

Studying the effect of aerobic exercise, vitamin C, and their combination on insulin resistance and ceramide in men with metabolic syndrome

Rouhollah Ranjbar^{1*}, Hassan Darvakh², Masoud Nikbakht¹, Rasoul Mazi Mohammad Alnoori¹

¹ Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

² Faculty of engineering, Shohadaye Hoveizeh Campus of Technology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Dasht-e Azadegan, Iran

Abstract

Background and Purpose: Metabolic syndrome is recognized as one of the major public health challenges in the 21st century, which is associated with a set of risk factors including abdominal obesity, hypertension, hyperglycemia, lipid disorders (increased triglycerides, decreased HDL), and insulin resistance. Recent studies have focused on the role of biomolecules such as ceramides in causing insulin resistance and metabolic dysregulation. Ceramides, which are part of sphingolipid lipids, play an important role in regulating insulin signaling pathways, inflammation, and apoptosis. In this regard, non-pharmacological strategies such as regular aerobic exercise and supplementation with antioxidants, especially vitamin C, have been proposed as strategies to improve metabolic disorders. The aim of this study was to investigate the separate and combined effects of aerobic exercise and vitamin C intake on insulin resistance, lipid profile, and serum ceramide levels in men with metabolic syndrome.

Materials and Methods: In this quasi-experimental study, 40 men with metabolic syndrome were randomly divided into four groups of 10, including the aerobic exercise group, the vitamin C supplement group, the combination group (aerobic exercise with supplement intake), and the control group. The exercise program included running at an intensity of 50 to 70 percent of heart rate reserve in three non-consecutive sessions per week for eight weeks. Vitamin C supplement was also taken daily in the amount of two 500 mg tablets. Blood samples were taken 24 hours before and 48 hours after the end of the intervention in a fasting state. Data were analyzed using a paired t-test and analysis of covariance.

Results: The results showed that after eight weeks of intervention, a significant decrease in the HOMA-IR index was observed in the three aerobic exercise groups (0.001), vitamin C (0.001), and combination group (0.0001) compared to the control group. The greatest decrease was recorded in the combination group, which was also statistically significantly different from the other groups ($P < 0.0001$). Significant improvements were also observed in lipid indices; triglyceride levels (significant decreases were observed in the three aerobic exercise groups (0.008), vitamin C (0.007), and combination group (0.0001) compared to the control group), LDL (significant decreases were observed in the three aerobic exercise groups (0.002), vitamin C (0.014), and combination group (0.0001) compared to the control group), and total cholesterol (significant decreases were observed in the three aerobic exercise groups (0.023), vitamin C (0.001), and combination group (0.0001) compared to the control group) decreased, and HDL (significant increases were observed in the three aerobic exercise groups (0.031), vitamin C (0.001), and combination group (0.0001) compared to the control group) increased, especially in the combination group. Also, serum ceramide levels in the aerobic exercise group (0.024) and combined exercise group (0.0001) and vitamin C group (0.002) decreased significantly compared to the control group, while no significant change was observed in the vitamin C group compared to the aerobic exercise group (0.999). The effect of aerobic exercise alone was also significant, but the combined effect of exercise and vitamin C showed the greatest improvement in all indices.

Conclusion: The findings of this study show that both aerobic exercise interventions and vitamin C consumption are independently effective in improving metabolic indices, but their simultaneous use has a synergistic effect due to the statistical significance resulting from the analysis of covariance (ANCOVA) test with pre-test control and leads to a more significant improvement in insulin resistance, lipid profile, and reduction in serum ceramide levels. These findings indicate the high potential of these non-invasive and low-cost interventions in the management of metabolic syndrome and prevention of its associated cardiovascular complications.

Keywords: Insulin Resistance, Vitamin C, Aerobic Exercise, Metabolic sSyndrome, Ceramide

How to cite this article: Ranjbar R, Darvakh H, Nikbakht M, Mohammad Alnoori R. Studying the effect of aerobic exercise, vitamin C, and their combination on insulin resistance and ceramide in men with metabolic syndrome. J Sport Exerc Physiol. 2025;18(4):?-?.

*Corresponding Author's E-mail: Ro.ranjbar @scu.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.240165.1368>

Received: 28/05/2025

Revised: 15/08/2025

Accepted: 16/08/2025

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



بررسی تأثیر تمرین هوازی، ویتامین C و ترکیب آن‌ها بر مقاومت انسولینی و سرامید در مردان مبتلا به سندرم متابولیک

روح اله رنجبر^{۱*}، حسن درواخ^۲، مسعود نیکبخت^۱، رسول ماضی محمد النوری^۱

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز-پردیس صنعتی شهدای هویزه، دشت آزادگان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: سندرم متابولیک به عنوان یکی از چالش‌های عمده سلامت عمومی در قرن بیست و یکم شناخته می‌شود که با مجموعه‌ای از عوامل خطر شامل چاقی شکمی، فشار خون بالا، هیپرگلیسمی، اختلالات لیپیدی (افزایش تری‌گلیسیرید، کاهش HDL)، و مقاومت به انسولین همراه است. مطالعات اخیر نقش مولکول‌های زیستی نظیر سرامیدها را در ایجاد مقاومت به انسولین و دیس‌ریگولاسیون متابولیکی مورد توجه قرار داده‌اند. سرامیدها، که جزء لیپیدهای اسفنگولیپیدی هستند، در تنظیم مسیرهای سیگنالینگ انسولین، التهاب و آپوپتوز نقش مهمی ایفا می‌کنند. در همین راستا، استراتژی‌های غیر دارویی مانند تمرینات هوازی منظم و مکمل‌بازی با آنتی‌اکسیدان‌ها به‌ویژه ویتامین C به عنوان راهکارهایی برای بهبود اختلالات متابولیکی پیشنهاد شده‌اند. هدف از این پژوهش، بررسی اثرات جداگانه و ترکیبی تمرین هوازی و مصرف ویتامین C بر مقاومت به انسولین، پروفایل لیپیدی، و سطح سرامید سرمی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نیمه تجربی، ۴۰ مرد مبتلا به سندرم متابولیک به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۰ نفره شامل گروه تمرین هوازی، گروه مصرف مکمل ویتامین C، گروه ترکیبی (تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل) و گروه کنترل تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل دویدن با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره در سه جلسه غیرمتوالی در هفته به مدت هشت هفته بود. مکمل ویتامین C نیز روزانه به میزان دو عدد قرص ۵۰۰ میلی گرمی مصرف شد. نمونه‌های خونی ۲۴ ساعت پیش و ۴۸ ساعت پس از پایان مداخله در حالت ناشتا اخذ گردید. داده‌ها با آزمون تی وابسته و تحلیل کوواریانس تجزیه و تحلیل شدند. **نتایج:** نتایج نشان داد که پس از هشت هفته مداخله، کاهش معناداری در شاخص HOMA-IR در سه گروه تمرین هوازی (۰/۰۰۱)، ویتامین C (۰/۰۰۱) و گروه ترکیبی (۰/۰۰۱) نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. بیشترین کاهش در گروه ترکیبی ثبت شد که از نظر آماری نیز تفاوت معناداری با سایر گروه‌ها داشت ($P < ۰,۰۰۰۱$). در شاخص‌های لیپیدی نیز بهبود معناداری مشاهده شد؛ سطوح تری‌گلیسیرید (در سه گروه تمرین هوازی (۰/۰۰۸)، ویتامین C (۰/۰۰۷) و گروه ترکیبی (۰/۰۰۱)) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری مشاهده شد، LDL (در سه گروه تمرین هوازی (۰/۰۰۲) ویتامین C (۰/۰۱۴) و گروه ترکیبی (۰/۰۰۱)) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری مشاهده شد و کلسترول تام (در سه گروه تمرین هوازی (۰/۰۲۳)، ویتامین C (۰/۰۰۱) و گروه ترکیبی (۰/۰۰۱)) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری مشاهده شد و HDL (در سه گروه تمرین هوازی (۰/۰۳۱)، ویتامین C (۰/۰۰۱) و گروه ترکیبی (۰/۰۰۱)) نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری مشاهده شد (افزایش یافت، به‌ویژه در گروه ترکیبی). همچنین، سطح سرامید سرمی در گروه تمرین هوازی (۰/۰۲۴) و ترکیبی (۰/۰۰۱)

و گروه ویتامین C (۰/۰۰۲) نسبت به گروه کنترل به طور معناداری کاهش یافت، در حالی که در گروه ویتامین C نسبت به گروه تمرین هوازی (۰/۹۹۹) تغییر قابل توجهی مشاهده نشد. تأثیر تمرین هوازی به تنهایی نیز معنی دار بود، اما تأثیر ترکیبی تمرین و ویتامین C، بیشترین بهبود را در کلیه شاخص‌ها نشان داد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که هر دو مداخله تمرین هوازی و مصرف ویتامین C به طور مستقل در بهبود شاخص‌های متابولیکی مؤثر هستند، اما استفاده هم‌زمان از آن‌ها به دلیل معناداری آماری ناشی از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) با کنترل پیش‌آزمون، اثر هم‌افزایی داشته و منجر به بهبود چشمگیرتری در مقاومت به انسولین، پروفایل لیپیدی و کاهش سطح سرامید سرمی می‌شود. این یافته‌ها بیانگر پتانسیل بالای این مداخلات غیرتهاجمی و کم‌هزینه در مدیریت سندرم متابولیک و پیشگیری از عوارض قلبی عروقی مرتبط با آن است.

واژه‌های کلیدی: مقاومت به انسولین، ویتامین C، تمرین هوازی، سندرم متابولیک، سرامید

نحوه استناد به این مقاله: رنجبر، درواخ، نیکبخت م، محمد النوری ر. بررسی تأثیر تمرین هوازی، ویتامین C و ترکیب آن‌ها بر مقاومت انسولینی و سرامید در مردان مبتلا به سندرم متابولیک. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛ ۱۸(۴): ۱-۹.

* رایانامه نویسنده مسئول: m.ranjbar@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

سندرم متابولیک یکی از اختلالات متابولیک مرتبط با سبک زندگی (کم تحرکی و سوء تغذیه) می باشد و به شرایط داشتن حداقل سه عامل از پنج عامل ۱- فشار خون بالا، ۲- افزایش سطح انسولین سرمی بالا (مقاومت به انسولین)، ۳- چاقی شکمی، ۴- افزایش تری گلیسرید سرمی و ۵- کاهش لیپوپروتئین پرچگال تعریف می شود (۱). این بیماری یک مشکل بهداشتی جهانی است. تخمین زده می شود که ۲۰ تا ۳۰ درصد بزرگسالان در جهان سندرم متابولیک داشته باشند. سندرم متابولیک با افزایش خطر ابتلا به دیابت نوع ۲، بیماری کبد چرب غیر الکلی، سکته قلبی و سکته مغزی همراه است (۲). میانگین شیوع سندرم متابولیک ۳۱٪ است و با افزایش ۲ برابری خطر بیماری عروق کرونر قلب، بیماری عروق مغزی و افزایش ۱/۵ برابری خطر مرگ و میر همراه است (۳). مطالعات نشان داده اند که شیوع سندرم متابولیک در بسیاری از کشورها، به ویژه در جوامع شهری و میان افراد با فعالیت فیزیکی کم، رو به افزایش است (۴).

چاقی شکمی (احشایی)، یک عامل اصلی خطر برای التهاب سیستمیک، هایپرلیپیدمی، مقاومت به انسولین و بیماری های قلبی عروقی است (۵، ۱). از طرف دیگر مشخص شده است که چاقی و سندرم متابولیک ارتباط نزدیکی با دیس لیپیدمی دارند (۶). در سال های اخیر، علاوه بر عوامل کلاسیک، تمرکز تحقیقات به سوی بیومارکرهای نوظهور متابولیکی، به ویژه سرامیدها (Ceramides) جلب شده است. سرامیدها زیرگروهی از اسفنگولیپیدها هستند که نقش کلیدی در تنظیم عملکرد سلولی، انتقال پیام، التهاب، آپوپتوز، و به ویژه مسیر سیگنال دهی انسولین ایفا می کنند (۷). شواهد علمی نشان می دهد که تجمع سرامیدها در بافت های محیطی مانند عضله اسکلتی و کبد، موجب اختلال در عملکرد مسیر Akt/PKB شده و در نتیجه منجر به کاهش پاسخ دهی به انسولین و بروز مقاومت انسولینی می شود. این اختلال می تواند زمینه ساز پیشرفت سایر جنبه های سندرم متابولیک شود (۸).

تحقیقات جدید نشان می دهد که سرامیدها نقش مهمی در چاقی (۶)، دیس لیپیدمی (۶، ۹) و مقاومت به انسولین (۹) دارند. در همین خصوص چاراسیا و همکاران عنوان کردند که سرامیدها نقش مهمی در متابولیسم دارند و با توجه به نقش لیپوتوکسیکی^۲ که دارند مقاومت به انسولین، دیس لیپیدمی و در نهایت مرگ سلولی را ایجاد می کنند که زمینه ساز تقریباً سایر اختلالات می باشد (۱۰). همچنین نشان داده شده است که سرامیدهای پلاسما عمدتاً در لیپوپروتئین بسیار کم چگال (VLDL) و لیپوپروتئین کم چگال (LDL) متمرکز هستند و سرامید متصل به LDL باعث التهاب و مقاومت به انسولین در عضله اسکلتی می شود (۱۱). سرامید از طریق افزایش TNF α و IL-1 β به افزایش التهاب بدن منجر می شود که با دیس لیپیدمی و مقاومت به انسولین همراه است (۱۲).

درمان های اولیه سندرم متابولیک بر اصلاح سبک زندگی تأکید دارند، به ویژه تغییر در رژیم غذایی و افزایش فعالیت بدنی. تحقیقات نشان داده اند که تمرینات هوازی تأثیر قابل توجهی بر بهبود حساسیت به انسولین، کاهش تری گلیسرید و کلسترول LDL، و افزایش کلسترول HDL دارند (۱۳-۱۵). تمرینات هوازی، به ویژه با شدت متوسط تا زیاد، موجب افزایش متابولیسم چربی و بهبود عملکرد عروق شده و در نهایت به کاهش عوامل خطر مرتبط با سندرم متابولیک کمک می کنند (۱۶، ۱۷).

در کنار فعالیت بدنی، استفاده از مکمل های آنتی اکسیدانی نظیر ویتامین C به عنوان یک راهکار مکمل برای کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود عملکرد متابولیکی مطرح شده است (۱۸). ویتامین C به دلیل نقش خود در کاهش التهاب و مهار آسیب های ناشی از رادیکال های آزاد، می تواند حساسیت به انسولین را بهبود بخشد و از افزایش مقاومت به انسولین جلوگیری کند (۱۹، ۲۰). برخی مطالعات نشان داده اند که مصرف ویتامین C می تواند سطوح کلسترول تام و LDL را کاهش داده و در عین حال موجب افزایش HDL شود (۲۱).

اگرچه اثرات مثبت تمرینات هوازی و ویتامین C به طور جداگانه بر بهبود شاخص های متابولیکی بررسی شده اند، اما مطالعات اندکی به ارزیابی اثرات ترکیبی این دو مداخله پرداخته اند. برخی پژوهش ها نشان داده اند که ترکیب فعالیت بدنی و مصرف آنتی اکسیدان ها می تواند اثرات هم افزایی داشته باشد و به طور موثرتری مقاومت به انسولین و پروفایل لیپیدی را بهبود بخشد (۲۲، ۲۳). با این حال، یافته های محدودی نیز در این زمینه وجود دارد و نیاز به مطالعات بیشتری احساس می شود.

با توجه به اهمیت مداخلات غیر دارویی در مدیریت سندرم متابولیک و محدودیت مطالعاتی در زمینه اثرات ترکیبی ورزش و ویتامین C، این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه اثر هشت هفته تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C، به صورت مستقل و ترکیبی، بر مقاومت به انسولین، پروفایل لیپیدی و سطح سرامید سرمی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک طراحی شده است.

^۱Bhagirath Chaurasia

^۲Lipotoxic

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش به صورت نیمه تجربی و کاربردی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون شامل ۳ گروه مداخله و یک گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری این پژوهش کلیه افرادی بودند که جهت چکاپ سلامت متابولیک به کلینیک بیمارستان مراجع کردند و ارتباطی با بیماری خاص نداشتند. ۴۰ مرد مبتلا به سندرم متابولیک از میان بیماران مرد داوطلب بیمارستان الصدر التعليمی شهر العماره عراق به صورت تصادفی پس از اخذ معیارهای ورود شامل: با دامنه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال و میانگین ترکیب بدن ۲۸/۴۱، مبتلا به سندرم متابولیک (دارا بودن سه علامت از ۵ علامت اصلی سندرم متابولیک که شامل، فشار خون بالا، مقاومت به انسولین، چاقی شکمی، افزایش تری گلیسرید سرمی، کاهش لیپوپروتئین پر چگال)، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن دیگر در این تحقیق شرکت داده شدند. این افراد به چهار گروه دهنفره تقسیم شدند: گروه تمرین هوازی، گروه مکمل ویتامین C، گروه ترکیبی و گروه کنترل.

روش اجرای پژوهش: مدت زمان مداخله در این تحقیق ۸ هفته بود و آزمودنی‌ها بر اساس مداخله در نظر گرفته شده با توجه به گروه تحقیق پروتکل‌ها را تکمیل کردند. شاخص‌های تن سنجی بیماران شامل وزن و قد آزمودنی‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل سکا ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم و متر نواری با دقت ۰/۱ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدن با استفاده از تقسیم وزن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر محاسبه شد. درصد چربی بدن نیز با استفاده از دستگاه ترکیب بدن این بادی ۷۷۰ اندازه‌گیری شد. در تحقیق حاضر ۲۴ ساعت قبل از شروع تحقیق و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه مداخلات تحقیق، در ساعت ۷ تا ۸ صبح از همگی آزمودنی‌ها در گروه‌های تمرین، مکمل، ترکیبی و کنترل خون‌گیری به صورت ناشتا در آزمایشگاه طبی بیمارستان الصدر التعليمی انجام شد. سپس نمونه‌های خونی برای سنجش متغیرهای خونی شامل گلوکز سرمی، انسولین سرمی، پروفایل لیپیدی و سرامید سرمی با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی تجزیه و تحلیل شد. در طول مداخله تحقیق در گروه کنترل هیچ مداخله‌ای توسط محقق انجام نشد و آزمودنی‌ها همان سبک زندگی خود را ادامه دادند و تنها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون شرکت کردند.

پروتکل تمرین هوازی: در این تحقیق برنامه تمرین هوازی شامل هشت هفته تمرین هوازی به صورت دویدن با شدت ۵۰-۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود که در سه جلسه غیرمتوالی در هفته انجام شد. در قسمت اول تمرین برنامه گرم کردن عمومی و اختصاصی به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه اجرا شد. سپس برنامه اصلی تمرین هوازی به صورت دویدن به صورت تداومی با شدت متوسط (۵۰-۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره) انجام شد. در انتهای تمرین نیز برنامه ریکاوری برای بازگشت به حالت اولیه، به مدت ۱۰ دقیقه اجرا شد.

برنامه تمرینی مورد استفاده در این پژوهش یک برنامه محقق‌ساخته بود که طراحی آن با استناد به مطالعه کیخسروی و همکاران بر روی مردان غیرورزشکار (۲۴) انجام گرفت. با توجه به وضعیت جسمانی شرکت‌کنندگان (اضافه وزن و احتمال پایین بودن توان هوازی)، شدت و حجم تمرین با در نظر گرفتن اصل افزایش تدریجی بار تمرینی (Progressive Overload) تنظیم شد.

در هفته‌های اول تا سوم، تمرینات با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره (HRR) انجام شد و مدت زمان تمرین اصلی از ۱۰ دقیقه شروع شد. این زمان هر هفته ۵ دقیقه افزایش یافت تا در پایان هفته سوم به ۲۰ دقیقه برسد.

در هفته چهارم، زمان تمرین ثابت ماند (۲۰ دقیقه) اما شدت تمرین به ۶۰ تا ۷۰ درصد HRR افزایش یافت.

در ادامه، مدت تمرین اصلی در هفته‌های پنجم و ششم به ۲۵ دقیقه و در هفته‌های هفتم و هشتم به ۳۰ دقیقه افزایش یافت. در این مراحل، شدت تمرین ثابت و در همان محدوده ۶۰ تا ۷۰ درصد HRR حفظ شد.

این طراحی تدریجی، با هدف بهینه‌سازی تحمل فیزیکی و کاهش خطر آسیب در شرکت‌کنندگان چاق انجام شد. (جدول ۱)

هفته	گرم کردن (دقیقه)	تمرین اصلی		سرد کردن (دقیقه)
		زمان تمرین	شدت تمرین (HRR)	
۱	۱۵-۱۰	۱۰	۵۰-۶۰٪	۱۰
۲	۱۵-۱۰	۱۵	۵۰-۶۰٪	۱۰
۳	۱۵-۱۰	۲۰	۵۰-۶۰٪	۱۰
۴	۱۵-۱۰	۲۰	۶۰-۷۰٪	۱۰
۵-۶	۱۵-۱۰	۲۵	۶۰-۷۰٪	۱۰
۷-۸	۱۵-۱۰	۳۰	۶۰-۷۰٪	۱۰

مکمل ویتامین C: در تحقیق حاضر مصرف ویتامین C (نیچر بایوتیکس) با دوز ۵۰۰ میلی گرم دو بار در روز در دو نوبت صبح و عصر بود (۲۵). به منظور کورسازی نمونه ها به گروه های تمرین هوازی و کنترل نیز دارونما ناشسته داده شد.

نمونه های خونی ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت پس از مداخله جمع آوری شد و مقاومت به انسولین، پروفایل لیپیدی و سطح سرامید سرمی اندازه گیری شدند.

تحلیل آماری: در تحقیق حاضر تجزیه و تحلیل آماری در دو بخش آمار توصیفی با استفاده از جداول و نمودارها و بر حسب میانگین و انحراف استاندارد بیان شد. در بخش آمار استنباطی نیز با استفاده از آزمون تحلیل کواریانس برای بررسی مقایسه بین گروه ها و در صورت معنی داری از آزمون تعقیبی بونفرونی برای یافتن زوج های معنی دار استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ و در سطح معنی داری $\alpha = 0.05$ انجام شد.

نتایج

نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان می دهد که ۸ هفته تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C با معنی داری 0.0001 و اندازه اثر 0.758 تفاوت معنی داری در میزان مقاومت به انسولین پدید آمده است. از آزمون تعقیبی بونفرونی جهت مقایسه دوه دو گروه ها استفاده شد، که نتایج نشان داد در مردان مبتلا به سندروم متابولیک سطوح مقاومت به انسولین گروه ها (ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C) ($p=0.0001$)، تمرین هوازی ($p=0.0001$) و مکمل ویتامین C ($p=0.0001$) نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است، همچنین ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C در مقایسه با مصرف مکمل ویتامین C ($p=0.001$) و تمرین هوازی ($p=0.0001$)، باعث کاهش معناداری در سطوح مقاومت به انسولین مردان مبتلا به سندروم متابولیک شده است. اما بین مصرف مکمل ویتامین C و تمرین هوازی تفاوت معناداری یافت نشد ($p=0.999$) (نمودار ۱).

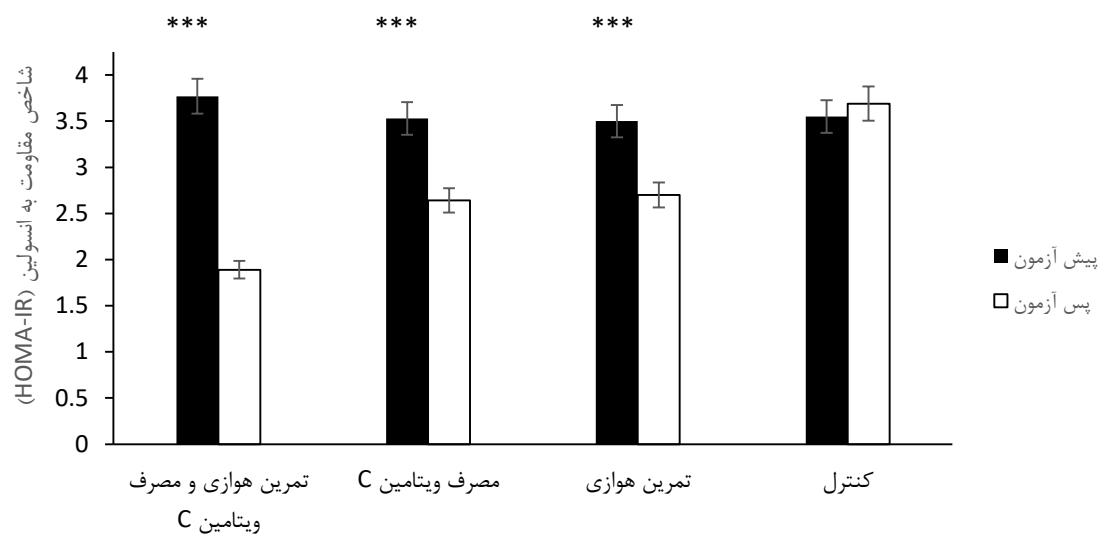
نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان می دهد که ۸ هفته تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C با معنی داری 0.0001 و اندازه اثر 0.538 تفاوت معنی داری در میزان تری گلیسیرید پدید آمده است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مردان مبتلا به سندروم متابولیک سطوح تری گلیسیرید گروه ها (ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C) ($p=0.0001$)، تمرین هوازی ($p=0.0008$) و مکمل ویتامین C ($p=0.0007$) نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C در مقایسه با مصرف مکمل ویتامین C ($p=0.034$) و تمرین هوازی ($p=0.031$)، باعث کاهش معناداری در سطوح تری گلیسیرید مردان مبتلا به سندروم متابولیک شده است. اما بین مصرف مکمل ویتامین C و تمرین هوازی تفاوت معناداری یافت نشد ($p=0.999$) (نمودار ۲).

نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان می‌دهد که ۸ هفته تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C با معنی‌داری ۰/۰۰۰۱ و اندازه اثر ۰/۵۶۶ تفاوت معنی‌داری در میزان کلسترول پدید آمده است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مردان مبتلا به سندروم متابولیک سطوح کلسترول گروه‌ها (ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C) ($p=0/0001$)، تمرین هوازی ($p=0/023$) و مکمل ویتامین C ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C در مقایسه با مصرف مکمل ویتامین C ($p=0/044$) و تمرین هوازی ($p=0/003$)، باعث کاهش معناداری در سطوح کلسترول مردان مبتلا به سندروم متابولیک شده است. اما بین مصرف مکمل ویتامین C و تمرین هوازی تفاوت معناداری یافت نشد ($p=0/999$) (نمودار ۳).

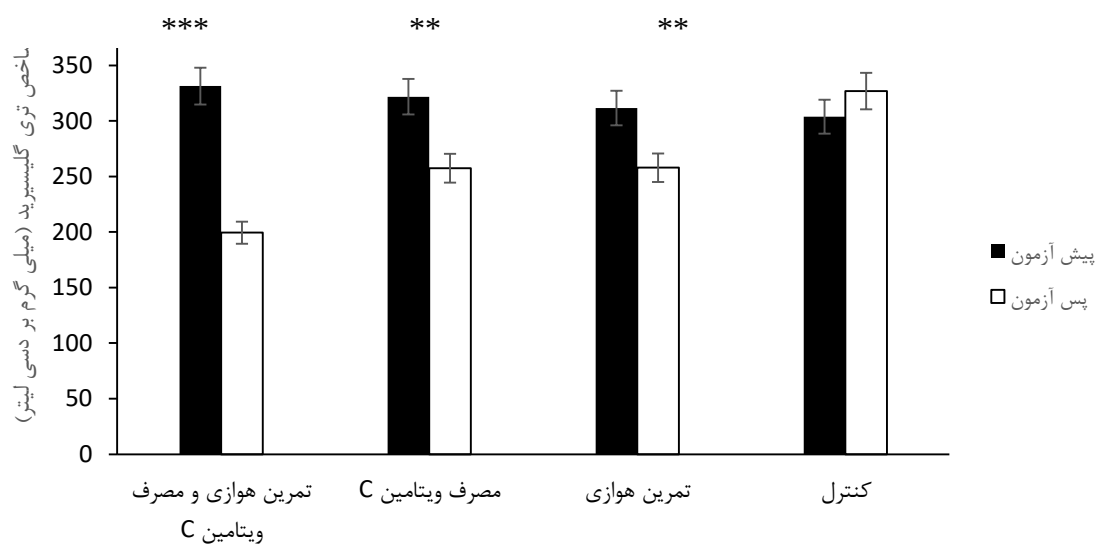
نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان می‌دهد که ۸ هفته تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C با معنی‌داری ۰/۰۰۰۱ و اندازه اثر ۰/۶۰۰ تفاوت معنی‌داری در میزان HDL پدید آمده است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مردان مبتلا به سندروم متابولیک سطوح HDL گروه‌ها (ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C) ($p=0/0001$)، تمرین هوازی ($p=0/031$) و مکمل ویتامین C ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری افزایش یافته است. همچنین ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C در مقایسه با مصرف مکمل ویتامین C ($p=0/023$) و تمرین هوازی ($p=0/002$) به تنهایی، باعث افزایش معناداری در سطوح HDL مردان مبتلا به سندروم متابولیک شده است. اما بین مصرف مکمل ویتامین C و تمرین هوازی تفاوت معناداری یافت نشد ($p=0/999$) (نمودار ۴).

نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان می‌دهد که ۸ هفته تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C با معنی‌داری ۰/۰۰۰۱ و اندازه اثر ۰/۷۸۷ تفاوت معنی‌داری در میزان LDL پدید آمده است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مردان مبتلا به سندروم متابولیک سطوح LDL گروه‌ها (ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C) ($p=0/0001$)، تمرین هوازی ($p=0/002$) و مکمل ویتامین C ($p=0/014$) نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C در مقایسه با مصرف مکمل ویتامین C ($p=0/0001$) و تمرین هوازی ($p=0/0001$) به تنهایی، باعث کاهش معناداری در سطوح LDL مردان مبتلا به سندروم متابولیک شده است. اما بین مصرف مکمل ویتامین C و تمرین هوازی تفاوت معناداری یافت نشد ($p=0/999$) (نمودار ۵).

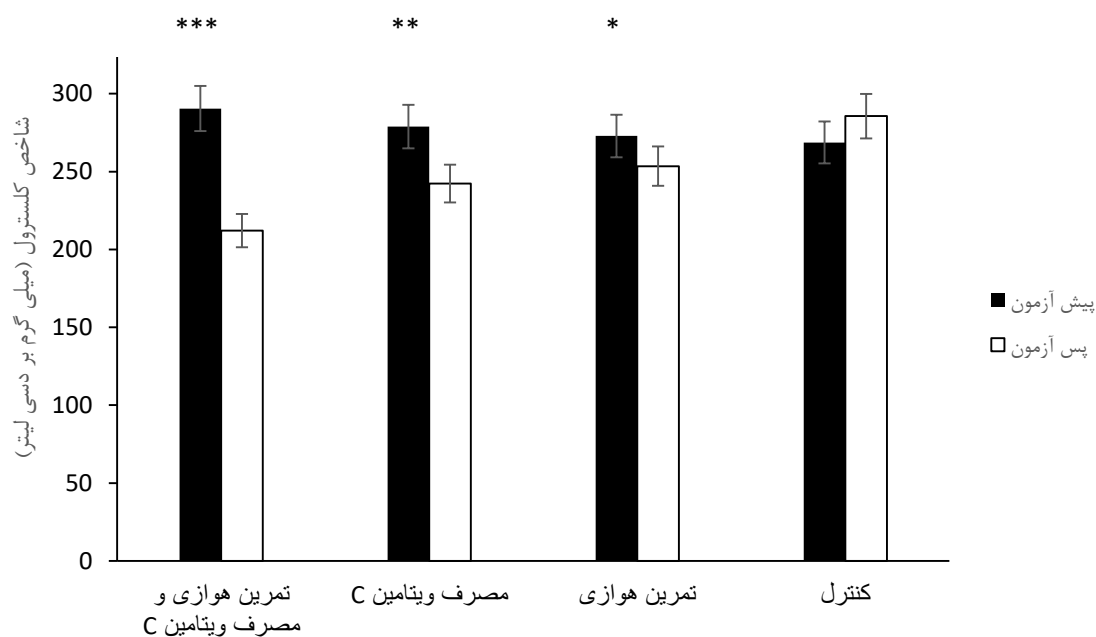
نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان می‌دهد که ۸ هفته تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C با معنی‌داری ۰/۰۰۰۱ و اندازه اثر ۰/۵۹۳ تفاوت معنی‌داری در میزان سرامید پدید آمده است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مردان مبتلا به سندروم متابولیک سطوح سرامید گروه‌ها (ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C) ($p=0/0001$)، تمرین هوازی ($p=0/024$) و مکمل ویتامین C ($p=0/002$) نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل ویتامین C در مقایسه با مصرف مکمل ویتامین C ($p=0/041$) و تمرین هوازی ($p=0/002$) به تنهایی، باعث کاهش معناداری در سطوح سرامید مردان مبتلا به سندروم متابولیک شده است. اما بین مصرف مکمل ویتامین C و تمرین هوازی تفاوت معناداری یافت نشد ($p=0/999$) (نمودار ۶).



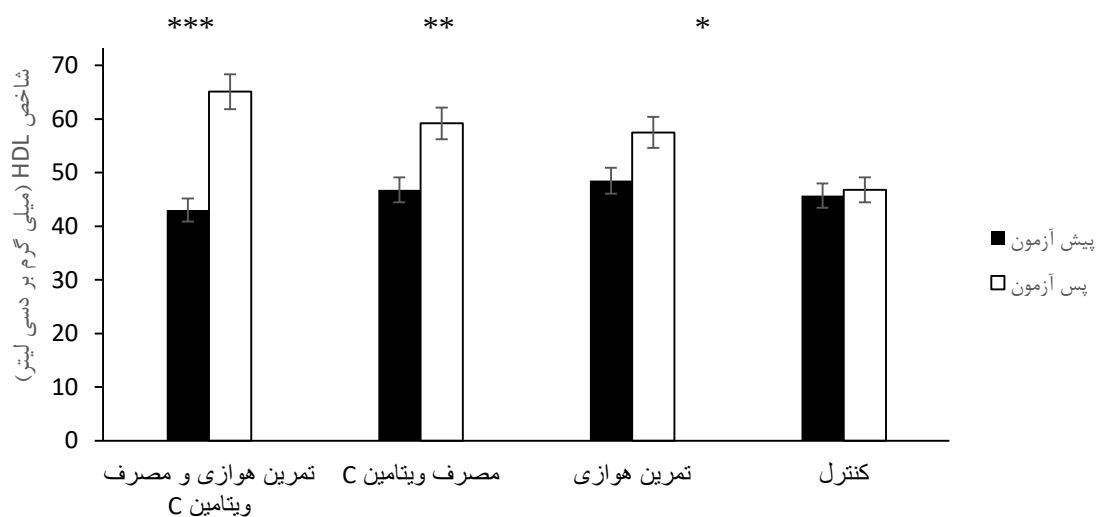
نمودار ۱. تغییرات شاخص مقاومت به انسولین در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون



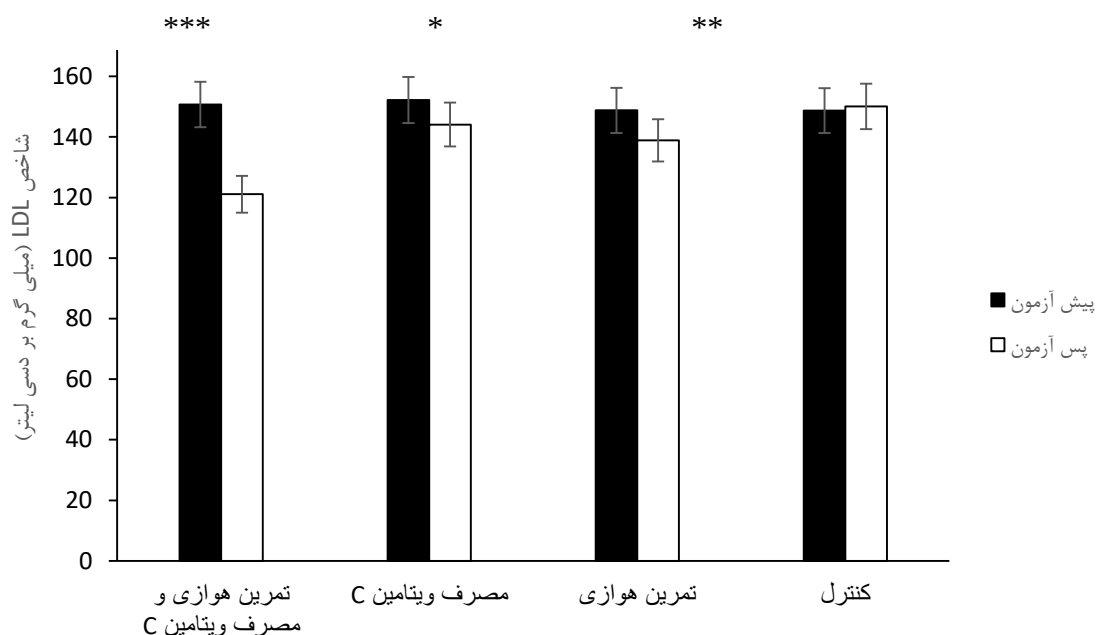
نمودار ۲. تغییرات شاخص تری گلیسیرید در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون



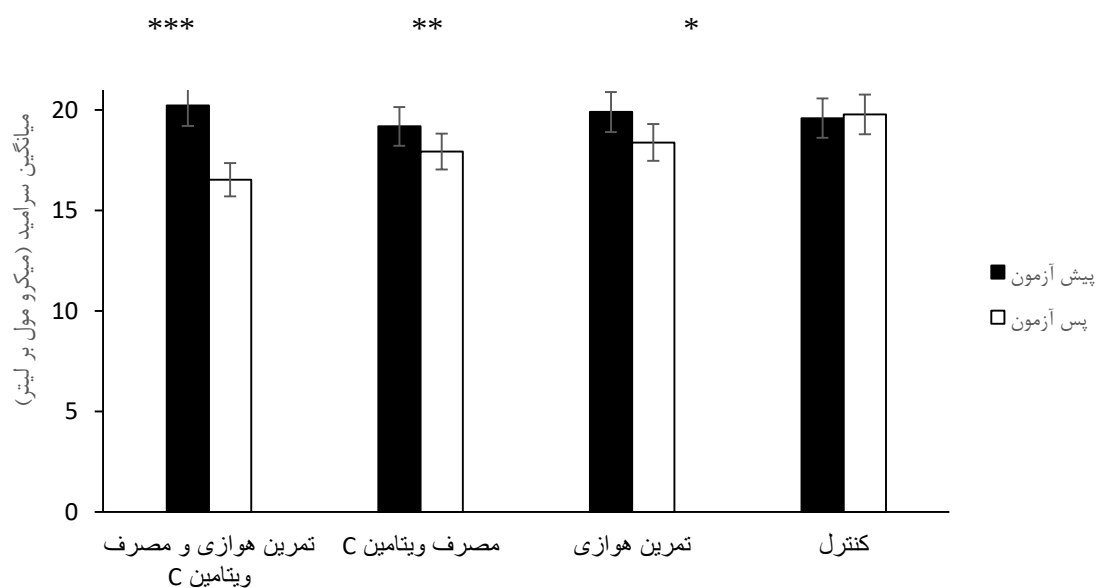
نمودار ۳: تغییرات شاخص کلسترول در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون



نمودار ۴: تغییرات شاخص HDL در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون



نمودار ۵: تغییرات شاخص LDL در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون



نمودار ۶: تغییرات میانگین سرامید در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون

این شش نمودار، تغییرات هر شاخص را با علائم آماری بین گروهی و درون گروهی نشان می‌دهند. تفاوت معنی‌دار آماری بین گروه‌های آزمایشی مختلف به صورت $p < 0.05$ ، $p < 0.01$ ، $p < 0.001$ نشان داده شد. به طور کلی نتایج نشان داد که پس از دوره مداخله، تمامی گروه‌های مداخله نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری در مقاومت به انسولین، سرامید سرمی، کلسترول تام، تری‌گلیسرید و LDL و افزایش معناداری در HDL داشتند.

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که انجام هشت هفته تمرینات هوازی و مصرف مکمل ویتامین C، به صورت جداگانه و ترکیبی، تأثیر معناداری بر بهبود مقاومت به انسولین، پروفایل لیپیدی و سطح سرامید سرمی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک داشت. به طور کلی، بر اساس آزمون آماری و مقایسه های آماری، گروهی که تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C را به صورت ترکیبی دریافت کردند، بیشترین بهبود را نشان دادند. این یافته ها با برخی از مطالعات پیشین همخوانی دارد، اما در برخی موارد تفاوت هایی نیز مشاهده شد که در ادامه مورد بحث قرار می گیرند. مطالعات متعددی تأثیر مثبت تمرینات هوازی بر مقاومت به انسولین و بهبود پروفایل لیپیدی را تأیید کرده اند. مطالعات مختلف نشان داده اند که تمرینات هوازی به عنوان یک روش غیر دارویی مؤثر، نقش مهمی در بهبود پارامترهای متابولیکی افراد مبتلا به سندرم متابولیک دارد.

در خصوص اثر تمرینات ورزشی بر مقاومت به انسولین، نتایج تحقیق ما نشان داد که پس از دوره مداخله کاهش معنی داری در مقاومت به انسولین نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. هیستون و همکاران^۴ نیز در تحقیقی که روی ۲۸ بزرگسال مبتلا به اضافه وزن و چاقی که به پیش دیابت مبتلا بودند پس از دوازده جلسه ۶۰ دقیقه ای کاهش معنی داری در مقاومت به انسولین گزارش کردند (۲۶). ویویچ و همکاران نیز در یک مطالعه مروری که زمان مداخله در آنها بیشتر از ۴ هفته بود و یک مداخله ورزشی را با گروه کنترل غیر ورزش بر بیماران مبتلا به سندرم متابولیک بدون دیابت مقایسه کرده بودند، گزارش کردند که تمرینات هوازی به طور معنی داری موجب کاهش معنی دار گلوکز ناشتا شد (۳۷). استمن و همکاران نیز در تحقیقی مروری مطالعات چاپ شده از سالهای ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷ را بررسی کردند و با نتایج مشابه ویویچ و همکاران گزارش کردند که تمرینات هوازی نقش مثبتی در کاهش قند خون ناشتا دارد (۲۸). پژوهش کای و همکاران نشان داد که تمرینات هوازی منظم می تواند با بهبود حساسیت انسولینی و کاهش التهاب مزمن، به کنترل سندرم متابولیک کمک کند (۲۹). علاوه بر این، مطالعه بیانا فرانکز و همکاران^۵ بیان کرد که تمرینات هوازی با کاهش سطح LDL، کلسترول تام و تری گلیسیرید و افزایش HDL، باعث بهبود قابل توجهی در پروفایل لیپیدی بیماران مبتلا به سندرم متابولیک می شود (۳۰). فرناندا ام سیلوا و همکاران نشان داد که تمرینات هوازی با شدت متوسط تا زیاد منجر به کاهش سطح گلوکز ناشتا، بهبود حساسیت به انسولین و کاهش شاخص HOMA-IR در بیماران مبتلا به سندرم متابولیک می شود (۳۱). این نتایج با یافته های مطالعه حاضر همسو است، زیرا کاهش معناداری در مقاومت به انسولین در گروه تمرینات هوازی مشاهده شد. با این وجود در تحقیقی که توسط فرامرز و همکاران^۶ تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی موزون همراه با تمرینات ثبات مرکزی را بر سطوح سرمی انسولین و مقاومت به انسولین در زنان دارای اضافه وزن بررسی کردند و گزارش کردند که این نوع تمرین تأثیر معنی داری بر سطح انسولین و مقاومت به انسولین در زنان دارای اضافه وزن نداشت (۳۲) که با نتایج تحقیق حاضر ناهمخوان می باشد؛ از دلایل احتمالی تفاوت در نتایج می توان به شدت تمرین، سن آزمودنی ها و جنسیت اشاره کرد.

برای توجیه نتایج به دست آمده در خصوص اثر تمرینات هوازی بر کنترل مقاومت به انسولین، می توان بیان کرد که مسیر پیش التهابی/استرس نقش مهمی در مقاومت به انسولین در بیماران مبتلا به سندرم متابولیک و چاق دارد. به نظر می رسد که تمرینات هوازی با جلوگیری از فعال شدن مسیرهای التهابی و اثرات منفی آنها بر سیگنال دهی و حساسیت به انسولین، توزیع اسیدهای چرب را افزایش داده و تجمع آنها را کاهش می دهد (۳۳). همچنین از نظر اثر مولکولی، جذب گلوکز ناشی از انسولین در عضلات اسکلتی افراد مقاوم به انسولین به دلیل کاهش انتقال پروتئین حامل گلوکز (Glut-4) به غشای پلاسما کاهش می یابد. تغییراتی در پروتئین حامل پس از ورزش گزارش شده است که عمدتاً با فعال شدن آدنوزین مونوفوسفات کیناز تنظیم می شود (۳۴). علاوه بر این، انقباض عضلانی، نفوذپذیری غشاء به گلوکز را افزایش می دهد، که احتمالاً به دلیل افزایش تعداد ناقل های گلوکز (Glut-4) در غشای پلاسمایی ایجاد می شود. بنابراین، پس از ورزش، افزایش مقدار Glut-4 در عضله تمرین کرده، باعث بهبود عملکرد انسولین در متابولیسم گلوکز می شود (۳۵).

^۴Heiston, E.M., et al

^۵Wewege, M.A., et al

^۶Eaton, S.B., S.B.J.R.q.f.e

^۷Cai, H., et al

^۸Franczyk, B., et al

^۹Silva, F.M., et al

^{۱۰}Faramarzi, M., et al

همچنین پس از دوره مداخله مصرف مکمل ویتامین C، کاهش معنی داری در سطح مقاومت به انسولین در گروه نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. میسون و همکاران^{۱۲} در تحقیقی که روی ۳۱ بیمار مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام دادند پس از ۴ ماه مصرف مکمل اسید اسکوربیک خوراکی ۲ بار در روز و دوز ۵۰۰ میلی گرمی کاهش معنی داری در سطح گلوکز ۲۴ ساعته و قند خون ۲ ساعته گزارش کردند (۳۶). طباطبایی ملاذی و همکاران^{۱۳} در تحقیقی مروری برای ارزیابی اثرات اسید اسکوربیک بر کنترل قند خون در بیماران دیابتی گزارش کردند که مصرف اسید اسکوربیک در مقابل دارونما تأثیر معنی داری بر قند خون ناشتا داشت (۳۷). داخله و همکاران^{۱۴} نیز در یک کارآزمایی بالینی ۷۰ بیمار مبتلا به دیابت نوع ۲ را به دو گروه مکمل و دارونما تقسیم کردند و گزارش کردند که دوازده هفته تحت درمان (۵۰۰ میلی گرم ویتامین C یا دارونما) موجب کاهش سطح قند خون ناشتا، گلوکز بعد از غذا و HbA1c شد (۲۵). کمپیون و همکاران^{۱۵} نیز گزارش کردند که مصرف مکمل آسکوربات (۷۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن) موجب تغییرات بیان ژن بافت چربی را با نشانگرهای چاقی ناشی از رژیم غذایی و کاهش مقاومت به انسولین شد (۳۸). که نتایج این تحقیقات با نتایج تحقیق ما همخوانی داشتند. ویتامین C رژیم غذایی باعث افزایش غلظت ویتامین C در پلاسما می شود، باید مورد توجه قرار گیرد. یک مطالعه آینده نگر از افرادی که مبتلا به دیابت نوع ۲ و سطحی از مقاومت به انسولین بالا بودند، در تلاش برای مدیریت قند خون رژیم غذایی خود را تغییر می دهند، با این وجود فقط ۳۶ درصد از افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ و ۳۵ درصد از افراد سالم، پنج وعده میوه و سبزیجات مصرف می کردند. بنابراین، به نظر می رسد تغییرات غذایی ناچیز باشد و علاوه بر این، افرادی که مبتلا به دیابت نوع ۲، هستند، مصرف میوه و سبزیجات مشابه افراد سالم داشته باشند (۳۹). ویلسون و همکاران^{۱۶} نیز در پژوهشی مقطعی به بررسی عوامل مرتبط بر غلظت ویتامین C بزرگسالان با طیف قند خون نرمال تا افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ پرداختند، غلظت ویتامین C در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ به طور معنی داری پایین تر از افراد با قند خون نرمال بود و نسبت بیشتری از کمبود ویتامین C در هر دو گروه پیش دیابت و دیابت نوع ۲ مشاهده شد. نتایج نشان داد که گلوکز ناشتا، شاخص توده بدن و مصرف ویتامین C رژیم غذایی به عنوان عوامل پیش بینی کننده غلظت ویتامین C پلاسما می باشند. گزارش شده است که غلظت پایین ویتامین C پلاسما در ارتباط با مقاومت به انسولین و همچنین عوارض مرتبط با دیابت می باشد (۴۰). همچنین، هیوا شاریانی و همکاران^{۱۷} نشان داد که مکمل ویتامین C به دلیل خاصیت آنتی اکسیدانی خود می تواند استرس اکسیداتیو را کاهش داده و از طریق مکانیسم های ضد التهابی به بهبود حساسیت به انسولین کمک کند (۴۱). نتایج مطالعه حاضر نیز کاهش قابل توجهی در مقاومت به انسولین در گروه دریافت کننده مکمل ویتامین C نشان داد که تأییدکننده این یافته ها است.

همچنین نتایج نشان داد که گروه ترکیبی، کاهش مقاومت به انسولین بیشتری نسبت به دیگر گروه ها داشته است. در بررسی اثرات ترکیبی تمرینات ورزشی و ویتامین C نیز حبیبیان و همکاران در یک تحقیق نیمه تجربی، روی دختران چاق با دامنه سنی ۸ تا ۱۲ سال نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی، مصرف ویتامین C و مداخله ترکیبی منجر به کاهش معنی دار گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی در دختران چاق شد و تأثیر مداخله ترکیبی در کاهش این متغیرها در مقایسه با دو مداخله دیگر بیشتر بود، که همسو با یافته های تحقیق ما می باشد. این یافته ها نشان دهنده اثر تجمعی تمرینات ورزشی و مصرف ویتامین C بر مقاومت به انسولین در سندرم متابولیک می باشد (۴۲).

در رابطه با پروفایل لیپیدی، ژاو و ژاوپینگ و همکاران^{۱۸} نشان دادند که تمرینات هوازی به طور مستقل باعث کاهش کلسترول LDL، افزایش کلسترول HDL و کاهش تری گلیسرید می شود (۴۳). در مطالعه حاضر نیز نتایج مشابهی مشاهده شد، به ویژه در گروهی که ترکیب تمرینات هوازی و ویتامین C را دریافت کردند، بیشترین بهبود در شاخص های لیپیدی مشاهده شد.

^{۱۲}Mason, S.A., et al

^{۱۳}Tabatabaei-Malazy, O., et al

^{۱۴}Dakhale, G.N., et al

^{۱۵}Campion, J., et al

^{۱۶}Wilson, R., et al

^{۱۷}Sharebiani, H., et al

^{۱۸}Zhao, S., et al

در حالی که بسیاری از مطالعات از تأثیر مثبت ویتامین C و ورزش بر سندرم متابولیک حمایت می‌کنند، برخی تحقیقات نتایج ناهمخوانی را گزارش کرده‌اند. برای مثال، مطالعه ریستوو و همکاران^۱ نشان داد که مصرف آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند ویتامین C ممکن است اثرات تمرینات ورزشی بر حساسیت انسولینی را کاهش دهد (۴۴). دلیل این اختلاف نتایج می‌تواند به تفاوت در جمعیت مورد مطالعه، روش‌های اندازه‌گیری و دوز مصرفی ویتامین C مربوط باشد. علاوه بر این، مطالعه فری و همکاران^۲ نشان داد که مصرف ویتامین C تأثیر مستقیمی بر بهبود پروفایل لیپیدی ندارد، که با یافته‌های تحقیق حاضر در تضاد است (۴۵). از آنجاییکه ما در این مطالعه مصرف ویتامین C با دوز ۵۰۰ میلی گرم در روز به همراه تمرین محقق ساخته مورد ارزیابی قرار دادیم و در مطالعه فری و همکاران مصرف ترکیبی ویتامین C و ویتامین E به همراه تمرین ورزش مورد مطالعه قرار گرفت، این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در میزان دوز مصرفی و همچنین مصرف ترکیبی ویتامین C (۱۰۰۰ میلی گرم در روز) و ویتامین E (۴۰۰ واحد بین‌المللی در روز)، تفاوت در رژیم غذایی، سطح فعالیت بدنی و دیگر فاکتورهای محیطی باشد.

سرامیدها دسته‌ای از لیپیدهای زیستی هستند که به‌عنوان واسطه‌های سیگنالی در مسیرهای مختلف سلولی از جمله آپوپتوز، التهاب و مقاومت به انسولین عمل می‌کنند (۴۶). شواهد روزافزونی نشان داده‌اند که افزایش غلظت سرامیدها در سرم، با افزایش مقاومت به انسولین، اختلال در متابولیسم لیپیدها و افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی مرتبط است. سرامیدها می‌توانند از طریق مهار مسیر سیگنالینگ Akt/PKB در سلول‌های هدف انسولین، عملکرد انسولین را مختل کنند و در نتیجه منجر به هیپرگلیسمی و مقاومت به انسولین شوند (۴۷).

مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعاتی نظیر اوفوری و همکاران^۳، همخوانی دارد که در آن‌ها نیز مشخص شد کاهش سطح سرامیدها می‌تواند نقش مهمی در بهبود حساسیت به انسولین ایفا کند (۴۸). تمرینات هوازی به عنوان یک عامل محرک زیستی، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاهنده سنتز سرامیدها و یا افزایش تجزیه آن‌ها می‌شود (۴۹). همچنین ویتامین C به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی، با کاهش استرس اکسیداتیو، می‌تواند مسیرهای تولید سرامید را مهار کند (۵۰). در مطالعه ما، اثر هم‌افزای این دو مداخله، در کاهش سرامیدها بیش از اثر آن‌ها به‌صورت منفرد مشاهده شد.

کاهش سطح سرامیدها در گروه ترکیبی در این مطالعه، به‌وضوح با بهبود سایر شاخص‌ها مانند کاهش مقاومت به انسولین، LDL، تری‌گلیسرید و افزایش HDL همراه بود. این ارتباط می‌تواند مؤید این باشد که سرامیدها نه تنها یک نشانگر بیوشیمیایی برای پیشرفت سندرم متابولیک هستند، بلکه خود به‌عنوان یک عامل مؤثر در پاتوژنز این بیماری عمل می‌کنند (۴۶).

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ترکیب تمرینات هوازی با مصرف ویتامین C می‌تواند به‌صورت معناداری سطح سرامیدهای سرمی را کاهش داده و به بهبود مقاومت به انسولین و پروفایل لیپیدی در افراد مبتلا به سندرم متابولیک کمک کند. بنابراین، سرامیدها می‌توانند نه تنها به‌عنوان یک نشانگر زیستی بیماری، بلکه به‌عنوان یک هدف درمانی جدید در برنامه‌های مداخله‌ای چندوجهی برای مدیریت سندرم متابولیک در نظر گرفته شوند.

در نهایت، کاهش سرامید سرمی در مطالعه حاضر می‌تواند بهبود مسیرهای لیپیدسوزی و کاهش تولید اسفنگولیپیدها را نشان دهد، که با بهبود متابولیسم چربی و کاهش مقاومت به انسولین ارتباط دارد (۵۱).

مطالعه حاضر نشان داد که هر دو مداخله تمرینات هوازی و مکمل ویتامین C اثرات مفیدی بر بهبود مقاومت به انسولین، پروفایل لیپیدی و سطح سرامید سرمی دارند، اما ترکیب این دو روش منجر به نتایج بهتری شد.

^۱Ristow, M., et al

^۲Frei, B., et al

^۳Ofori, E.K., et al

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی در دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز می باشد و با حمایت مالی دانشگاه شهید چمران اهواز به انجام رسید. بدین وسیله از زحمات اساتید و تمام کسانی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند تقدیر و تشکر می گردد.

منابع

1. Paley, C.A., M.I.J.B.S.S. Johnson, *Medicine, and Rehabilitation, Abdominal obesity and metabolic syndrome: exercise as medicine?* 2018. 10: p. 1-8.
2. Prasun, P.J.B.e.B.A.-M.B.o.D., *Mitochondrial dysfunction in metabolic syndrome.* 2020. 1866(10): p. 165838.
3. Engin, A.J.O. and *lipotoxicity, The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome.* 2017: p. 1-17.
4. Nsabimana, P., et al., *Association between urbanization and metabolic syndrome in low-and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis.* 2024. 34(2): p. 235-250.
5. Pedersen, B.K., B.J.S.j.o.m. Saltin, and s.i. sports, *Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases.* 2015. 25: p. 1-72.
6. Vekic, J., et al., *Obesity and dyslipidemia.* 2019. 92: p. 71-81.
7. Thakkar, H., et al., *Ceramide signaling in immunity: a molecular perspective.* 2025. 24(1): p. 225.
8. Chandrasekaran, P. and R.J.C.T.M.R. Weiskirchen, *Cellular and molecular mechanisms of insulin resistance.* 2024. 5(3): p. 79-90.
9. Chaurasia, B. and S.A.J.A.r.o.p. Summers, *Ceramides in metabolism: key lipotoxic players.* 2021. 83(1): p. 303-330.
10. Chaurasia, B., C.L. Talbot, and S.A.J.F.i.i. Summers, *Adipocyte ceramides—the nexus of inflammation and metabolic disease.* 2020. 11: p. 576347.
11. Kasumov, T., et al., *Improved insulin sensitivity after exercise training is linked to reduced plasma C 14: 0 ceramide in obesity and type 2 diabetes.* 2015. 23(7): p. 1414-1421.
12. Schilling, J.D., et al., *Palmitate and lipopolysaccharide trigger synergistic ceramide production in primary macrophages.* 2013. 288(5): p. 2923-2932.
13. Syeda, U.A., et al., *The importance of exercise for glycemic control in type 2 diabetes.* 2023. 9: p. 100031.
14. Colberg, S.R., et al., *Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American Diabetes Association.* 2016. 39(11): p. 2065.
15. Chomiuk, T., et al., *Physical activity in metabolic syndrome.* 2024. 15: p. 1365761.
16. Babaei, P., R.J.S.M. Hoseini, and H. Science, *Exercise training modulates adipokine dysregulations in metabolic syndrome.* 2022. 4(1): p. 18-28.
17. Myers, J., P. Kokkinos, and E.J.N. Nyelin, *Physical activity, cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome.* 2019. 11(7): p. 1652.
18. Otocka-Kmiecik, A. and A.J.N. Król, *The role of vitamin C in two distinct physiological states: Physical activity and sleep.* 2020. 12(12): p. 3908.
19. Gerami, H., et al., *The Relationship between Antioxidants Consumption and Insulin Resistance/Insulin Sensitivity in Type 2 Diabetes without and with Coronary Stenosis: A Case-Control Study.* 2022. 7: p. 150-159.
20. Shafras, M., R. Sabaragamuwa, and M.J.F.C.A. Suwair, *Role of dietary antioxidants in diabetes: An overview.* 2024. 4: p. 100666.
21. Dlodla, P.V., et al., *Vitamin C intake potentially lowers total cholesterol to improve endothelial function in diabetic patients at increased risk of cardiovascular disease: A systematic review of randomized controlled trials.* 2022. 9: p. 1011002.
22. Tkaczenco, H. and N.J.I.J.o.M.S. Kurhaluk, *Antioxidant-Rich Functional Foods and Exercise: Unlocking Metabolic Health Through Nrf2 and Related Pathways.* 2025. 26(3): p. 1098.
23. Fatima, M.T., et al., *The role of dietary antioxidants in type 2 diabetes and neurodegenerative disorders: An assessment of the benefit profile.* 2023. 9(1).
24. Keikhosravi, F., et al., *The Effect of Eight Weeks Aerobic Training on C-Reactive Protein, Vaspain and Visfatin in Non-Athletic Men.* 2019.
25. Dakhale, G.N., et al., *Supplementation of Vitamin C Reduces Blood Glucose and Improves Glycosylated Hemoglobin in Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized, Double-Blind Study.* 2011. 2011(1): p. 195271.
26. Heiston, E.M., et al., *Exercise improves adiposopathy, insulin sensitivity and metabolic syndrome severity independent of intensity.* 2020. 105(4): p. 632-640.

27. Wewege, M.A., et al., Aerobic, resistance or combined training: A systematic review and meta-analysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. 2018. 274: p. 162-171.
28. Eaton, S.B., S.B.J.R.q.f.e. Eaton, and sport, Physical inactivity, obesity, and type 2 diabetes: an evolutionary perspective. 2017. 88(1): p. 1-8.
29. Cai, H., et al., Effect of exercise on the quality of life in type 2 diabetes mellitus: a systematic review. 2017. 26: p. 515-530.
30. Franczyk, B., et al., The impact of aerobic exercise on HDL quantity and quality: a narrative review. 2023. 24(5): p. 4653.
31. Silva, F.M., et al., The effects of combined exercise training on glucose metabolism and inflammatory markers in sedentary adults: a systematic review and meta-analysis. 2024. 14(1): p. 1936.
32. Faramarzi, M., et al., Effects of rhythmic aerobic exercise plus core stability training on serum omentin, chemerin and vaspin levels and insulin resistance of overweight women. 2015. 56(4): p. 476-482.
33. Małkowska, P.J.C.I.i.M.B., Positive Effects of Physical Activity on Insulin Signaling. 2024. 46(6): p. 5467-5487.
34. Chadt, A. and H.J.P.A.-E.J.o.P. Al-Hasani, Glucose transporters in adipose tissue, liver, and skeletal muscle in metabolic health and disease. 2020. 472(9): p. 1273-1298.
35. Richter, E.A.J.A.J.o.P.-E. and Metabolism, Is GLUT4 translocation the answer to exercise-stimulated muscle glucose uptake? 2021, American Physiological Society Rockville, MD.
36. Mason, S.A., et al., Ascorbic acid supplementation improves postprandial glycaemic control and blood pressure in individuals with type 2 diabetes: Findings of a randomized cross-over trial. 2019. 21(3): p. 674-682.
37. Tabatabaei-Malazy, O., et al., Influence of ascorbic acid supplementation on type 2 diabetes mellitus in observational and randomized controlled trials; a systematic review with meta-analysis. 2014. 17(4): p. 554-582.
38. Champion, J., et al., Differential gene expression and adiposity reduction induced by ascorbic acid supplementation in a cafeteria model of obesity. 2006. 62(2): p. 71-80.
39. Olofsson, C., et al., Changes in fruit, vegetable and juice consumption after the diagnosis of type 2 diabetes: a prospective study in men. 2017. 117(5): p. 712-719.
40. Wilson, R., et al., Inadequate vitamin C status in prediabetes and type 2 diabetes mellitus: Associations with glycaemic control, obesity, and smoking. 2017. 9(9): p. 997.
41. Sharebani, H., et al., The Effects of Antioxidant Supplementation on the Pathologic Mechanisms of Metabolic Syndrome and Cardiovascular Disease Development. 2024. 16(11): p. 1641.
42. حبیبیان, et al., تأثیر تمرین هوازی همراه با مصرف ویتامین C بر سطوح هموسیستئین و مقاومت انسولینی در دختران چاق. ۲۰۱۷. ۲۲. 61-74. (1):
43. Zhao, S., et al., Effects of aerobic exercise on TC, HDL-C, LDL-C and TG in patients with hyperlipidemia: A protocol of systematic review and meta-analysis. 2021. 100(10): p. e25103.
44. Ristow, M., et al., Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. 2009. 106(21): p. 8665-8670.
45. Frei, B., et al., Authors' perspective: What is the optimum intake of vitamin C in humans? 2012. 52(9): p. 815-829.
46. Delcheva, G., K. Stefanova, and T.J.D. Stankova, Ceramides—Emerging Biomarkers of Lipotoxicity in Obesity, Diabetes, Cardiovascular Diseases, and Inflammation. 2024. 12(9): p. 195.
47. Jahdkaran, M., M.J.T.J.o.S.B. Sistanizad, and M. Biology, From Lipids to Glucose: Investigating the Role of Dyslipidemia in the Risk of Insulin Resistance. 2025: p. 106744.
48. Ofori, E.K., et al., Effect of circulating ceramides on adiposity and insulin resistance in patients with type 2 diabetes: An observational cross-sectional study. 2023. 6(3): p. e418.
49. Reidy, P.T., et al., Influence of exercise training on skeletal muscle insulin resistance in aging: spotlight on muscle ceramides. 2020. 21(4): p. 1514.
50. Blagov, A.V., et al., Potential use of antioxidants for the treatment of chronic inflammatory diseases. 2024. 15: p. 1378335.
51. Mei, M., et al., Sphingolipid metabolism in brain insulin resistance and neurological diseases. 2023. 14: p. 1243132.

نسخه پیش انتشار