

## Changes in VCAM-1 levels and metabolic syndrome indicators in overweight men following a combined exercise

Mohammad Hossein Akha<sup>1</sup>, Seyed Abdollah Hashemvarzi<sup>2\*1</sup>, Hajar Abbaszadeh<sup>2</sup>, Sajjad Arshadi<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Ph.D candidate of Exercise Physiology Department, faculty of Humanities, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran
- <sup>2</sup> Assistant Professor of Exercise Physiology Department, faculty of Humanities, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran
- <sup>3</sup> Associate Professor of Exercise Physiology Department, faculty of Humanities, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran
- <sup>4</sup> Assistant Professor of Exercise Physiology Department, Tehran Jonoob Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 28 July 2023; Accepted: 06 December 2023

---

### Abstract

**Background and Purpose:** Compared to people with a muscular subject, overweight specimens show higher levels of inflamed cytokines and sticky molecules. The aim of this study was to investigate changes in VCAM-1 levels and metabolic syndrome indicators in overweight men following a combined exercise course.

**Materials and Methods:** Twenty overweight volunteer men in Tehran were selected as subjects in this study and were randomly assigned to two control and combined exercise groups. Combined practice included endurance and resistance training. Endurance training was an adjusted running protocol with an intensity of 50 to 70% of the maximum heart rate on the treadmill for 16 to 30 minutes. Also, resistance training, including chest presses, armpit stretching, leg and leg presses was with an intensity of 50 to 70% of a maximum repetition. VCAM-1 serum levels and metabolic indicators were measured using ELISA method. In this study, a variance test with repeated measurements was used to investigate differences between groups.

**Results:** The results indicate that the changes in the levels of VCAM-1, TG, TC, LDL and HDL between the two groups of control and combined exercise from pre-test to post-test were significant ( $P=0.001$ ,  $P=0.012$ ,  $P=0.016$ ,  $P=0.029$ ,  $P=0.002$ , respectively). Changes within the group also showed a significant decrease in VCAM-1, TG, TC and LDL levels in the control group and a significant increase in HDL levels in the combined exercise group from pre-test to post-test ( $P<0.05$ ). If these changes were not significant in the control group ( $P<0.05$ ).

**Conclusion:** According to the results of the present study, it can be concluded that the combined exercise program by creating positive changes in the increase of HDL and the subsequent reduction of sticky molecules, TG, TC and LDL, probably reduces inflammatory indicators and reduces the risks of metabolic syndrome in people with becomes overweight.

**Keywords:** Combined Exercise, VCAM-1, Fat Profile, Metabolic Syndrome, Overweight

---

\* **Corresponding author:** Email: hashemvarzi\_tkd@yahoo.com ORCID:0000-0003-1008-8141

## تغییرات سطوح VCAM-1 و شاخصهای سندرم متابولیک در مردان دارای اضافه وزن به

### دنبال یک دوره تمرینات ترکیبی

محمد حسین اخی<sup>۱</sup>، سیدعبدالله هاشم‌ورزی<sup>۱\*</sup>، هاجر عباس زاده<sup>۳</sup>، سجاد ارشدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترا، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

<sup>۴</sup> استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

#### چکیده

**زمینه و هدف:** در مقایسه با افراد عضلانی، نمونه های دارای اضافه وزن، سطح بالاتری از سایتوکاین های ملتهب شونده و مولکول های چسبان را نشان می دهند. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تغییرات سطوح VCAM-1 و شاخصهای سندرم متابولیک در مردان دارای اضافه وزن به دنبال یک دوره تمرینات ترکیبی بود.

**مواد و روش ها:** تعداد ۲۰ مرد دارای اضافه وزن داوطلب شهر تهران به عنوان آزمودنی های این تحقیق انتخاب شدند و به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تمرین ترکیبی دسته بندی شدند. تمرین ترکیبی شامل تمرین استقامتی و مقاومتی بود. تمرین استقامتی یک پروتکل تعدیل شده دویدن با شدت کار ۵۰ تا ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه روی نوارگردان به مدت ۱۶ تا ۳۰ دقیقه بود. همچنین تمرین مقاومتی شامل انجام حرکات پرس سینه، کشش زیر بغل، پرس پا و ساق پا با شدت ۵۰ تا ۸۰٪ یک تکرار بیشینه بود. سطوح سرمی VCAM-1 و شاخص های متابولیک با استفاده از روش الایزا اندازه گیری شد. در این پژوهش، برای بررسی تفاوت های موجود بین گروه ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر استفاده شد.

**نتایج:** نتایج نشان داد که تغییرات سطوح VCAM-1، TG، TC، LDL و HDL بین دو گروه کنترل و تمرین ترکیبی از پیش آزمون تا پس آزمون معنی دار بوده است ( $P=0/001$ ،  $P=0/012$ ،  $P=0/016$ ،  $P=0/029$ ،  $P=0/002$ ، به ترتیب). تغییرات درون گروهی نیز در گروه کنترل کاهش معنی داری را در سطوح VCAM-1، TG، TC و LDL و افزایش معناداری را در سطوح HDL در گروه تمرین ترکیبی از پیش آزمون تا پس آزمون نشان داد ( $P<0/05$ ). این تغییرات در گروه کنترل معنادار نبود ( $P>0/05$ ).

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج پژوهش حاضر می توان نتیجه گرفت که برنامه تمرینی ترکیبی با ایجاد تغییرات مثبت در افزایش HDL و متعاقب آن کاهش مولکول های چسبان، TG، TC و LDL، احتمالاً موجب کاهش شاخص های التهابی و کاهش خطرات ناشی از سندرم متابولیک در افراد دارای اضافه وزن می شود.

**واژه های کلیدی:** تمرین ترکیبی، VCAM-1، نیمرخ چربی، سندرم متابولیک، اضافه وزن

## مقدمه

اضافه وزن و چاقی علت اصلی بسیاری از بیماری‌های مزمن (حقایفی و همکاران، ۲۰۱۵) و یکی از عوامل خطرزا در ابتلا به تصلب شریان<sup>۱</sup> محسوب می‌شود. در مقایسه با افراد عضلانی، نمونه‌های دارای اضافه وزن، سطح بالاتری از سایتوکاین‌های ملتهب‌شونده و مولکول‌های چسبان<sup>۲</sup> را نشان می‌دهند (زیکاردی و همکاران، ۲۰۰۲). به نظر می‌رسد که اندازه‌گیری مولکول‌های چسبان ابزار سودمندی در تشخیص مؤثر عوامل گوناگون محیطی در اختلالات عروقی باشد (جلالی و همکاران، ۲۰۱۵). افزایش مولکول‌های چسبان موجب هجوم مونوسیتها به آندوتلیال عروق می‌شود و نفوذپذیری و فعال‌سازی پلاکت‌ها افزایش می‌یابد. با مهاجرت سلولهای عضلانی صاف جدار عروق، روند رسوب بافت فیبروزی در آن ناحیه توسعه و صفحات زرد پلاک آترمی گسترش می‌یابد. همچنین، افزایش این مولکول‌ها، موجب فعال‌سازی آندوتلیال عروقی و التهاب می‌شود. محققان بر این باورند که این مولکول‌ها به طور مستقیم در مراحل مختلف تصلب شریان (پارک و همکاران، ۲۰۱۵) و دیگر بیماری‌های مزمن مانند دیس-لیپیدمی<sup>۳</sup>، اختلالات بافت همبند و برخی سرطان‌ها نقش دارند. از این رو، افزایش مقادیر مولکول‌های چسبان می‌تواند به عنوان نشانه‌های تصلب شریان اولیه و بیماری شریان کرونری قلب به کار روند. بر این اساس، کاهش بیان مولکول‌های چسبان و در نتیجه کاهش اثرات منفی آنها، می‌تواند رویکرد جدیدی در مهار تصلب شریان باشد. افزایش میزان شاخص‌های التهابی مثل مولکولهای چسبان عروقی<sup>۴</sup> (VCAM-1) در بیماران چاق نقش مهمی در پیشرفت اختلال آندوتلیالی ایفا می‌کند. میزان این شاخص‌های التهابی به همراه چربی‌های خونی مثل تری‌گلیسیرید، کلسترول، LDL و HDL بعنوان پیشگویی‌کننده‌های قوی حوادث قلبی عروقی در افراد چاق و دارای اضافه وزن مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (باسو و همکاران، ۲۰۱۰). بیماری‌های مزمن و التهابی علل عمده مرگ و میر می‌باشند و چاقی یک بیماری با پاسخ التهابی مزمن است که پیشنهاد شده نقش مهمی در بیماری‌های قلبی عروقی دارد. افراد چاق بیشتر در معرض ابتلا به بیماریهای متابولیکی هستند. در این افراد بسیاری از شاخص‌های سندروم متابولیک مثل نیمرخ لیپیدی (LDL, HDL, تری‌گلیسیرید و کلسترول) دارای نوسانات زیادی می‌باشد که می‌تواند زمینه‌ساز التهاب و بیماری‌های قلبی عروقی باشد. در افراد چاق با توجه به شیوه زندگی غالبی که دارند میزان HDL خون آنها پایین و میزان LDL، تری‌گلیسیرید و کلسترول بالایی دارند که این شرایط می‌تواند افراد را مستعد بیماری‌های متابولیکی مثل سندروم متابولیک قرار دهد. عادات غذایی غلط، زندگی بدون تحرک، مصرف دخانیات و الکل، عواملی هستند که اثر چشمگیری بر ابتلا به تصلب شریان دارند (ویتکوسکار و همکاران، ۲۰۰۵). اخیراً، تأثیر مداخلات محیطی نظیر رژیم‌های غذایی، کاهش وزن و فعالیت ورزشی بر عوامل فعالیت التهاب عروقی مورد توجه محققان قرار گرفته است. در مجموع مدارک علمی موجود در زمینه اثر تمرین ورزشی بر نشانه‌های التهاب سیستمی اندک و متناقض است. در بررسی آثار فعالیت‌های ورزشی در پژوهش‌های مختلف، نمی‌توان یک نتیجه کلی و بارز را مشاهده نمود، به طوری که در برخی تحقیقات، متعاقب اجرای فعالیت‌های ورزشی، افزایش (نمت و همکاران، ۲۰۰۴)، عدم تغییر (هامت و همکاران، ۲۰۰۶) و کاهش (دینگ و همکاران، ۲۰۰۵) غلظت مولکول‌های چسبان سلولی و عروقی گزارش شده است. با توجه به اهمیت بیماری‌های قلبی به ویژه در افراد بی‌تحرک و با توجه به نتایج مطالعات گذشته، تمرینات ورزشی می‌تواند شاخص‌های التهابی را کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش احتمال خطر ابتلا به بیماری کرونری قلب می‌شود. با این وجود، پیش‌بینی دقیق خطر بیماری‌های قلبی عروقی نقش مهمی در پیشگیری از این چنین بیماری‌ها می‌تواند

<sup>1</sup> - Arteriosclerosis

<sup>2</sup> - Cell Adhesion Molecules

<sup>3</sup> - Dyslipidemia

<sup>4</sup> - Vascular Cell Adhesion Molecule 1

داشته باشد. تاکنون محققان قادر به دست یافتن به نتیجه مشخصی در رابطه با تغییرات این شاخص های التهابی ایجاد شده توسط تمرینات ورزشی که قابل جایگزینی با شاخص های قابل پیش بینی سنتی بیماری های مزمن و التهابی باشد نرسیده اند. بنابراین به نظر می رسد بررسی اثرات فعالیت های بدنی بر نشانگرهای موثر بر بیماری های مزمن و التهابی از اهمیت بالایی برخوردار باشد. در این راستا، پژوهش حاضر به دنبال بررسی تغییرات سطوح VCAM و شاخصهای سندرم متابولیک در مردان دارای اضافه وزن به دنبال یک دوره تمرینات ترکیبی می باشد.

## مواد و روش کار

روش انجام تحقیق نیمه تجربی و از نوع کاربردی می باشد. ۲۰ مرد داوطلب دارای اضافه وزن از شهر تهران با شاخص توده بدنی بالای ۲۵ به عنوان آزمودنی های این تحقیق انتخاب شدند (جدول شماره ۱) و به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تمرین ترکیبی دسته بندی شدند؛ هیچ یک از آزمودنی ها سابقه بیماری و اختلالات هورمونی اثرگذار نداشته و در زمان پژوهش تحت درمان دارویی نبودند. هم چنین، حداقل شش ماه پیش از شرکت در برنامه تمرینات این پژوهش در هیچ برنامه تمرینی شرکت نداشتند. وضعیت تندرستی آزمودنی ها نیز با پرسش نامه تندرستی هنجار شده ارزیابی شد و برخی نکات از جمله عدم مصرف احتمالی الکل، نوشابه و سیگار و... مورد تأکید قرار گرفت. از آزمودنی های گروه کنترل و گروه تمرینی در مرحله پایه و پس از ۸ هفته تمرین به منظور اندازه گیری مقادیر سرمی VCAM-1 و شاخص های سندروم متابولیک در شرایط ناشتا و با حضور در آزمایشگاه خون گیری به عمل آمد.

جدول ۱: ویژگی های آنتروپومتریک آزمودنی های شرکت کننده در پژوهش در پیش آزمون

گروه	سن (سال)	قد (cm)	وزن (kg)	BMI
کنترل	۳۳/۸ ± ۲/۱۱	۱۷۳ ± ۷/۱۴	۷۹/۰۱ ± ۲/۶	۲۶/۴ ± ۴/۲
تمرین ترکیبی	۳۳/۹ ± ۲/۵۲	۱۷۵ ± ۷/۱۲	۷۹/۴۴ ± ۲/۸	۲۵/۹۴ ± ۵/۳

تمرین ترکیبی شامل ترکیب تمرین استقامتی و مقاومتی بود که تمرین مقاومتی همواره پیش از تمرین استقامتی اجرا می شد تا از خستگی زودرس ناشی از تمرین استقامتی جلوگیری شود. ۱۰ دقیقه گرم کردن پیش از انجام تمرین اصلی و ۱۰ دقیقه سرد کردن پس از پایان تمرین نیز حرکات بازگشت به حالت اولیه را انجام می دادند. همه حرکات تمرینی زیر نظر پژوهشگر انجام گرفت. تمرینات مقاومتی شامل حرکات بالاتنه (پرس سینه و کشش زیر بغل) و پایین تنه (پرس پا و ساق پا) بود. بدین شکل که در هفته اول شدت تمرین با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه به صورت دو جلسه در هفته و هر جلسه سه ست با ۱۰ تکرار و استراحت ۱ دقیقه ای بین هر ست و استراحت ۱ تا ۳ دقیقه ای بین هر حرکت انجام شد. هر هفته به صورت فزاینده به شدت تمرین افزوده شد به نحوی که در هفته هشتم این میزان به ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه و سه جلسه در هفته، هر جلسه سه ست با ۶ تکرار و همان زمان های استراحت بین ست و حرکت افزایش یافت (قهرومانلو و همکاران، ۲۰۰۶). یک تکرار بیشینه آزمودنی ها با فرمول برزیسکی (۱۹۸۹) محاسبه شد. همچنین، تمرین استقامتی یک پروتکل تعدیل شده دویدن بود که با شدت کار ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه روی نوارگردان به مدت ۱۶ دقیقه در هفته اول آغاز و تدریجاً به شدت کار تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت ۳۰ دقیقه در روز، در هفته هشتم افزایش یافت. شدت کار استقامتی براساس ضربان قلب بیشینه محاسبه و با ضربان سنج بیورر کنترل می شد (کسرای و همکاران، ۲۰۱۹). برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی عمل خون گیری پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی بعد از ۸ هفته (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) انجام گرفت. خون گیری توسط کارشناس آزمایشگاه از

سیاهرگ آنتی کوبیتال دست چپ آزمودنی ها در حالت استراحتی و در وضعیت نشسته و به میزان ۱۰ میلی لیتر خون انجام شد. سطوح سرمی VCAM-1 و شاخص های متابولیک با استفاده از کیت های تجاری الیزا شرکت پارس آزمون اندازه گیری شد. در این پژوهش، برای بررسی تفاوت های موجود بین گروه ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر (طرح ۲(گروه)\*۲(زمان)) و برای تفاوت درون گروه ها از آزمون t زوجی استفاده شد. در این بررسی ها سطح معناداری کوچک تر و مساوی با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. همه تجزیه و تحلیل های آماری به وسیله نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شدند. مطالعه حاضر با شناسه اخلاق IR.IAU.SARI. REC.1398.093 در دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری ثبت شد.

## نتایج

در جدول ۲ یافته های مربوط به VCAM-1، شاخص های متابولیک و توزن و BMI آورده شده است. نتایج این جدول حاکی از آن است که تغییرات سطوح VCAM-1، TG، TC، LDL و HDL بین دو گروه کنترل و تمرین ترکیبی از پیش آزمون تا پس آزمون معنی دار بوده است ( $P=0/001$ ،  $P=0/012$ ،  $P=0/016$ ،  $P=0/029$ ،  $P=0/002$ ، به ترتیب). تغییرات درون گروهی نیز در گروه کنترل کاهش معنی داری را در سطوح VCAM-1، TG، TC و LDL و افزایش معناداری را در سطوح HDL در گروه تمرین ترکیبی از پیش آزمون تا پس آزمون نشان داد ( $P<0/05$ ). در صورتیکه این تغییرات در گروه کنترل معنادار نبود ( $P>0/05$ ). در متغیرهای وزن ( $P=0/035$ ) و BMI ( $P=0/003$ ) نیز کاهش معناداری در گروه تمرین ترکیبی نسبت به گروه کنترل از پیش آزمون تا پس آزمون دیده شد.

جدول ۲. مقایسه تأثیر یک دوره تمرین ترکیبی بر سطوح VCAM-1، TG، TC، LDL و HDL در مردان چاق

متغیر	گروه ها	پیش آزمون	پس آزمون	P درون گروهی	P بین گروهی
VCAM-1 (ng/ml)	کنترل	۱۲۱۱/۲۴ ± ۴۳/۲۲	۱۲۰۴/۱۵ ± ۴۷/۱۱	۰/۷۳۴	*۰/۰۰۱
	ترکیبی	۱۱۸۷/۱۹ ± ۵۲/۱۴	۹۶۹/۱۷ ± ۵۶/۱۸	*↓ < ۰/۰۰۱	
TG (mg/dl)	کنترل	۱۳۳ ± ۵/۷	۱۳۰ ± ۵/۹	۰/۵۳۰	*۰/۰۱۲
	ترکیبی	۱۳۵ ± ۴/۲	۱۱۷ ± ۴/۹	*↓ ۰/۰۲۶	
TC (mg/dl)	کنترل	۲۱۲ ± ۷/۵	۲۲۹ ± ۸/۲	۰/۶۶۰	*۰/۰۱۶
	ترکیبی	۲۱۴ ± ۸/۵	۱۵۱ ± ۹/۴	*↓ < ۰/۰۰۱	
LDL (mg/dl)	کنترل	۱۹۵ ± ۹/۵	۱۸۹ ± ۸/۸	۰/۷۸۰	*۰/۰۲۹
	ترکیبی	۱۹۳ ± ۱/۱۳	۱۵۱ ± ۲۴/۱	*↓ ۰/۰۱۲	
HDL (mg/dl)	کنترل	۳۷ ± ۲/۸	۳۸ ± ۳/۱	۰/۳۱۲	*۰/۰۰۲
	ترکیبی	۳۹ ± ۲/۴	۴۷ ± ۳/۱	*↑ ۰/۰۰۱	
وزن (kg)	کنترل	۷۹/۰۱ ± ۲/۶	۸۰/۲۳ ± ۱/۸	۰/۸۹۳	*۰/۰۳۵
	ترکیبی	۷۹/۴۴ ± ۲/۸	۷۶/۰۳ ± ۱/۲	*↓ ۰/۰۴۵	
BMI	کنترل	۲۶/۴ ± ۴/۲	۲۶/۸۱ ± ۳/۲	۰/۸۵۵	*۰/۰۰۳
	ترکیبی	۲۵/۹۴ ± ۵/۳	۲۴/۸۳ ± ۲/۱	*↓ ۰/۰۰۶	

\* سطح معناداری ۵ درصد

## بحث

مطالعات نشان داده اند که اندازه‌گیری مولکول‌های چسبان ابزار سودمندی در تشخیص التهاب و اختلالات عروقی می‌باشد. تمرینات منظم عامل تعدیل‌کننده و اثرگذار در کاهش مولکول‌های چسبان و التهاب می‌باشند (توفیقی و همکاران، ۲۰۱۳). برخی مطالعات اخیر نشان داده اند که تمرینات ورزشی منجر به کاهش مولکول‌های چسبان می‌شود. در پژوهش حاضر نیز تفاوت معنی‌داری در گروه تمرین ترکیبی و همچنین بین گروه ترکیبی و کنترل در سطوح VCAM-1 و شاخص‌های متابولیک پس از تمرینات ورزشی مشاهده شد. این نتیجه با یافته‌های سیلوا و همکاران (۲۰۱۶) و توفیقی (۲۰۱۳) همراستا می‌باشد. نتایج آنها نشان داد تمرین هوازی بیان VCAM-1 و میانجی‌های التهابی را کاهش می‌دهد (سیلوا و همکاران، ۲۰۱۶، توفیقی و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از تأثیرات مفید فعالیت ورزشی بر عملکرد اندوتلیال افزایش سطح HDL-C پلاسماست که منجر به آزادسازی پروستاگلین (PGL-2) از سلول‌های عضلانی صاف می‌شود و به ممانعت از تجمع پلاکی و کاهش مولکول‌های چسبان در بدن و محیط آزمایشگاهی می‌انجامد که در پژوهش حاضر نشان داده شد تمرین ترکیبی موجب افزایش HDL و متعاقب آن کاهش مولکول‌های چسبان، TG، TC و LDL شد. مطالعات گزارش کردند که تمرین ورزشی همزمان با کاهش شاخص‌هایی همچون درصد چربی بدن و BMI موجب کاهش سرمی مولکول‌های چسبان در آزمودنی‌های دارای اضافه وزن می‌شود. ورزش منظم ممکن است از طریق کاهش در حجم توده چربی و متعاقب آن، کاهش آزادسازی آدیپوکاینه‌هایی مانند  $\beta$ -1IL و  $\alpha$ -TNF باعث کاهش مولکول‌های چسبان شود (مقرنسی و همکاران، ۲۰۱۷، مقرنسی و همکاران، ۲۰۱۹). در مورد سازوکار و اثرگذاری تمرین ورزشی، به نظر می‌رسد که فعالیت‌های ورزشی آنزیم لیپوپروتئین لیپاز و لستین کلسترول آسیل ترانسفراز (LCAT) را افزایش می‌دهد که این دو آنزیم کاهش LDL، تری‌گلیسرید، کلسترول و افزایش HDL را سبب می‌شوند. به علاوه، تحقیقات قبلی بهبود ظرفیت اکسیداسیون اسیدهای چرب و نیم‌رخ لیپیدی به دنبال برنامه‌های تمرینی را به افزایش بیان آنزیم‌های متابولیکی کلیدی درون میتوکندری و عضلات اسکلتی مانند افزایش معنادار بیان آنزیم ۳-هیدروکسی آسیل کوا دهیدروژناز، سیترات سنتاز، بتا-هیدروکسی آسیل-کوا دهیدروژناز عضلانی و پروتئین متصل به اسید چرب عضلانی، نسبت داده اند (آتشک و همکاران، ۲۰۲۰). در آزمودنی‌های چاق نه تنها به دلیل داشتن بافت چربی بیشتر، سایتوکاین‌های بیشتری تولید می‌شود؛ بلکه سطح سایتوکاین‌های درون عضلانی (مایوکاین‌ها) آن‌ها نیز بیشتر است (باتمان و همکاران، ۲۰۱۱) و افزایش فعالیت بدنی احتمالاً با کاهش وزن، در کاهش مقادیر این سایتوکاین‌ها، مایوکاین‌ها و در نتیجه، کاهش التهاب عمومی مؤثر عمل می‌کند (بیورس و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین کاهش شاخص‌های التهابی که در پژوهش حاضر مشاهده شد را می‌توان به دلیل کاهش توده چربی و به تناسب آن کاهش خطرات قلبی عروقی دانست. تمرینات ورزشی با تأثیر مستقیم بر سیستم ایمنی و کاهش تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی؛ کاهش وزن و تأثیر بر بافت چربی و کاهش تولید میانجی‌های پیش‌التهابی و افزایش تولید واسطه‌های ضدالتهابی در بافت چربی و همچنین عضله و سلول‌های تک هسته‌ای و بهبود حساسیت انسولینی و در نتیجه، کاهش غیرمستقیم تولید CRP و فیبرینوژن در کاستن شاخص‌های التهابی خون، شرایط پیش‌التهابی و بهبود عملکرد اندوتلیال نقش دارند (چارچ و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین می‌توان این فرض را بیان نمود که از جمله دلایل کاهش شاخص‌های التهابی و بهبود شاخص‌های سندروم متابولیک اندازه‌گیری شده در نتیجه کاهش توده چربی، کاهش شاخص‌های التهابی مرتبط با مولکول‌های چسبان مثل CRP و همچنین بهبود حساسیت به انسولین می‌باشد. با این وجود، نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های سردردیان و همکاران (۲۰۱۱)، روزتی و همکاران (۲۰۱۶)، رایان و همکاران (۲۰۱۴) و پارک و همکاران (۲۰۱۵) که عدم تغییر در سطوح مولکول‌های چسبان پس از تمرین را در طی تحقیق بدست آورده بودند، مخالف می‌باشد. در همین راستا، سردردیان و

همکاران در تحقیقی تأثیر تمرینات شنا بر مولکول چسبان عروقی (VCAM-1) و فشارخون زنان یائسه مبتلا به پرفشارخونی را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که تمرینات شنا باعث کاهش معنی‌دار فشارخون سیستولی و افزایش معنی‌دار حداکثر توان هوازی شده است در حالی که تغییر معنی‌داری در VCAM-1، فشارخون دیاستولی، LDL-C و HDL-C مشاهده نشد (سردودیان و همکاران، ۲۰۱۱). روزتی و همکاران نیز پس از ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی دایره‌ای مشاهده کردند که سطوح VCAM-1 تغییری نداشت. نتایج آنها حاکی از این بود که برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای، اختلال عملکرد اندوتلیال در زنان چاق را بهبود می‌بخشد (روزتی و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین، رایان و همکاران در تحقیقی بیان کردند که ورزش‌های هوازی و کاهش وزن نشانگرهای التهاب عروق را کاهش می‌دهد و حساسیت به انسولین در زنان چاق را بهبود می‌بخشد. آنها مشاهده کردند که پس از شش ماه تمرین هوازی سطوح VCAM-1 در زنان چاق کاهش یافت اما این کاهش معنی‌دار نبود (رایان و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، پارک و همکاران نشان دادند سطوح VCAM-1 در ۲۴ ساعت پس از تمرین با شدت پایین در مردان دانشگاهی تمرین کرده تفریحی به طور معنی‌داری تا حدود ۲۴ درصد نسبت به سطح پایه افزایش و تا ۴۸ ساعت پس از تمرین بالا باقی ماند. همچنین تمرینات مقاومتی با شدت بالا، تغییری در سطوح VCAM-1 ایجاد نکرد. آنها بیان کردند که تمرین مقاومتی با شدت بالا تأثیر منفی بر مولکول‌های چسبان سلول در مردان تمرین کرده تفریحی ندارد، اما ممکن است به بهبود سلامت قلبی عروقی بدون تغییر sVCAM-1 کمک کند (پارک و همکاران، ۲۰۱۵). شاید بتوان این نتایج متناقض را به نوع پروتکل و آزمودنی‌های تحقیق نسبت داد. به طوری که در تحقیق حاضر از تمرینات ترکیبی استفاده شد و باید در نظر داشت که پاسخ‌های التهابی در افراد با سنین مختلف ممکن است متفاوت باشد. افزایش سطح پایه مولکول‌های چسبان بین سلولی عامل افزایش دهنده خطر بیماری‌های عروق کرونر شناخته شده است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۰). به طور کلی تناقض در یافته‌ها می‌تواند ریشه در تفاوت‌های گروه مطالعه، طول دوره تمرین، شدت، مدت و نوع تمرین داشته باشد. مطالعات نشان می‌دهند که عواملی مثل تغذیه، مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها، استرس، استعمال دخانیات، شیوه زندگی، خلق و خو، مصرف الکل، دیابت، شرایط محیطی بر مولکول‌های چسبان تأثیر فراوان دارند (هستینگ و همکاران، ۲۰۰۹) و برای نتیجه‌گیری قاطع درباره اثر تمرین بر این شاخص‌ها انجام مطالعات کنترل شده ضروری است. به علاوه، یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم کنترل دقیق کالری مصرفی توسط آزمودنی‌ها در گروه تمرینی بود که توصیه می‌شود پژوهشگران در مطالعات آتی خود به اندازه‌گیری این مورد بپردازند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که برنامه تمرینی ترکیبی با ایجاد تغییرات مثبت در افزایش HDL و متعاقب آن کاهش مولکول‌های چسبان، TG، TC و LDL، احتمالاً موجب کاهش شاخص‌های التهابی و کاهش خطرات ناشی از سندرم متابولیک در افراد دارای اضافه وزن می‌شود.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از آزمودنی‌های پژوهش که در به انجام رسیدن این تحقیق نهایت همکاری را داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

### تعارض منافع

این مقاله فاقد تضاد منافع می‌باشد.



## منابع

- Atashak, S., Roshdi Bonab, R., & Kianmarz Bonab, V. (2020). Comparison of the effect of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on syndrome metabolic factors in menopause obese women with metabolic syndrome. *Journal of Sport Biosciences*, 12(3), 307-328. [In Persian]
- Basu, A., Du, M., Leyva, M. J., Sanchez, K., Betts, N. M., Wu, M., ... & Lyons, T. J. (2010). Blueberries decrease cardiovascular risk factors in obese men and women with metabolic syndrome. *The Journal of nutrition*, 140(9), 1582-1587.
- Bateman, L. A., Slentz, C. A., Willis, L. H., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W., ... & Kraus, W. E. (2011). Comparison of aerobic versus resistance exercise training effects on metabolic syndrome (from the Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention Through Defined Exercise-STRRIDE-AT/RT). *The American journal of cardiology*, 108(6), 838-844. [Doi: 10.1016/j.amjcard.2011.04.037]
- Beavers, K. M., Brinkley, T. E., & Nicklas, B. J. (2010). Effect of exercise training on chronic inflammation. *Clinica chimica acta*, 411(11-12), 785-793. [Doi:10.1016/j.cca.2010.02.069]
- Church, T. (2011). Exercise in obesity, metabolic syndrome, and diabetes. *Progress in cardiovascular diseases*, 53(6), 412-418.[Doi: 10.1016/j.pcad.2011.03.013]
- Ding, Y. H., Young, C. N., Luan, X., Li, J., Rafols, J. A., Clark, J. C., ... & Ding, Y. (2005). Exercise preconditioning ameliorates inflammatory injury in ischemic rats during reperfusion. *Acta neuropathologica*, 109, 237-246. [Doi: 10.1007/s00401-004-0943-y]
- Ghahremanloo, E., Aghalinejad, H., & Qrakhnloo, R. (2006). Comparison of the effects of three types of strength training, endurance and combines the features bioenergetic, maximum strength and body composition in untrained men. *Olympic*,(40), 57-45. [In Persian]
- Haghighi, A. H., Eslaminik, E., & Hamedinia, M. (2015). The effect of eight weeks aerobic training and moderate and high doses green tea consumption on body composition and lipid profile in overweight and obese women. *Medical journal of mashhad university of medical sciences*, 58(7), 359-369. [Doi: 10.22038/mjms.2015.5606] [In Persian]
- Hammett, C. J., Prapavessis, H., Baldi, J. C., Varo, N., Schoenbeck, U., Ameratunga, R., ... & Stewart, R. A. (2006). Effects of exercise training on 5 inflammatory markers associated with cardiovascular risk. *American heart journal*, 151(2), 367-e7. [Doi: 10.1016/j.ahj.2005.08.009]
- Hastings, N. E., Feaver, R. E., Lee, M. Y., Wamhoff, B. R., & Blackman, B. R. (2009). Human IL-8 regulates smooth muscle cell VCAM-1 expression in response to endothelial cells exposed to atheroprone flow. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 29(5), 725-731. [Doi: 10.1161/ATVBAHA.109.184382]
- Jalaly, L., Sharifi, G., Faramarzi, M., Nematollahi, A., Rafieian-Kopaei, M., Amiri, M., & Moattar, F. (2015). Comparison of the effects of Crataegus oxyacantha extract, aerobic exercise and their combination on the serum levels of ICAM-1 and E-Selectin in patients with stable angina pectoris. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23, 1-7. [Doi: 10.1186/s40199-015-0137-2]
- Kasraei, H., Kargaefard, M., Nazarali, P., Nobari, H., & Zare, A. (2019). The Effects Of Combined Exercise With And Without Diet On Plasma Inflammatory Biomarkers And Endothelial Dysfunction In Elderly Patients With Type 2 Diabetes. *Iranian Journal of*



- *Diabetes and Metabolism*, 18(4), 207-220. [Available from: <http://ijdd.tums.ac.ir/article-1-5840-en.html>] [In Persian]
- Mogharnasi, M., Cheragh-Birjandi, K., Cheragh-Birjandi, S., & Taherichadorneshin, H. (2017). The effects of resistance and endurance training on risk factors of vascular inflammation and atherogenesis in non-athlete men. *Interventional Medicine and Applied Science*, 9(4), 185-190. [Doi: 10.1556/1646.9.2017.36]
- Mogharnasi, M., Taherichadorneshin, H., & Abbasi-Deloei, N. (2019). Effect of exercise training type on plasma levels of vaspin, nesfatin-1, and high-sensitivity C-reactive protein in overweight and obese women. *Obesity medicine*, 13, 34-38. [Doi: 10.1016/j.obmed.2018.12.006]
- Nemet, D., Mills, P. J., & Cooper, D. M. (2004). Effect of intense wrestling exercise on leucocytes and adhesion molecules in adolescent boys. *British journal of sports medicine*, 38(2), 154-158. [Doi: 10.1136/bjism.2002.002576]
- Park, J. K., Schwarz, N., & Willoughby, D. (2015). Koh Yunsuk. Acute changes in soluble cell adhesion molecules following different intensities of resistance exercise. *Int J Sports Sci*, 5(6), 234-9.
- Rosety, M. Á., Rosety, I., Pery, M. T., Rosety, J., García, N., Rodríguez-Pareja, M. A., ... & Ordóñez, F. J. (2016). Circuit resistance training improved endothelial dysfunction in obese aged women. *Nutricion hospitalaria*, 33(1), 131-134.
- Ryan, A. S., Ge, S., Blumenthal, J. B., Serra, M. C., Prior, S. J., & Goldberg, A. P. (2014). Aerobic exercise and weight loss reduce vascular markers of inflammation and improve insulin sensitivity in obese women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 62(4), 607-614. [Doi: 10.1111/jgs.12749]
- Sardorudian, M., Hamedinia, M., Haghghi, A. (2011). The effect of elementary swimming training on oxidized LDL and lipid profile in hypertensive postmenopausal women. *J Mov Sci Sport*, 8(16), 81-89. [In Persian]
- Silva, R. A., Almeida, F. M., Olivo, C. R., Saraiva-Romanholo, B. M., Martins, M. A., & Carvalho, C. R. F. (2016). Exercise reverses OVA-induced inhibition of glucocorticoid receptor and increases anti-inflammatory cytokines in asthma. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(1), 82-92. [Doi: 10.1111/sms.12411]
- Tofighi, A., & Ghafari, G. (2014). Effect of aerobic training with Omega-3 consumption on soluble adhesion molecules in the obese women. *Majallah-i pizishki-i Danishgah-i Ulum-i Pizishki va Khadamat-i Bihdashti-i Darmani-i Tabriz*, 36(1), 20. [In Persian]
- Wang, Z., & Nakayama, T. (2010). Inflammation, a link between obesity and cardiovascular disease. *Mediators of inflammation*, 2010. [Doi: 10.1155/2010/535918]
- Witkowska, A. M. (2005). Soluble ICAM-1: a marker of vascular inflammation and lifestyle. *Cytokine*, 31(2), 127-134. [Doi: 10.1016/j.cyto.2005.04.007]
- Ziccardi, P., Nappo, F., Giugliano, G., Esposito, K., Marfella, R., Cioffi, M., ... & Giugliano, D. (2002). Reduction of inflammatory cytokine concentrations and improvement of endothelial functions in obese women after weight loss over one year. *Circulation*, 105(7), 804-809. [Doi: 10.1161/hc0702.104279]