Journal of Sport and Exercise Physiology
2026, 19(3)

Original Article

The effect of 12 weeks of continuous moderate-intensity aerobic training on serum concentrations of meteorin-like hormone (METRNL), IL-4, and metabolic indices in men with metabolic syndrome

Bahloul Ghorbanian[1]•, Maryam Niknam [1], Leila Behroozi[1]

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Azerbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

نسخه پیش انتشار

Abstract

Background and Purpose: Metabolic syndrome is a common disorder caused by increased obesity .Meteorin-like hormone, one of the new myokines, helps reduce body fat and inflammation by increasing metabolism and heat production in beige adipose tissue and inducing anti-inflammatory cytokines such as IL-4. The aim of the present study was to investigate the effect of 12 weeks of aerobic training on serum concentrations of meteorin-like hormone, IL-4 and metabolic indices in men with metabolic syndrome.

Materials and Methods: The method of this study was quasi-experimental with a pre-test and post-test design and its statistical population included middle-aged men with metabolic syndrome. Accordingly, 20 men with metabolic syndrome with height: 174.90 cm, weight: 94.95 kg, age: 53.60 years, BMI: 65.30 kg/m2 were selected as the research sample and randomly divided into two control groups (n=10) and aerobic exercise (n=10). The exercise protocol consisted of 12 weeks of continuous aerobic exercise on a treadmill with intensity (60-75% HRmax), which was performed three sessions per week and each session lasted 60 minutes per session. Blood samples were collected in pre- and post-test conditions to measure serum levels of IL-4, meteoroid-like hormone, and other variables. Statistical analysis of data was performed using paired t-tests, independent t-tests, and Pearson correlation coefficient using SPSS version 22 software at a significance level of $p<0.05$.

Results: The results showed that aerobic exercise significantly increased serum levels of meteoric-like hormone and HDL and significantly decreased insulin resistance, body composition indices and some lipid indices compared to the control group ($p<0.05$). However, changes in IL-4 ($p=0.32$), blood sugar ($p=0.25$) and body weight ($p=0.89$) were not significant between the two groups. Also, no significant relationship was found between serum levels of meteoric-like hormone and IL-4 with insulin resistance, waist circumference, and body fat percentage in the post-test ($P<0.05$).

Conclusion: Aerobic exercise, by increasing the levels of meteoric-like hormone and positive effects on metabolic risk factors, can be suggested as an effective non-pharmacological method for activating the conversion of white fat to brown and improving metabolic indices in men with metabolic syndrome.

Keywords: Aerobic exercise, METRNL, IL-4, metabolic syndrome

How to cite this article: Ghorbanian B, Niknam M, Behroozi L. The effect of 12 weeks of continuous moderate-intensity aerobic training on serum concentrations of meteorin-like hormone (METRNL), IL-4, and metabolic indices in men with metabolic syndrome. J Sport Exerc Physiol. 2026;19(3):?-?.

*Corresponding Author's E-mail: b.ghorbanian@azaaruniv.ac.ir

https://doi.org/10.48308/joeppa.2026.242980.1423

Received: 00/00/2025 Revised: 00/00/2025 Accepted: 00/00/2025

Copyright: © 2026 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/).

نسخه پیش انتشار

نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

۱۴۰۵، دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۳، صفحه‌های ؟-؟

مقالهٔ پژوهشی

تاثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی تداومی با شدت متوسط بر غلظت سرمی هورمون شبه متئورین (METRNL)، IL-4 و شاخص های متابولیک در مردان مبتلا به سندروم متابولیک

بهلول قربانیان*، مریم نیک نام، لیلا بهروزی

گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: سندرم متابولیک اختلالی شایع ناشی از افزایش چاقی است. هورمون شبه‌متئورین، یکی از مایوکاین‌های جدید، با افزایش متابولیسم و تولید حرارت در بافت چربی بژ و القای سایتوکین‌های ضدالتهابی مانند IL-4، به کاهش چربی و التهاب بدن کمک می‌کند. هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی بر غلظت سرمی هورمون شبه متئورین، IL-4 و شاخص‌های متابولیک در مردان مبتلا به سندروم متابولیک بود.

مواد و روشها: روش این پژوهش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بوده و جامعه آماری آن شامل مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک می باشد. براین اساس ۲۰ مرد مبتلا به سندروم متابولیک متابولیک با قد: ۱۷۴/۹۰ سانتی متر، وزن: ۹۴/۹۵ کیلوگرم، سن: ۵۳/۶۰ سال، BMI: ۳۰/۶۵ کیلوگرم بر متر مربع به عنوان نمونه پژوهش به صورت آزمودنی های در دسترس انتخاب به‌صورت تصادفی در دو گروه کنترل (۱۰ نفر) و تمرین هوازی (۱۰نفر) تقسیم شدند. پروتکل تمرین شامل ۱۲ هفته تمرین هوازی تداومی روی تردمیل با شدت (۶۰-۷۵ درصد HRmax) بود که سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه در هر جلسه) اجرا شد. نمونه‌های خونی در شرایط پیش و پس آزمون به منظور اندازه گیری مقادیر سرمی IL-4، هورمون شبه متئورین و دیگر متغیرها جمع آوری شد تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون‌های t زوجی، t مستقل و ضریب همبستگی پیرسون بوسیله نرم افزار spss نسخه ۲۲ درسطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد تمرین هوازی موجب افزایش معنی‌دار مقادیر سرمی هورمون شبه متئورین و HDL و کاهش معنی‌دار مقاومت به انسولین، شاخص‌های ترکیب بدن و برخی شاخص‌های لیپیدی در مقایسه با گروه کنترل شد ($p<۰/۰۵$). اما تغییرات IL-4 ($p=۰/۳۲$)، قند خون ($p=۰/۲۵$) و وزن بدن ($p=۰/۸۹$) بین دو گروه معنی‌دار نبود. همچنین بین سطوح سرمی هورمون شبه متئورین و IL-4 با مقادیر مقاومت انسولینی، اندازه دور کمر، درصد چربی بدن، در پس آزمون ارتباط معنی‌داری یافت نشد ($P > ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: تمرین هوازی، با افزایش سطح هورمون شبه‌متئورین و اثرات مثبت بر عوامل خطر متابولیک، می‌تواند به‌عنوان یک روش غیردارویی مؤثر برای فعال‌سازی تبدیل چربی سفید به قهوه‌ای و بهبود شاخص‌های متابولیک در مردان مبتلا به سندرم متابولیک پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: تمرین هوازی، هورمون شبه متئورین، اینترلوکین-۴، سندروم متابولیک

نسخه پیش انتشار

نحوهٔ استناد به این مقاله: قربانیان ب، نیک نام م، بهروزی ل. تاثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی تداومی با شدت متوسط بر غلظت سرمی هورمون شبه متئورین (METRNL)، IL-4 و شاخص های متابولیک در مردان مبتلا به سندروم متابولیک. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۵؛۱۹(۳):؟-؟.

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: b.ghorbanian@azaaruniv.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰

نسخه پیش انتشار

مقدمه

سندرم متابولیک، یک اختلال متابولیکی شایع است که با وجود چندین ریسک فاکتور قلبی-عروقی مانند چاقی شکمی، اختلال هموستاز گلوکز، افزایش تری‌گلیسرید، پایین بودن HDL و فشار خون بالا مشخص می‌شود. افرادی که دارای سه علامت یا بیشتر باشند، به عنوان مبتلا به سندرم متابولیک تشخیص داده می‌شوند (۱،۲). این سندرم باعث آسیب به ارگان‌ها، کاهش طول عمر و افزایش خطر بیماری‌های قلبی و دیابت نوع دو می‌شود (۳،۴). شیوع آن با افزایش سن، کم‌تحرکی و رژیم

غذایی نامناسب افزایش یافته و بار اقتصادی و کاهش کیفیت زندگی قابل توجهی ایجاد می‌کند (۵). پاتوژنز سندرم متابولیک هنوز کامل روشن نیست، اما سبک زندگی کم‌تحرک، چاقی، رژیم ناسالم و عوامل ژنتیکی از مهم‌ترین عوامل دخیل هستند. با توجه به گسترش اضافه وزن و کم‌تحرکی، این سندرم به عنوان یک مشکل جدی جهانی شناخته می‌شود (۶).

سندروم متابولیک، یک اختلال متابولیکی است که توسط وجود چندین ریسک فاکتور بیماری‌های قلبی-عروقی نظیر چاقی داخل شکمی، اختلال در هموستاز قند خون، افزایش تری‌گلیسرید خون، بالا بودن قندخون ناشتا، پایین بودن HDL و افزایش فشار خون تشخیص داده می‌شود. افرادی که دارای سه علامت یا بیشتر باشند، به عنوان فرد مبتلا به سندروم متابولیک تشخیص داده می‌شوند (۱, ۲). سندرم متابولیک باعث آسیب به ارگان‌ها، کاهش طول عمر و افزایش خطر بیماری‌های قلبی و دیابت نوع دو می‌شود (۳, ۴). افزایش سن، کم‌تحرکی و رژیم غذایی نامناسب، شیوع آن را افزایش داده و بار اقتصادی و کاهش کیفیت زندگی قابل توجهی ایجاد می‌کند (۵).

پاتوژنز سندروم متابولیک به‌طور کامل روشن نیست، اما سبک زندگی کم‌تحرک، چاقی، اضافه وزن، رژیم غذایی ناسالم و هم‌چنین شاخص‌های ناشناخته ژنتیکی از عواملی هستند که در بروز این بیماری دخیل هستند. با توجه به اپیدمی‌شدن اضافه وزن و سبک زندگی کم‌تحرک، از بیماری سندروم متابولیک به عنوان یک مشکل جدی در جهان یاد می‌شود (۶).

یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر برای پیشگیری از چاقی و کنترل وزن مورد توجه قرار گرفته، تحریک تولید و فعالیت بافت چربی قهوه‌ای (BAT) است. افزایش این بافت از طریق ارتقای متابولیسم و مصرف انرژی، به کاهش وزن و بهبود سلامت متابولیک کمک می‌کند. شواهد نشان داده‌اند که برخی از فعالیت‌های ورزشی و نیز قرار گرفتن در معرض سرما می‌توانند موجب تبدیل بافت چربی سفید به چربی قهوه‌ای یا بژ شوند (۷). بررسی‌ها نشان می‌دهد هورمون شبه متئورین (METRNL[۲]) به‌عنوان یک مولکول پروتئینی و یکی از مایوکاین‌های جدید، میزان متابولیسم و تولید حرارت توسط بافت چربی بژ را افزایش می‌دهد. تولید این هورمون تحت تاثیر تمرین ورزشی و هوای سرد افزایش می‌یابد (۸). هورمون شبه‌متئورین (METRNL) به‌عنوان یک میوکاین وابسته به ورزش، نقش مهمی در تنظیم متابولیسم انرژی و پاسخ‌های ایمنی ایفا می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که این هورمون از طریق القای سایتوکاین‌هایی نظیر IL-4[۳] موجب فعال‌سازی ماکروفاژهای نوع M2 شده و با افزایش ترموژنز و کاهش التهاب همراه است. با این حال، در مطالعه حاضر تمرکز اصلی بر پاسخ این هورمون به تمرین هوازی در مردان مبتلا به سندروم متابولیک بوده و متغیرهای محیطی از جمله دمای محیط مورد کنترل یا دستکاری قرار نگرفته‌اند. بنابراین تفسیر یافته‌ها در چارچوب سازوکارهای شناخته‌شده متابولیکی و التهابی ناشی از تمرین صورت می‌گیرد (۹).

از طرفی دیگر IL-4[۳]، که یک مولکول پروتئینی و سایتوکاین ضدالتهابی است نشان داده شده که به هنگام بروز آلرژی، افزایش پیدا می‌کند و باعث کاهش التهاب می‌شود. هم‌چنین بیان هورمون شبه‌متئورین باعث افزایش بیان سایتوکین‌های IL-4 و IL-13[۴] در بافت چربی می‌شود. این سایتوکین‌ها، تنظیم‌کننده غالب برنامه فعال‌سازی جایگزین ماکروفاژ هستند. شواهد نشان می‌دهد که القای بیان IL-4 و IL-13 و فعال‌سازی ماکروفاژهای جایگزین توسط هورمون شبه‌متئورین. جهت ارتقا تولید کاتکولامین‌ها و تنظیم بیان ژن‌هایی که با ترموژنز چربی قهوه‌ای/ بژ و فرآیندهای ژنی بتا اکسیداسیون ضروری است (۱۰). هورمون شبه‌متئورین و IL-4 از سایتوکین‌های ترشح‌شده توسط بافت چربی هستند که غلظت آن‌ها ارتباط معکوسی با توده چربی بدن دارد. هورمون شبه‌متئورین و IL-4 ویژگی‌های ضدالتهابی دارند، به‌طوریکه غلظت آن‌ها در حالت اضافه وزن، چاقی، دیابت نوع دو، سندروم متابولیک و بیماری‌های قلبی-عروقی کاهش پیدا می‌کند (۱۱).

---

۱ Brown Adipose Tissue

۲ Meteorin-Like Protein

۳ Interleukin-4

۴ Interleukin-13

اخیراً از فعالیت بدنی و تحرک جسمانی به عنوان یک مؤلفه مهم و کم‌هزینه در روند درمانی سندروم متابولیک یاد می‌شود. هم‌چنین ممکن است فعالیت بدنی در کنترل اشتها نقش داشته باشد و مسئول تغییرپذیرترین بخش از هزینه انرژی در انسان‌ها باشد، در حقیقت به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل مطالعه آثار ورزش بر هورمون‌ها به‌دلیل اثر روشن آن بر تعادل انرژی باشد (۱۲). منفی‌کردن تعادل انرژی با فعالیت‌ورزشی امکان‌پذیر است به این صورت که فعالیت ورزشی به همراه یک برنامه کاهش وزن، باعث کاهش وزن می‌شود که عمدتا این کاهش وزن مربوط به کاهش چربی بدن می‌باشد (۱۳).

با وجود توصیه گسترده تمرین هوازی برای بهبود شاخص‌های متابولیک، چندین خلأ پژوهشی همچنان وجود دارد. نخست آن‌که اثر تمرین هوازی به‌عنوان یک مداخله منفرد بر کاهش وزن محدود گزارش شده و بیشترین اثربخشی آن در ترکیب با مداخلات تغذیه‌ای مشاهده می‌شود (۱۴, ۱۵). دوم آن‌که مطالعات مکانیزمی انسانی که به‌طور همزمان اثر شدت تمرین هوازی را بر تغییرات میوکاین‌هایی نظیر متئورین‌مانند و پیامدهای متابولیک مرتبط ارزیابی کرده باشند، محدود است (۱۶). افزون بر این، بخش قابل توجهی از شواهد موجود در خصوص ارتباط فعالیت بدنی شدید و کاهش خطر سندرم متابولیک مبتنی بر مطالعات مقطعی است که امکان استنتاج رابطه علّی را محدود می‌کند (۱۷). از این‌رو، انجام مطالعات مداخله‌ای طولی در جمعیت‌های در معرض خطر متابولیک ضروری به‌نظر می‌رسد.

اگرچه بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که ورزش تأثیر مثبت بر افزایش METRNL و بهبود پاسخ‌های متابولیک دارد، نتایج در جمعیت‌های مختلف و شرایط متفاوت متغیر است. به‌طور مثال، جمراسی[1] و همکاران گزارش کردند که ۱۲ هفته ورزش باعث افزایش سرمی METRNL و کاهش التهاب در سالمندان شد، که این همسو با اثر کلی تمرین است (۱۸). در مقابل، ثاقب‌جو[2] و همکاران مشاهده کردند که پاسخ METRNL و IL-4 به تمرین در زنان اضافه‌وزن وابسته به شرایط محیطی (دمای آب) است، که نشان می‌دهد عوامل محیطی و نوع فعالیت می‌توانند پاسخ این هورمون را تغییر دهند (۱۹). همچنین، برخی مطالعات نشان داده‌اند که سطح METRNL می‌تواند در افراد چاق و دارای مقاومت به انسولین پایین‌تر باشد یا در بیماری‌های مزمن التهابی کاهش یابد، که با فرضیات قبلی درباره نقش حفاظتی آن مغایرت دارد (۲۰). در مقابل، گزارش‌هایی نیز از سطوح METRNL بالاتر در بیماران دیابت نوع ۲ دیده شده است، که نشان می‌دهد پاسخ METRNL به اختلالات متابولیک پیچیده است و ممکن است تحت تأثیر ویژگی‌های جمعیت، شدت بیماری، نوع تمرین و عوامل محیطی قرار گیرد (۲۱).

با توجه به اینکه تغییر فنوتیپ بافت چربی از سفید به قهوه‌ای با افزایش مصرف انرژی و کاهش وزن همراه است و هورمون شبه‌متئورین و IL-4 در این فرآیند نقش دارند، هنوز مشخص نیست که تمرین هوازی منظم چه تأثیری بر سطح سرمی این مولکول‌ها در انسان دارد. علاوه بر این، مدت زمان بهینه تمرین برای ایجاد تغییرات قابل توجه هورمونی مشخص نشده است. مردان مبتلا به سندرم متابولیک به دلیل اختلالات متابولیک و تجمع چربی بیشتر، گروهی هستند که بررسی اثر تمرین بر شبه‌متئورین و IL-4 در آن‌ها می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای طراحی مداخلات درمانی ارائه دهد. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی بر غلظت سرمی شبه‌متئورین و IL-4 انجام شد و خلأ موجود در مطالعات انسانی را پر می‌کند.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: مطالعه حاضر از نوع کاربردی و نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود و جامعه آماری آن شامل مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک بود. ۲۰ مرد مبتلا به سندروم متابولیک با قد: ۹۰/۱۷۴ سانتی‌متر، وزن: ۹۵/۹۴ کیلوگرم، سن: ۶۰/۵۳ سال و BMI : ۳۰/۶۵ کیلوگرم بر متر مربع به عنوان نمونه پژوهش به صورت آزمودنی‌های در دسترس

[1] Jamrasi
[2] Saghebjoo

انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه کنترل (۱۰ نفر) و تمرین هوازی (۱۰ نفر) تقسیم شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل محدوده سنی میان‌سالی ۴۰-۶۰ سال، دارا بودن حداقل سه مورد از عوامل خطر متابولیک، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، تنفسی و مفصلی و محدودیت‌های حرکتی، و عدم مصرف سیگار و الکل بود. در همین راستا، جهت انتخاب آزمودنی‌های واجد شرایط، فرم رضایت‌نامه شرکت آگاهانه در پژوهش و پرسشنامه پزشکی ورزشی توسط آزمودنی‌ها تکمیل گردید.

روش اجرای پژوهش: شاخص‌های آنتروپومتریکی از جمله قد، اندازه دور کمر و وزن به ترتیب با استفاده از قدسنج و مترنواری با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و ترازوی استاندارد با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدن با استفاده از فرمول وزن بدن تقسیم بر مجذور قد به متر محاسبه گردید. درصد چربی بدن نیز توسط کالیپر (یاگامی، ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۲ میلی‌متر) و با استفاده از معادله سه‌نقطه‌ای جکسون پولاک اندازه‌گیری شد .نمونه‌های خونی اولیه جهت شناسایی و تشخیص وضعیت سندروم متابولیک، و تست ورزشی قلبی-تنفسی مبتلایان به سندروم متابولیک (تست بروس اصلاح‌شده با بار اولیه ۷/۱ مایل در ساعت و شیب صفر درصد) نسبت به بیماری مورد سنجش قرار گرفت (۲۲). همچنین جهت به‌دست آوردن یک ملاک کلی از وضعیت آزمودنی‌ها از لحاظ سندروم متابولیک (نمایانگر شدت سندروم متابولیک)، امتیاز Z سندروم متابولیک از داده‌های خام هر آزمودنی و انحراف استاندارد داده‌های هر گروه در هر مرحله مطابق فرمول زیر برآورد گردید. (۲۳).

Zmets= [(۴۰- HDL)/۵/۸۹] + [(۱۵۰)/۴۱/۱۱ - تری گلیسرید)] + [(۱۱۰)/۱۵/۸۲ - قند خون ناشتا)] + [دور)
[(۱۰۰)/۶/۶۵ - فشار میانگین سرخرگی)] + [(۹۱/۵)/۹/۴۶ -کمر

برنامه تمرینی: برنامه تمرینی شامل ۱۲ هفته تمرینات هوازی با شدت متوسط (۷۰-۶۰ درصد ضربان قلب اوج معادل امتیاز ۱۳-۱۱ در مقیاس بورگ) روی تردمیل، هفته ای ۳ جلسه و هر جلسه ۴۵ دقیقه تمرین اصلی و دوره‌های ۱۵ دقیقه¬ای گرم و سرد کردن بود (۳۱). در چهار هفته اول(۱۲ جلسه اول) شدت تمرین برای هر گروه تمرین هوازی به میزان ۶۰ درصد ضربان قلب اوج و در چهار هفته دوم (جلسات ۱۳ تا ۲۴) شدت تمرین به میزان ۶۵ درصد ضربان قلب اوج تعیین شد. در نهایت در چهار هفته سوم (جلسات ۲۵ تا ۳۶) شدت تمرین به میزان ۷۰ درصد ضربان قلب اوج تعیین شد. هر آزمودنی در جریان اجرای فعالیت ورزشی هوازی بر روی تردمیل تحت نظارت تیم پژوهشی متشکل از یک فیزیولوژیست ورزشی، پزشک تیم و دستیاران پژوهشی بود. هر گونه اختلال عملکردی ناشی از نارسایی قلبی عروقی، آسیب دیدگی احتمالی کاملا تحت کنترل بود (۲۴).

روش‌های آزمایشگاهی: برای اندازه‌گیری متغیرهای خونی، مقدار ده میلی‌لیتر خون از ورید قدامی بازو بعد از ناشتایی کامل شبانه (ده تا دوازده ساعته) در دو مرحله، ۷۲ ساعت قبل و بعد از برنامه تمرینی گرفته شد. نمونه‌های گرفته‌شده با دور سه هزار در دقیقه به مدت پانزده دقیقه سانتریفیوژ گردید و سپس سرم آن جدا و به آزمایشگاه انتقال داده شد و در دمای منفی هشتاد درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد.

غلظت سرمی هورمون شبه متئورین (METRNL) با استفاده از کیت سنجش آزمایشگاهی METRNL ELISA Kit ساخت شرکت Elabscience کشور آمریکا (حساسیت= ۰,۴۱ ng/mL، دامنه¬ی تشخیص= ۰,۷۸-۵۰ ng/mL) و IL-4 نیز با استفاده از کیت IL-4 ELISA Kit ساخت شرکت Elabscience کشور آمریکا ((حساسیت= ۰,۴۲ ng/mL، دامنه¬ی تشخیص= ۰,۷۸-۵۰ ng/mL)) سنجیده شد. . همچنین شاخص¬های خطر متابولیک شامل: لیپوپروتئینهای با چگالی بالا و پایین(Kits HDL and LDL Pars Azmun) ، تری گلیسرید (Kits Triglycerides Pars Azmun) ، کلسترول تام(Kits Cholesterol Pars Azmun) و گلوکز خون (اندازه گیری شده توسط I Magic 7 ، آلمان) سنجش شد.

تحلیل آماری: در این مطالعه، توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شدند. بررسی همسانی ویژگی‌های جسمانی دو گروه در شرایط پایه با استفاده از آزمون تی‌تست مستقل بررسی شد. برای بررسی درون‌گروهی از آزمون تی همبسته و برای مقایسه بین‌گروهی از آزمون تی مستقل استفاده گردید. همچنین، جهت بررسی روابط بین متغیرهای سرمی شبه‌متئورین، اینترلوکین-۴ و شاخص‌های متابولیکی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و سطح معناداری P≤۰/۰۵ تحلیل شدند.

نتایج

بر اساس یافته‌های این پژوهش، داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردار بودند. نتایج آزمون t، پس از دوازده هفته مداخله، سطوح هورمون شبه‌متئورین، HDL و حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه تمرین به طور معناداری افزایش یافت (p<۰/۰۵). همچنین، در گروه تمرین، در مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون، مقادیر تری‌گلیسرید (p=۰/۰۰۲)، کلسترول، LDL ، انسولین و قندخون (p=۰/۰۰۱)، مقاومت انسولینی (p=۰/۰۰۹)، وزن، دور کمر، BMI و درصد چربی (p=۰/۰۰۱) به طور معنی‌داری کاهش یافت. در مورد اینترلوکین-۴ تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (p=۰/۰۷۳). در گروه کنترل، هیچ یک از متغیرها تغییر معنی‌داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان نداد (p>۰/۰۵). علاوه بر این نتایج آزمون t مستقل (جدول ۲)، تفاوت معنی‌داری بین‌گروه‌ها پس از مداخله در همه متغیرها بجز اینترلوکین-۴، قند خون و وزن بدن را نشان داد (p<۰/۰۵).

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های آنتروپومتریک آزمودنی ها

گروه / متغیر	تمرین	کنترل
سن (سال)	۵۳/۸۰±۳/۲۹	۵۳/۴۰±۳/۱۳
قد (سانتی متر)	۱۷۵±۲/۶۲	۱۷۴/۸ ± ۱/۹۸

جدول ۲. تغییرهای اجزای سندروم متابولیک، شبه‌متئورین و IL-4 بین گروه‌های پژوهش، مقادیر به صورت میانگین ± انحراف استاندارد

متغیر	گروه تمرین		P درون گروهی	گروه کنترل		P درون‌گروهی	P بین‌گروهی
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
شبه‌متئورین (pg/ml)	۹۵/۵۸±۱۲/۱۸	۱۱۳/۷۱±۱۷/۶۱	۰/۰۰۲*	۹۶/۸۰±۱۰/۷۹	۹۷/۰۲±۱۰/۷۸	۰/۷۹۰	۰/۰۲۰*
IL-4 (pg/ml)	۱۹۰/۴۸±۲۳/۲۷	۱۸۱/۵۴±۲۷/۸۲	۰/۰۷۳	۱۹۲/۷۰±۱۷/۴۷	۱۹۱/۸۷±۱۷/۸۹	۰/۷۴۰	۰/۳۲۰

قندخون (mg/dl)	۱۲۴/۲۰±۵/۴۹	۱۲۰/۱۰±۵/۵۰	۰/۰۰۱*	۱۲۲/۷۰±۵/۸۵	۱۲۲/۸۰±۴/۵۱	۰/۹۳۴	۰/۲۵۰
انسولین (µIU/ml)	۱۰/۳۰±۰/۶۷	۸/۷۰±۱/۱۵	۰/۰۰۱*	۱۰/۴۰±۰/۶۹	۱۰/۳۰±۰/۶۷	۰/۶۷۸	*۰/۰۰۱
HOMA-IR	۳/۰±۳۰/۲۶	۲/۰±۷۴/۳۲	۰/۰۰۹*	۳/۰±۲۹/۲۹	۳/۰±۳۱/۲۳	۰/۳۹	*۰/۰۰۱
نمره Z	۵/۷۱ ± ۱/۰۰	۳/۹۱ ± ۰/۷۷	۰/۰۰۱*	۵/۵۳ ± ۱/۲۳	۵/۴۱ ± ۰/۵۶	۱	*۰/۰۰۱
LDL (mg/dl)	۱۵۷/۷۰±۸/۱۶	۱۴۷/۰۰±۱۰/۴۵	۰/۰۰۱*	۱۵۸/۱۰ ±۸/۲۳	۱۵۸/۷۰ ±۷/۱۶	۰/۵۵۵	*۰/۰۰۹
HDL (mg/dl)	۳۵/۰۰±۳/۸۲	۴۰/۶۰±۳/۵۹	۰/۰۰۱*	۳۴/۹۰±۴/۰۴	۳۵/۸۰±۲/۴۴	۰/۲۸۷	*۰/۰۰۱
TG(mg/dl)	۲۴۳/۳۰±۱۲/۱۴	۲۳۴/۳۰±۱۷/۳۲	۰/۰۰۲*	۲۵۱/۸۰ ±۱۳/۶	۲۵۲/۲۰±۱۱/۹۸	۰/۷۹۱	*۰/۰۱۵
TC(mg/dl)	۲۳۸/۴۰±۱۱/۷۷	۲۳۱/۵۰±۱۱/۵۳	۰/۰۰۱*	۲۴۰/۹۰±۵/۵۰	۲۴۰/۵۰±۴/۴۰	۰/۷۱۴	*۰/۰۳۳
وزن(kg)	۹۶/۰۰±۵/۶۳	۹۰/۰۰±۴/۷۳	۰/۰۰۱*	۹۳/۹۰±۴/۹۵	۹۳/۸۰±۴/۷۰	۰/۸۵۳	۰/۰۸۹
BMI(kg/m²)	۳۰/۷۰±۱/۱۵	۲۸/۹۰±۱/۱۰	۰/۰۰۱*	۳۰/۶۰±۱/۵۰	۳۰/۲۰±۱/۳۹	۰/۶۲۲	*۰/۰۳۳
BF(%)	۳۲/۰۰±۱/۶۹	۲۹/۴۰±۱/۷۷	۰/۰۰۱*	۳۲/۱۰±۲/۰۲	۳۲/۵۰±۱/۸۴	۰/۱۰۴	*۰/۰۰۱
دور کمر (سانتی متر)	۱۰۱/۸۰±۱/۹۸	۹۸/۴۰±۲/۲۲	۰/۰۰۱*	۱۰۱/۱۰±۲/۵۵	۱۰۱/۲۰±۲/۰۹	۰/۸۷۹	*۰/۰۰۱
VO2max (ml/kg/min)	۲۸/۰۰±۲/۴۰	۳۲/۴۰±۱/۶۴	۰/۰۰۱*	۲۶/۹۰±۲/۰۷	۲۷/۴۰±۱/۵۷	۰/۳۴۳	*۰/۰۰۱

*سطح معناداری (p<۰/۰۵).

طبق نتایج حاصل در جدول ۳، بین تغییرات شبه‌متئورین با تغییرات شاخص‌های مقاومت انسولینی، درصد چربی و دور کمر در گروه تمرین ارتباط معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۵).

جدول ۳. ارتباط بین تغییرات سطوح شبه‌متئورین و اینترلوکین-۴ با شاخص‌های متابولیکی منتخب بعد از ۱۲ هفته برنامه تمرینی در گروه تمرین

متغیر	تغییرات شبه متئورین		تغییرات IL-4	
	ضریب همبستگی	P	ضریب همبستگی	P
IL-4	۰/۲۷۵	۰/۴۴۱	-----	-----

نسخه پیش انتشار

مقاومت انسولینی	-۰/۲۶۱	۰/۶۱۸	-۰/۷۶۹	۰/۰۷۴
اندازه دور کمر	-۰/۰۹۹	۰/۷۸۶	۰/۲۹۸	۰/۴۰۴
درصد چربی بدن	-۰/۴۴۳	۰/۲۰۰	-۰/۳۶۲	۰/۳۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که پس از دوازده هفته تمرین هوازی در مردان مبتلا به سندروم متابولیک، سطوح سرمی هورمون شبه‌متئورین (METRNL) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که تغیر معنی‌داری در سطح سرمی اینترلوکین-۴ (IL-4) مشاهده نشد.

تمرین هوازی همچنین با بهبود پروفایل متابولیک همراه بود؛ کاهش معنادار قند خون، انسولین، تری‌گلیسرید، کلسترول تام،LDL و افزایش HDL گزارش شد. شاخص‌های ترکیب بدنی شامل BMI، درصد چربی بدن و اندازه دور کمر نیز پس از مداخله کاهش یافت و حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش معناداری نشان داد. با این حال، هیچ همبستگی معناداری بین METRNL و شاخص‌های مقاومت به انسولین، اندازه دور کمر یا درصد چربی بدن مشاهده نشد.

بررسی پیشینه اثر فعالیت ورزشی بر هورمون شبه متئورین انگشت شمار و محدود می باشد (۸, ۱۶, ۲۵). یافته‌های افزایش METRNL در مطالعه حاضر با گزارش علیزاده و همکاران همسو است، که نشان دادند تمرینات تناوبی سرعتی شش هفته‌ای در پسران دارای اضافه وزن موجب افزایش سطوح سرمی METRNL و بهبود شاخص‌های مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی شد (۲۶). همچنین، اتون و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که تمرینات تناوبی کوتاه‌مدت با شدت بالا و حجم زیاد، سطوح mRNA METRNL را در مردان سالم افزایش می‌دهد (۲۵).

نتایج حاضر مبنی بر بهبود پروفایل لیپیدی و شاخص‌های ترکیب بدنی نیز با گزارش‌های پیشین مشابه است، از جمله افزایش HDL و کاهش LDL، TG و TC (۲۷, ۲۸)، که کاهش ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی را پیش‌بینی می‌کند (۲۹).

با این حال، برخی مطالعات با نتایج حاضر همسو نبودند. به عنوان مثال، لی و همکاران نشان دادند که در بیماران تازه تشخیص داده شده T2DM، سطوح METRNL پایین و با BMI همبستگی نداشت، در حالی که با گلوکز ناشتا و HbA1c همبستگی منفی داشت (۳۰). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از ویژگی‌های جمعیت مطالعه مانند سن، جنس و وضعیت متابولیک، نوع و شدت تمرین یا مدت مداخله باشد.

در مورد IL-4 نیز، اگرچه برخی مطالعات افزایش آن را پس از ورزش نشان داده‌اند (۸, ۱۹) اما در مطالعه حاضر تغییر IL-4پس از تمرین هوازی معنی‌دار نبود. با این حال، برخی مطالعات نتایج متفاوتی ارائه کرده‌اند. زرنشان و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که انجام تمرینات هوازی منظم، مستقل از تغییرات چاقی، منجر به کاهش سطوح سرمی IL-4 در زنان مبتلا به آسم دارای اضافه وزن و چاق می‌شود (۳۱). همچنین، ثاقب جو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای بر زنان دارای اضافه وزن نشان دادند که ورزش در آب گرم نسبت به آب سرد و معتدل موجب تحریک و تجمع سلول‌های ایمنی می‌شود؛ از این مکانیسم می‌توان برای تحریک تولید هورمون‌هایی مانند METRNL و IL-4 و تقویت چربی قهوه‌ای استفاده کرد (۱۹).

این اختلاف ممکن است به تفاوت در نوع تمرین، شدت، مدت مداخله و زمان‌بندی نمونه‌گیری مربوط باشد. همچنین یافته‌های حیوانی نشان می‌دهد که IL-4 می‌تواند لیپولیز و تمایز سلول‌های چربی را از طریق مسیر STAT6 و آنزیم‌های ATGL و HSL القا کند (۳۲, ۳۳)، اما پاسخ آن به ورزش بسته به شرایط تمرین و ویژگی‌های جمعیت مطالعه متفاوت است.

یافته‌های مطالعه حاضر نیز نشان داد که هیچ ارتباط معناداری بین METRNL با مقاومت انسولینی، اندازه دور کمر، BMI و درصد چربی بدن وجود نداشت. بررسی ها نشان می دهد که افزایش METRNL در گردش خون، مصرف انرژی را تحریک کرده و تحمل گلوکز و بیان ژن‌های مرتبط با ترموژنز چربی بژ و سیتوکین‌های ضدالتهابی را بهبود می‌بخشد (۸). لی و همکاران همچنین نشان دادند که METRNL با تمایز سلول‌های چربی سفید، متابولیسم لیپیدها را تقویت و التهاب چربی را مهار می‌کند (۱۶). با این حال، مکانیسم‌های اساسی که توسط آن هورمون شبه متئورین (METRNL) ممکن است التهاب و مقاومت به انسولین را در عضله اسکلتی کاهش دهد نامشخص است. یکی از فاکتور های مهم در مقاومت به انسولین AMPK است. AMPK نقش اساسی در هموستاز انرژی سلولی ایفا می کند. علاوه بر این، AMPK اثر ضد التهابی قابل توجهی از طریق سرکوب مسیر سیگنالینگ NFκB و اثرات سرکوب کننده سیستم ایمنی اعمال می کند. اختلال در تنظیم AMPK نقش مهمی در پاتوژنز مقاومت به انسولین و بیماری‌های مرتبط با سندرم متابولیک در انسان و همچنین در مدل‌های تمرین دارد (۳۴).

افزایش سطح اسیدهای چرب آزاد سرم ناشی از چاقی باعث کاهش فعالیت AMPK36 و حساسیت به انسولین می شود (۳۵, ۳۶). همچنین افزایش هورمون شبه‌متئورین در افراد مبتلا به سندروم متابولیک ممکن است از طریق تمایز چربی و مسیر PPARγ اثرات سودمند بر حساسیت انسولین داشته باشد، زیرا PPARγ تنظیم‌کننده کلیدی فنوتیپ سلول چربی و حساسیت به انسولین است (۳۷-۳۹). مطالعات اخیر همچنین نشان داده‌اند که METRNL می‌تواند تجمع چربی را کاهش دهد و مقاومت انسولین و عوامل خطر قلبی-عروقی مانندLDL ، HDL، کلسترول و تری‌گلیسیرید را بهبود بخشد (۴۰). همچنین هورمون شبه‌متئورین با فعال‌سازی ماکروفاژهای ائوزینوفیل و تحریک IL-4/IL-13 موجب القای ترموژنز چربی بژ می‌شود و این مکانیسم آن را از سایر پلی‌پپتیدهای گرمازا مانند Irisin و FGF-21 متمایز می‌کند (۸).

در تضاد با این یافته‌ها، سلویا و همکاران پس از ۱۲ هفته تمرین، تغییر معناداری در HDL-C مشاهده نکردند (۴۱)، که احتمالاً به تفاوت در شدت تمرینات مربوط است. یافته‌های حاضر نیز نشان داد که شاخص‌های ترکیب بدنی از جمله BMI، درصد چربی و اندازه دور کمر پس از تمرین کاهش یافت. این نتایج با مطالعات آلوز و همکاران (۴۲) همسوست که نشان دادند مداخله تمرینی موجب کاهش BMI در کودکان دارای اضافه وزن می‌شود. مطالعات قبلا نشان دادند با افزایش هورمون شبه متئورین (METRNL) به طور قابل توجهی فسفوریلاسیون AMPK افزایش می یابد. اما در مطالعه حاضر بنابر محدودیت های موجود سطوح AMPK اندازه گیری نشد.

نتیجه گیری: در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که ورزش هوازی می‌تواند با افزایش سطح هورمون شبه‌متئورین و کاهش IL-4 به کاهش مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به سندروم متابولیک کمک کند. این اثر از طریق بهبود پروفایل لیپیدی) کاهش LDL، TG و TC، افزایش HDL و بهبود شاخص‌های ترکیب بدنی آشکار شد. با این حال، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی است که باید در نظر گرفته شوند. از جمله، رژیم غذایی شرکت‌کنندگان کنترل نشد و نمونه تحقیق نسبتاً کوچک بود. همچنین، به دلیل محدودیت‌های موجود، سطوح AMPK اندازه‌گیری نشد. بنابراین، برای تأیید یافته‌ها

و بررسی مکانیزم‌های دقیق مولکولی، مطالعات بیشتر با نمونه‌های بزرگتر و اندازه‌گیری متغیرهای بیولوژیکی تکمیلی ضروری است.

تشکر و قدردانی

از همه آزمودنی‌هایی که در انجام این پژوهش شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

حمایت مالی

پژوهش حاضر هیچ‌گونه حمایت مالی از سازمان خاصی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به‌طور یکسان در این پژوهش مشارکت داشتند.

تعارض منافع

نویسندگان پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

منابع

1. Goossens GH. The role of adipose tissue dysfunction in the pathogenesis of obesity-related insulin resistance. Physiology & behavior. 2008;94(2):206-18.

2. AZIZI F, Hadaegh F, KHALILI D, Esteghamati A, HOSSEIN PF, Delavari A, et al. Appropriate definition of metabolic syndrome among Iranian adults: report of the Iranian National Committee of Obesity. 2010.

3. Boucher BJ. Is vitamin D status relevant to metabolic syndrome? Dermato-endocrinology. 2012;4(2):212-24.

4. Botezelli JD, Cambri LT, Ghezzi AC, Dalia RA, Scariot PP, Ribeiro C, et al. Different exercise protocols improve metabolic syndrome markers, tissue triglycerides content and antioxidant status in rats. Diabetology & metabolic syndrome. 2011;3(1):1-8.

5. Zhang JH, Li NF, Yan ZT, Wang HM, Guo YY, Ling Z. Association of genetic variations of PRDM16 with metabolic syndrome in a general Xinjiang Uygur population. Endocrine. 2012;41(3):539-41.

6. Robinson LE, Graham TE. Metabolic syndrome, a cardiovascular disease risk factor: role of adipocytokines and impact of diet and physical activity. Canadian Journal of Applied Physiology. 2004;29(6):808-29.

نسخه پیش انتشار

7. Baynard T, Vieira-Potter VJ, Valentine RJ, Woods JA. Exercise training effects on inflammatory gene expression in white adipose tissue of young mice. Mediators of inflammation. 2012;2012.

8. Rao RR, Long JZ, White JP, Svensson KJ, Lou J, Lokurkar I, et al. Meteorin-like is a hormone that regulates immune-adipose interactions to increase beige fat thermogenesis. Cell. 2014;157(6):1279-91.

9. Karstoft K, Pedersen BK. Exercise and type 2 diabetes: focus on metabolism and inflammation. Immunology and cell biology. 2016;94(2):146-50.

10. Rodríguez A, Catalán V, Ramírez B, Unamuno X, Portincasa P, Gómez-Ambrosi J, et al. Impact of adipokines and myokines on fat browning. Journal of physiology and biochemistry. 2020;76(2):227-40.

11. Martinez FO, Helming L, Gordon S. Alternative activation of macrophages: an immunologic functional perspective. Annual review of immunology. 2009;27:451-83.

12. Santos-Carvalho A, Alvaro AR, Martins J, Ambrósio AF, Cavadas C. Emerging novel roles of neuropeptide Y in the retina: from neuromodulation to neuroprotection. Progress in neurobiology. 2014;112:70-9.

13. Kleiner S, Douris N, Fox EC, Mepani RJ, Verdeguer F, Wu J, et al. FGF21 regulates PGC-1α and browning of white adipose tissues in adaptive thermogenesis. Genes & development. 2012;26(3):271-81.

14. Buemann B, Tremblay A. Effects of exercise training on abdominal obesity and related metabolic complications. Sports Medicine. 1996;21(3):191-212.

15. Kim J-W, Kim D-Y. Effects of aerobic exercise training on serum sex hormone binding globulin, body fat index, and metabolic syndrome factors in obese postmenopausal women. Metabolic syndrome and related disorders. 2012;10(6):452-7.

16. Li Z-Y, Song J, Zheng S-L, Fan M-B, Guan Y-F, Qu Y, et al. Adipocyte Metrnl antagonizes insulin resistance through PPARγ signaling. Diabetes. 2015;64(12):4011-22.

17. Lee J, Kim Y, Jeon JY. Association between physical activity and the prevalence of metabolic syndrome: from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2012. Springerplus. 2016;5(1):1-12.

18. Jamrasi P, Bae JH, Song W. Effects of 12-week exercise on Meteorin-like levels, inflammation, and functional capacity in older adults: Korean national aging project randomized controlled study. European Geriatric Medicine. 2025:1-12.

19. Saghebjoo M, Einaloo A, Mogharnasi M, Ahmadabadi F. The response of meteorin-like hormone and interleukin-4 in overweight women during exercise in temperate, warm and cold water. Hormone molecular biology and clinical investigation. 2018;36(3).

نسخه پیش انتشار

20. Moradi N, Fadaei R, Roozbehkia M, Nourbakhsh M, Nourbakhsh M, Razzaghy-Azar M, Larijani B. Meteorin-like protein and asprosin levels in children and adolescents with obesity and their relationship with insulin resistance and metabolic syndrome. Laboratory medicine. 2023;54(5):457-63.

21. AlKhairi I, Cherian P, Abu-Farha M, Madhoun AA, Nizam R, Melhem M, et al. Increased expression of meteorin-like hormone in type 2 diabetes and obesity and its association with irisin. Cells. 2019;8(10):1283.

22. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M, Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Wolters Kluwer; 2018.

23. علمداری آ, کریم, غلامی. تاثیر تمرین هوازی بر پروتئین متصل شونده به رتینول-٤ و مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به سندرم متابولیک. سوخت و ساز و فعالیت ورزشی. ۲۰۱۷;۵(۲):۱۰۹-۱۹.

24. Bayles MP. ACSM's exercise testing and prescription: Lippincott williams & wilkins; 2023.

25. Eaton M, Granata C, Barry J, Safdar A, Bishop D, Little JP. Impact of a single bout of high-intensity interval exercise and short-term interval training on interleukin-6, FNDC5, and METRNL mRNA expression in human skeletal muscle. Journal of sport and health science. 2018;7(2):191-6.

26. علی زاده ح, صفرزاده عر, طالبی گرکانی ا. تاثیر تمرین تناوبی بر غلظت سرمی هورمون شبه متئورین (مترنل) در پسران نوجوان دارای اضافه‌وزن. پژوهشنامه فیزیولوژی ورزشی کاربردی. ۲۰۱۸;۱٤(۲۷):۱۳۹-۵۱.

27. Nicholls SJ, Nelson AJ. HDL and cardiovascular disease. Pathology. 2019;51(2):142-7.

28. Reilly MP, Rohatgi A, McMahon K, Wolfe ML, Pinto SC, Rhodes T, et al. Plasma cytokines, metabolic syndrome, and atherosclerosis in humans. Journal of investigative medicine. 2007;55(1):26-35.

29. Shah PK, Kaul S, Nilsson J, Cercek B. Exploiting the vascular protective effects of high-density lipoprotein and its apolipoproteins: an idea whose time for testing is coming, part I. Circulation. 2001;104(19):2376-83.

30. Lee JH, Kang YE, Kim JM, Choung S, Joung KH, Kim HJ, Ku BJ. Serum Meteorin-like protein levels decreased in patients newly diagnosed with type 2 diabetes. Diabetes research and clinical practice. 2018;135:7-10.

31. Zarneshan A, Zolfaghari M, Gholamnejad M, Yousefi M. Effect of Regular Aerobic Exercise on Serum Levels of IL-4 and IgE in Overweight and Obese Asthmatic Women. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2017;20(8):73-82.

32. Chang Y, Ho K, Lu S, Huang C, Shiau M. Regulation of glucose/lipid metabolism and insulin sensitivity by interleukin-4. International journal of obesity. 2012;36(7):993-8.

33. Tsao C-H, Shiau M-Y, Chuang P-H, Chang Y-H, Hwang J. Interleukin-4 regulates lipid metabolism by inhibiting adipogenesis and promoting lipolysis. Journal of lipid research. 2014;55(3):385-97.

34. Ruderman NB, Carling D, Prentki M, Cacicedo JM. AMPK, insulin resistance, and the metabolic syndrome. The Journal of clinical investigation. 2013;123(7):2764-72.

35. Boden G. Effects of free fatty acids (FFA) on glucose metabolism: significance for insulin resistance and type 2 diabetes. Experimental and clinical endocrinology & diabetes. 2003;111(03):121-4.

36. Boden G. Free fatty acids, insulin resistance, and type 2 diabetes mellitus. Proceedings of the Association of American Physicians. 1999;111(3):241-8.

37. Zheng S-l, Li Z-y, Song J, Liu J-m, Miao C-y. Metrnl: a secreted protein with new emerging functions. Acta pharmacologica sinica. 2016;37(5):571-9.

38. Semple RK, Chatterjee VKK, O'Rahilly S. PPARγ and human metabolic disease. The Journal of clinical investigation. 2006;116(3):581-9.

39. Siersbæk R, Nielsen R, Mandrup S. PPARγ in adipocyte differentiation and metabolism–novel insights from genome-wide studies. FEBS letters. 2010;584(15):3242-9.

40. Saeidi A, Tayebi SM, Khosravi A, Malekian F, Khodamoradi A, Sellami M, et al. Effects of exercise training on type 2-diabetes: the role of Meteorin-like protein. Health promotion perspectives. 2019;9(2):89.

41. Silva DAS, Petroski EL, Pelegrini A. Effects of aerobic exercise on the body composition and lipid profile of overweight adolescents. Revista Brasileira de Ciências do Esporte. 2014;36:295-309.

42. Alves JGB, Galé CR, Souza E, Batty GD. Efeito do exercício físico sobre peso corporal em crianças com excesso de peso: ensaio clínico comunitário randomizado em uma favela no Brasil. Cadernos de Saúde Pública. 2008;24:s353-s9.

نسخه پیش انتشار