



Original Article

The Effect of Interval Training and Rice Bran Consumption on Pro-Inflammatory (IL-18), Anti-Inflammatory (IL-10) Cytokines, and the Adipokine WISP1 in Obese Women

Zahra Zaraiehi¹, PhD Candidate; Alireza Elmieh^{1*}, PhD; Shahram Gholamrezaei Darsara¹, PhD

¹Department of Physical Education, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Article Information

Article History:

Received: August 27, 2024

Accepted: February 23, 2025

*Corresponding Author:

Alireza Elmieh, PhD;

Department of Physical Education,
Rasht Branch, Islamic Azad University,
Rasht, Iran

Email: elmieh@iaurasht.ac.ir

Abstract

Introduction: Obesity and inflammation are significant risk factors for chronic diseases. High-intensity interval training (HIIT) and certain antioxidant compounds may reduce obesity-related inflammation. This study aimed to investigate the effect of interval training and rice bran consumption on the levels of pro-inflammatory cytokine IL-18, the anti-inflammatory cytokine IL-10, and the adipokine WISP1 in obese women.

Methods: Forty sedentary obese women attending a fitness club in Guilan province, Iran, voluntarily participated in this study (age: 38.5 ± 3.63 years, weight: 85.6 ± 5.23 Kg) and were randomly assigned to one of four groups: Control, High-Intensity Interval Training (HIIT), Rice Bran Supplement (RBS), and HIIT+RBS. Before and after the intervention, serum levels of IL-18, IL-10, and WISP1 were assessed. A three-week preparatory phase involved moderate-intensity interval aerobic exercises (50-80% of heart rate reserve). From weeks 4 to 9, HIIT was performed as running (activity) and walking (rest) intervals at 80-100% of heart rate reserve. Intra-group changes were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) with Bonferroni post-hoc tests via SPSS software, version 23, at a significance level of $P \leq 0.05$.

Results: Interval training with and without rice bran consumption significantly decreased WISP1 levels ($P=0.001$), whereas rice bran consumption alone did not ($P=0.574$). Similarly, interval training with and without supplementation significantly decreased IL-18 and increased IL-10 ($P=0.001$), while rice bran alone caused no significant changes in IL-18 ($P=0.119$) and IL-10 ($P=0.796$).

Conclusion: The findings indicated that interval training, both with and without rice bran consumption, was associated with reduced levels of the adipokine WISP1 and the pro-inflammatory cytokine IL-18, alongside an increase in the anti-inflammatory cytokine IL-10 in obese women. Therefore, it could be inferred that interval training with rice bran could positively influence glucose metabolism in obese individuals, potentially mediated by a reduction in body fat mass.

Keywords: Resistance Training, Rice Bran Oil, Interleukin-18, Interleukin-10, CCN4 protein, human, Obesity, Women

Please cite this article as:

Zaraiehi Z, Elmieh AR, Gholamrezaei Darsara S. The Effect of Interval Training and Rice Bran Consumption on Pro-Inflammatory (IL-18), Anti-Inflammatory (IL-10) Cytokines, and the Adipokine WISP1 in Obese Women. Sadra Med. Sci. J. 2026; 14(1): doi: 10.30476/smsj.2025.103849.1561.



مقاله پژوهشی

اثر تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر سطح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی (IL18)، ضد التهابی (IL10) و آدیپوکاین WISP1 در زنان چاق

زهرا ذرنیه^۱، علیرضا علمیه^{۱*}، شهرام غلامرضایی^۱ دارسرا^۱

^۱گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

نویسنده مسئول:

علیرضا علمیه

گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

پست الکترونیکی: elmieh@iaurasht.ac.ir

چکیده

مقدمه: چاقی و التهاب مهم‌ترین عامل خطر برای بیماری‌هاست. تمرینات تناوبی با شدت زیاد و برخی از مواد آنتی‌اکسیدانی می‌توانند التهاب ناشی از چاقی را کاهش دهند. هدف از این تحقیق بررسی اثر تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر سطح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی (IL18)، ضد التهابی (IL10) و آدیپوکاین WISP1 زنان چاق بود.

مواد و روش‌ها: چهل زن چاق مبتدی مراجعه‌کننده به یکی از باشگاه‌های آمادگی جسمانی و بدن‌سازی استان گیلان به‌طور داوطلبانه و با در نظر گرفتن معیارهای ورود به تحقیق، در این مطالعه شرکت داشتند ($38/5 \pm 3/63$ سن، $85/6 \pm 5/23$ وزن) و به‌صورت تصادفی در چهار گروه کنترل، گروه تمرین تناوبی، گروه مصرف سبوس برنج و گروه تمرین قرار گرفتند. قبل و بعد از پایان تحقیق، بررسی شاخص‌های آسیتوکاین‌های پیش‌التهابی و ضد التهابی (IL18 و IL10) و آدیپوکاین WISP1 به‌عمل آمد. سه هفته‌ی اول، آماده‌سازی اولیه برای انجام تمرین تناوبی شدید به‌صورت تمرین‌های تناوبی هوازی با شدت پایین و متوسط (پنج‌تا هشتاد درصد ضربان قلب ذخیره) انجام شد. از هفته‌ی چهارم تا نهم، تمرین تناوبی شدید به‌شکل دویدن (فعالیت) و راه‌رفتن (استراحت) بود. شدت کار هشتاد تا صد درصد ضربان قلب ذخیره در نظر گرفته شد. برای بررسی میزان تغییرات درون‌گروهی گروه‌های تحقیق از آزمون آنکووا و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تمام تحلیل محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه‌ی ۲۳ و در سطح معناداری $P \leq 0/05$ صورت گرفت. **یافته‌ها:** تمرین تناوبی با و بدون مصرف سبوس برنج باعث کاهش میزان WISP1 در آزمودنی‌ها شد ($P=0/001$). اما مصرف سبوس برنج به‌تنهایی باعث تغییر در این متغیر نشد ($P=0/574$). تمرین تناوبی با و بدون مصرف مکمل سبوس برنج باعث کاهش IL18 و افزایش IL10 در آزمودنی‌ها شد ($P=0/001$) اما مصرف سبوس برنج به‌تنهایی باعث تغییر در IL18 ($P=0/119$) و IL10 ($P=0/796$) نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرین تناوبی با و بدون مصرف سبوس برنج با کاهش آدیپوکاین WISP1 و سایتوکاین IL18 و افزایش سایتوکاین ضد التهابی IL10 در زنان چاق همراه است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که انجام تمرینات تناوبی با مصرف سبوس برنج می‌تواند از طریق کاهش سایتوکاین‌های پیش‌التهابی ناشی از کاهش توده‌ی چربی بدن، احتمالاً بر متابولیسم گلوکز در افراد چاق مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: تمرین مقاومتی، روغن سبوس برنج، اینترلوکین-۱۸، اینترلوکین-۱۰، پروتئین CCN4

انسانی، چاقی، زنان

لطفاً این مقاله را به این صورت استناد کنید:

ذرنیه ز، علمیه ع، غلامرضایی دارسرا ش. اثر تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر سطح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی (IL18)، ضد التهابی (IL10) و آدیپوکاین WISP1 در زنان چاق. مجله علوم پزشکی صدرا. دوره ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵.

از جمله $IL-1\beta^3$ ، $TNF-\alpha^2$ و $IL-6^4$ را در ماکروفاژهای کشت شده افزایش می‌دهد. همچنین همبستگی مثبتی با نفوذ ماکروفاژها در بافت چربی زیرجلدی و احشایی دارد (۸). افزون بر این نشان داده شد که در افراد با سطوح پلاسمایی بالای $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و $IL-8^5$ ، سطوح پلاسمایی بالاتری از WISP1 نیز مشاهده می‌شود (۹).

تمرین تناوبی شدید به وهله‌های تکراری با فعالیت‌های تناوبی به نسبت کوتاه، با شدت تمام و نزدیک به شدتی که VO_2peak^6 به دست می‌آید ($\geq 90\%$ of VO_2peak) نسبت داده می‌شود (۱۰). بیشتر پروتکل‌های فعالیت ورزشی طراحی شده برای کاهش وزن، بر فعالیت یکنواخت و منظم مانند راه رفتن و دویدن آهسته با شدت متوسط تمرکز دارند (۱۱، ۱۲). پروتکل تمرین تناوبی شدید برگرفته از آزمون وینگیت با تلاش حداکثری و بسیار شدید و ناراحت کننده است. تمرین تناوبی شدید با استفاده از آزمون وینگیت برای افراد فعال و با برانگیختگی بالا مناسب است؛ اما شواهد روبه رشد نشان می‌دهند که در افراد چاق یا دارای اضافه وزن غیرفعال نیز به خوبی اجرا می‌شود (۱۳)؛ ولی نیاز به چرخ کارسنج و میزان بالای انگیزتگی از محدودیت‌های این آزمون هستند. بنابراین پروتکل تعدیل شده تمرین تناوبی شدید با حجم کم برای مطالعات استفاده شده است که برای جمعیت چاق/ دارای اضافه وزن و غیرفعال، کاربردی تر از تکرار آزمون وینگیت است (۱۴).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تمرینات تناوبی شدید می‌تواند موجب تغییر در ترکیب بدنی با کاهش توده چربی شود (۱۵)؛ اما سازوکارهای تنظیم اشتها و تغییرات ترکیب بدنی آن به درستی تبیین نشده است. تمرینات تناوبی شدید نیز شامل وهله‌های کوتاه مدت هستند که راهبرد مقبولی برای ارتقای سازگاری‌های سلامتی در کودکان به شمار می‌روند (۱۶).

در کنار ورزش و اثرات مفید آن، استفاده از مواد دارای آنتی اکسیدان نیز می‌تواند اثربخش باشد (۱۷). در عین حال به کارگیری عوامل تغذیه‌ای و استفاده از مکمل‌های آنتی اکسیدانی به عنوان روشی درمانی در افزایش شرایط ضد اکسایشی یا پاکسازی رادیکال‌های آزاد توجه فراوانی را به خود معطوف داشته است. سبوس برنج یک منبع غنی از آنتی اکسیدان‌های طبیعی است

در جهان امروز هرچه تمدن ظاهری گسترده تر و استفاده از وسایل خودکار وسیع تر می‌شود، فعالیت‌های جسمانی و عضلانی افراد نیز کمتر و محدودتر و دامن‌های فشارهای عصبی وسیع تر و چاقی افزایش می‌یابد (۱). شیوع چاقی و کم تحرکی و نتایج منفی آن بر سلامت مردم کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه همچنین در ایران به سرعت در حال افزایش است. چاقی و اضافه وزن بیماری مزمنی است که به عنوان مشکل سلامت عمومی محسوب می‌شود و شیوع بالایی در سراسر جهان دارد (۲). طی ۳/۵ دهه‌ی اخیر شیوع چاقی در جهان به دو برابر افزایش یافته است (۳). تجمع چربی اضافی به ویژه چربی احشایی، با برهم زدن هومئوستاز هورمونی متابولیک (افزایش قند، انسولین و اختلال در نیم رخ لیپیدی گردش خون) ممکن است به طور مستقیم و غیرمستقیم موجب فعال شدن مسیرهای پیام رسانی مسئول فرایندهای آتروژنیک درگیر در بروز بیماری‌های قلبی عروقی شود (۴).

گسترش بافت چربی به تولید تعدادی از مواد فعال زیستی به نام آدیپوسایتوکاین‌ها می‌انجامد که موجب تحریک التهاب مزمن خفیف می‌گردند. شواهد موجود نشان می‌دهد که التهاب مزمن در بافت چربی، نقش مهمی در توسعه‌ی اختلالات متابولیک مرتبط به چاقی بازی می‌کند (۵). تولید بیش از حد آدیپوسایتوکاین‌های پیش التهابی مانند فاکتور نکروزدهنده‌ی تومور-آلفا، اینترلوکین ۱، بتا، اینترلوکین ۶ و اینترلوکین ۸ همراه با کاهش توانایی ذخیره سازی اسیدهای چرب آزاد که پیامد آن ورود اسیدهای چرب آزاد به درون گردش خون است، به مقاومت به انسولین و بیماری‌های مرتبط با آن می‌انجامد (۶). اخیراً پروتئین-۱ مسیر سیگنالینگ القاشونده توسط Wnt که به CCN4 نیز شناخته می‌شود، به عنوان یک آدیپوکین جدید معرفی شده است که چاقی را به التهاب و مقاومت به انسولین مرتبط می‌کند. در افراد چاق، سطوح پلاسمایی WISP1^۱ و بیان آن در بافت چرب به ویژه بافت چرب احشایی افزایش می‌یابد (۷). افزون بر این، بیان WISP1 ارتباط منفی با حساسیت به انسولین، سطوح سرمی آدیپونکتین و ارتباط مثبت با محتوای چربی احشایی اندازه گیری شده از طریق تصویربرداری رزونانس مغناطیسی دارد که نشان می‌دهد WISP1 ممکن است نشانگر مفیدی برای تجمع چربی احشایی و مقاومت به انسولین باشد. WISP1 تولید سایتوکین‌های پیش التهابی

2. Tumor necrosis factor

3. Interleukin 1 beta

4. Interleukin 6

5. Interleukin 18

6. Peak oxygen consumption

1. Wnt1-Inducible-signaling payhway protein

داروهای شیمیایی، مقاومت‌های آنتی‌بیوتیکی، حفظ سلامتی، لاغری و تناسب اندام انسان ایفا می‌کنند (۲۵). این ترکیبات افزون بر کاهش استرس‌های اکسیداتیو، خاصیت‌هایی چون ضدجوش، ضد میکروبی، ضد ویروس و ضد سرطان نیز دارند (۲۶).

افزون بر این، باتوجه به نقش سایتوکاین‌ها در مقاومت انسولین، نتایج برخی از مطالعات حاکی است که پاسخ سایتوکاین‌های التهابی متعاقب تمرینات تناوبی شدید، غیرمعنادار است (۲۷، ۲۸). برخی دیگر حتی به تداخل سازوکارهای بیان پروتئین عضلانی (آدنوزین مونوفسفات کیناز و...) اشاره دارند (۲۹). از طرفی برخی محققان ادعا کرده‌اند که انجام تمرین مقاومتی به تنهایی یا در ترکیب با سایر مداخلات ورزشی می‌تواند باعث کاهش توده‌ی چربی بدنی و حساسیت انسولین شود (۳۰، ۳۱). باتوجه به اینکه تحقیقات اندکی به اثر سبوس برنج روی افراد چاق اشاره داشتند و بیشتر تحقیقات درباره‌ی سبوس برنج روی موش‌های چاق انجام گرفته بود و از طرف دیگر اثر ترکیبی تمرین و مصرف سبوس برنج بر افراد چاق به‌ویژه زنان چاق اندک و متناقض بود، بنابراین تحقیق حاضر به بررسی اثر تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر سطح آدیپوسایتوکاین‌های پیش‌التهابی (IL18 و IL10) و آدیپوکاین WISP1 زنان چاق پرداخته است.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی بوده است. شصت زن چاق ۳۰-۴۵ ساله‌ی استان گیلان به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس براساس نرم‌افزار جی‌پاور با توان ۰/۸۰ انتخاب شدند. درنهایت با تعداد ۴۸ نفر از زنان چاق تحقیق شروع شد (به‌علت اینکه برخی از آن‌ها تمایل به همکاری برای شرکت در برخی از آزمودنی‌ها نداشتند) و به‌طور تصادفی به چهار گروه دوازده نفره شامل یک گروه کنترل و سه گروه تجربی (تمرین تناوبی، تمرین تناوبی با مصرف مکمل سبوس برنج، مصرف مکمل سبوس برنج) تقسیم شدند. در ادامه دو نفر هم از گروه‌ها باتوجه به معیارهای خروج از تحقیق خارج شدند و هر گروه با ده نفر و در کل چهل نفر تحقیق را تا پایان ادامه دادند.

معیارهای ورود و خروج مطالعه

معیار ورود به تحقیق مبتلانی بودن به بیماری خاص،

که می‌تواند به‌عنوان ازبین‌برنده‌ی رادیکال‌های آزاد استفاده شود (۱۸). سبوس برنج محصول جانبی از آسیاب برنج سفید است که از لایه‌ی بیرونی هسته‌ی برنج تشکیل شده است. سبوس برنج ۱۲ تا ۱۶ درصد پروتئین، ۱۶ تا ۲۲ درصد چربی و ۸ تا ۱۲ درصد فیبر خام دارد (۱۹) و منبع غنی ویتامین‌ها و مواد معدنی مانند: تیامین، نیاسین، آلومینیوم، کلر، آهن، منیزیم، فسفر، پتاسیم، سیلیسیوم، سدیم و روی است. افزون بر آن، منبع غنی ویتامین E و دربردارنده‌ی چهار توکوترینول (آلفا، بتا، گاما، دلتا) و چهار توکوفرول (آلفا، بتا، گاما، دلتا) است. بیشترین میزان آن‌ها مربوط به آلفاتوکوفرول است که از طریق کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی‌عروقی، سرطان، چربی خون و دیگر بیماری‌ها، ویژگی‌های مناسبی در ارتقاء سلامتی دارد (۲۰). مطالعات قبلی درباره‌ی فواید مصرف سبوس برنج، نکاتی درباره‌ی کاهش لیپیدهای خون و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های آزمایشگاهی و میدانی گزارش داده‌اند (۱۸).

بررسی‌های مختلف حاکی از آن است که مواد آنتی‌اکسیدان دار به‌واسطه‌ی پتانسیل سنتز متابولیت‌های ثانوی مختلف دارویی می‌توانند به‌عنوان منبعی بالقوه از داروهای آنتی‌اکسیدان (پلی‌فنول‌های فلاونوئیدی، پلی‌فنول‌های غیرفلاونوئیدی، اسیدهای فنولی با دی‌ترین‌های فنولی مطرح شوند (۲۱). در حال حاضر از هزاران متابولیت ثانویه‌ی گیاهی به‌عنوان داروهای طبیعی (۳۵ درصد) برای پیشگیری و درمان بیماری‌های مختلف در بسیاری از کشورها استفاده می‌شود (۲۲). واکنش‌های اکسیداتیو به‌دلیل تولید رادیکال‌های آزاد، سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازند (۲۳). آنتی‌اکسیدان‌ها در بدن نقش خنثی‌سازی فعالیت‌های اضافی رادیکال‌های آزاد را برعهده دارند. رادیکال‌های آزاد به مولکول‌هایی اطلاق می‌شود که آخرین لایه‌ی الکترونی آن‌ها تکمیل نیست و به همین دلیل به‌لحاظ شیمیایی فعال‌تر از سایر مولکول‌ها هستند؛ درنتیجه، ساختمان و عمل سلول‌های بدنی را رادیکال‌های آزاد تخریب می‌کنند و باعث بروز پیری زودرس و بیماری‌هایی نظیر سرطان، تصلب شرائین، آسیب‌های مغزی، دیابت و... می‌شود. در سال‌های اخیر از منابع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مخصوص که سرشار از ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی هستند، بیشتر استفاده می‌شود (۲۴). از این رو این مواد به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و ضدالتهاب قوی طبیعی نقش مهمی را در پیشگیری و درمان بیماری‌ها، کاهش عوارض ناشی از مصرف

مصرف نکردن داروهای کاهنده‌ی وزن و مشارکت نداشتن در برنامه‌های تمرین ورزشی حداقل شش ماه قبل از ورود به مطالعه بود. معیارهای خروج شامل شرکت نکردن در سه جلسه‌ی متوالی تمرین یا چهار جلسه‌ی متناوب، آسیب دیدگی حین تمرینات ورزشی و ابتلا به بیماری بود. قبل از شروع تمرینات، جلسه‌ی توجیهی با حضور داوطلبان برای توضیح اهداف و روند انجام پژوهش و همچنین دریافت رضایت‌نامه تشکیل شد. همچنین قبل از شروع تمرینات، پزشک عمومی سلامتی افراد را بررسی کرد. ۴۸ ساعت قبل از شروع و ۲۴ ساعت پس از پایان تحقیق نمونه‌ی خون ناشتا جمع‌آوری شد.

روش تحقیق

گروه‌های مطالعه‌شده در پژوهش حاضر شامل:

۱. افراد گروه تمرین تناوبی با مصرف سبوس برنج که برنامه‌ی تمرینی تناوبی را انجام دادند و مکمل سبوس برنج مصرف کردند. شدت تمرین با ضربان قلب ذخیره و میزان درک فشارکنترل شد.
۲. افراد گروه مکمل سبوس برنج، سبوس برنج را در بسته‌های ده گرمی که از شرکت بیجار کاواترم تهیه شده بود، به مدت هشت هفته (روزانه دو نوبت) دریافت کردند.
۳. اعضای گروه تمرین تناوبی، برنامه‌ی تمرینی تناوبی شدید را با کنترل شدت تمرین براساس ضربان قلب ذخیره و درک فشار انجام دادند.
۴. اعضای گروه کنترل در هیچ برنامه‌ی تمرینی شرکت نداشتند و سبوس برنج هم مصرف نکردند.

نحوه‌ی مصرف سبوس برنج

گروه سبوس برنج و گروه تمرین تناوبی با مصرف سبوس برنج، بسته‌های ده گرمی مکمل سبوس برنج

تهیه‌شده از شرکت بیجار کاواترم را هشت هفته (روزانه دو نوبت) دریافت کردند. از آن‌ها خواسته شد که یک بسته را قبل از صرف صبحانه و یک بسته را قبل از صرف شام مصرف کنند و در صورت تمایل هر بسته ده گرمی را در ماست مصرفی معمولی خویش بریزند و میل کنند (۳۲). به آزمودنی‌ها درباره‌ی مصرف مواد غذایی توضیحات لازم داده شد و تأکید شد از مصرف غذاهای پرچرب و کربوهیدرات‌های ساده پرهیز کنند و یک رژیم غذایی متعادل را براساس هرم غذایی رعایت کنند. در همین رابطه دستورالعمل‌های لازم به صورت بروشور در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت.

پروتکل تمرین

پروتکل تمرینی، به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته در داخل سالن ورزشی با شرایط استاندارد (دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد) اجرا شد. سه هفته‌ی اول آماده‌سازی اولیه برای انجام تمرین تناوبی، به صورت تمرین‌های تداومی و تناوبی هوازی با شدت پایین و متوسط (پنجاه تا هشتاد درصد ضربان قلب ذخیره) بود (جدول ۱). از هفته‌ی چهارم تا نهم، تمرین تناوبی شدید به صورت دویدن (فعالیت) و راه رفتن (استراحت) بود. شدت کار هشتاد تا صد درصد ضربان قلب ذخیره در نظر گرفته شد (جدول ۲) گرم کردن به مدت پانزده دقیقه شامل کشش، دوی نرم و نرمش و سرد کردن به مدت ده دقیقه شامل کشش و راه رفتن بود (۳۳).

اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق

خون‌گیری در طی دو مرحله، قبل از شروع تمرینات و ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه‌ی تمرین، در ساعت هشت صبح به مقدار پنج سی‌سی و از ورید بازویی انجام شد.

جدول ۱. برنامه‌ی تمرینی آماده‌سازی

هفته	اول	دوم	سوم
تمرین‌های آماده‌سازی	تناوبی هوازی	تناوبی هوازی	تناوبی هوازی
شدت (ضربان قلب ذخیره)	۵۰ تا ۶۰ درصد و شاخص بورگ ۱۰ تا ۱۲	۶۰ تا ۷۰ درصد و شاخص بورگ ۱۲ تا ۱۴	۷۰ تا ۸۰ درصد و شاخص بورگ ۱۰ تا ۱۲
تعداد تکرار	سه تکرار ۵ دقیقه‌ای	پنج تکرار ۳ دقیقه‌ای	شش تکرار ۲ دقیقه‌ای
تعداد ست	دو	سه	پنج
استراحت غیرفعال	۱ تا ۲ دقیقه بین تکرار		۵ دقیقه بین ست
تعداد جلسه در هفته		چهار جلسه	
مجموع زمان (بدون احتساب گرم و سرد ردن)	۳۰ دقیقه	۴۵ دقیقه	۶۰ دقیقه

جدول ۲. برنامه‌ی تمرینی تناوبی شدید

هفته	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم
تمرین HIIT کار (دویدن) استراحت (راه رفتن)	۲۰ ثانیه ۱۶۰ ثانیه	۱۵۰:۲۰	۱۴۰:۲۰	۱۳۰:۲۰	۱۲۰:۲۰	۱۱۰:۲۰
شدت (ضربان قلب ذخیره)	۸۰ تا ۹۰ درصد و شاخص بورگ ۱۶ الی ۱۸					
تعداد تکرار	۴					
تعداد ست	۳	۴				
استراحت غیرفعال	۵ دقیقه غیرفعال					
تعداد جلسه در هفته	۴ جلسه					
مجموع زمان (بدون احتساب گرم و سردکردن)	۴۶	۴۴	۵۷	۵۵	۶۶/۶	۶۳

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه تمرین تناوبی شدید	گروه مکمل سبوس برنج	گروه ترکیبی	گروه کنترل
	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین
سن (سال)	۳۹/۰۰ $\pm$ ۴/۷۱	۳۷/۸۰ $\pm$ ۵/۸۸	۳۸/۵۰ $\pm$ ۳/۱۳	۳۸/۵۰ $\pm$ ۴/۳۷
قد (سانتیمتر)	۱/۵۷ $\pm$ ۰/۰۶	۱/۵۷ $\pm$ ۰/۰۶	۱/۵۹ $\pm$ ۰/۰۳۷	۱/۶۰ $\pm$ ۰/۰۶
وزن (کیلوگرم)	۸۴/۹۳ $\pm$ ۸/۳۰	۸۶/۱۰ $\pm$ ۸/۷۸	۸۶/۵۰ $\pm$ ۱/۹۰	۸۴/۰۰ $\pm$ ۹/۷۱

بررسی دوبه‌دوی گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تمام تحلیل محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه‌ی ۲۳ و در سطح معناداری $P \leq 0/05$ صورت گرفت.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد سن، وزن بدن و قد شرکت‌کنندگان در گروه‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است.

برای بررسی اثر تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر میزان پلاسمایی WISP1 زنان چاق از تحلیل کواریانس (ANCOVA) استفاده شد (جدول ۴). باتوجه به نتایج مشاهده شده می‌توان بیان کرد که فرض صفر (H_0) مبنی بر اینکه تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر سطح پلاسمایی WISP1 زنان چاق تأثیر معنی‌داری ندارد، رد شد و فرض تحقیق (H_1) پذیرفته شد.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که کاهش معنی‌داری بین دو گروه مداخله (گروه تمرین تناوبی و گروه ترکیبی) در مقایسه با گروه کنترل درباره‌ی متغیر WISP1 وجود دارد ($P < 0/001$) که میزان این

از آزمودنی‌ها درخواست شد که ده ساعت قبل از نمونه‌گیری خون، از مصرف مواد غذایی پرهیز کنند. نمونه‌های خونی جمع‌آوری شده با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ شد. سرم جدا شده تا زمان اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش، در فریزر ۸۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس سایتوکاین‌های پیش‌التهابی و ضد التهابی (IL10 و IL18) و آدیپوکاین WISP1 طبق دستورالعمل کیت تجاری شرکت سازنده (فن‌آوران بافت و ژن پاسارگاد) اندازه‌گیری شد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله منتج از رساله‌ی مقطع دکتری رشته‌ی علوم ورزشی با کد اخلاق IR.IAU.RASHT. REC.1402.023 است که در دانشگاه آزاد واحد رشت به تصویب رسیده است و دارای کار آزمایشی بالینی به شماره‌ی IRCT20230821059214N1 است.

روش‌های آماری

برای طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. داده‌های WISP1، IL18 و IL10 از توزیع طبیعی برخوردار بودند. درنتیجه از آزمون تحلیل کواریانس (ANCOVA) استفاده شد و برای

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس WISP1 در بین گروه‌های تحقیق

متغیرها	لون (p)	منابع تغییر	مجموع مجذورات	درجه‌ی آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری	توان آزمون	مجذور سهمی اتا
WISP1 (ng/ml)	۰/۳۹	پیش آزمون	۱۴/۳۱	۱	۱۴/۳۱	۲۱/۱۸	۰/۰۰۱	۰/۹۹۴	۰/۳۷۷
		گروه	۱۵۲/۹۷	۳	۵۰/۹۹	۷۵/۴۵	*۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۰/۸۶۶
		خطا	۲۳/۶۵	۳۵	۷۵/۴۵	-	-	-	-

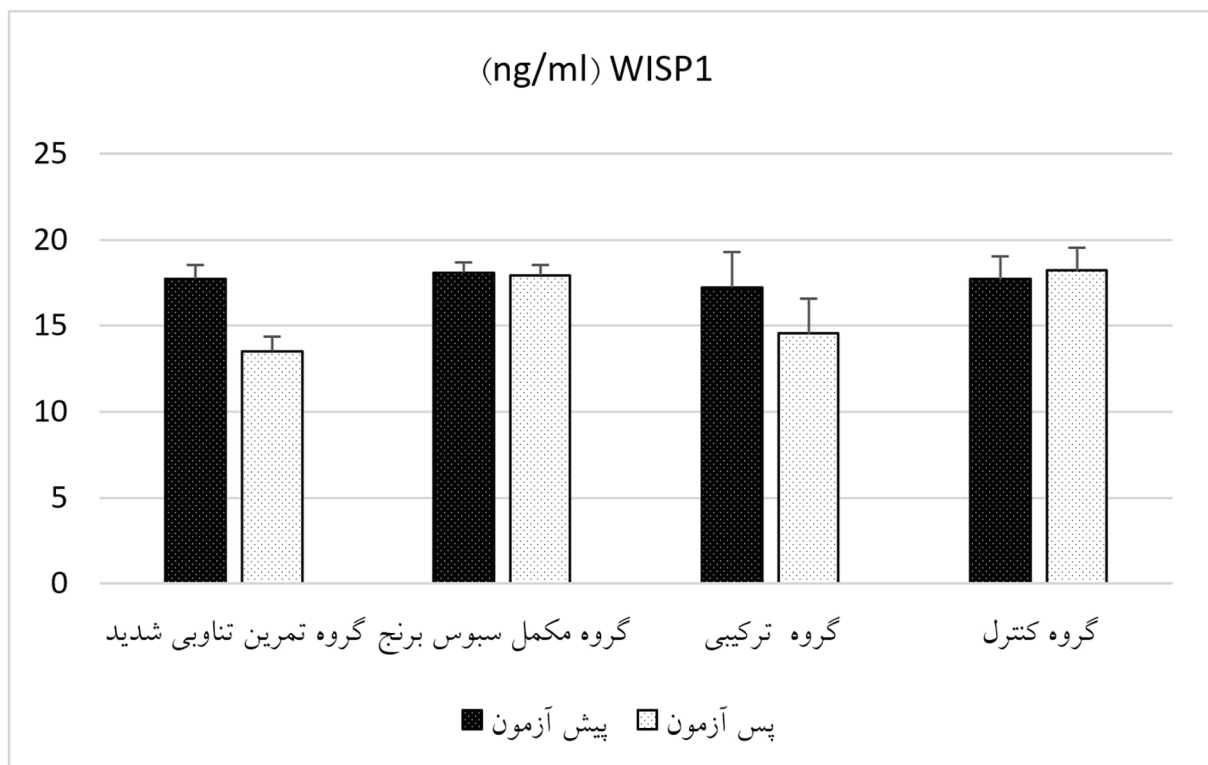
* نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$).

تأثیر معنی‌داری ندارد، رد شده و فرض تحقیق (H_1) پذیرفته می‌شود.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی کاهش معنی‌داری را بین دو گروه مداخله (گروه تمرین تناوبی و گروه ترکیبی) با گروه کنترل در رابطه با متغیر 18-IL نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$) که میزان این کاهش در گروه تمرین نسبت به گروه ترکیبی بیشتر است. همچنین درباره‌ی متغیر 18-IL بین گروه تمرین و گروه مصرف سبوس برنج ($P < ۰/۰۰۱$) تفاوت معنی‌داری وجود داشت و در نهایت بین دو گروه ترکیبی و مصرف سبوس برنج در ارتباط با متغیر 18-IL تفاوت معنی‌داری دیده شد ($P < ۰/۰۰۱$). بنابراین در مجموع می‌توان بیان کرد که تمرین تناوبی با شدت زیاد، کاهش معنی‌داری نسبت به ترکیب تمرین با مصرف سبوس برنج یا مصرف سبوس برنج به تنهایی بر متغیر 18-IL دارد. همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی افزایش

کاهش در گروه تمرین نسبت به گروه ترکیبی بیشتر است. همچنین درباره‌ی متغیر WISP1 بین گروه تمرین تناوبی و گروه مکمل سبوس برنج ($P < ۰/۰۰۱$) و گروه ترکیبی ($P < ۰/۰۱۱$) تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در نهایت بین دو گروه ترکیبی و مکمل سبوس برنج درباره‌ی متغیر WISP1 تفاوت معنی‌داری دیده شد ($P < ۰/۰۰۱$). بنابراین در مجموع می‌توان بیان کرد که تمرین تناوبی کاهش معنی‌دار بیشتری نسبت به ترکیب تمرین و مصرف سبوس برنج یا مصرف سبوس برنج به تنهایی بر متغیر WISP1 دارد (شکل ۱).

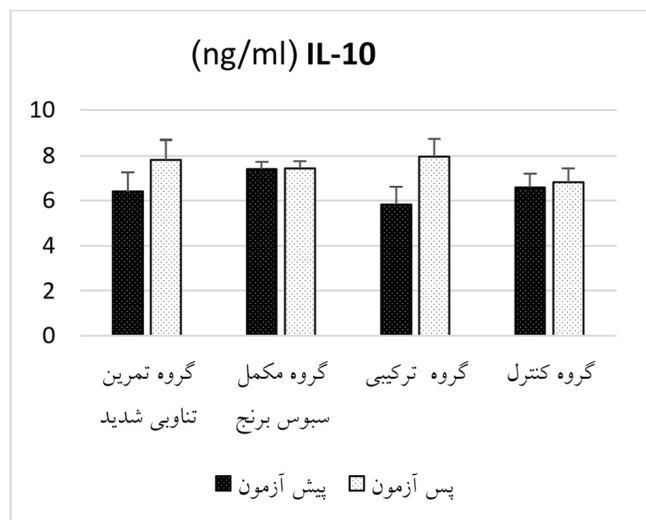
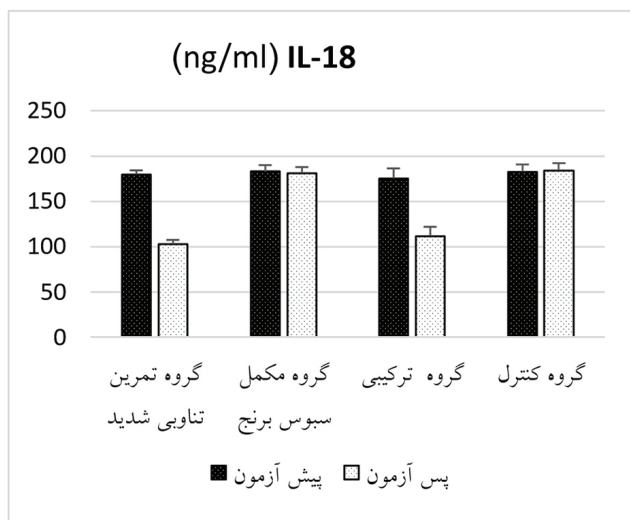
برای بررسی اثر تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر سطح پلاسمایی 18-IL و 10-IL زنان چاق از تحلیل کواریانس استفاده شد (جدول ۵).
باتوجه به نتایج، می‌توان بیان کرد که فرض صفر (H_0) مبنی بر اینکه تمرین تناوبی و مصرف سبوس برنج بر سطح پلاسمایی 18-IL و 10-IL زنان چاق



شکل ۱. نتایج WISP1 گروه‌های تحقیق

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس سطح پلاسمایی IL-18 و IL-10 در بین گروه‌های تحقیق

متغیرها	لون (p)	منابع تغییر	مجموع مجذورات	درجه‌ی آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری	توان آزمون	مجذور سهمی اتا
IL-18 (ng/ml)	۰/۴۲۰	پیش‌آزمون	۲۷/۸۲	۱	۲۷/۸۲	۰/۳۳۸	۰/۶۵۶	۰/۰۸۷	۰/۰۱۰
		گروه	۵۲۲۸۷/۵۲	۳	۱۷۴۲۹/۱۷	۲۱۱/۴۷	*۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۰/۹۴۸
		خطا	۲۸۸۴/۶۰	۳۵	۸۲/۴۱	-	-	-	-
IL-10 (ng/ml)	۰/۲۳۶	پیش‌آزمون	۰/۷۵۴	۱	۰/۷۵۴	۲/۸۹۷	۰/۰۹۸	۰/۳۸۰	۰/۰۷۶
		گروه	۸/۳۳	۳	۲/۷۷	۱۰/۶۷	*۰/۰۰۱	۰/۹۹۷	۰/۴۷۸
		خطا	۹/۱۱	۳۵	۰/۲۶	-	-	-	-

* نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$).

شکل ۲. نتایج IL-18 و IL-10 گروه‌های تحقیق

آدیپوکاین‌های پیش‌برنده‌ی التهاب است که از بافت چربی ترشح می‌شود و در فرایندهای مختلف سلولی از قبیل تکثیر، تمایز، آپوپتوز و چسبندگی نقشی مهم دارد و یک هدف بالقوه در توسعه‌ی چاقی و دیابت نوع دو نیز شناخته می‌شود (۳۲). مطالعات نشان می‌دهند که سطوح خونی آدیپوسایتوکین WISP1 در افراد چاق افزایش می‌یابد (۳۳-۳۵) و افزایش آن با افزایش شاخص توده‌ی بدنی و افزایش IL18 متناسب است (۳۴، ۳۵) و بیان mRNA آن در بافت چرب احشایی بیشتر از بافت چرب زیرجلدی است (۳۳، ۳۶). افزون‌بر این بیان WISP1 در بافت چربی زنان چاق پس از یک دوره‌ی کاهش وزن ناشی از رژیم غذایی، کاهش می‌یابد و تمایل به کاهش سطوح خونی WISP1 مشاهده‌شده در این افراد با کاهش بیان WISP1 در بافت چرب مرتبط است، همچنین بیان آن همبستگی منفی با حساسیت به انسولین، میزان گردش آدیپونکتین و محتوای چربی احشایی دارد که نشان می‌دهد WISP1 ممکن است یک نشانگر مفید از تجمع چربی احشایی و مقاومت

معنی‌داری بین دو گروه مداخله (گروه تمرین تناوبی و گروه ترکیبی) با گروه کنترل در رابطه با متغیر IL-10 نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$) که میزان این افزایش در گروه ترکیبی نسبت به گروه تمرین بیشتر است. همچنین بین دو گروه ترکیبی و مصرف سبوس برنج برای متغیر IL-10 تفاوت معنی‌داری دیده شد ($P < ۰/۰۴۴$). بنابراین در مجموع می‌توان بیان کرد که ترکیب تمرین و مصرف سبوس برنج افزایش معنی‌دار بیشتری نسبت به تمرین تناوبی و یا مصرف سبوس برنج به تنهایی بر متغیر IL10 دارد (شکل ۲).

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که تمرینات تناوبی با و بدون مصرف سبوس برنج سبب کاهش میزان WISP1 در زنان چاق می‌شود، اما مصرف سبوس برنج به تنهایی روی این متغیرها تأثیر ندارد. WISP1 که عمدتاً در بافت چربی احشایی بیان می‌شود، از جمله

دارند؛ این احتمال وجود دارد که در این مطالعه اجرای تمرین تناوبی واسطه‌ی کاهش وزن بدن ناشی از کاهش توده‌ی چربی، سبب کاهش سطوح سرمی WISP1 و التهاب شده باشد.

بیان mRNA WISP1 در بافت چربی احشایی و زیرپوستی با نفوذ ماکروفاژها ارتباط دارد. به‌طوری که WISP1 ضمن افزایش mRNA سایتوکاین‌های پیش‌التهابی همچون اینترلوکین-6، پروتئین واکنش‌گر C (CRP) و TNF- α ، قطبیت ماکروفاژها را به فنوتیپ پیش‌التهابی تغییر می‌دهد (۳۶) و بنابراین سبب گسترش التهاب می‌گردد. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که اجرای هشت هفته تمرین تناوبی با کاهش معنی‌دار سطوح سرمی TNF- α در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل همراه بود. از آنجاکه TNF- α از بافت چربی و عمدتاً از ماکروفاژهای التهابی ترشح می‌شود (۴۲)، دور از انتظار نیست که باتوجه‌به رابطه‌ی مثبت بین WISP1 و TNF- α (۳۴) شاهد کاهش توأمان WISP1 و TNF- α به‌دنبال تمرینات تناوبی با و بدون مصرف مکمل سبوس برنج باشیم.

این احتمال وجود دارد تغییرات WISP1 به‌نوبه‌ی خود نمایانگر تغییرات بافت چربی احشایی در نمونه‌های پژوهش‌شده در مطالعه‌ی حاضر باشد. طبق بررسی‌های صورت‌گرفته در متون علمی تاکنون تأثیر تمرینات ورزشی بر سطوح WISP1 چندان بررسی نشده است. بااین‌حال، یکی از عوامل احتمالی مؤثر بر تغییرات سطوح خونی این آدیپوکین، تغییرات شاخص توده‌ی بدنی (۳۱، ۳۲) ذکر شده است. این امر نشان می‌دهد که مکانیسمی فراتر از تغییرات این شاخص‌ها بر تغییرات سطوح سرمی WISP1 مؤثر است و سطوح این آدیپوکین می‌تواند مستقل از تغییرات شاخص توده‌ی بدنی تغییر کند. بنابراین برای روشن‌شدن مکانیسم‌های درگیر در تأثیر تمرین‌های ورزشی بر سطوح WISP1 مطالعات بیشتری در این زمینه لازم است. به‌طور خلاصه تمرین‌های تناوبی با و بدون مصرف مکمل سبوس برنج توانست از افزایش سطوح سرمی WISP1 و شاخص IL₈ در زنان چاق جلوگیری کند. بااین‌حال، مکانیسمی که تمرین‌های ورزشی به موجب آن باعث کاهش سطوح سرمی WISP1 می‌گردد هنوز به‌خوبی مشخص نشده است و پژوهش‌های بیشتری را در آینده برای روشن‌شدن ابهامات پیش رو می‌طلبد.

در تحقیق حاضر اینترلوکین ۱۸ در اثر تمرین تناوبی با و بدون مصرف سبوس برنج افزایش یافت. تمرین ورزشی با کاهش تولید پایه‌ی اینترلوکین IL18 همراه است و

به انسولین باشد. WISP1 تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی ازجمله IL-6، IL-1 β ، TNF- α را در ماکروفاژها به‌صورت وابسته به دوز افزایش می‌دهد؛ همچنین همبستگی مثبتی با نفوذ ماکروفاژها در بافت چربی زیرجلدی و احشایی دارد (۳۶). هم‌سو با تحقیق حاضر اشتهازدی و همکاران، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که تمرین‌های مقاومتی دایره‌ای با شدت بالاتر در مقایسه با شدت‌های کم و متوسط در تعدیل سطوح آدیپوکاین‌های التهابی در زنان چاق و یائسه مؤثرترند (۳۷). از طرف دیگر کرمانی و همکاران در تحقیق خود اشاره کردند که WISP1 در گروه‌های تمرین مقاومتی و تمرین مقاومتی دایره‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (۳۸). ناهم‌سو با تحقیق حاضر مطالعه‌ی بحرینی و همکاران بود که نشان دادند هشت هفته تمرین هوازی مداومی و تناوبی تأثیر معنی‌داری بر WISP1 دختران دارای اضافه‌وزن و چاق ندارند (۳۹). احتمالاً نوع و شدت تمرینات و نمونه‌های مطالعه‌شده علت ناهم‌سویی باشد. بارچتا و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که در افراد با سطوح پلاسمایی بالای IL-8، IL-6، TNF- α سطوح پلاسمایی بالاتری از WISP1 نیز مشاهده می‌شود (۳۴). افزون‌بر این هوربلیت و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که بیان WISP1 و سطوح خونی آن حتی پس از تعدیل سن و شاخص توده‌ی بدنی با متغیرهای منعکس‌کننده‌ی IR و التهاب بافت چربی مرتبط است و افزون‌بر این در سلول‌های عضله‌ی اسکلتی و کبدی، WISP1 نوترکیب از طریق مهار فسفوریلاسیون گیرنده‌ی انسولین، پروتئین‌کیناز B^v و سوبستراهای آن، گلیکوزن سنتازکیناز ۳-بتا^۷، پروتئین جعبه‌ی سرچنگالی O1^۹ FOXO1 و پروتئین ریبوزومی S6 کیناز ۱-بتا^{۱۰} و مهار سنتز گلیکوزن تحریک‌شده با انسولین و همچنین سرکوب ژن‌های گلوکوکورتیک، موجب اختلال در عملکرد انسولین می‌شود (۳۳). یافته‌های مطالعه‌ی حاضر نیز نشان داد که هشت هفته تمرینات تناوبی شدید می‌تواند روند افزایشی WISP1 را معکوس کند. به عبارت دیگر کاهش درصد چربی بدن با کاهش در سطح سرمی WISP1 هم‌راستا بود. موافق با تحقیق حاضر محققان ارتباط مثبت معنی‌داری بین WISP1 و درصد چربی بدن را گزارش کردند (۴۰). از آنجاکه تمرین ورزشی با تعدیل مسیرهای التهابی همراه است (۴۱) و مطالعات انجام‌شده نیز بر ارتباط منفی بین WISP1 و شاخص‌های ترکیب بدن اذعان

7. Protein kinase B

8. Glycogen synthases kinase 3 β

9. Forkhead box protein O1; FOXO1

10. Ribosomal protein S6kinase 1 β

چاق و دارای اضافه وزن انجام گیرد. همچنین پیشنهاد می شود تأثیر فعالیت ورزشی با مکمل سبوس برنج با رعایت کامل برنامه ی رژیم غذایی بررسی شود.

محدودیت پژوهش

یادآمد غذایی آزمودنی ها اجرا شد؛ اما رژیم غذایی آزمودنی ها به طور کامل کنترل شدنی نبود. مکانیسم های سلولی و مولکولی کاهش سطوح سرمی WISP1 کنترل شدنی نبود. استرس و شرایط روانی آزمودنی ها در هنگام آزمون گیری و تمرین کنترل شدنی نبود.

پیشنهادهای پژوهش

پیشنهاد می شود مکانیسم های سلولی و مولکولی که تمرینات ورزشی باعث کاهش سطوح سرمی WISP1 می شود بررسی شود. پیشنهاد می شود تأثیر تمرین ورزشی با مکمل سبوس برنج با رعایت کامل رژیم غذایی بررسی شود.

نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اجرای تمرین تناوبی با و بدون مصرف سبوس برنج با کاهش معنی دار سطح در گردش سایتوکاین های پیش التهابی WISP1 و IL18 و افزایش سایتوکاین ضد التهابی IL10 در زنان چاق همراه است. مطالعه ی حاضر نشان داد که احتمالاً تمرین تناوبی بتواند از طریق کاهش سایتوکاین های پیش التهابی باعث کاهش درصد چربی در زنان چاق گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات همه ی کسانی که با همکاری آن ها امکان انجام این پژوهش فراهم شد، تقدیر و تشکر می شود.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

این کاهش نشانه ی سازگاری طبیعی تمرینات ورزشی است. شواهد نشان می دهد که افزایش تجمع چربی در بافت چربی احشایی، کبد و عضلات اسکلتی ممکن است موجب تشدید التهاب سیستمیک و متعاقب آن فعال سازی یک شبکه از مسیرهای التهابی در توسعه ی مقاومت به انسولین و بیماری های مزمن شود (۴۳). تمرین ورزشی ممکن است حداقل در بخشی، از طریق مهار TNF- α موجب افزایش حساسیت به انسولین شود. IL18 با التهاب مزمن همراه با چاقی و دیابت نوع ۲ ارتباط دارد. در چاقی سلول های ایمنی بافت چربی به عنوان منبع اصلی در گردش IL18 عمل می کند. بر این اساس، IL18 به عنوان شروع کننده ی مقاومت به انسولین عمل می کند. با وجود این، شواهد روبه رشد نشان می دهد که IL18 به عنوان تنظیم کننده ی هومئوستازی متابولیسم انرژی و گلوکز عمل می کند (۴۴).

در تحقیق حاضر، اینترلوکین ۱۰ در اثر تمرین تناوبی با و بدون مصرف سبوس برنج افزایش یافت. تحقیقات نشان داده است که IL10 در فرایند تمرین افزایش می یابد و رهایی آن در پاسخ به اینترلوکین ۶ است (۴۵). IL10 در تنظیم ایمنی بدن نقش دارد و همچنین پاسخ ضد التهابی به تمرین دارد. به نظر می رسد که IL10 سایتوکاین ها را از طریق مهار مستقیم سایتوکاین های پیش التهابی و همچنین جلوگیری از سنتز این سایتوکاین ها مهار می کند (۴۶). IL10 می تواند NF-KB، فاکتور رونویسی که تنظیم کننده ی اصلی سیستم ایمنی است را مسدود کند و در نتیجه باعث می شود از تولید سایتوکاین های پیش التهابی جلوگیری شود (۴۷). IL10 از تولید سایتوکاین های مثل TNF α و اینترلوکین ۱ بتا جلوگیری می کند که عاملی مهم در تمرین است حتی با این این که IL6 سطح بالایی دارد (۴۸).

باتوجه به نتایج به دست آمده و محدودیت های تحقیق حاضر، پیشنهاد می شود که مکانیسم هایی که تمرین های ورزشی به موجب آن باعث کاهش سطوح سرمی WISP1 و در نهایت کاهش ترکیب بدن می شوند اما هنوز به خوبی مشخص نشده اند نیز بررسی شود. پیشنهاد می شود پژوهش های پیگیری برای بررسی تأثیر فعالیت ورزشی و سبوس برنج بر افراد

منابع

1. Liu Y, Zhang H, Xu R. The impact of technology on promoting physical activities and mental health: a gender-based study. *BMC Psychol.* 2023;11(1):298-305.
2. Liu H, Li X, Liu P, Zhao H, Lin L, Tse G, et al. Obesity and physical inactivity are associated with increased risks of cardiac conduction disease: a report from the Kailuan Cohort Study. *npj Cardiovasc Health.* 2024;1(1):9-16.
3. Lu L, Zhao D, Li C, Sun Y, Geng F, Zhang S, et al. The role of periodontitis in the development of atherosclerotic cardiovascular disease in participants with the components of metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2024;28(6):339-47.
4. Rosengren A. Obesity and cardiovascular health: the size of the problem. *Eur Heart J.* 2021;42(34):3404-6.
5. Morais JBS, Dias T, Cardoso BEP, de Paiva Sousa M, Sousa TGV, Araujo DSC, et al. Adipose tissue dysfunction: impact on metabolic changes? *Horm Metab Res.* 2022;54(12):785-94.
6. Kosmas CE, Bousvarou MD, Kostara CE, Papakonstantinou EJ, Salamou E, Guzman E. Insulin resistance and cardiovascular disease. *J Int Med Res.* 2023;51(3):305231164548.
7. Liu LC, Xu ST, Li L. WISP1 is increased in the maternal serum, adipose tissue, and placenta of women with gestational diabetes mellitus. *Int J Diabetes Dev Ctries.* 2022;42(2):269-75.
8. Cao C, Yuan J, Gilbert ER, Cline MA, Lam F, Li KC, et al. Increased circulating interleukin concentrations in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *medRxiv.* 2024:2024.04.13.24305775.
9. Cheng Y, Du X, Zhang B, Zhang J. Increased serum WISP1 levels are associated with lower extremity atherosclerotic disease in patients with type 2 diabetes mellitus. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2022;130(4):248-53.
10. Ma X, Cao Z, Zhu Z, Chen X, Wen D, Cao Z. VO(2)max (VO(2)peak) in elite athletes under high-intensity interval training: a meta-analysis. *Heliyon.* 2023;9(6):e16663.
11. McGregor G, Powell R, Begg B, Birkett ST, Nichols S, Ennis S, et al. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: a multi-centre randomized controlled trial. *Eur J Prev Cardiol.* 2023;30(9):745-55.
12. Yin M, Chen Z, Nassis GP, Liu H, Li H, Deng J, et al. Chronic high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training are both effective in increasing maximum fat oxidation during exercise in overweight and obese adults: a meta-analysis. *J Exerc Sci Fit.* 2023;21(4):354-65.
13. Alahmadi MA. High-intensity interval training and obesity. *J Nov Physiother.* 2014;4(3):211.
14. Amorim Oliveira GT, Elsangedy HM, Pereira DC, de Melo Silva R, Campos Faro HK, Bortolotti H, et al. Effects of 12 weeks of high-intensity interval, moderate-intensity continuous and self-selected intensity exercise training protocols on cognitive inhibitory control in overweight/obese adults: a randomized trial. *Eur J Sport Sci.* 2022;22(11):1724-33.
15. Sanca-Valeriano S, Espinola-Sanchez M, Caballero-Alvarado J, Canelo-Aybar C. Effect of high-intensity interval training compared to moderate-intensity continuous training on body composition and insulin sensitivity in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Heliyon.* 2023;9(10):e20402.
16. Men J, Zou S, Ma J, Xiang C, Li S, Wang J. Effects of high-intensity interval training on physical morphology, cardiorespiratory fitness and metabolic risk factors of cardiovascular disease in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2023;18(5):e0271845.
17. Moghadam MH, Imenshahidi M, Mohajeri SA. Antihypertensive effect of celery seed on rat blood pressure in chronic administration. *J Med Food.* 2013;16(6):558-63.
18. Clemente-Suarez VJ, Bustamante-Sanchez A, Mielgo-Ayuso J, Martinez-Guardado I, Martin-Rodriguez A, Tornero-Aguilera JF. Antioxidants and sports performance. *Nutrients.* 2023;15(10):2256.
19. Pourali O. Production of valuable materials from rice bran biomass using subcritical water [Thesis]. Osaka: Osaka Prefecture University; 2010.
20. Parrado J, Miramontes E, Jover M, Gutierrez

- JF, de Teran LC, Bautista J. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. *Food Chem.* 2006;98(4):742-8.
21. Sun W, Shahrajabian MH. Therapeutic potential of phenolic compounds in medicinal plants—natural health products for human health. *Molecules.* 2023;28(4):1845.
 22. Suzuki K, Jayasena CN, Bloom SR. Obesity and appetite control. *Exp Diabetes Res.* 2012;2012:824305.
 23. Keita K, Darkoh C, Okafor F. Secondary plant metabolites as potent drug candidates against antimicrobial-resistant pathogens. *SN Appl Sci.* 2022;4(8):209.
 24. Chaudhary P, Janmeda P, Docea AO, Yeskaliyeva B, Abdull Razis AF, Modu B, et al. Oxidative stress, free radicals and antioxidants: potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases. *Front Chem.* 2023;11:1158198.
 25. dos Santos Alves MJ, Dalsasso RR, Valencia GA, Monteiro AR. Natural antioxidants. In: *Natural additives in foods.* Cham: Springer; 2022. p. 33-67.
 26. Sadeghi Z, Valizadeh J, Shermeh OA, Akaberi M. Antioxidant activity and total phenolic content of *Boerhavia elegans* (Choisy) grown in Baluchestan, Iran. *Avicenna J Phytomed.* 2015;5(1):1-8.
 27. Srivastava S, Bisht A, Laxmaiah A, Seetha A. Global health challenges: nutrition and management. Boca Raton: CRC Press; 2024.
 28. Leggate M, Carter WG, Evans MJ, Vennard RA, Sribala-Sundaram S, Nimmo MA. Determination of inflammatory and prominent proteomic changes in plasma and adipose tissue after high-intensity intermittent training in overweight and obese males. *J Appl Physiol* (1985). 2012;112(8):1353-60.
 29. Gerosa-Neto J, Antunes BM, Campos EZ, Rodrigues J, Ferrari GD, Rosa Neto JC, et al. Impact of long-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training on subclinical inflammation in overweight/obese adults. *J Exerc Rehabil.* 2016;12(6):575-80.
 30. Fyfe JJ, Bishop DJ, Zacharewicz E, Russell AP, Stepto NK. Concurrent exercise incorporating high-intensity interval or continuous training modulates mTORC1 signaling and microRNA expression in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2016;310(11):R1297-311.
 31. Lee S, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, Arslanian S. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys: a randomized, controlled trial. *Diabetes.* 2012;61(11):2787-95.
 32. Cervantes J, Hernández J. Effect of high-intensity and concurrent training in body composition in Costa Rican overweight and obese women. *Arch Sports Med.* 2017;1(2):65-74.
 33. Davies SR, Davies ML, Sanders A, Parr C, Torkington J, Jiang WG. Differential expression of the CCN family member WISP-1, WISP-2 and WISP-3 in human colorectal cancer and the prognostic implications. *Int J Oncol.* 2010;36(5):1129-36.
 34. Horbelt T, Tacke C, Markova M, Herzfeld de Wiza D, Van de Velde F, Bekaert M, et al. The novel adipokine WISP1 associates with insulin resistance and impairs insulin action in human myotubes and mouse hepatocytes. *Diabetologia.* 2018;61(9):2054-65.
 35. Barchetta I, Cimini FA, Capoccia D, De Gioannis R, Porzia A, Mainiero F, et al. WISP1 is a marker of systemic and adipose tissue inflammation in dysmetabolic subjects with or without type 2 diabetes. *J Endocr Soc.* 2017;1(6):660-70.
 36. Tacke C, Aleksandrova K, Rehfeldt M, Murahovschi V, Markova M, Kemper M, et al. Assessment of circulating Wnt1 inducible signalling pathway protein 1 (WISP-1)/CCN4 as a novel biomarker of obesity. *J Cell Commun Signal.* 2018;12(3):539-48.
 37. Sadeghi Eshtehardi F, Peeri M, Azarbayjani MA. The effect of different intensity circuit resistance training on the levels of selected adipokines (WISP-1, WISP-2, BMP4) in obese postmenopausal women. *Razi J Med Sci.* 2022;28(12):15-27.
 38. Kermani S, Abbassi Daloui A, Abdi A, Saeidi A. The effect of resistance training on hormones secreted from the adipose tissue (WISP-1 and WISP-2) in obese men. *Ebnescina.* 2022;24(3):15-24.
 39. Bahreini A, Fathi R. Comparing the effect of eight weeks of interval and continuous aerobic training on serum levels of WISP1 and TNF- α in overweight/obese girls. *J Sports Biomotor Sci.* 2017;9(18):1-12.

40. Murahovschi V, Pivovarova O, Ilkavets I, Dmitrieva RM, Docke S, Keyhani-Nejad F, et al. WISP1 is a novel adipokine linked to inflammation in obesity. *Diabetes*. 2015;64(3):856-66.
41. Klimontov VV, Bulumbaeva DM, Fazullina ON, Lykov AP, Bgatova NP, Orlov NB, et al. Circulating Wnt1-inducible signaling pathway protein-1 (WISP-1/CCN4) is a novel biomarker of adiposity in subjects with type 2 diabetes. *J Cell Commun Signal*. 2020;14(1):101-9.
42. Ahmad R, Al-Mass A, Al-Ghawas D, Shareif N, Zghoul N, Melhem M, et al. Interaction of osteopontin with IL-18 in obese individuals: implications for insulin resistance. *PLoS One*. 2013;8(5):e63944.
43. Montgomery MK, Turner N. Mitochondrial dysfunction and insulin resistance: an update. *Endocr Connect*. 2015;4(1):R1-15.
44. Esser N, Legrand-Poels S, Piette J, Scheen AJ, Paquot N. Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2014;105(2):141-50.
45. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev*. 2008;88(4):1379-406.
46. Ostrowski K, Rohde T, Asp S, Schjerling P, Pedersen BK. Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. *J Physiol*. 1999;515(1):287-91.
47. Driessler F, Venstrom K, Sabat R, Asadullah K, Schottelius AJ. Molecular mechanisms of interleukin-10-mediated inhibition of NF-kappaB activity: a role for p50. *Clin Exp Immunol*. 2004;135(1):64-73.
48. Rehman J, Mills PJ, Carter SM, Chou J, Thomas J, Maisel AS. Dynamic exercise leads to an increase in circulating ICAM-1: further evidence for adrenergic modulation of cell adhesion. *Brain Behav Immun*. 1997;11(4):343-51.