Journal of Sport and Exercise Physiology
2024, 17(4): 1-14

Orginal Article

# The effect of eight weeks of high-intensity interval training on Castelli 1 and 2 and atherogenic markers 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

**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 to investigate the effect of eight weeks of high-intensity interval training (HIIT) on lipid profile as 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 allocated into two experimental groups (n=12) in a semi-experimental design. After two weeks of preparation training, subjects in both groups performed eight weeks of HIIT, consisted of 3 sessions per week of body weight movements at 8 stations for 20 seconds activity followed by 10 seconds rest at each station. The number of training rounds was 4 to 7 rounds, which was increased every two weeks and performed at an intensity corresponsding to 90% HRmax. Blood samples were taken before and 48 hours after the last training session, after 12 hours of fasting on days 14 to 16 of menstruation. 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 measures was employed to compare the variables between two groups 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 to hip circumference (WHR) in NG was significantly decreased ($P<0.05$), whereas, this reduction in OG was not significant ($P>0.05$). Castelli risk index-II was significantly decreased in OG group($P<0.05$), while, there were no significant changes in plasma atherogenic variables, atherogenic and Castelli risk index-I ($P>0.05$). In the NG group, there significant reductions in weight, body mass index, body fat percentage, body fat mass, Castelli risk indices 1 and 2, plasma atherogenic index, and atherogenic index were found when post-training data were compared to the pre-training ($P<0.05$).

* 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/).

**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 cardiovascular risks.

**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 markers in inactive obese and normal weight women. J Sport Exerc Physiol. 2024;17(4):1-14.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۴، صفحه‌های ۱-۱۴

مقاله پژوهشی

# تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا بر نشانگرهای کاستلی ۱و ۲ و آتروژنیک در زنان با وزن طبیعی و چاق غیرفعال

وحید ساری صرّاف*، جواد وکیلی، مرجان فخری کلیبر

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

## چکیده

**زمینه و هدف:** چاقی با بیماری‌های قلبی-عروقی مرتبط است و در این بین زنان در سنین میانسالی بیشتر در معرض چاقی قرار دارند. برخی نشانگرهای مرکب لیپیدی جدید برای پیش‌بینی خطر بیماری‌های قلبی-عروقی شناسایی شده‌اند؛ ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر نشانگرهای لیپیدی خطرساز بیماری‌های قلبی- عروقی در زنان با وزن طبیعی و چاق میانسال غیرفعال بود.

**مواد و روش‌ها:** در یک طرح نیمه‌تجربی ۲۴ زن ۳۰ تا ۴۵ سالهٔ سالم غیرفعال با وزن طبیعی (NG) و چاق (OG) در دو گروه آزمایشی ۱۲ نفری قرار گرفتند. آزمودنی‌ها در یک مداخلهٔ HIIT به‌صورت ایستگاهی و سه جلسه در هفته شامل حرکات با وزن بدن در هشت ایستگاه به مدت فعالیت ۲۰ ثانیه و ۱۰ ثانیه استراحت در هر ایستگاه شرکت کردند. دورهای تمرینی چهار تا هفت دور بود که هر دو هفته یک‌بار افزایش داشت و با شدت ۹۰٪HRmax برای فعالیت‌ها و به مدت هشت هفته انجام گرفت. خون‌گیری دو مرحلهٔ پیش و پس‌آزمون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در بازهٔ زمانی روزهای ۱۴ -۱۶ دورهٔ قاعدگی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین صورت پذیرفت. داده‌های ترکیب بدنی (قد، وزن، نمایهٔ تودهٔ بدنی، درصد چربی بدن و تودهٔ چربی بدن) و لیپیدهای خون (برای تعیین نشانگرهای کاستلی ۱و ۲ و نشانگر آتروژنیک پلاسما، نشانگر آتروژنیک) اندازه‌گیری شد. از تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر برای مقایسه‌های مربوط در سطح معناداری P< ۰/۰۵ استفاده شد.

**نتایج:** هشت هفته HIIT سبب کاهش معنادار در نشانگرهای تودهٔ بدنی، درصد چربی بدن و تودهٔ چربی بدن در هر دو گروه شد (P<۰/۰۵)، همچنین نسبت دور کمر به باسن در NG کاهش معناداری داشت (P<۰/۰۵)، ولی در OG غیرمعنادار بود (P>۰/۰۵). نشانگر خطر کاستلی II در گروه OG کاهش معنادار بود (P <۰/۰۵) و در متغیرهای نشانگر آتروژنیک پلاسما، نشانگر آتروژنیک و نشانگر خطر کاستلی I کاهش غیرمعنادار بود (P>۰/۰۵)، در گروه NG در همهٔ متغیرها (وزن، نمایهٔ تودهٔ بدنی، درصد چربی بدن، تودهٔ چربی بدن و نشانگرهای کاستلی ۱ و ۲ و نشانگر آتروژنیک پلاسما، نشانگر آتروژنیک) کاهش معناداری نسبت به پیش‌آزمون وجود داشت (P <۰/۰۵).

**نتیجه‌گیری:** تمرینات تناوبی با شدت بالا با وجود حجم کم شاید بتواند در بهبود نشانگرهای خطر چربی مرکب خون زنان میانسال مفید باشد، خطر بیماری‌های قلبی-عروقی در آن‌ها را کاهش می‌دهد و به‌عنوان یک روش غیردارویی برای کاهش چربی خون و به‌دنبال آن بیماری قلبی ــعروقی به‌کار می‌رود.

**واژه‌های کلیدی:** تمرینات با شدت بالا، چاقی، نشانگر کاستلی، نشانگر آتروژنیک

**نحوه استناد به این مقاله:** ساری صرّاف و، وکیلی ج، فخری کلیبر م. تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا بر نشانگرهای کاستلی ۱و ۲ و آتروژنیک در زنان با وزن طبیعی و چاق غیرفعال. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۳؛۱۷(۴):۱-۱۴.

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

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

## مقدمه

شمار افراد بزرگسالان و کودکان چاق در سراسر جهان رو به افزایش بوده و چاقی در حال حاضر همه‌گیری جهانی است. سالانه حدود ۲/۸ میلیون نفر به‌دلیل اضافه وزن یا چاقی جان خود را از دست می‌دهند. چاقی با بیماری‌های متعددی از جمله فشار خون بالا، بیماری قلبی-عروقی (CVD)، دیابت نوع دو (T2D)، کلسترول خون بالا، هیپرتری گلیسریدمی، بیماری کبد چرب غیرالکلی و سرطان و حتی ایجاد بیماری شدید پس از عفونت با ویروس‌ها همبستگی دارد (۱). طبق گزارش‌های سازمان جهانی بهداشت، چاقی ۱۵ درصد زنان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تأثیرات طولانی‌مدتی بر سلامت زنان دارد (۲). بیماری‌های قلبی-عروقی علت اصلی مرگ‌ومیر در آسیاست. از بین ۱۸/۶ میلیون مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی در سراسر جهان در سال ۲۰۱۹، ۵۸ درصد آن مربوط به آسیاست. بیماری‌های قلبی-عروقی در آسیا در سال ۲۰۱۹ سبب مرگ ۱۰/۸ میلیون نفر شد که تقریباً ۳۵ درصد از کل مرگ‌ومیرهای آسیا بود (۳).

چاقی به تغییرات در نیمرخ چربی خون منجر می‌شود و همبستگی مستقیمی بین افزایش مزمن سطح کلسترول (دیس لیپیدمی) و افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی وجود دارد (۴، ۵). بیماری عروق کرونر (CAD) شایع‌ترین اختلال قلبی-عروقی است که خطر بزرگی را برای افراد در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه ایجاد می‌کند. در آغاز سدهٔ بیستم، CAD یک علت غیرمعمول مرگ بود. مرگ‌ومیر ناشی از CAD در اواسط دههٔ ۱۹۶۰ به اوج خود رسید و سپس کاهش یافت؛ با این همه، هنوز علت اصلی مرگ‌ومیر در سراسر جهان است (۶). پس از تعدیل جمعیت، سیگار کشیدن، نداشتن فعالیت بدنی و مصرف الکل احتمال ابتلا به بیماری عروق کرونر قلب در بیماران چاق دو برابر بیشتر است (۷). دیس لیپیدمی، به‌ویژه افزایش سطح کلسترول تام (TC)، تری‌گلیسیرید (TG)، کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL-C) و کاهش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL-C)، به‌طور گسترده به شروع و پیشرفت CAD بستگی دارد (۸). اگرچه شاخص‌های لیپیدی سنتی (به‌ویژه LDL-C) نقش کلیدی در ارزیابی خطر بیماری‌های قلبی-عروقی ایفا کردند، اما نتوانستند نیازهای بررسی عمیق در مورد سوخت‌وساز پیچیده قلبی-عروقی را برآورده کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد بیمارانی که کنترل LDL-C را در مقادیر طبیعی و هدف حفظ کردند، همچنان با خطر باقیماندهٔ CAD مواجه بودند (۹). بنابراین شاخص‌های لیپیدی سنتی نمی‌توانند صحت پیش‌آگهی را در بیماران CAD به‌طور کامل پیش‌بینی کنند. توسعهٔ ابزار دقیق‌تر و جامع‌تر برای کاوش عمیق‌تر در خطرهای قلبی-عروقی فردی ضروری است. شاخص‌های غیرسنتی لیپیدی می‌توانند مسیر پژوهشی جامع‌تر و عمیق‌تری را برای ما فراهم کنند. یکی از مزایای شاخص‌های چربی غیرسنتی استفاده از فرمت نسبت است. این شاخص‌ها از طریق نسبت سایر اجزای لیپیدی وابسته به خطر CAD به‌ویژه HDL-C، اطلاعات دقیق‌تری به ما ارائه می‌دهند (۱۰). در حال حاضر، نشانگرهای لیپیدی مرکب شامل نشانگر آتروژنیک پلاسما (AIP)، (لگاریتم نسبت TG به سطح HDL)، نشانگر آتروژنیک (AI)،(non HDL/HDL)، نشانگر خطرکاستلی۱(CRI-I)، (TC/HDL) و نشانگر خطر کاستلی ۲ (CRI-II)،(LDL/HDL) برای پیش‌آگهی بهتر CAD استفاده شده‌اند که از شاخص‌های پیش‌بینی‌کنندهٔ تک‌لیپیدی سنتی پیشی گرفته‌اند (۱۱، ۱۲). نشانگر خطر کاستلی (CRI-I و CRI-II)

اطلاعات جامع‌تری را دربارهٔ سوخت‌وساز کلسترول از طریق ترکیب سطوح کلسترول ارائه می‌دهد. AIP با ذرات کوچک‌تر LDL-C همبستگی دارد و درجهٔ مقاومت به انسولین را نشان می‌دهد (۱۳). نشانگر آتروژنیک پلاسما (AIP) و نشانگر کاستلی (CRI) به‌عنوان نشانگر آتروژنیسیته پلاسما استفاده شده و همبستگی معناداری بین AIP و چاقی وجود دارد (۱۴، ۱۵). نشانگر کاستلی نسبت به سایر شاخص‌های رایج مانند غلظت لیپید، پیش‌بینی‌کنندهٔ دقیق‌تری برای خطرهای قلبی-عروقی است.

سبک زندگی بی‌تحرک همبستگی نزدیکی با چاقی و بسیاری از نشانگرهای زیستی که زمینه‌ساز تصلب شرایین هستند، مانند کاهش لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا و افزایش لیپوپروتئین‌ها و تری‌گلیسیرید با چگالی کم دارد. بنابراین فعالیت بدنی منظم می‌تواند سازگاری‌های متابولیکی را القا کند و در نتیجه نیمرخ لیپیدی را بهبود بخشد 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، هزینه‌های مالی بالا و ناتوانی در پایبندی به برنامه‌های ورزشی طولانی‌مدت گزارش شده است. به‌تازگی تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) به‌عنوان ابزار نو و امیدوارکننده و بسیار کارامد، به‌منظور صرفه‌جویی در هزینهٔ مالی و زمان معرفی شده، که شامل چندین مجموعهٔ کوتاه از حرکات انفجاری با شدت بالا (بزرگ‌تر یا مساوی با ۸۰٪ HRmax یا بزرگ‌تر یا مساوی با ۹۰٪ $VO_2max$ که اغلب به آستانهٔ بی‌هوازی می‌رسد) همراه با بازیافت با شدت کم است (۱۷). مجموعهٔ رو به رشدی از یافته‌ها نشان می‌دهد که HIIT می‌تواند جایگزین مؤثری برای تمرین مداوم با شدت متوسط (MICT) باشد. در مقایسه با MICT، HIIT مزایای منحصربه‌فردی در درمان افراد دارای اضافه وزن - چاق دارد؛ زیرا افزون بر کاهش بیشتر بافت چربی، کاهش مؤثرتر تودهٔ چربی شکمی و احشایی و بهبود ترکیب بدن و دیس لیپیدمی، می‌تواند سبب کاهش بیشتر فشار خون سیستولیک شود و عملکرد قلبی-تنفسی و عروقی را بهبود بخشد و عوامل خطر بیماری‌های قلب و عروقی را کاهش دهد (۱۸).

پژوهشگران اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا را بر عملکرد اندوتلیال، نیمرخ لیپیدی، ترکیب بدن و آمادگی در نوجوانان با وزن طبیعی و اضافه وزن بررسی کردند و یافته‌ها بیانگر آن است که روش HIIT به‌عنوان بخشی از فعالیت‌های بدنی معمول نوجوانان چاق با وزن طبیعی و اضافه وزن می‌تواند به بهبود آمادگی بدنی کلی و عملکرد اندوتلیال کمک کند و آسیب اندوتلیال را پیش از آغاز فرایند آترواسکلروتیک کاهش دهد (۱۹).

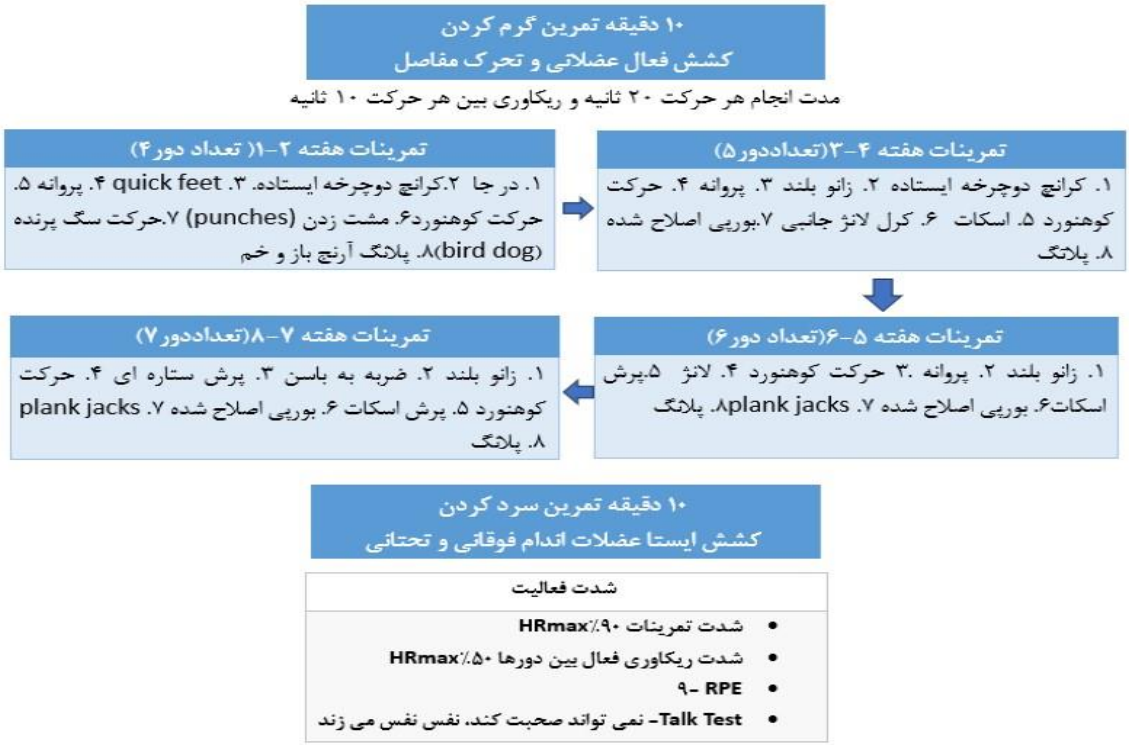
در مورد اثر فعالیت بدنی بر این متغیرها، بیشترین تمرکز پژوهشگران بر نشانگر AIP بوده و کمتر به نشانگرهای کاستلی پرداخته شده است. ونوژاروی و همکاران (۲۰۱۳) اثر ۱۲ هفته پیاده‌روی هوازی نوردیک و تمرین مقاومتی را بر نشانگر AIP و شیوع نشانگان سوخت‌وسازی در مردان میانسال بررسی و گزارش کردند که نشانگر AIP فقط در گروه پیاده‌روی هوازی نوردیک کاهش یافته بود (۲۰). ادواردز و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر رفتار کم‌تحرک، فعالیت بدنی و آمادگی قلبی-تنفسی را بر نشانگر AIP بررسی و گزارش کردند 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 بی‌تحرکی و همبستگی آن با نشانگر AIP را در بزرگسالان بررسی کردند و نشان دادند که تنها آمادگی قلبی-تنفسی همبستگی معناداری و معکوس با AIP داشت (۲۲). یافته‌های زیادی در زمینهٔ مزایای

سلامتی HIIT در بزرگسالان وجود دارد، اما بیشترین مزایا در بهبود آمادگی قلبی-تنفسی است. با این همه، اثربخشی HIIT به روشی غیر از دویدن یا دوچرخه‌سواری بر تغییرات مطلوب در سلامتی به‌ویژه در نشانگرهای لیپیدی به‌طور کامل بررسی نشده است. بنابراین با توجه به افزایش روزافزون چاقی به‌ویژه در میان خانم‌های میانسال و تأثیر نشانگرهای لیپیدی خون در ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و اثر فعالیت ورزشی بر این عوامل و با توجه به پژوهش‌های محدود دربارهٔ تأثیر تمرینات تناوبی شدید بر عواملی جدید لیپیدی مرکب، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته HIIT بر نشانگرهای مرکب لیپیدی در زنان با وزن طبیعی و چاق انجام گرفت.

## روش پژوهش

**نمونهٔ پژوهش:** آزمودنی‌های پژوهش نیمه‌تجربی حاضر زنان بین ۳۰ تا ۴۵ سال با وزن طبیعی (نمایهٔ تودهٔ بدنی (BMI) بین ۱۸/۵ تا ۲۵ کیلوگرم در متر مربع) و چاق (نمایهٔ تودهٔ بدنی بیشتر از ۳۰ کیلوگرم در متر مربع) بودند. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بود از: شرکت نداشتن در فعالیت‌های ورزشی منظم، عدم استعمال دخانیات، نداشتن رژیم لاغری، مصرف نکردن هیچ دارو و مکمل خاصی در شش ماه گذشته و نداشتن عمل جراحی در یک سال گذشته، نداشتن بیماری تنفسی، قلبی – عروقی، کلیوی، کبدی، آرتروز، دیابت، بیماری خودایمنی و... . حجم نمونه با توجه به مقالات پیشین و نرم‌افزار $GPower_{3.1}$ با توان آزمون ۰/۹۵ و $\alpha$برابر با ۰/۰۵، ۲۴ نفر (۱۲ نفر گروه با وزن طبیعی و ۱۲ نفر گروه چاق) تعیین شد. همهٔ مراحل پژوهش بر اساس استانداردهای اخلاقی در پژوهش و مطابق اعلامیهٔ هلسینکی (۲۰۰۸) انجام گرفت و همهٔ مراحل پژوهش مورد تأیید کمیتهٔاخلاق زیست‌پزشکی دانشگاه تبریز (IR.TABRIZU.REC.1402.066) بود. از همهٔ آزمودنی‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی آگاهانه گرفته شد. از هیچ‌کدام از شرکت‌کنندگان هزینه‌ای دریافت نشد. همهٔ اطلاعات فردی اشخاص محرمانه بود و به آزمودنی‌ها اطمینان کامل داده شد که اطلاعاتشان به‌صورت کلی و بدون نام اشخاص منتشر می‌شود و شرکت‌کنندگان پس از اتمام پژوهش در صورت تمایل می‌توانند از نتایج آزمون خود اطلاع پیدا کنند. پس از احراز شرایط و همگن کردن آزمودنی‌ها 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 پژوهش، اهداف، روش پژوهش، تکمیل و دریافت برگهٔ رضایت‌نامه و تکمیل پرسشنامهٔ سلامت و یادآمد غذایی (در این پژوهش 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 پژوهش حفظ کنند) وارد طرح پژوهش شدند. در ادامه آزمودنی‌ها در یک روش HIIT پژوهشگرساخته، تحت نظارت پژوهشگر به مدت ۱۰ هفته شرکت کردند. برای آشنایی با جلسهٔ تمرین، یادگیری حرکات و انطباق تدریجی و افزایش شدت تمرین، آزمودنی‌ها دو هفته تمرین آمادگی داشتند. تمرینات تناوبی با شدت بالا، به‌صورت 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 گرفت. تعداد دورهای تمرینی چهار تا هفت دور و با شدت ۹۰٪HRmax انجام گرفت. روش اندازه‌گیری شدت فعالیت با استفاده از روش talk test و RPE (۲۳) و به‌طور تصادفی با استفاده از ضربان‌سنج ساعت هوشمند T500 انجام گرفت. فعالیت HIIT با ۱۰ دقیقه تمرینات گرم کردن آغاز شد و با ۱۰ دقیقه حرکات سرد کردن به پایان رسید (شکل ۱).




**شکل ۱. پروتکل HIIT، HIIT سه جلسه در هر هفته با چهار دقیقه حرکات ترکیبی با شدت بالا (۲۰ ثانیه برای هر حرکت و ۲۰ ثانیه برای استراحت تناوبی) و سپس دو دقیقه بازیافت، با دورهای چهار تا هفت بار در هر جلسه اجرا شد و با ۱۰ دقیقه کشش ایستا، پایان یافت.**

**روش‌های آزمایشگاهی:** خون‌گیری (پنج میلی‌لیتر) از ورید بازو و در حالت نشسته در دو مرحله، پیش و پس‌آزمون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در بازهٔ زمانی روزهای ۱۴-۱۶دورهٔ قاعدگی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین انجام گرفت. داده‌های ترکیب بدنی با استفاده از دستگاه بیوالکتریکال ایمپدانس نمونهٔ GS7 چین انجام گرفت. لیپیدهای خون با استفاده از کیت بایرکس فارس ساخت ایران اندازه‌گیری شد. نشانگر لیپیدی مرکب با استفاده از فرمول‌های زیر به‌دست آمد (۲۴):

$$non\ HDL = TC - HDL$$

$$AI = \frac{non\ HDL}{HDL}$$

$$AIP = log\left(\frac{TG}{HDL}\right)$$

$$CRI_I = \frac{TC}{HDL}$$

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

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

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

## نتایج

پس از مداخلهٔ هشت‌هفته‌ای HIIT مقدار نشانگرهای تن سنجی هر دو گروه آزمایش در پیش و پس از پژوهش در جدول ۱ آمده است.

**جدول ۱. مقادیر نشانگرهای تن‌سنجی هر دو گروه آزمایشی پیش و پس از مداخله (تعداد هر گروه ۱۲ نفر)**

| گروه / نشانگر | چاق (OG) | | | با وزن طبیعی (NG) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | مقدارP | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | مقدارP |
| سن (سال) | | 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 | ⁎<۰/۰۰۱ |
| BMI($kg/m^2$) | ۳۳/۲۶ ± ۲/۴۸ | ۳۲/۶۵ ± ۲/۰۹ | ⁎۰/۰۰۱ | ۲۴/۵۸ ± ۰/۶۸ | ۲۳/۸۸ ± ۰/۶۸ | ⁎<۰/۰۰۱ |
| WHR% | ۰/۹۶ ± ۰/۰۱ | ۰/۹۵ ± ۰/۰۹ | ۰/۱۱۵ | ۰/۹۲ ± ۰/۰۲ | ۰/۹۰ ± ۰/۰۲ | ⁎<۰/۰۰۱ |
| PBF% | ۴۳/۰۳ ± ۰/۶۶ | ۴۲/۰۹ ± ۰/۶۷ | ⁎۰/۰۰۹ | ۳۳/۱۵ ± ۰/۸۹ | ۳۱/۲۰ ± ۰/۹۹ | ⁎<۰/۰۰۱ |
| FM(kg) | ۳۶/۴۷ ± ۵/۹۴ | ۳۵/۲۳ ± ۵/۷۰ | ⁎<۰/۰۰۱ | ۲۰/۷۳ ± ۲/۴۳ | ۱۹ ± ۲/۵۱ | ⁎<۰/۰۰۱ |

آنووا برای اندازه‌گیری‌های مکرر برای تحلیل اثر مداخله استفاده شد.

BMI نمایهٔ تودهٔ بدنی، WHR نسبت دور کمر به باسن،PBF درصد چربی بدن، FM مقدار چربی بدن

⁎ کاهش معنادار نسبت به پیش‌آزمون (P <۰/۰۵)

همان‌طورکه جدول ۱ نشان می‌دهد هشت هفته HIIT سبب کاهش معنادار نمایهٔ تودهٔ بدنی (BMI)، 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 معناداری داشت (P<۰/۰۵)، ولی در OG کاهش غیرمعنادار بود (P>۰/۰۵).

همان‌گونه‌که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد هشت هفته HIIT در متغیر CRI-II در گروه OG سبب کاهش معناداری شد (P<۰/۰۰۱)، ولی در متغیرهای CRI-I،AIP،AI کاهش غیرمعنادار بود (P>۰/۰۵)، در گروه NG در متغیرهای CRI-II،CRI-I،AIP، AI کاهش معناداری نسبت به پیش‌آزمون وجود داشت (P <۰/۰۵).

**جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای وابستهٔ پژوهش پس از هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا در گروه‌های OG و NG (تعداد=۱۲)**

| گروه / نشانگر | 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 |

آنووا برای اندازه‌گیری‌های مکرر برای تحلیل اثر مداخله استفاده شد.

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

⁎ کاهش معنادار نسبت به پیش‌آزمون (P <۰/۰۵)

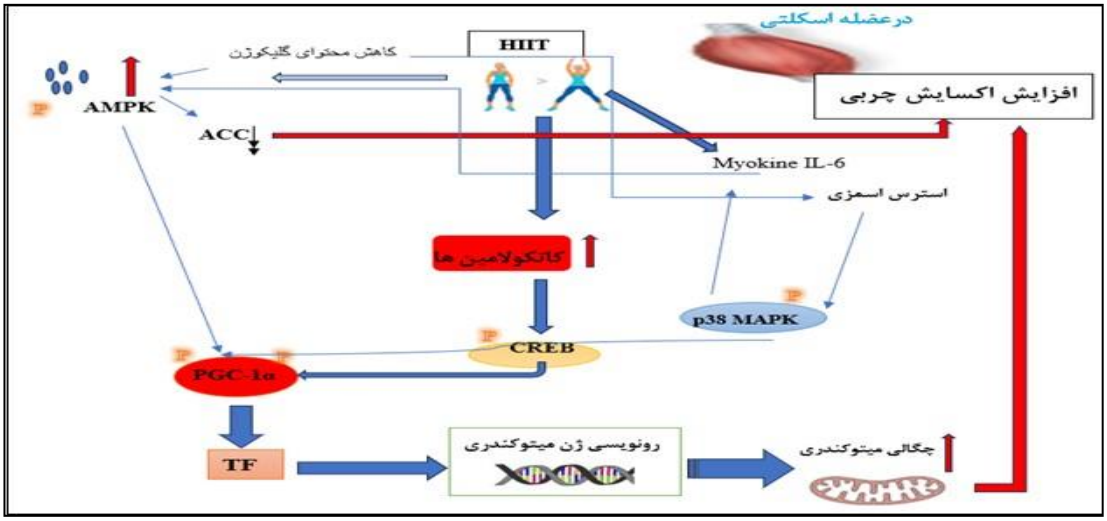
## بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، هشت هفته HIIT سبب کاهش معناداری در PBF و BMI هم در OG و NG شد که این کاهش با یافته‌های دیگران همسو بود. لو و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر ۱۲ هفته HIIT را به‌صورت تمرین تاباتا بر سلامت قلب دانشجویان دختر بررسی کردند و نشان دادند که درصد چربی بدن (BF٪) و FM کاهش و تودهٔ بدون چربی (FFM) افزایش یافته بود (۲۵). اثر کاهش‌دهندهٔ چربی نیز توسط ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) که کاهش FM کل بدن و منطقه‌ای را پس از مداخلهٔ ۱۲هفته‌ای HIIT در زنان جوان چاق گزارش کردند، پشتیبانی شد (۲۶). میلارد و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی نظام‌مند و فراتحلیلی گزارش کردند که HIIT توانست به‌طور چشمگیری تودهٔ چربی کل، شکم و

احشایی را کاهش دهد (۲۷). آموری و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی که HIIT و تمرین مداوم با شدت متوسط (MICT) را در کاهش وزن با هم مقایسه کردند، نشان دادند که HIIT در کاهش وزن بزرگسالان چاق سالم مؤثرتر از MICT بوده و موجب کاهش BMI و FM در آنها شد (۱۸). در پژوهش مکفرسون و همکاران (۲۰۱۱) شش هفته HIIT مبتنی بر دویدن که شامل چهار تا شش ست سرعت ۳۰ ثانیه‌ای و به‌دنبال آن بازیافت چهار دقیقه (سه بار در هفته) بود، ٪BF و FM به‌طور چشمگیری کاهش یافت (۲۸). در مقابل، سلطانا و همکاران (۲۰۱۹) در یک بررسی نظام‌مند و فراتحلیلی اثر HIIT کم‌حجم را بر ترکیب بدن ارزیابی و گزارش کردند که بهبود در نتایج ترکیب بدن مانند FM، %BF یا FFM به‌دنبال HIIT کم‌حجم به‌سختی دیده می‌شود (۲۹). با توجه به یافته‌های پیشین این تناقض در سازگاری کاهش چربی در پاسخ به HIIT با حجم کم را می‌توان به سازوکار زیربنایی متفاوتی برای کاهش چربی با MICT نسبت داد. کاهش چربی پس از HIIT کم‌حجم به احتمال زیاد به مقدار انرژی مصرف‌شده در طول جلسات تمرین وابسته نیست، بلکه احتمالاً به افزایش مقدار سوخت‌وساز و مصرف چربی پس از HIIT نسبت داده می‌شود، زیرا میزان و مدت مصرف اکسیژن اضافی پس از تمرین HIIT افزایش می‌یابد (۳۰). هورمون‌های لیپولیتیک، مانند کاتکول‌آمین‌ها و هورمون رشد با افزایش شدت فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد (۳۱). همچنین HIIT سبب افزایش بیشتر کاتکول‌آمین‌های پلاسما در مقایسه با فعالیت‌های ورزشی حالت پایدار می‌شود و این به‌طور بالقوه کاهش مقدار چربی پس از HIIT را تسهیل می‌کند (۳۲). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که نشانگرهای ترکیبی لیپیدی در زنان NG در همهٔ عوامل AI، AIP، CRI-I، CRI-II، و در زنان OG فقط در CRI-II کاهش معناداری داشت و در بقیهٔ موارد AI، AIP، CRI-I کاهش‌ها غیرمعناداری بود که نشان‌دهندهٔ اثر مطلوب این مداخله است. به‌علت کمبود پژوهش‌ها در این نشانگرها در اینجا به پژوهش‌هایی که نشانگرهای لیپیدی تنها را بررسی کردند، می‌پردازیم. یافته‌های حاضر تا حدی با یافته‌های لو و همکاران (۲۰۲۳) همسو است که در بررسی خود روی دختران دانشجو گزارش کرده بودند این تمرینات تأثیرات مطلوبی بر HDL، LDL و TC دارد، درحالی‌که همهٔ این بهبودها در شرکت‌کنندگان دارای اضافه وزن و چاقی دیده شد (۲۵). استرب و همکاران (۲۰۲۲) اثر فعالیت ورزشی ترکیبی بر متغیرهای چربی پلاسما، فعالیت پاراکسوناز ۱ (PON1) و شاخص‌های التهاب در بزرگسالان مبتلا به چاقی را بررسی کردند و سطح کلسترول تام در هر دو گروه تمرین و کنترل بدون تفاوت بین‌گروهی کاهش یافت؛ سطوح HDL نیز در هر دو گروه کاهش یافت؛ افزون بر آن نشانگر خطر کاستلی I و II در گروه تمرین کاهش و در کنترل افزایش داشت (۳۳). کسلر و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی نظام‌مندی گزارش کردند که نشانگرهای TC، TG، HDL وLDL در شرکت‌کنندگان دارای اضافه وزن و چاق پس از HIIT بهبود نیافته بود (۳۴). همسو با پژوهش توفیقی و همکاران (۲۰۱۷) که تأثیر هشت هفته HIIT بر مقدار آیریزین و عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ (FGF21) در زنان چاق بررسی شده بود، مقدار HDL، LDL،CRI-I، CRI-II تغییر معنادار نداشت (۳۵). نظری و همکاران (۱۴۰۲) اثر دو نوع تمرین تناوبی (با شدت بالا و با شدت متوسط) را که به‌صورت رکاب زدن بود، در زنان چاق بر نشانگرهای زیستی آتروژنیک بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که هشت هفته HIIT سبب کاهش معناداری در TG و افزایش معنادار HDL و عدم تغییر معنادار در سطح سرمی LDL شد (۳۶). در پژوهش حاجی‌نیا و همکاران (۱۳۹۹) هشت هفته HIIT به‌صورت دویدن موجب کاهش مقدار TG، LDL و افزایش HDL در مردان دارای اضافه وزن و چاق شد (۳۷). پژوهش‌های اندکی تأثیر HIIT را بر نشانگرهای لیپیدی در افراد با وزن طبیعی

بررسی کرده‌اند. هو و همکاران (۲۰۲۲) اثر چهار هفته HIIT را بر بهبود سفتی شریانی در زنان جوان با وزن طبیعی ولی با درصد چربی بدن بالا بررسی و گزارش کردند که چهار هفته HIIT به‌صورت سه ست تمرین نه‌دقیقه‌ای با ۹۰ درصد HRmax و پس از آن یک دقیقه استراحت بین ست و پنج روز در هفته، سبب 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 نشانگرهای لیپیدی خون باشد. همچنین این تمرینات موجب 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 از طریق گلیکولیز به انتشار پروتئین کیناز فعال‌شده با AMP (AMPK) از ذرات گلیکوژن منجر شده و آن نیز به نوبهٔ خود سبب فعال شدن PGC-1α که عامل مهمی در بیوژنز میتوکندری است و در نتیجه افزایش میتوکندری و افزایش اکسایش لیپید می‌شود. فشار اسمزی در اثر تغییر سریع در محتوای گلیکوژن و افزایش غلظت گلوکز می‌تواند میتوژن را فعال کند. پروتئین کینازهای فعال (MAPKs) مانند p38، می‌تواند PGC-1α را فسفریلات و فعال کند. یکی دیگر از اهداف p38 اینترلوکین ۶ (IL-6) است که AMPK را افزایش می‌دهد و این تغییرات در پیام‌رسانی عضلانی می‌تواند به بهبود استفاده از اسید چرب در گردش (FA) منجر شود. همچنین این تمرینات سبب افزایش کاتکولامین‌ها می‌شود که این افزایش به افزایش سوخت‌وساز چربی با فعال کردن پروتئین شوک حرارتی از طریق پروتئین کیناز A منجر می‌شود. کاتکول‌آمین‌ها بر پروتئین اتصال‌دهنده به عنصر پاسخ cAMP (CREB) اثرگذار است. HIIT می‌تواند فسفوریلاسیون و فعال‌سازی CREB را هم در عضلات تمرین‌کرده و هم در عضلاتی که در طول تمرین به‌دلیل افزایش فعالیت مرکزی دستگاه عصبی مرکزی به‌کار گرفته نشده‌اند، افزایش دهد. همچنین CREB بر PGC-1α اثر می‌گذارد و در نهایت سبب آنزیم‌های اکسایشی و بیوژنز میتوکندریایی و افزایش اکسایش اسیدهای لیپیدها می‌شود (۳۸) (شکل۲ برگرفته شده و بازطراحی شده از منبع ۳۸).




**شکل ۲. تأثیرات مفید و مؤثر تمرینات با شدت بالا بر بهبود استفاده از چربی‌ها. ACC: استیل کوآ کربوکسیلاز، AMPK: پروتئین کیناز فعال‌شده با AMP، CREB: پروتئین متصل شونده به عامل واکنش‌دهندهٔ cAMP، HIIT: تمرین تناوبی با شدت بالا، IL-6: اینترلوکین ۶، MAPK: پروتئین کینازهای فعال‌شده با میتوژن، PGC1α: گیرندهٔ فعال‌کننده با تکثیرکنندهٔ پراکسی زوم گاما هم فعال‌ساز ۱α، TF: عامل رونویسی.**

به‌طور خلاصه، نتایج نشان داد که هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا با اینکه حجم کم تمرین در بهبود لیپیدهای خون و کاهش نمایهٔ تودهٔ بدنی و چربی بدن، در زنان با وزن طبیعی و چاق مؤثر است و با توجه به اینکه تمرینات تناوبی با شدت بالا وقت کمی را از افراد می‌گیرد و همچنین با توجه به حرکات انجام‌گرفته در این پژوهش که نیازی به وسیله و مکان خاصی ندارد، پیشنهاد می‌شود از این تمرینات برای پیشگیری از نشانگرهای خطر آتروژنیک لیپیدی به‌عنوان یک درمان غیردارویی استفاده شود.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین‌وسیله از همهٔ کسانی که در انجام این پژوهش مشارکت کرده و زمینهٔ انجام آن را فراهم کردند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌کنند.

## حمایت مالی

پژوهش حاضر بخشی از رسالهٔ دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تبریز است که در گروه فیزیولوژی این دانشگاه به تصویب رسیده و برخی از هزینه‌ها از سوی دانشگاه تبریز پرداخت شده است.

## مشارکت نویسندگان

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

## تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان 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