگرم)
۰/۰۰۰	۲۵/۵۲۲	۲	۱۶/۲۸۵	* اثر گروه	

\* گروه کنترل به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون بونفرونی متغیر وزن بین گروه ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف	معناداری
وزن کم کالری	تمرین همزمان و رژیم کم کالری	تمرین همزمان	-۲/۳۰۲	۰/۰۲۰
	تمرین همزمان و رژیم کم کالری	رژیم کم کالری	-۰/۹۱۹	
رژیم کم کالری	تمرین همزمان		-۱/۳۸۳	۰/۰۰۰

جدول ۴. مقایسه شاخص توده بدن قبل و بعد از دوره مطالعه

p	t	df	انحراف استاندارد ± میانگین		شاخص آماری گروه ها
			تمرین همزمان	تمرین و رژیم کم کالری	
۰/۰۰۰	۸/۱۰	۱۲	۳۳/۱±۱۵/۸۴	۳۳/۱±۶۰/۸۵	تمرین همزمان
۰/۰۰۰	۱۲/۲۶	۱۱	۳۳/۲±۴۲/۲۷	۳۴/۲±۸۱/۱۶	تمرین و رژیم کم کالری
۰/۰۰۰	۱۰/۶۳	۱۳	۳۳/۱±۶۱/۳۶	۳۴/۱±۶۰/۴۰	رژیم کم کالری

جدول ۵. مقایسه متغیر شاخص توده بدن پس از مداخله بین گروه ها

p	F	df	میانگین مجذورات	عامل	متغیر
۰/۰۰۰	۱۰۹/۶۳	۱	۱۱۷/۷۵۵	اثر پیش آزمون	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)
۰/۰۰۰	۲۳/۸۷۷	۲	۲/۵۶۶	* اثر گروه	

\* گروه کنترل به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.

جدول ۶. نتایج آزمون بونفرونی متغیر شاخص توده بدن بین گروه ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف	معناداری
شاخص توده بدن	تمرین همزمان و رژیم کم کالری	تمرین همزمان	-۰/۹۳۹	۰/۰۰۰
	تمرین همزمان و رژیم کم کالری	رژیم کم کالری	-۰/۴۰۶	۰/۰۱۰
رژیم کم کالری	تمرین همزمان		-۰/۵۲۲	۰/۰۰۱

به منظور مقایسه شاخص توده بدنی در مرحله پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه ها، از روش آماری t همبسته استفاده شد. با توجه

به منظور مقایسه متغیر مقاومت به انسولین در مرحله پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه‌ها، از روش آماری  $t$  همبسته استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۱۳، مقادیر متغیر مقاومت به انسولین در سه گروه مورد مطالعه پس از ۱۶ هفته مداخله در مقایسه با حالت پایه کاهش معناداری را نشان داد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۱۴ نشان داد که با توجه به اثر معنادار گروه، بین مقادیر متغیر مقاومت به انسولین در گروه‌های مورد مطالعه پس از مداخله ۱۶ هفته‌ای تفاوت معناداری وجود دارد. بنابراین، فرض تحقیق مبنی بر اثر بخشی شانزده هفته رژیم کم‌کالری در ترکیب با تمرین همزمان بر مقادیر متغیر مقاومت به انسولین زنان مبتلا به سندرم متابولیک تأیید می‌شود. با توجه به تفاوت معنادار بین گروه‌ها، برای مقایسه دو به دوی گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۱۵ نشان داده شده است. بین مقادیر متغیر مقاومت به انسولین در گروه تمرین همزمان و رژیم کم‌کالری با گروه‌های تمرین همزمان به تنهایی و رژیم کم‌کالری به تنهایی و همچنین گروه رژیم کم‌کالری با گروه تمرین همزمان به تنهایی تفاوت معناداری مشاهده شد.

به منظور مقایسه متغیر همگلوبین گلیکوزیله در مرحله پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه‌ها، از روش آماری  $t$  همبسته استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۱۶، کاهش معناداری در مقادیر همگلوبین گلیکوزیله شده در گروه‌های تمرین همزمان و رژیم کم‌کالری همراه با تمرین همزمان؛ و بدون تغییر در گروه رژیم کم‌کالری پس از ۱۶ هفته مداخله در مقایسه با حالت پایه مشاهده شد. با توجه به نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۱۷، تفاوت معناداری بین مقادیر متغیر همگلوبین گلیکوزیله در گروه‌های مورد مطالعه بعد از ۱۶ هفته با کنترل پیش آزمون وجود داشت. بنابراین، فرض تحقیق مبنی بر اثر بخشی ۱۶ هفته رژیم کم‌کالری در ترکیب با تمرین همزمان بر همگلوبین گلیکوزیله در زنان مبتلا به سندرم متابولیک تأیید می‌شود. با توجه به تفاوت معنادار بین گروه‌ها، برای مقایسه دو به دوی گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۱۸ نشان داده شده است و فقط بین مقادیر همگلوبین گلیکوزیله گروه رژیم کم‌کالری در ترکیب با تمرین همزمان در مقایسه با گروه رژیم کم‌کالری تفاوت معناداری مشاهده شد.

به منظور مقایسه متغیر پروتئین واکنشگر سی در مرحله پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه‌ها، از روش آماری  $t$  همبسته استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۱۹، مقادیر متغیر پروتئین واکنشگر سی در سه گروه مورد مطالعه پس از ۱۶ هفته مداخله در مقایسه با حالت پایه کاهش معناداری را نشان داد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۲۰ نشان داد که با توجه به اثر معنادار گروه، بین مقادیر متغیر پروتئین واکنشگر سی در گروه‌های مورد مطالعه پس از مداخله ۱۶ هفته‌ای تفاوت معناداری وجود دارد. بنابراین، فرض تحقیق مبنی بر اثر بخشی شانزده

جدول ۱۲ نشان داده شده است و فقط بین مقادیر انسولین خون گروه تمرین همزمان و رژیم کم‌کالری در مقایسه با گروه کم‌کالری تفاوت معناداری مشاهده شد.

جدول ۷. مقایسه قند خون قبل و بعد از دوره مطالعه

گروه	شاخص آماری	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین		
		p	t	df
تمرین همزمان		۰/۰۰۱	۴/۳۸	۱۲
تمرین و رژیم کم‌کالری		۰/۰۰۰	۶/۵۶	۱۱
رژیم کم‌کالری		۰/۲۱۷	۱/۲۹	۱۳

جدول ۸. مقایسه متغیر قند خون ناشتا پس از مداخله بین گروه‌ها

متغیر	عامل	میانگین مجذورات	df	F	p
	* اثر گروه	۴۰۰/۳۱۰	۲	۴/۲۴	۰/۰۲۲

\* گروه کنترل به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.

جدول ۹. نتایج آزمون بونفرونی متغیر قند خون بین گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف میانگین	معناداری
قند خون	تمرین همزمان و رژیم کم‌کالری	رژیم کم‌کالری	-۱۱/۳۰۰	۰/۰۱۹
	تمرین همزمان	رژیم کم‌کالری	-۵/۳۹۰	۰/۴۹۰
	تمرین و رژیم کم‌کالری	تمرین همزمان	-۵/۹۱۰	۰/۴۱۳

جدول ۱۰. مقایسه انسولین قبل و بعد از دوره مطالعه

شاخص آماری گروه‌ها	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین		
	p	t	df
تمرین همزمان	۰/۰۳۲	۲/۴۲	۱۲
تمرین و رژیم کم‌کالری	۰/۰۰۱	۴/۷۷	۱۱
رژیم کم‌کالری	۰/۱۱۳	۱/۶۹	۱۳

جدول ۱۱. مقایسه متغیر انسولین پس از مداخله بین گروه‌ها

متغیر	عامل	میانگین مجذورات	df	F	p
	* اثر گروه	۱۶/۸۰	۲	۱۲/۲۹	۰/۰۰۰

\* گروه کنترل به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۲. نتایج آزمون بونفرونی متغیر انسولین خون بین گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف میانگین	معناداری
انسولین	تمرین و رژیم کم‌کالری	تمرین همزمان	-۱/۷۹	۰/۰۰۱
	تمرین و رژیم کم‌کالری	رژیم کم‌کالری	-۲/۱۷	۰/۰۰۰

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

هدف مطالعه حاضر، ارزیابی اثرات ۱۶ هفته تمرین همزمان مقاومتی و تناوبی با شدت بالا و رژیم کم کالری بر پارامترهای متابولیکی و التهابی در زنان دارای اضافه وزن مبتلا به سندرم متابولیک بود. براساس یافته‌های تحقیقات پیشین، مزایای سلامتی فعالیت‌های ورزشی در پیشگیری و کنترل بسیاری از بیماری‌های مرتبط با افزایش سن غیرقابل انکار است [۹، ۲۳، ۲۵، ۲۹]. فعالیت ورزشی نیز اثرات مثبتی بر سندرم متابولیک به عنوان یک سندرم چند عاملی با حداقل سه مورد از پنج عامل خطرزای شایع بیماری‌های قلبی عروقی مانند پرفشاری خون، دیابت، کلسترول بالا، چاقی احشایی و کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالای کلسترول، دارد [۱۶، ۲۱، ۲۹]. با این حال، تا به امروز اطلاعات اندکی در دانش مربوط به تأثیر نوع و شدت فعالیت ورزشی بر سندرم متابولیک وجود دارد [۳۴].

با این توصیف، نتایج این مطالعه نیمه تجربی و کارآزمایی تصادفی ۱۶ هفته‌ای نشان داد که رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین همزمان مقاومتی و تناوبی با شدت بالا منجر به کاهش معناداری در وزن، شاخص توده بدن، عوامل متابولیکی (قند خون ناشتا، انسولین، مقاومت به انسولین و هموگلوبین گلیکوزیله شده) و شاخص التهابی پروتئین واکنشگر سی در زنان مبتلا به سندرم متابولیک در مقایسه با گروه کنترل غیرفعال گردید.

شواهد متعددی تأیید می‌کنند که افراد بزرگسال و میانسال مانند افراد جوان‌تر پاسخ‌های فیزیولوژیکی، مولکولی و مکانیکی خوبی به تمرینات تناوبی با شدت بالا دارند [۱۷، ۳۱، ۳۵]. بنابراین، تمرین همزمان مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا، یک اثر کم تا متوسط که ممکن است بواسطه مداخله کوتاه مدت با توجه به دامنه سن محدود شود را آشکار می‌کند. پروتکل ۱۶ هفته‌ای تمرین همزمان مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا و رژیم کم کالری در تحقیق حاضر، چندین تغییر متابولیکی و التهابی در زنان دارای اضافه وزن مبتلا به سندرم متابولیک ایجاد کرد که با یافته‌های تحقیقات قبلی [۱، ۳، ۷، ۲۰، ۳۱] همخوانی دارد. اگر چه بنی طالبی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیق خود هیچ‌گونه تفاوت معناداری در برخی متغیرها در زنان سالمند مشاهده نکردند که با یافته‌های تحقیق حاضر ناهمسو بود، اما نتایج تحقیق ایشان در کاهش هموگلوبین گلیکوزیله، مقاومت به انسولین و پروتئین واکنشگر سی همخوانی داشت [۳]. اکثر و همکاران (۲۰۱۸) هیچ تغییر معناداری در مقادیر گلوکز خون پس از ۱۲ هفته تمرین همزمان گزارش نکردند [۱]. رایبسنون و همکاران (۲۰۱۷) نیز هیچ بهبودی در حساسیت انسولین بعد از ۱۲ هفته تمرین همزمان با شدت متوسط مشاهده نکردند [۳۱]. دلایل تناقض این نتایج با نتایج تحقیق حاضر را می‌توان در نوع و شدت پروتکل تمرینی، عدم برقراری محدودیت کالری، عدم کنترل رژیم غذایی آزمودنی‌ها و نوع جامعه آماری از نظر سن و شاخص توده بدن جستجو کرد. در یک متآنالیز، اوستمن و همکاران (۲۰۱۷) با

هفته رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین همزمان بر مقادیر متغیر پروتئین واکنشگر سی زنان مبتلا به سندرم متابولیک تأیید می‌شود. با توجه به تفاوت معنادار بین گروه‌ها، برای مقایسه دو به دوی گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲۱ نشان داده شده است و فقط بین مقادیر پروتئین واکنشگر سی گروه رژیم کم کالری در ترکیب با تمرین در مقایسه با گروه کم کالری تفاوت معناداری مشاهده شد.

جدول ۱۳. مقایسه مقاومت به انسولین قبل و بعد از دوره مطالعه

شاخص آماری	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	df	t	p
تمرین همزمان	$31.0 \pm 35.66$	۱۲	۴/۴۲	۰/۰۰۱
تمرین و رژیم کم کالری	$31.0 \pm 26.70$	۱۱	۶/۸۲	۰/۰۰۰
رژیم کم کالری	$31.0 \pm 32.40$	۱۳	۲/۱۵	۰/۰۵۰

جدول ۱۴. مقایسه متغیر مقاومت به انسولین پس از مداخله بین گروه‌ها

متغیر	عامل	میانگین مجذورات	df	F	p
مقاومت به انسولین	اثر پیش آزمون	۴/۴۶۵	۱	۳۰/۷۱	۰/۰۰۰
	* اثر گروه	۲/۵۸۵	۲	۱۷/۷۸	۰/۰۰۰

\* گروه کنترل به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۵. نتایج آزمون بونفرونی متغیر مقاومت به انسولین خون بین گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه‌ها	اختلاف میانگین	معناداری
مقاومت به انسولین	تمرین و رژیم کم کالری	تمرین	-۰/۶۱۹	۰/۰۰۱
	رژیم کم کالری	رژیم کم کالری	-۰/۸۷۹	۰/۰۰۰

جدول ۱۶. مقایسه هموگلوبین گلیکوزیله قبل و بعد از دوره مطالعه

شاخص آماری	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	df	t	p
تمرین همزمان	$51.0 \pm 22.80$	۱۲	-۷/۷۰۳	۰/۰۰۰
تمرین و رژیم کم کالری	$61.0 \pm 05.88$	۱۱	-۵/۵۰۹	۰/۰۰۰
رژیم کم کالری	$51.0 \pm 31.37$	۱۳	-۱/۸۶۶	۰/۴۰۲

جدول ۱۷. مقایسه متغیر هموگلوبین گلیکوزیله پس از مداخله بین گروه‌ها

متغیر	عامل	میانگین مجذورات	df	F	p
مقاومت به انسولین	اثر پیش آزمون	۳/۲۸۵	۱	۳/۲۸۵	۰/۰۷۵
	* اثر گروه	۳/۷۰۷	۲	۳/۷۹۷	۰/۰۳۲

\* گروه کنترل به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۸. نتایج آزمون بونفرونی متغیر هموگلوبین گلیکوزیله بین گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه‌ها	اختلاف میانگین	معناداری
هموگلوبین گلیکوزیله	تمرین	تمرین و رژیم کم کالری	-۰/۷۵۵	۰/۱۹۷
	همزمان	رژیم کم کالری	-۱/۰۶۳	۰/۰۳۴

با وجود فواید متعدد قلبی متابولیکی تمرینات ورزشی، شواهد نشان می‌دهند که در مقایسه با تمرینات تناوبی با شدت بالا، شدت های پایین تر تمرین، ممکن است، فعالیت میتوکندریایی افراد سالم را محدود کند [۲۲، ۳۱]. بنابراین، شدت فعالیت ورزشی نقش مهمی در میانجیگری حساسیت انسولینی بازی می‌کند [۳۱]. چندین مطالعه، با استفاده از شدت های پایین تر، عدم وجود اثرات حساسیت انسولینی با تمرینات همزمان را تأیید کردند [۳۱]. در مطالعه حاضر نیز اثرات تمرین همزمان مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا در ترکیب با رژیم غذایی بر بهبود عوامل متابولیکی بیماران مبتلا به سندرم متابولیک در راستای مکانیسم مطرح شده بود. از نقطه نظر فیزیولوژیکی، شدت های تمرینی پایین تر، فعالیت آنزیم های اکسیداتیو میتوکندریایی را محدود می‌کند که در نهایت باعث می‌شود جذب گلوکز توسط عضله اسکلتی کاهش یابد و منجر به افزایش گلوکز پلاسمایی گردد. این اثرات، حساسیت انسولینی را کاهش و برداشت گلوکز در سلول های چربی را افزایش می‌دهد [۴، ۳۱]. در مقابل، شدت بالای تمرین، ممکن است این فرآیند را معکوس کند و منجر به افزایش در حساسیت انسولینی شود و شاخص های گلوکز در گردش و برداشت چربی را کاهش دهد. از نظر بالینی، این نتایج می‌تواند اثرات قابل توجهی در بهبود بیماری عروق کرونری به‌ویژه به‌واسطه کاهش در چندین نشانگر متابولیکی سندرم متابولیک و دیابت نوع دو داشته باشد [۲].

علاوه بر این، یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که ترکیبی از مداخله تمرین همزمان مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا و رژیم کم کالری، به‌طور قابل توجهی، سطوح پروتئین واکنشگر سی را در زنان چاق مبتلا به سندرم متابولیک کاهش می‌دهد. در این مطالعه مشخص شد که تغییرات در سطوح پروتئین واکنشگر سی با رفتار سبک زندگی مرتبط است، در حالی که با سن و شاخص توده بدنی شرکت کنندگان همبستگی نداشت. این یافته ها حاکی از آن است که رفتار سبک زندگی شرکت کنندگان و به‌ویژه سبک زندگی فعال برای دستیابی به اثرات مفید مداخله تمرین همزمان مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا و رژیم کم کالری در بهبود نشانگرهای زیستی التهاب در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق مهم است. چندین عامل سبک زندگی، از جمله کم تحرکی، رژیم غذایی نامناسب، بی‌خوابی شبانه، استعمال دخانیات و استرس روانی برای افزایش التهاب سیستمیک گزارش شده است. بنابراین، اصلاح سبک زندگی، ممکن است پروتئین های التهابی را کاهش دهد و سلامت متابولیک را بهبود بخشد [۱۰، ۲۰، ۳۲].

فعالیت ورزشی همراه با رژیم غذایی از مداخلات مهم سبک زندگی سالم است و گزارش شده که نشانگرهای زیستی التهاب را به طور مستقل یا با هم تنظیم می‌کنند. نتایج یک مطالعه با رژیم خیلی کم کالری به مدت چهار هفته نشان داد که بیومارکرهای التهابی در زنان چاق کاهش می‌یابد و این اثر مفید رژیم کم کالری است که با کاهش وزن قابل توجهی همراه است [۲۷، ۳۳]. در یک کارآزمایی

مطالعه که در آن از تمرین همزمان به مدت ۱۳-۳ ماه استفاده کرده بودند، کاهش در دور کمر و عدم تغییر در گلوکز ناشتا را گزارش کردند. آن‌ها پیشنهاد دادند که طول مداخله به عنوان یک عامل مهم محسوب می‌شود و برای ایجاد تغییرات بیشتر نیازمند توجه بیشتری به آن می‌باشد [۲۶]؛ اگر چه در همه این تحقیقات مداخله رژیم غذایی در نظر گرفته نشده بود.

جدول ۱۹. مقایسه پروتئین واکنشگر سی قبل و بعد از دوره مطالعه

شاخص آماری	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	df	t	p
تمرین همزمان	$370 \pm 60/95$	۱۲	۲/۸۹	۰/۰۱۳
تمرین و رژیم کم کالری	$370 \pm 20/79$	۱۱	۶/۸۲	۰/۰۰۰
رژیم کم کالری	$370 \pm 26/76$	۱۳	۲/۲۵	۰/۰۴۲

جدول ۲۰. مقایسه متغیر هموگلوبین گلیکوزیله پس از مداخله بین گروه ها

متغیر	عامل	میانگین مجذورات	df	F	p
پروتئین واکنشگر سی (میلی گرم بر دسی لیتر)	اثر پیش آزمون	۱۶/۲۸۵	۱	۳۵/۸۴۸	۰/۰۰۰
	اثر گروه*	۲/۷۹۸	۲	۶/۱۵۹	۰/۰۰۵

\* گروه کنترل به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.

جدول ۲۱. نتایج آزمون بونفرونی متغیر پروتئین واکنشگر سی بین گروه ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف میانگین	معناداری
پروتئین واکنشگر سی	تمرین و رژیم کم کالری	تمرین همزمان	-۰/۴۰۲	۰/۴۵۶
		رژیم کم کالری	-۰/۹۲۴	۰/۰۰۴

شواهد قابل توجه اخیر توسط رابینسون و همکاران (۲۰۱۷) در زمینه فعالیت ورزشی نشان داد که نوع و شدت تمرین همزمان ممکن است پاسخ های متابولیکی متفاوت تنظیم بالا دستی در افراد مبتلا به سندرم متابولیکی ایجاد کند [۳۱] و مکانیسم های فیزیولوژیکی و مولکولی در پاسخ به مداخله ورزشی در تحقیق حاضر را توضیح دهد. برای مثال، تمرین هوازی، آنزیم های اکسیداتیو میتوکندریایی را افزایش می‌دهد که ممکن است با بهبودهایی در حساسیت انسولین با سن ارتباط داشته باشد [۲۲]. از سوی دیگر، تمرین مقاومتی، کاهش مرتبط با سن در رونویسی ژن زنجیره سنگین میوزین را کاهش و میزان سنتز پروتئین عضله را افزایش می‌دهد و کیفیت و عملکرد توده عضله اسکلتی را بهبود می‌بخشد که منجر به افزایش اکسیداسیون گلوکز و بهبود حساسیت انسولین می‌شود [۴]. بنابراین، تمرین همزمان به عنوان یک نوع فعالیت ورزشی که هر دو نوع فعالیت ورزشی را ترکیب می‌کند، می‌تواند بطور بالقوه بسیاری از مکانیسم های فیزیولوژیکی هر دو نوع مداخله را تنظیم کند.



بیماران بود. با این توصیف، یافته های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین همزمان مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا در ترکیب با رژیم کم کالری فواید متابولیکی متعددی در زنان چاق مبتلا به سندروم متابولیک پس از یک مداخله ۱۶ هفته‌ای فراهم می‌کند. علاوه بر این، تمرین همزمان در ترکیب با رژیم کم کالری به طور بالقوه می‌تواند دستاوردهای بالاتری از جمله بهبودهای قابل توجه در وزن، شاخص توده بدن، قند خون ناشتا، انسولین، مقاومت به انسولین و پروتئین واکنشگر سی در افراد مبتلا به سندرم متابولیک ایجاد کند. با این حال، شواهد تجربی بیشتری از مطالعات مداخله‌ای طولانی مدت برای تایید این نتایج مورد نیاز است. علاوه بر این، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هر دو مداخله تمرین همزمان و رژیم کم کالری از عوامل اساسی در هنگام طراحی و تجویز یک برنامه ورزشی در افراد مبتلا به سندرم متابولیک است.

### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

### منابع

- [1] Agner, V. F. C., Garcia, M. C., Taffarel, A. A., Mourão, C. B., Da Silva, I. P., Da Silva, S. P., et al. (2018). Effects of concurrent training on muscle strength in older adults with metabolic syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 75, 158–164.
- [2] Alberti, G., Shaw, J., Grundy, S. (2006). The IDF Consensus Worldwide Definition of the Metabolic Syndrome. Brussels: International Diabetes Federation.
- [3] Banitalebi, E., Faramarzi, M., Bagheri, L., Kazemi Abdol, R. (2018). Comparison of performing 12 weeks' resistance training before, after and/or in between aerobic exercise on the hormonal status of aged women: a randomized controlled trial. *Horm. Mol. Biol. Clin. Invest.*, 35:20180020.
- [4] Bird, S. R., Hawley, J. A. (2017). Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. *BMJ Open Sport Exerc. Med.*, 2: e000143.
- [5] Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., and et al. (2015). Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults. *Ann. Intern. Med.*, 162, 123–132.
- [6] Burini, R. C., Anderson, E., Durstine, J. L., Carson, J. A. (2020). Inflammation, physical activity, and chronic disease: an evolutionary perspective. *Sports Med. Health Sci.*, 2: 1–6.
- [7] Cadore, E. L., Menger, E., Teodoro, J. L., Da Silva, L. X. N., Boeno, F. P., Umpierre, D., and et al. (2018). Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: a randomized clinical trial. *Exp. Gerontol.*, 110: 182–190.
- [8] Colato, A., Abreu, F., Medeiros, N., Lemos, L., Dorneles, G., Ramis, T., and et al. (2014). Effects of concurrent training on inflammatory markers and expression of CD4, CD8, and HLA-DR in overweight and obese adults. *Journal of exercise science & fitness*, 12(2): 55-61.
- [9] Eftekhari, E., Zafari, A., Gholami, M. (2015). Physical activity, lipid profiles and leptin. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(4): 465-469.

بالینی تصادفی گزارش شده است که رژیم اصلاح شده روزه‌داری متناوب، موثرتر از رژیم کم کالری در کاهش وزن و سطوح پروتئین واکنشگر سی در بیماران با سندرم متابولیک است [۳۰]. اثر ضد التهابی فعالیت ورزشی ممکن است به کاهش بافت چربی نسبت داده شود. با این حال، اثر مستقل بر التهاب هنوز مشخص نشده است. شواهد نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی می‌تواند به طور مستقیم، بر سلول‌های سیتوایمنی بدن به واسطه تنظیم واسطه‌های التهابی سیستمیک بدون تکیه بر کاهش وزن بدن تأثیر بگذارد [۱۳]. این اثر ضد التهابی فعالیت ورزشی، مستقل از کاهش وزن است و می‌تواند واسطه‌های پیش التهابی را مهار و مسیرهای ضد التهابی و در نتیجه تنظیم حساسیت به انسولین را تحریک کند. با این وجود، مشخص نیست که آیا ترکیبی از فعالیت ورزشی و محدودیت کالری اثرات مفید بیشتری نسبت به محدودیت کالری به تنهایی بر سایتوکین‌های التهابی در بزرگسالان چاق دارد. اگرچه فعالیت ورزشی و محدودیت کالری، استراتژی‌های مهمی برای مهار سطح التهاب هستند، توجه به ویژگی‌های متفاوت شرکت کنندگان و رفتار سبک زندگی دغدغه اصلی برای دستیابی به هدف مطلوب است. نتایج این مطالعه نشان داد که ۱۶ هفته مداخله نمی‌تواند شاخص التهابی پروتئین واکنشگر سی را در زنان چاق تغییر دهد. در همین راستا، نتایج یک متآنالیز، اثر ترکیبی تمرین همزمان مقاومتی همراه با تناوبی با شدت بالا و رژیم کم کالری بر نشانگرهای التهاب از جنبه‌های مدت مداخله، نوع فعالیت ورزشی و شاخص توده بدنی را نشان داد، اما تأثیر رفتار بی‌حرکتی شرکت کنندگان بر اثربخشی مداخله را فاش نکرد [۱۹]. به خوبی شناخته شده است که رفتار سبک زندگی کم تحرک علت اصلی چاقی است و چاقی و کم تحرکی به شدت با توسعه بیماری‌های مرتبط با التهاب همراه است [۲۸]. جدا از این واقعیت که چاقی می‌تواند باعث التهاب مزمن شود، رفتار بی‌حرکتی نیز به التهاب مزمن و بیماری‌های التهابی کمک می‌کند [۶]. بزرگسالانی که رفتار بی‌حرکتی برای مدت طولانی دارند، ممکن است سلامت متابولیک مختل داشته باشند و نتوانند از فعالیت ورزشی یا سایر مداخلات بهره‌مند شوند. نتایج مطالعات قبلی نشان داده است که رفتار کم تحرک طولانی مدت می‌تواند منجر به التهاب بافت چربی زیر جلدی شود و پیامدهای منفی برای سلامتی، از جمله دیابت نوع دو، چاقی، فشار خون بالا و بیماری عروق قلبی به همراه داشته باشد [۵، ۱۴].

تحقیق حاضر دارای چندین نقاط قوت، شامل، طولانی بودن مدت مطالعه، طراحی تصادفی گروه‌های مورد بررسی و ابزارها و آزمون‌های اندازه‌گیری معتبر و پایا بود. در مقابل، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی نیز بود که شامل ارزیابی اصلاح رژیم غذایی بیماران در طول دوره مداخله بر اساس سوابق غذایی خود گزارش‌دهی بیماران، تعداد کم آزمودنی‌ها در هر گروه برای دستیابی به نتیجه قطعی و نبود ابزار معتبر برای ارزیابی میزان کالری دریافتی گزارش شده توسط

- [26] Ostman, C., Smart, N. A., Morcos, D., Duller, A., Ridley, W., Jewiss, D. (2017). The effect of exercise training on clinical outcomes in patients with the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovasc. Diabetol.*, 16: 110–111.
- [27] Ott, B., Skurk, T., Hastreiter, L., Lagkouravdos, I., Fischer, S., Büttner, J., and et al. (2017). Effect of caloric restriction on gut permeability, inflammation markers, and fecal microbiota in obese women. *Sci. Rep.*, 7:11955.
- [28] Park, J. H., Moon, J. H., Kim, H. J., Kong, M. H., Oh, Y. H. (2020). Sedentary Lifestyle: overview of Updated Evidence of Potential Health Risks. *Korean J. Fam. Med.*, 41, 365–373.
- [29] Pedersen, B. K., Saltin, B. (2015). Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 25: 1–72.
- [30] Razavi, R., Parvaresh, A., Abbasi, B., Yaghoobloo, K., Hassanzadeh, A., Mohammadifard, N., and et al. (2021). The alternate-day fasting diet is a more effective approach than a calorie restriction diet on weight loss and hs-CRP levels. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 91: 242–250.
- [31] Robinson, M. M., Dasari, S., Konopka, A. R., Johnson, M. L., Manjunatha, S., Esponda, R. R., and et al. (2017). Enhanced protein translation underlies improved metabolic and physical adaptations to different exercise training modes in young and old humans. *Cell Metab.*, 25: 581–592.
- [32] Thivel, D., Tremblay, A., Genin, P. M., Panahi, S., Rivière, D., Duclos, M. (2018). Physical activity, inactivity, and sedentary behaviors: definitions and implications in occupational health. *Front. Public Health*, 6:288.
- [33] Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., and et al. (2017). Sedentary behavior research network (SBRN) – terminology consensus project process and outcome. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, 14:75.
- [34] Wewege, M. A., Thom, J. M., Rye, K.-A., Parmenter, B. J. (2018). Aerobic, resistance or combined training: a systematic review and metaanalysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. *Atherosclerosis*, 274: 162–171.
- [35] Yasar, Z., Dewhurst, S., Hayes, L. D. (2019). Peak power output is similarly recovered after three-and five-days' rest following sprint interval training in young and older adults. *Sports*, 7:94.
- [36] Zafari, A. (2012). The Chronic Effects of Morning Exercise Training on Coronary Artery Disease Risk Factors. *Annals of Biological Research*, 3(3): 1388-1392.
- [37] Zahedmanesh, F., Zafari, A., Zahedmanesh, F. (2013). The effects of swimming combined training on body composition in academic level athlete's women. *European Journal of Experimental Biology*, 3(1): 228-231.
- [10] Furman, D., Campisi, J., Verdin, E., Carrera-Bastos, P., Targ, S., Franceschi, C., and et al. (2019). Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nat. Med.*, 25: 1822–1832.
- [11] García-Pinillos, F., Laredo-Aguilera, J. A., Muñoz-Jiménez, M., and Latorre-Román, P. A. (2019). Effects of 12-weeks concurrent high-intensity interval strength and endurance training program on physical performance in healthy older people. *J. Strength Cond. Res.*, 33: 1445–1452.
- [12] Gholami, M., Sabaghian-Rad, L., Eftekhari, E., Zafari, A. (2012). The effect of aerobic training with or without calorie restriction on lipid profile in adult obese females. *Daneshvar Medicine*, 20(4): 27-34.
- [13] Gleeson, M., Bishop, N. C., Stensel, D. J., Lindley, M. R., Mastana, S. S., and Nimmo, M. A. (2011). The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat. Rev. Immunol.*, 11: 607–615.
- [14] Grøntved, A., Hu, F. B. (2011). Television viewing and risk of type II diabetes, cardiovascular disease, and all-cause mortality: a meta-analysis. *JAMA*, 305: 2448–2455.
- [15] Guadalupe-Grau, A., Aznar-Laín, S., Mañas, A., Castellanos, J., Alcázar, J., Ara, I., and et al. (2017). Short- and long-term effects of concurrent strength and HIIT training in octogenarians with COPD. *J. Aging Phys. Act.*, 25: 105–115.
- [16] Ingle, L., Mellis, M., Brodie, D., Sandercock, G. R. (2017). Associations between cardiorespiratory fitness and the metabolic syndrome in British men. *Heart*, 103: 524–528.
- [17] Jabbour, G., Iancu, H. D., Mauriege, P., Joanisse, D. R., Martin, L. J. (2017). High-intensity interval training improves performance in young and older individuals by increasing mechanical efficiency. *Physiol. Rep.*, 5: e13232.
- [18] Jansson, A. K., Chan, L. X., Lubans, D. R., Duncan, M. J., Plotnikoff, R. C. (2022). Effect of resistance training on HbA1c in adults with type II diabetes mellitus and the moderating effect of changes in muscular strength: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, 10(2): e002595.
- [19] Khalafi, M., Symonds, M. E., Akbari, A. (2021). The impact of exercise training versus caloric restriction on inflammation markers: a systemic review and meta-analysis. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1–16.
- [20] Kökten, T., Hansmannel, F., Ndiaye, N. C., Heba, A., Quilliot, D., Dreumont, N., and et al. (2021). Calorie restriction as a new treatment of inflammatory diseases. *Adv. Nutr.*, 12: 1558–1570.
- [21] Lakka, T. A., Laaksonen, D. E. (2007). Physical activity in prevention and treatment of the metabolic syndrome. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 32: 76–88.
- [22] Lanza, I. R., Short, D. K., Short, K. R., Raghavakaimal, S., Basu, R., Joyner, M. J., and et al. (2008). Endurance exercise as a countermeasure for aging. *Diabetes*, 57, 2933–2942.
- [23] Ossanloo, P., Najar, L., Zafari, A. (2012). The effects of combined training (aerobic dance, step exercise and resistance training) on body fat percent and lipid profiles in sedentary females of Al\_zahra University. *European Journal of Experimental Biology*, 2(5): 1598-1602.
- [24] Ossanloo, P., Zafari, A., Najar, L. (2012). The effects of combined training (aerobic dance, step exercise and resistance training) on cardio vascular disease risk factors in sedentary females. *Annals of Biological Research*, 3(7): 3652-3656.
- [25] Ossanloo, P., Zafari, A., Najar, L. (2012). The effects of combined training (aerobic dance, step exercise and resistance training) on body composition in sedentary females. *Annals of Biological Research*, 3(7): 3667-3670.