Journal of Sport and Exercise Physiology

2024, 17(4), ?-?

Original Article

The effect of eight weeks of high-intensity interval training on Castelli 1 and 2 and atherogenic in inactive obese and normal weight women

Vahid Sari-Sarraf, Javad Vakili, Marjan Fakhri Kaleybar

Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

نسخه پیش انتشار

Abstract

Background and Purpose: Obesity is associated with cardiovascular diseases, and middle-aged women are more prone to obesity. Some new lipid composition indices have been identified to predict the risk of cardiovascular diseases. Therefore, the aim of the present study was the effect of eight weeks of high-intensity interval training (HIIT) on lipid profile that are risk factors for cardiovascular diseases in inactive middle-aged obese and normal weight women.

Materials and Methods: Twenty-four women aged 30 to 45, healthy, inactive, with normal weight (NG) and obese (OG) were placed in two experimental groups (n=12) in a semi-experimental design. Subjects participated in a HIIT protocol that consisted of 3 sessions per week of body weight movements at 8 stations for 20 seconds of activity and 10 seconds of rest at each station. The number of training rounds was 4 to 7 rounds, which was increased every two weeks and performed with an intensity of 90% HRmax for the activities and for 8 weeks. Blood sampling was taken in two phases before and after the test, after 12 hours of fasting on days 14 to 16 of menstruation and 48 hours after the last training session. Body composition characteristics (Height, weight, body mass index, body fat percentage, body fat mass) and blood lipids (to determine the Castelli risk indices 1 and 2 and plasma atherogenic index, atherogenic index) were measured. Analysis of variance with repeated measurements used to related comparisons at a significance level of $P < 0.05$.

Results: Eight weeks of high-intensity interval training caused a significant decrease in body mass index, body fat percentage and body fat mass in both groups ($P<0.05$). Also, the ratio of waist circumference to hip circumference (WHR) in NG had a significant decrease ($P<0.05$), but this decrease in OG was not significant ($P>0.05$). Castelli risk index -II in OG group caused a significant decrease ($P<0.05$) and there were no significant decrease in plasma atherogenic variables, atherogenic and Castelli risk index-I ($P<0.05$). In the NG group, there was a significant decrease in all variables (weight, body mass index, body fat percentage, body fat mass and Castelli risk indices 1 and 2 and plasma atherogenic index, atherogenic index) compared to the pre-test ($P<0.05$).

Conclusion: High-intensity interval training, despite low training volume, may be beneficial in improving lipid risk indices in middle-aged women. It reduces the risk of cardiovascular diseases and could be used as a non-pharmacological method to reduce blood lipids and then cardiovascular diseases.

Keywords: High Intensity Interval Training, Castelli risk index, Atherogenic index, obesity

How to cite this article: Sari-Sarraf V, Vakili J, Fakhri Kaleybar M. The effect of eight weeks of high-intensity interval training on Castelli 1 and 2 and atherogenic in inactive obese and normal weight women. J Sport Exerc Physiol. 2024;17(4):?-?.

*Corresponding Author's E-mail: sarraf@tabrizu.ac.ir

https://doi.org/ 10.48308/joeppa.2024.236660.1290

Received: 29/08/2024 Revised: 25/09/2024 Accepted: 30/09/2024
Copyright: © 2024 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

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۴، صفحه های ؟-؟

مقاله پژوهشی

تاثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا بر شاخص های کاستلی ۱و ۲ و آتروژنیک در زنان با وزن طبیعی و چاق غیر فعال

وحید ساری صرّاف* ، جواد وکیلی، مرجان فخری کلیبر

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

نسخه پیش انتشار

چکیده

زمینه و هدف: چاقی با بیماری‌های قلبی _عروقی مرتبط بوده و دراین‌بین زنان در سنین میان‌سالی بیشتر در معرض چاقی قرار دارند. برخی شاخص‌های مرکب لیپیدی جدید برای پیش‌بینی خطر بیماری‌های قلبی _ عروقی شناسایی شده‌اند و لذا هدف پژوهش حاضر تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر روی شاخص‌های لیپیدی خطرساز بیماری‌های قلبی _عروقی در زنان با وزن طبیعی و چاق میان‌سال غیرفعال بود.

مواد و روش‌ها: در یک طرح نیمه‌تجربی ۲۴ زن با رده سنی ۳۰ تا ۴۵ ساله سالم غیر فعال با وزن طبیعی(NG) و چاق(OG) در دو گروه آزمایشی ۱۲ نفری قرار گرفتند. آزمودنی ها در یک پروتکل HIIT که بصورت ایستگاهی و ۳ جلسه در هفته شامل حرکات با وزن بدن در ۸ ایستگاه به مدت فعالیت ۲۰ ثانیه و ۱۰ ثانیه استراحت در هر ایستگاه انجام شد. تعداد دورهای تمرینی ۴ تا ۷ دور که هر دو هفته یکبار افزایش داشته و با شدت ۹۰٪HRmax برای فعالیت ها و به مدت ۸ هفته انجام گرفت. خونگیری دو مرحله ی پیش و پس آزمون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در بازه زمانی روزهای ۱۴ -۱۶ دوره قاعدگی و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین صورت پذیرفت. داده های ترکیب بدنی(قد، وزن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن، توده چربی بدن) و لیپیدهای خون(برای تعیین شاخص های کاستلی ۱و ۲ و شاخص آتروژنیک پلاسما، شاخص آتروژنیک) اندازه گیری شد. از آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر برای مقایسه های مربوطه در سطح معنی داری۰/۰۵ >P استفاده شد.

نتایج: هشت هفته HIIT باعث کاهش معنی‌دار در شاخص‌های توده بدنی و درصد چربی بدن و توده چربی بدن در هر دو گروه شد (P <۰/۰۵)، همچنین نسبت دور کمر به باسن در NG کاهش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) ولی در OG این کاهش غیرمعنی‌دار بود (P>۰/۰۵). شاخص خطرکاستلی II در گروه OG کاهش معنی‌دار بود (P <۰/۰۵) و در متغیرهای شاخص آتروژنیک پلاسما، شاخص

آتروژنیک و شاخص خطرکاستلی I کاهش غیرمعنی‌دار بود (P>۰/۰۵)، در گروهNG در همه متغیرها (وزن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن، توده چربی بدن و شاخص‌های کاستلی ۱ و ۲ و شاخص آتروژنیک پلاسما، شاخص آتروژنیک) کاهش معنی‌داری نسبت به‌پیش آزمون وجود داشت (P <۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: تمرینات تناوبی با شدت بالا باوجود حجم کم تمرینات احتمالاً می‌تواند در بهبود شاخص‌های خطر چربی مرکب خون زنان میان‌سال مفید بوده، خطر بیماری‌های قلبی_عروقی در آنها را کاهش داده و به‌عنوان یک روش غیردارویی برای کاهش چربی خون و به دنبال آن بیماری قلبی _عروقی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: تمرینات با شدت بالا، شاخص کاستلی، شاخص آتروژنیک، چاقی

نحوهٔ استناد به این مقاله: ساری صرّاف و، وکیلی ج، فخری کلیبر م. تاثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا بر شاخص های کاستلی ۱و ۲ و آتروژنیک در زنان با وزن طبیعی و چاق غیر فعال. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۳؛۱۷(۴):؟-؟.

* رایانامه نویسنده مسئول:sarraf@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۷/۰۹

نسخه پیش انتشار

مقدمه

تعداد افراد بزرگسالان و کودکان چاق در سراسر جهان رو به افزایش بوده و چاقی در حال حاضر یک اپیدمی جهانی است. سالانه حدود ۲/۸میلیون نفر به دلیل اضافه وزن یا چاقی جان خود را از دست می دهند. چاقی با بیماری های متعددی از جمله فشار خون بالا، بیماری قلبی عروقی(CVD)، دیابت نوع ۲(T2D)، کلسترول خون بالا، هیپرتری گلیسریدمی، بیماری کبد چرب غیرالکلی و سرطان و حتی ایجاد بیماری شدید پس از عفونت با ویروس ها ارتباط دارد(۱). طبق گزارش های سازمان جهانی بهداشت، چاقی ۱۵ درصد زنان را تحت تاثیر قرار می دهد و اثرات طولانی مدتی بر سلامت زنان دارد(۲). بیماری های قلبی عروقی علت اصلی مرگ و میر در آسیا هستند. از میان ۱۸/۶ میلیون مرگ ناشی از بیماری های قلبی عروقی در سراسر جهان در سال ۲۰۱۹، ۵۸ درصد آن مربوط به آسیا است. بیماری های قلبی عروقی در آسیا در سال ۲۰۱۹ باعث مرگ ۱۰/۸ میلیون نفر شد که تقریباً ۳۵٪ از کل مرگ و میرهای آسیا بود(۳).

چاقی منجر به تغییرات در پروفایل چربی خون شده و رابطه مستقیمی بین افزایش مزمن سطح کلسترول (دیس لیپیدمی) و افزایش خطر بیماری های قلبی عروقی وجود دارد(۴, ۵). بیماری عروق کرونر (CAD) شایع ترین اختلال قلبی عروقی است که خطر بزرگی را برای افراد در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه ایجاد می کند. در آغاز قرن بیستم، CADیک علت غیر معمول مرگ بود. مرگ و میر ناشی از CAD در اواسط دهه ۱۹۶۰ به اوج خود رسید و سپس کاهش یافت؛ با این حال، هنوز علت اصلی مرگ و میر در سراسر جهان است(۶). پس از تعدیل جمعیت، سیگار کشیدن، عدم فعالیت بدنی و مصرف الکل احتمال ابتلا به بیماری عروق کرونر قلب در بیماران چاق دو برابر بیشتر است(۷). دیس لیپیدمی، به ویژه افزایش سطح کلسترول تام (TC)، تری گلیسیرید (TG)، کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL-C) و کاهش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL-C)، به طور گسترده با شروع و پیشرفت CAD مرتبط است(۸). اگرچه پارامترهای لیپیدی سنتی (به ویژه LDL-C) نقش کلیدی را در ارزیابی خطر بیماریهای قلبی عروقی ایفا کردند، اما نتوانستند نیازهای بررسی عمیق در مورد متابولیسم پیچیده قلبی عروقی را برآورده کنند. شواهد نشان می دهد که بیمارانی که کنترل LDL-C را در مقادیر طبیعی و هدف حفظ کردند، همچنان با خطر باقیمانده CAD مواجه بودند (۹). بنابراین، پارامترهای لیپیدی سنتی نمی توانند صحت پیش آگهی را در بیماران CAD به طور کامل پیش بینی کنند. توسعه ابزار دقیق تر و جامع تر برای کاوش عمیق تر در خطرات قلبی عروقی فردی ضروری است. پارامترهای غیرسنتی لیپیدی می‌توانند مسیر تحقیقاتی جامع‌تر و عمیق‌تری را برای ما فراهم کنند. یکی از مزایای پارامترهای چربی غیر سنتی استفاده از فرمت نسبت است. این پارامترها از طریق نسبت سایر اجزای لیپیدی مرتبط با خطرCAD به خصوص HDL-C، اطلاعات دقیق تری به ما ارائه می دهند(۱۰).در حال حاضر شاخص‌های لیپیدی مرکب شامل شاخص آتروژنیک پلاسما (AIP)،(لگاریتم نسبت TG به سطح HDL)، شاخص آتروژنیک(AI)،(non HDL/HDL)، شاخص خطرکاستلی۱(CRI-I)، (TC/HDL) و شاخص خطر کاستلی ۲ (CRI-II)،(LDL/HDL) برای پیش آگهی بهتر CAD استفاده شده اند که از پارامترهای پیش‌بینی‌کننده تک لیپیدی سنتی پیشی گرفته‌اند(۱۱, ۱۲). شاخص خطر کاستلی (CRI-I و CRI-II) اطلاعات جامع تری درباره متابولیسم کلسترول توسط ترکیب سطوح کلسترول ارائه می دهد. AIP همبستگی با ذرات کوچکتر LDL-C داشته و درجه مقاومت به انسولین را نشان می دهد(۱۳). شاخص آتروژنیک پلاسما (AIP) و شاخص کاستلی(CRI) به عنوان نشانگر آتروژنیسیته پلاسما استفاده شده و ارتباط معنی داری بین AIP و چاقی وجود دارد(۱۴, ۱۵). شاخص کاستلی نسبت به سایر پارامترهای رایج مانند غلظت لیپید، پیش‌بینی‌کننده دقیق‌تری برای خطرات قلبی عروقی است.

سبک زندگی بی تحرک ارتباط نزدیکی با چاقی و بسیاری از نشانگرهای زیستی که زمینه ساز تصلب شرایین هستند، مانند کاهش لیپوپروتئین های با چگالی بالا و افزایش لیپوپروتئین ها و تری گلیسیرید با چگالی کم است. بنابراین، فعالیت بدنی منظم می تواند سازگاری های متابولیکی را القا کرده و در نتیجه پروفایل لیپیدی را بهبود و بیماری قلبی عروقی را کاهش دهد(۱۶). از جمله موانع اصلی برای افراد غیرفعال برای فعالیت بدنی و حفظ سبک زندگی فعال بدنی، کمبود زمان، دسترسی به امکانات ورزشی، هزینه های مالی بالا و ناتوانی در پایبندی به برنامه های ورزشی طولانی مدت گزارش شده است. اخیراً، تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) به عنوان یک ابزار نو و امیدوارکننده و بسیار کارآمد، جهت صرفه جویی در هزینه مالی و زمان معرفی شده، که شامل چندین مجموعه کوتاه از حرکات انفجاری با شدت بالا (بزرگتر یا مساوی با ۸۰٪ HRmax یا بزرگتر یا مساوی با ۹۰٪ VO_2max که اغلب به آستانه بی هوازی می رسد) همراه با ریکاوری با شدت کم است(۱۷). مجموعه رو به رشدی از شواهد نشان داده که HIIT می‌تواند جایگزین مؤثری برای تمرین مداوم با شدت متوسط (MICT) باشد. در مقایسه با MICT، HIIT مزایای منحصر به فردی در درمان افراد دارای اضافه وزن _چاق دارد: زیرا نه تنها می تواند منجر به کاهش بیشتر بافت چربی، کاهش مؤثرتر توده چربی شکمی و احشایی و بهبود ترکیب بدن و دیس لیپیدمی شود، بلکه می تواند باعث کاهش بیشتر فشار خون سیستولیک شده و عملکرد قلبی تنفسی و عروقی را بهبود بخشیده و عوامل خطر بیماری های قلب و عروقی را کاهش دهد(۱۸).

محققان اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا را بر عملکرد اندوتلیال، پروفایل لیپیدی، ترکیب بدن و آمادگی در نوجوانان با وزن طبیعی و اضافه‌وزن بررسی کرده و یافته‌ها بیانگر آن است که پروتکل HIIT به‌عنوان بخشی از فعالیت‌های فیزیکی معمول نوجوانان چاق با وزن طبیعی و اضافه‌وزن می‌تواند به بهبود آمادگی جسمانی کلی و عملکرد اندوتلیال کمک کرده و آسیب اندوتلیال را قبل از آغاز فرایند آترواسکلروتیک کاهش دهد(۱۹).

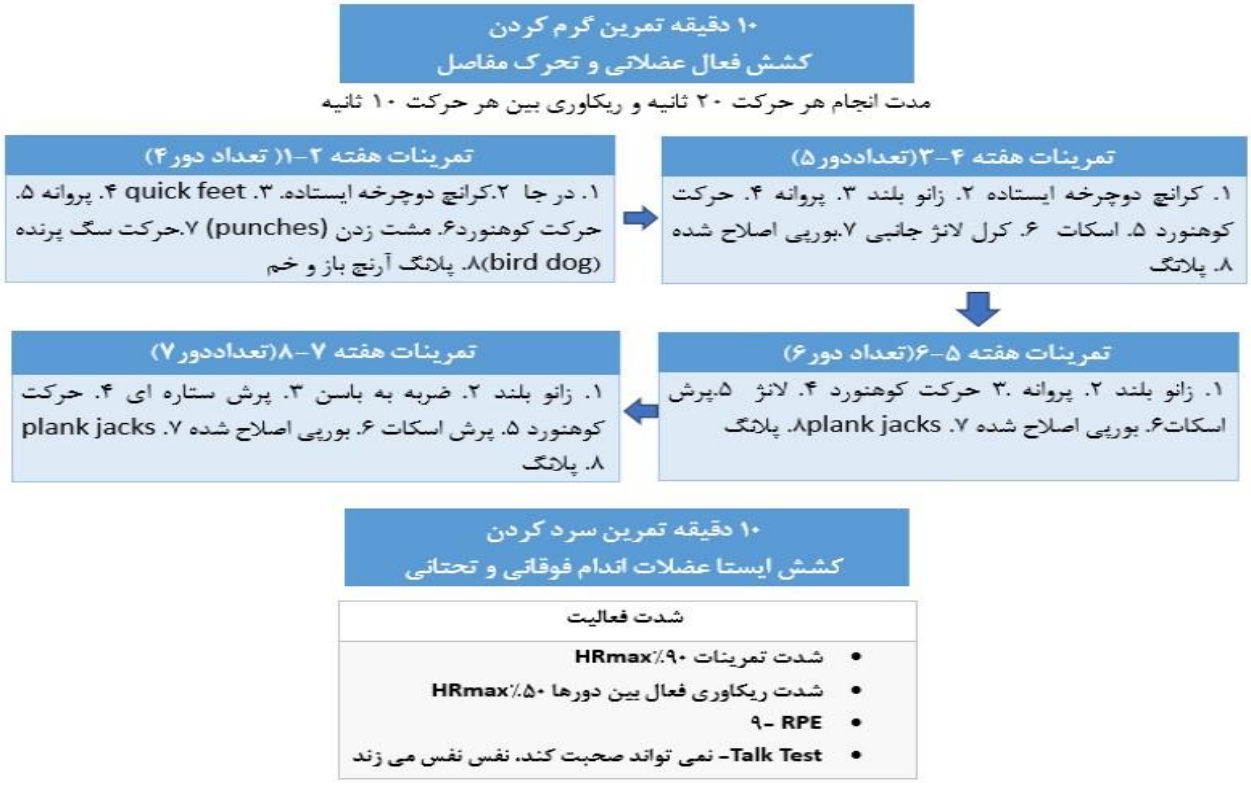
اثر فعالیت بدنی در رابطه با این متغیرها در مطالعات محققان بیشترین تمرکز بر روی شاخص AIP بوده و کمتر به شاخص های کاستلی پرداخته شده است. ونوژاروی و همکانش(۲۰۱۳) اثر ۱۲ هفته پیاده روی هوازی نوردیک و تمرین مقاومتی را بر روی شاخص AIP و شیوع سندرم متابولیک در مردان میان سال بررسی کرده و گزارش کردند که شاخص AIP فقط در گروه پیاده روی هوازی نوردیک کاهش یافته بود(۲۰). ادواردز و همکارانش (۲۰۱۷) تأثیر رفتار کم تحرک، فعالیت بدنی و آمادگی قلبی تنفسی را بر شاخص AIP بررسی کرده و گزارش دادند تنها در افرادی که فعالیت بدنی متوسط تا شدیدی داشتند AIP کاهش یافته بود(۲۱). فرادا و همکاران (۲۰۲۰) آمادگی قلبی تنفسی، فعالیت بدنی، زمان بی تحرکی و ارتباط آن با شاخص AIP در بزرگسالان بررسی نموده و نشان داده که تنها آمادگی قلبی تنفسی ارتباط معنی‌داری و معکوس با AIP داشت(۲۲). شواهد زیادی بر مزایای سلامتی HIIT در بزرگسالان وجود دارد، اما بیشترین مزایا در بهبود آمادگی قلبی تنفسی می باشد. با این حال اثر بخشی HIIT به روشی غیر از دویدن یا دوچرخه‌سواری بر تغییرات مطلوب در سلامتی به خصوص در شاخص های لیپیدی به طور کامل بررسی نشده است. بنابراین با توجه به افزایش روزافزون چاقی به خصوص در میان خانم های میان سال و تأثیر شاخص های لیپیدی خون در ابتلا به بیماریهای قلبی _عروقی و اثر فعالیت ورزشی بر این فاکتورها و با توجه به اینکه مطالعات در مورد تأثیر تمرینات تناوبی شدید بر فاکتورهای جدید لیپیدی مرکب محدود می باشد، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر ۸ هفته HIIT بر روی شاخص های مرکب لیپیدی در زنان با وزن طبیعی و چاق انجام گرفت.

روش پژوهش

نمونه پژوهش: آزمودنی‌های تحقیق نیمه‌تجربی حاضر زنان بین ۳۰ تا ۴۵ سال با وزن طبیعی(شاخص توده بدنی (BMI)، بین ۱۸/۵ تا ۲۵) و چاق (شاخص توده بدنی بیشتر از ۳۰) بودند، معیارهای ورود به تحقیق عبارت بود از : عدم شرکت در فعالیت های ورزشی منظم، عدم استعمال دخانیات، نداشتن رژیم لاغری، مصرف نکردن هیچ دارو و مکمل خاصی در ۶ ماه گذشته و نداشتن عمل جراحی در یک سال گذشته، نداشتن بیماری تنفسی، قلبی – عروقی، کلیوی، کبدی، آرتوروز، دیابت، بیماری اتوایمیون و.... حجم نمونه با

توجه به مقالات قبلی و نرم افزار $GPower_{3.1}$ با توان آزمون ۰/۹۵ و αبرابر با ۰/۰۵، ۲۴ نفر (۱۲ نفر گروه با وزن طبیعی و ۱۲ نفر گروه چاق) تعیین شد. تمامی مراحل این تحقیق بر اساس استانداردهای اخلاقی در پژوهش و مطابق اعلامیه هلسینکی (۲۰۰۸) انجام گرفت و تمامی مراحل تحقیق مورد تایید کمیته اخلاق زیست _ پزشکی دانشگاه تبریز (IR.TABRIZU.REC.1402.066) بود. ازکلیه آزمودنی ها رضایتنامه کتبی آگاهانه گرفته شد از هیچ کدام از شرکت کنندگان هزینه ای دریافت نشد. کلیه اطلاعات فردی اشخاص به صورت محرمانه بود و به آزمودنی ها اطمینان کامل داده شد که اطلاعات آنها به صورت کلی و بدون نام اشخاص منتشر می شود و شرکت کنندگان بعد از اتمام تحقیق در صورت تمایل می توانند از نتایج آزمون خود اطلاع پیدا کنند. پس از احراز شرایط و همگن کردن آزمودنی ها از نظر سن با توجه به وضعیت چاقی در یکی از دو گروه چاق (OG) یا گروه با وزن طبیعی (NG) قرار گرفتند.

روش اجرای پژوهش: آزمودنی‌ها پس از توضیح و شرح کامل تحقیق، اهداف، روش تحقیق، تکمیل و اخذ فرم رضایت‌نامه و تکمیل پرسش‌نامه سلامت و یاد آمد غذایی (در این تحقیق هیچ محدودیتی در رژیم غذایی اعمال نشد، اما به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد که عادات غذایی و رفتار معمول خود را در مدت شرکت در تحقیق حفظ نمایند) وارد طرح تحقیق شدند. در ادامه آزمودنی‌ها در یک پروتکل HIIT محقق ساخته، تحت نظارت پژوهشگر به مدت ۱۰ هفته شرکت کردند. برای آشنایی با جلسه تمرین، یادگیری حرکات و انطباق تدریجی و افزایش شدت تمرین، آزمودنی ها ۲ هفته تمرین آمادگی داشتند. تمرینات تناوبی با شدت بالا، بصورت ایستگاهی و سه جلسه در هفته شامل حرکات با وزن بدن در هشت ایستگاه به مدت فعالیت ۲۰ ثانیه و استراحت ۱۰ ثانیه در هر ایستگاه و در هر دور انجام شد. تعداد دورهای تمرینی ۴ تا ۷ دور و با شدت ۹۰٪HRmax انجام گرفت. روش اندازه گیری شدت فعالیت با استفاده از روش talk test و RPE (۲۳) و به طور تصادفی با استفاده از ضربان سنج ساعت هوشمند T500 انجام شد. فعالیت HIIT با ۱۰ دقیقه تمرینات گرم کردن آغاز و با ۱۰ دقیقه حرکات سرد کردن به پایان رسید. (شکل ۱)



شکل ۱: پروتکل HIIT، HIIT سه جلسه در هر هفته با ۴ دقیقه حرکات ترکیبی با شدت بالا (۲۰ ثانیه برای هر حرکت و ۲۰ ثانیه برای استراحت تناوبی) و سپس ۲دقیقه ریکاوری، با دور های ۷-۴ بار در هر جلسه اجرا شد و با ۱۰ دقیقه کشش ایستا، پایان یافت.

روش‌های آزمایشگاهی: خون‌گیری (۵ میلی لیتر) از ورید بازو و در حالت نشسته در دو مرحله ، پیش و پس آزمون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در بازه زمانی روزهای ۱۶-۱۴دوره قاعدگی و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین انجام شد. داده های ترکیب بدنی با استفاده از دستگاه بیوالکتریکال ایمپدانس مدل GS7 کشور چین انجام گرفت. لیپیدهای خون با استفاده از کیت بایرکس فارس ساخت ایران اندازه گیری شد. شاخص لیپیدی مرکب با استفاده از فرمول های زیر بدست آمدند(۲۴):

$$non\ HDL = TC - HDL \qquad AI = \frac{non\ HDL}{\mathrm{HDL}} \qquad AIP = \log\left(\frac{TG}{HDL}\right) \qquad CRI_I = \frac{\mathrm{TC}}{\mathrm{HDL}}$$

$$CRI_II = \frac{\mathrm{LDL}}{\mathrm{HDL}}$$

مقیاس اندازه‌گیری HDL،LDL ، TG، TC میلی‌گرم در دسی‌لیتر (mg/dl) است.

تحلیل آماری: توزیع طبیعی داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک ارزیابی شد. برای ارزیابی تغییرات شاخص‌ها پس از مداخله از طریق نرم‌افزار $SPSS_{24}$، آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر (اثر اصلی گروه و زمان) استفاده شد. سطح معنی‌داری P< ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

بعد از مداخله ۸ هفته ای HIIT مقدار شاخص های تن سنجی هر دو گروه آزمایش در قبل و بعد از تحقیق در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مقادیر شاخص های تن سنجی هر دو گروه آزمایشی قبل و بعد از مداخله تعداد هر گروه (۱۲ نفر)

گروه / شاخص	چاق (OG)			با وزن طبیعی (NG)		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدارP	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدارP
سن		۳۹/۳۳ ± ۵/۱۹			۳۸/۵۰ ± ۴/۹۴	
قد (cm)		۱۵۸/۸۴ ± ۱/۱۴			۱۵۹/۱۷ ± ۱/۲۷	
وزن (kg)	۸۴/۲۹ ± ۲/۷۹	۸۲/۶۸ ± ۲/۴۸	٭۰/۰۰۱	۶۲/۳۰ ± ۰/۷۰	۶۰/۵۶ ± ۰/۷۲	٭۰/۰۰۰
BMI(kg/m^2)	۳۳/۲۶ ± ۲/۴۸	۳۲/۶۵ ± ۲/۰۹	٭۰/۰۰۱	۲۴/۵۸ ± ۰/۶۸	۲۳/۸۸ ± ۰/۶۸	٭۰/۰۰۰
WHR%	۰/۹۶ ± ۰/۰۱	۰/۹۵ ± ۰/۰۹	۰/۱۱۵	۰/۹۲ ± ۰/۰۲	۰/۹۰ ± ۰/۰۲	٭۰/۰۰۰
PBF%	۴۳/۰۳ ± ۰/۶۶	۴۲/۰۹ ± ۰/۶۷	٭۰/۰۰۹	۳۳/۱۵ ± ۰/۸۹	۳۱/۲۰ ± ۰/۹۹	٭۰/۰۰۰
FM(kg)	۳۶/۴۷ ± ۵/۹۴	۳۵/۲۳ ± ۵/۷۰	٭۰/۰۰۰	۲۰/۷۳ ± ۲/۴۳	۱۹ ± ۲/۵۱	٭۰/۰۰۰

آنوا برای اندازه‌گیری‌های مکرر برای آنالیز اثر مداخله استفاده شد

BMI شاخص توده بدنی، WHR نسبت دور کمر به باسن،PBF درصد چربی بدن، FM مقدار چربی بدن

٭ کاهش معنی‌دار نسبت به‌پیش آزمون (P <۰/۰۵)

همان‌طوری که جدول ۱ نشان می دهد ۸ هفته HIIT باعث کاهش معنی دار شاخص توده بدنی (BMI) و درصد چربی بدن (PBF) و مقدار چربی بدن (FM) در OG و NG شد(P<۰/۰۵)، همچنین نسبت دور کمر به باسن (WHR) در NG کاهش معنی داری داشت(P<۰/۰۵) ولی در OG کاهش غیرمعنی داری بود(P>۰/۰۵).

نسخه پیش انتشار

همان‌گونه که از نتایج جدول شماره ۲ مشاهده می شود ۸ هفته HIIT در متغیر CRI-II در گروه OG باعث کاهش معنی داری شد(P<۰/۰۰۱) ولی در متغیرهای AI،AIP،CRI-I کاهش غیر معنی دار بود(P>۰/۰۵)، در گروه NGدر متغیرهایAI ،AIP،-CRI CRI-II،I کاهش معنی داری نسبت به پیش آزمون وجود داشت(P <۰/۰۵).

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار متغیرهای وابسته تحقیق پس از ۸ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا در گروه های OG و NG (۱۲=تعداد)

گروه / شاخص	چاق (OG)			با وزن طبیعی (NG)		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدارP	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدارP
AI	۳/۸۹ ± ۰/۹۷	۳/۷۳ ± ۰/۹۵	۰/۴۲۱	۲/۸۷ ± ۰/۶۲	۲/۳۴ ± ۰/۷۰	٭۰/۰۱۱
AIP	۰/۴۷ ± ۰/۱۹	۰/۴۲ ± ۰/۲۱	۰/۱۴۷	۰/۴۲ ± ۰/۱۱	۰/۳۲ ± ۰/۱۰	٭۰/۰۱۹
CRI-I	۴/۸۹ ± ۰/۹۷	۴/۷۳ ± ۰/۹۵	۰/۴۲۱	۳/۸۷ ± ۰/۶۲	۳/۳۴ ± ۰/۷۰	٭۰/۰۱۱
CRI-II	۲/۸۲ ± ۰/۷۱	۲/۴۰ ± ۰/۴۸	٭۰/۰۰۱	۲/۴۵ ± ۰/۴۲	۲/۱۴ ± ۰/۳۵	٭۰/۰۱۵

آنوا برای اندازه‌گیری‌های مکرر برای آنالیز اثر مداخله استفاده شد

AI شاخص آتروژنیک، AIP شاخص آتروژنیک پلاسما، CRI-I شاخص خطرکاستلی ۱، CRI-II شاخص خطر کاستلی ۲ ٭

کاهش معنی‌دار نسبت به‌پیش آزمون (P <۰/۰۵)

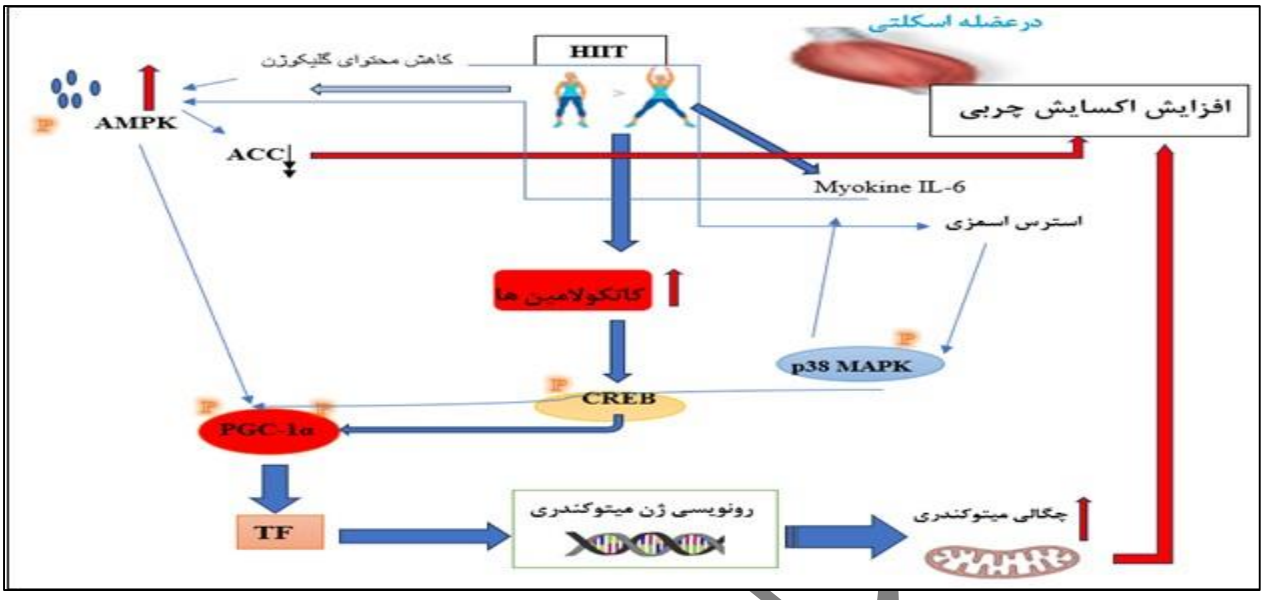
بحث و نتیجه‌گیری

طی مطالعه حاضر ۸ هفته HIIT باعث کاهش معنی داری در PBF و BMI هم در OG و NG شد که این کاهش با مطالعات دیگران منطبق بود. لو و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر ۱۲ هفته HIIT را به صورت تمرین تاباتا بر سلامت قلب دانشجویان دختر بررسی کرده و نشان دادند که درصد چربی بدن (BF٪) و FM کاهش و توده بدون چربی (FFM) افزایش یافته بود(۲۵). اثر کاهش دهنده چربی نیز توسط ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) که در آن کاهش FM کل بدن و منطقه ای پس از مداخله ۱۲هفته ایHIIT در زنان جوان چاق گزارش کردند، پشتیبانی شد(۲۶). میلارد و همکاران(۲۰۱۸) در یک بررسی سیستماتیک و متاآنالیز گزارش کردند که HIIT توانست به طور قابل توجهی توده چربی کل، شکم و احشایی را کاهش دهد(۲۷). آموری و همکاران(۲۰۲۱) در یک بررسی که HIIT و تمرین مداوم با شدت متوسط (MICT) را در کاهش وزن به هم مقایسه کردند، نشان دادند که HIIT در کاهش وزن بزرگسالان چاق سالم موثرتر ازMICT بوده و باعث کاهش BMI و FM در آنها شد(۱۸). در پژوهش مکفرسون و همکاران (۲۰۱۱) ۶ هفته HIIT مبتنی بر دویدن که شامل چهار تا شش ست سرعت ۳۰ ثانیه ای و به دنبال آن ریکاوری ۴ دقیقه(۳ بار در هفته) بود؛ BF٪ و FM به طور قابل توجهی کاهش یافت(۲۸). در مقابل، سلطانا و همکاران(۲۰۱۹) در یک بررسی سیستماتیک و متاآنالیز اثر HIIT کم حجم را بر ترکیب بدن ارزیابی کرده و گزارش داد که بهبود در نتایج ترکیب بدن مانند FM، BF% یا FFM به‌دنبال HIIT کم حجم به سختی مشاهده می شود(۲۹). با توجه به مطالعات قبلی این تناقض در مطالعات در سازگاری کاهش چربی در پاسخ به HIIT با حجم کم را می توان به مکانیسم زیربنایی متفاوتی برای کاهش چربی با MICT پیشنهاد کردند. کاهش چربی پس از HIIT کم حجم به احتمال زیاد به مقدار انرژی مصرف شده در طول جلسات تمرین وابسته نیست. بلکه احتمالا به افزایش مقدار متابولیسم و مصرف چربی پس از HIIT نسبت داده می شود، زیرا میزان و مدت مصرف اکسیژن اضافی پس از تمرین HIIT افزایش می یابد(۳۰). هورمون های لیپولیتیک، مانند کاتکول آمین ها و هورمون رشد با افزایش شدت فعالیت ورزشی افزایش می یابد(۳۱). همچنین، HIIT باعث افزایش بیشتر کاتکول آمین های پلاسما در مقایسه با فعالیت های ورزشی حالت پایدار شده و این به طور بالقوه کاهش مقدار چربی پس از HIIT را تسهیل می کند(۳۲).

مطالعه حاضر نشان داد که شاخص های ترکیبی لیپیدی در زنان NG در تمامی فاکتورها AI، AIP، CRI-I، CRI-II، کاهش معنی داری داشته و در زنان OG فقط در CRI-II کاهش معنی داری داشت و در بقیه موارد AI، AIP، CRI-I کاهش ها غیر معنی بود که

این نشان دهنده اثر مطلوب این مداخله است. به علت کمبود مطالعات در این شاخص ها در اینجا به مطالعاتی که شاخص های لیپیدی تنها را مطالعه کردند، می پردازیم. یافته های حاضر تا حدی با مطالعه لو و همکاران (۲۰۲۳) که در بررسی خود روی دختران دانشجو گزارش کرده بودند که این تمرینات اثرات مطلوبی بر HDL، LDL و TC نشان داد، در حالی که همه این بهبودها در شرکت‌کنندگان دارای اضافه وزن و چاقی مشاهده شد(۲۵). استرب و همکاران (۲۰۲۲) اثر فعالیت ورزشی ترکیبی بر متغیرهای چربی پلاسما، فعالیت پاراکسوناز ۱ (PON1) و پارامترهای التهاب در بزرگسالان مبتلا به چاقی را بررسی نموده و سطح کلسترول تام در هر دو گروه تمرین و کنترل بدون تفاوت بین گروهی کاهش یافت سطوح HDL در هر دو گروه کاهش یافت شاخص خطر کاستلی I و II در گروه تمرین کاهش و در کنترل افزایش داشت(۳۳). کسلر و همکاران (۲۰۱۲) در یک مرور سیستماتیک گزارش کردند که شاخص های TC، TG، HDL وLDL در شرکت کنندگان دارای اضافه وزن و چاق پس از HIIT بهبود نیافته بود(۳۴). در مطالعه توفیقی و همکاران (۲۰۱۷) نیز که تأثیر ۸ هفته HIIT را در زنان چاق بر روی مقدار آیریزین و فاکتور رشد فیبروبلاست ۲۱ (FGF21) بررسی کرده بودند، مقدار HDL، LDL،CRI-I،CRI-II تغییر معنی دار نداشت(۳۵) همسو می باشد. مطالعه نظری و همکاران (۱۴۰۲) اثر دو نوع تمرین تناوبی(با شدت بالا و با شدت متوسط) را که به صورت رکاب زدن بود در زنان چاق بر نشانگرهای زیستی آتروژنیک را بررسی نموده بودند نتایج نشان داد که ۸ هفته HIIT باعث کاهش معنی داری در TG و افزایش معنی دار HDL و عدم تغییر معنی دار در سطح سرمی LDL شد(۳۶). در مطالعه حاجی نیا و همکاران (۱۳۹۹) ۸ هفته HIIT به صورت دویدن باعث کاهش مقدار TG، LDL و افزایش HDL در مردان دارای اضافه وزن و چاق شد(۳۷). مطالعات کمی تأثیر HIIT را بر روی شاخص های لیپیدی در افراد با وزن طبیعی بررسی نموده اند. هو و همکاران (۲۰۲۲) اثر ۴ هفته HIIT را بر روی بهبود سفتی شریانی در زنان جوان با وزن طبیعی ولی با درصد چربی بدن بالا بررسی نموده و گزارش کردند که ۴ هفته HIIT که به صورت سه ست تمرین ۹ دقیقه ای با ۹۰ درصد HRmax و پس از آن ۱ دقیقه استراحت بین ست و ۵ روز در هفته، باعث بهبود لیپیدهای خون با کاهش سطح TC، TG، LDL، و TC/HDL و افزایش HDL شد(۱۷).

استفاده از چربی‌ها پس از این تمرینات می‌تواند توضیحی بر تغییرات در شاخص‌های لیپیدی خون باشد. همچنین این تمرینات باعث افزایش و تغییراتی در آنزیم‌هایی مانند: لسیتین - کلسترول آسیل ترانسفراز (LCAT)، لیپوپروتئین لیپاز (LPL) و لیپاز تری گلیسیرید کبدی (HTGL) که در انتقال و کاتابولیسم لیپوپروتئین‌ها نقش دارند می‌شوند(۱۶). کاهش محتوای گلیکوژن توسط گلیکولیز منجر به انتشار پروتئین کیناز فعال شده با AMP (AMPK) از ذرات گلیکوژن شده و آن نیز به نوبه خود باعث فعال شدن PGC-1α که یک فاکتور مهم در بیوژنز میتوکندری گردیده و در نتیجه باعث افزایش میتوکندری و افزایش اکسایش لیپید می شود. استرس اسمزی در اثر تغییر سریع در محتوای گلیکوژن و افزایش غلظت گلوکز می تواند میتوژن را فعال کند. پروتئین کینازهای فعال (MAPKs) مانند p38، که می تواند PGC-1α را فسفریلات و فعال کند. یکی دیگر از اهداف p38 اینترلوکین ۶ (IL-6) می باشد که AMPK را افزایش داده و این تغییرات در سیگنال دهی عضلانی می تواند منجر به بهبود استفاده از اسید چرب در گردش (FA) گردد. همچنین این تمرینات باعث افزایش کاتکولامین ها می شود که این افزایش باعث افزایش متابولیسم چربی با فعال کردن پروتئین شوک حرارتی از طریق پروتئین کیناز A می شود. کاتکول آمین ها بر پروتئین اتصال دهنده به عنصر پاسخ cAMP (CREB) اثر گذار می باشد. HIIT می‌تواند فسفوریلاسیون و فعال‌سازی CREB را هم در عضلات تمرین‌کرده و هم در عضلاتی که در طول تمرین به‌دلیل افزایش فعالیت مرکزی سیستم عصبی مرکزی به‌کار گرفته نشده‌اند، افزایش دهد. همچنین CREB بر روی PGC-1α اثر گذاشته و در نهایت باعث آنزیم های اکسایشی و بیوژنز میتوکندریایی و سرانجام باعث افزایش اکسایش اسیدهای لیپیدها می گردد(۳۸)(شکل۲برگرفته شده و باز طراحی شده از منبع۳۸).



شکل ۲: اثرات مفید و موثر تمرینات با شدت بالا بر بهبود استفاده از چربی ها.ACC : استیل کوآ کربوکسیلاز، AMPK: پروتئین کیناز فعال شده با AMP، CREB: پروتئین متصل شونده به عامل واکنش دهنده cAMP، HIIT: تمرین تناوبی با شدت بالا، IL-6: اینترلوکین ۶، MAPK: پروتئین کینازهای فعال شده با میتوژن، PGC1α: گیرنده فعال کننده با تکثیر کننده پراکسی زوم گاما هم فعالساز ۱α، TF: فاکتور رونویسی.

به طور خلاصه، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا علیرغم حجم کم تمرین در بهبود لیپیدهای خون و کاهش شاخص توده بدنی و چربی بدن، در زنان با وزن طبیعی و چاق مؤثر می باشد و با توجه به اینکه تمرینات تناوبی با شدت بالا وقت کمی را از افراد می گیرد و همچنین با توجه به حرکات انجام شده در این تحقیق که نیازی به وسیله و مکان خاصی ندارد، پیشنهاد می شود از این تمرینات برای پیشگیری از شاخص های خطر آتروژنیک لیپیدی به عنوان یک درمان غیر دارویی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین‌وسیله از تمامی کسانی که در انجام این تحقیق مشارکت نموده و زمینه انجام آن را فراهم نموده‌اند صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

حمایت مالی

مطالعه حاضر بخشی از رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تبریز است که در گروه فیزیولوژی این دانشگاه به تصویب رسیده است و برخی از هزینه‌ها از سوی دانشگاه تبریز پرداخت گردید.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول استاد راهنما، نویسنده دوم استاد مشاور و نویسنده سوم دانشجو هستند.

تعارض نویسندگان

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان در این مقاله وجود ندارد.

منابع

1. Hancková M, Betakova T. Pandemics of the 21st century: the risk factor for obese people. Viruses. 2021;14(1):25. DOI:10.3390/v14010025
2. Maxwell CV, Shirley R, O'Higgins AC, Rosser ML, O'Brien P, Hod M, et al. Management of obesity across women's life course: FIGO Best Practice Advice. International Journal of Gynecology & Obstetrics. 2023;160:35-49. DOI: 10.1002/ijgo.14549
3. Zhao D. Epidemiological features of cardiovascular disease in Asia. JACC: Asia. 2021;1(1):1-13. DOI:10.1016/j.jacasi.2021.04.007
4. Pirillo A, Casula M, Olmastroni E, Norata GD, Catapano AL. Global epidemiology of dyslipidaemias. Nature Reviews Cardiology. 2021;18(10):689-700. DOI:10.1038/s41569-021-00541-4
5. Vekic J, Stefanovic A, Zeljkovic A. Obesity and dyslipidemia: a review of current evidence. Current Obesity Reports. 2023;12(3):207-22. DOI: 10.1007/s13679-023-00518-z
6. Komilovich EBz. Coronary Artery Disease. EUROPEAN JOURNAL OF MODERN MEDICINE AND PRACTICE. 2023;3(12):81-7.
7. Ndumele CE, Matsushita K, Lazo M, Bello N, Blumenthal RS, Gerstenblith G, et al. Obesity and subtypes of incident cardiovascular disease. Journal of the American Heart Association. 2016;5(8):e003921. DOI: 10.1161/JAHA.116.003921
8. Matsuura Y, Kanter JE, Bornfeldt KE. Highlighting residual atherosclerotic cardiovascular disease risk. Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology. 2019;39(1):e1-e9. DOI: 10.1161/ATVBAHA.118.311999
9. Qin Z, Zhou K, Li Y-p, Wang J-l, Cheng W-j, Hu C-p, et al. Remnant lipoproteins play an important role of in-stent restenosis in type 2 diabetes undergoing percutaneous coronary intervention: a single-centre observational cohort study. 2019;18:1-9. DOI: 10.1186/s12933-019-0819-z
10. Yu S, Yan L, Yan J, Sun X, Fan M, Liu H, et al. The predictive value of nontraditional lipid parameters for intracranial and extracranial atherosclerotic stenosis: a hospital-based observational study in China. 2023;22(1):16. DOI: 10.1186/s12944-022-01761-4
11. Çelik E, Çora AR, Karadem KB. The effect of untraditional lipid parameters in the development of coronary artery disease: atherogenic index of plasma, atherogenic coefficient and lipoprotein combined index. Journal of the Saudi Heart Association. 2021;33(3):244. DOI: 10.37616/2212-5043.1266
12. Salcedo-Cifuentes M, Belalcazar S, Acosta EY, Medina-Murillo JJ. Conventional biomarkers for cardiovascular risks and their correlation with the Castelli Risk Index-Indices and TG/HDL-C. Archivos de Medicina (Manizales). 2020;20(1):11-22. DOI: 10.30554/archmed.20.1.3534.2020
13. Wang B, Mei Z, Li Y, Dai H, Meng X, An G. Association between nontraditional lipid parameters and cardiovascular outcomes in patients undergoing percutaneous coronary intervention: a retrospective study. 2024. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3853184/v1
14. Nawrocka-Rutkowska J, Szydłowska I, Jakubowska K, Olszewska M, Chlubek D, Szczuko M, et al. The role of oxidative stress in the risk of cardiovascular disease and identification of risk factors using AIP and castelli atherogenicity indicators in patients with PCOS. Biomedicines. 2022;10(7):1700. DOI: 10.3390/biomedicines10071700
15. Zhu X, Yu L, Zhou H, Ma Q, Zhou X, Lei T, et al. Atherogenic index of plasma is a novel and better biomarker associated with obesity: a population-based cross-sectional study in China. Lipids in Health and Disease. 2018;17:1-6. DOI: 10.1186/s12944-018-0686-8
16. Muscella A, Stefàno E, Marsigliante S. The effects of exercise training on lipid metabolism and coronary heart disease. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2020;319(1):H76-H88. DOI: 10.1152/ajpheart.00708.2019
17. Hu J, Liu M, Yang R, Wang L, Liang L, Yang Y, et al. Effects of high-intensity interval training on improving arterial stiffness in Chinese female university students with normal weight obese: a pilot randomized controlled trial. Journal of translational medicine. 2022;20(1):60. DOI: 10.1186/s12967-022-03250-9
18. D'Amuri A, Sanz JM, Capatti E, Di Vece F, Vaccari F, Lazzer S, et al. Effectiveness of high-intensity interval training for weight loss in adults with obesity: A randomised controlled non-inferiority trial. BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2021;7(3):e001021. DOI:10.1136/bmjsem-2020-001021.
19. da Silva MR, Waclawovsky G, Perin L, Camboim I, Eibel B, Lehnen AM. Effects of high-intensity interval training on endothelial function, lipid profile, body composition and physical fitness in normal-weight and overweight-obese adolescents: A clinical trial. Physiology & behavior. 2020;213:112728. DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.112728

20. Venojärvi M, Korkmaz A, Wasenius N, Manderoos S, Heinonen OJ, Lindholm H, et al. 12 weeks' aerobic and resistance training without dietary intervention did not influence oxidative stress but aerobic training decreased atherogenic index in middle-aged men with impaired glucose regulation. Food and chemical toxicology. 2013;61:127-35. DOI: 10.1016/j.fct.2013.04.015
21. Edwards MK, Blaha MJ, Loprinzi PD. Influence of sedentary behavior, physical activity, and cardiorespiratory fitness on the atherogenic index of plasma. Journal of clinical lipidology. 2017;11(1):119-25. DOI: 10.1016/j.jacl.2016.10.014
22. Reyes-Ferrada W, Solis-Urra P, Plaza-Díaz J, Sadarangani KP, de Moraes Ferrari GL, Rodríguez-Rodríguez F, et al. Cardiorespiratory fitness, physical activity, sedentary time and its association with the Atherogenic index of plasma in Chilean adults: influence of the waist circumference to height ratio. Nutrients. 2020;12(5):1250. DOI: 10.3390/nu12051250
23. Orizola-Cáceres I, Cerda-Kohler H, Burgos-Jara C, Meneses-Valdes R, Gutierrez-Pino R, Sepúlveda C. Modified Talk Test: a randomized cross-over trial investigating the comparative utility of two "Talk Tests" for determining aerobic training zones in overweight and obese patients. Sports Medicine-Open. 2021;7:1-8. DOI: 10.1186/s40798-021-00315-9
24. Li Y, Feng Y, Li S, Ma Y, Lin J, Wan J, et al. The atherogenic index of plasma (AIP) is a predictor for the severity of coronary artery disease. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2023;10:1140215. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1140215
25. Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q, Ying S. The effect of Tabata-style functional high-intensity interval training on cardiometabolic health and physical activity in female university students. Frontiers in physiology. 2023;14:1095315. DOI: 10.3389/fphys.2023.1095315
26. Zhang H, Tong TK, Kong Z, Shi Q, Liu Y, Nie J. Exercise training-induced visceral fat loss in obese women: the role of training intensity and modality. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2021;31(1):30-43. DOI: 10.1111/sms.13803
27. Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. Sports Medicine. 2018;48:269-88. DOI: 10.1007/s40279-017-0807-y
28. Macpherson RE, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PW. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2011;43(1):115-22. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181e5eacd
29. Sultana RN, Sabag A, Keating SE, Johnson NA. The effect of low-volume high-intensity interval training on body composition and cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2019;49:1687-721. DOI: 10.1007/s40279-019-01167-w
30. Laforgia J, Withers RT, Gore CJ. Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. Journal of sports sciences. 2006;24(12):1247-64. DOI: 10.1080/02640410600552064
31. McMurray R, Forsythe W, Mar M, Hardy CJ. Exercise intensity-related responses of beta-endorphin and catecholamines. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1987;19(6):570-4.
32. Zouhal H, Jacob C, Delamarche P, Gratas-Delamarche A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. Sports medicine. 2008;38:401-23. DOI: 10.2165/00007256-200838050-00004
33. Streb AR, Braga P, de Melo R, Botelho L, Maranhão RC, Del Duca G. Effects of combined physical exercise on plasma lipid variables, paraoxonase 1 activity, and inflammation parameters in adults with obesity: a randomized clinical trial. Journal of endocrinological Investigation. 2022;45(10):1991-7. DOI: 10.1007/s40618-022-01833-3
34. Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. Sports medicine. 2012;42(6):489-509. DOI: 10.2165/11630910-000000000-00000
35. Tofighi A, Alizadeh R, Tolouei Azar J. The effect of eight weeks high intensity interval training (hiit) on serum amounts of fgf21 and irisin in sedentary obese women. Studies in Medical Sciences. 2017;28(7):453-66.
36. Nazaei M, Minasian V, Hovsepian S. The effectes of two types of interval training on the association between cardiovascular fitness and atherogenic biomarkers with blood pressure in Women with overweight/obesity. J Sport Exerc Physiol. 2024;16(4):1-10.[In Persian] DOI: 10.48308/joeppa.2023.232299.1178.
37. Hajinia AH,Askari R. The effect of high-intensity interval training and high-intensity resistance training on the Lipid profile and body composition in overweight and obese men. Journal of Torbat Hydariyeh University of Medical Sciences. 2020;8(3):61-74. [In Persian]
38. Ito S. High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases-the key to an efficient exercise protocol. World journal of cardiology. 2019;11(7):171. DOI: 10.4330/wjc.v11.i7.171