Journal of Sport and Exercise Physiology
2026, 19(1): 96-111

Orginal Article

The effect of high-intensity functional training on miR-637 and high-sensitivity C-reactive protein in obese and overweight women

Amir Shakib[1], Mehdi Zarei[2], Hamid Reza Zolfi[3*]

[1] Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2] Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Neyshabur, Neyshabur, Iran
[3] Department of Physical Education, Faculty of Humanities and Arts, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

Abstract

Background and Purpose: Obesity has been a growing health problem worldwide and its prevalence is increasing in both developed and developing countries. Overweight and obesity are associated with an increased risk of cardiovascular diseases. It has recently been reported that functional training is effective in reducing the percentage of fat in obese individuals and can be used as a potentially useful strategy to combat obesity and inflammation. Given the role of obesity and chronic inflammation in the development of cardiovascular and metabolic diseases, and the importance of high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) as a marker of cardiovascular risk, this study aimed to investigate the effect of high-intensity functional training on the expression of miR-637 and high-sensitivity Hs-CRP in obese and overweight women.

Materials and Methods: In this quasi-experimental study, 20 overweight and obese women were randomly divided into two groups: high-intensity functional training (n = 9) and control (n = 11). Subjects in the training group performed high-intensity functional training 3 sessions per week for 8 weeks. The exercises were performed at an intensity of ≤ 7 on the CR10 rate of perceived exertion scale. Anthropometric measurements and blood samples were taken before and after 8 weeks, for measuring miR-637 and hs-CRP. Between- and within-group comparisons were made by using the analysis of covariance and the paired t-test, respectively.

Results: Data analysis showed that after eight weeks of high-intensity functional training, body weight, body mass index, and fat percentage were significantly ($p<0.001$) reduced in the experimental group compared to the control group. Between-group comparisons showed that after eight weeks of high-intensity functional training, miR-637 was significantly reduced in the experimental group compared to the control group ($p<0.001$). After eight weeks, no significant between-group differences were observed for Hs-CRP ($p=0.097$). However, within-group comparisons showed that Hs-CRP levels in the experimental group were significantly reduced ($p=0.004$).

* Corresponding Author's E-mail: hzolfi@tvu.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.240785.1382
Received: 22/07/2025 Revised: 10/09/2025 Accepted: 04/10/2025

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Conclusion: Base on the findings of the present study it might be concluded that eight weeks of high-intensity functional training is effective in reducing weight and body fat percentage in overweight or obese women. These exercise modality may also be effective in improving the complications of overweight and obesity by reducing miR-637 and partially improving Hs-CRP.

Keywords: Adipokines, miRNA, Inflammation, Exercise training

How to cite this article: Shakib, A., Zarei, M., Zolfi, H. R. The effect of high-intensity functional training on miR-637 and high-sensitivity C-reactive protein in obese and overweight women. J Sport Exerc Physiol. 2026;19 (1):96-111.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۵، دوره ۱۹، شماره ۱، صفحه‌های ۹۶-۱۱۱

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر miR-637 و پروتئین واکنش‌پذیر C با حساسیت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق

امیر شکیب[۱]، مهدی زارعی[۲]، حمیدرضا زلفی[۳*]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، ایران
[۲] گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران
[۳] گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی و هنر، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: چاقی یک چالش بهداشتی با اهمیت رو به رشد در سراسر جهان بوده است؛ گستردگی و پراکندگی آن در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه رو به افزایش است. اضافه وزن و چاقی به افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی وابسته است. پژوهش‌های فراوانی در زمینهٔ نقش چاقی در بروز بیماری‌های قلبی-عروقی در دست است. به‌تازگی گزارش شده است که تمرین عملکردی در کاهش درصد چربی افراد چاق مؤثر است و از آن می‌توان به‌عنوان یک راهبرد نهفته و بالقوه مفید برای مبارزه با چاقی و التهاب استفاده کرد. با توجه به نقش چاقی و التهاب مزمن در ایجاد بیماری‌های قلبی-عروقی و اختلالات سوخت‌وسازی و اهمیت پروتئین واکنش‌پذیر C با حساسیت بالا (hs-CRP) در خطر و بروز بیماری‌های قلبی-عروقی، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر بیان miR-637 و Hs-CRP با حساسیت بالا در زنان چاق و دارای اضافه وزن انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نیمه‌تجربی، ۲۰ زن دارای اضافه وزن یا چاق به‌صورت تصادفی ساده در دو گروه تمرین عملکردی با شدت بالا (۹ نفر) و کنترل (۱۱ نفر) جایگزین شدند. آزمودنی‌های گروه تمرینی سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته به اجرای تمرین عملکردی با شدت بالا پرداختند. تمرین با شدت ≥۷ سنجه درک فشار انجام گرفت. پیش و پس از هشت هفته، اندازه‌های پیکرسنجی و نمونه‌های خونی به‌منظور اندازه‌گیری miR-637 و Hs-CRP به‌عمل آمد. برای بررسی و مقایسهٔ تفاوت‌های بین‌گروهی پس از مداخله، از آزمون آماری تحلیل کوواریانس و برای بررسی تفاوت‌ها و تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. تحلیل‌ها در سطح معناداری P>۰/۰۵ انجام شد و برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ استفاده شد.

نتایج: یافته‌ها نشان داد پس از هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا، وزن بدن ، نمایه تودهٔ بدنی و درصد چربی در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری (p<۰/۰۰۱) کاهش یافت. یافته‌های بین گروهی نشان داد که پس از هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا، miR-637 در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری کاهش یافت (p<۰/۰۰۱). پس از هشت هفته تفاوت معناداری در Hs-CRP بین گروه‌ها دیده نشد (p=۰/۰۹۷). با این همه، یافته‌های درون‌گروهی نشان داد که سطوح Hs-CRP در گروه تجربی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون به‌طور معناداری کاهش یافته است (p =۰/۰۰۴).

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا در کاهش وزن و درصد چربی بدن در زنان دارای اضافه وزن یا چاق مؤثر است. این تمرین همچنین با کاهش miR-637 و بهبود نسبی Hs-CRP شاید در بهبود عوارض اضافه وزن و چاقی مؤثر باشد.

* رایانامه نویسنده مسئول: hzolfi@tvu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲

واژه‌های کلیدی: آدیپوکاین، miRNA، التهاب، تمرین ورزشی

نحوه استناد به این مقاله: شکیب ا، زارعی م، زلفی ح. تأثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر miR-637 و پروتئین واکنش‌پذیر C با حساسیت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۵؛۱۹ (۱):۹۶-۱۱۱.

مقدمه

چاقی چالش بزرگ قرن بیست‌ویکم به‌شمار می‌رود. گسترش و گستردگی چاقی به‌طور نگران‌کننده‌ای در حال افزایش است و از سال ۱۹۷۵ نزدیک به سه برابر شده است (۱). افزون بر این، گستردگی بیماری‌های قلبی-سوخت‌وسازی مختلف همراه با رشد سریع نرخ چاقی افزایش یافته است و به مرگ‌ومیر بیشتر منجر می‌شود. چاقی بیماری مزمن و چندعاملی است که در آن یک محیط پیش‌التهابی در بافت چربی توسعه یافته است (۲). چربی شکمی به‌عنوان یکی از عوامل خطر اصلی بیماری‌های وابسته به چاقی مانند فشار خون بالا، دیس لیپیدمی، نشانگان سوخت‌وسازی، دیابت نوع دو، بیماری عروق کرونر قلب، سکتهٔ مغزی، بیماری کبد چرب غیرالکلی و غیره شناخته می‌شود. تصور می‌شود که انباشت چربی نیز به حالت‌های پرواکسیدانی و پیش‌التهابی کمک می‌کند (۲).

پژوهش‌های بسیاری، همبستگی بین پروتئین واکنش‌پذیر C با حساسیت بالا (hs-CRP) و شاخص‌های چاقی و نشانگرهای سوخت‌وسازی را در جمعیت‌های مختلف، از جمله افراد چاق و لاغر گزارش و بیان کرده‌اند که چاقی و انباشت بافت چربی شکمی از عوامل مؤثر در افزایش hs-CRP است (۳). سازوکار دقیقی که چاقی یا انباشت بافت چربی به افزایش hs-CRP منجر می‌شود، هنوز مشخص نشده است، با این همه، همبستگی بالایی بین آدیپوسایتوکاین‌هایی مانند اینترلوکین-۶ و نشانگرهای التهابی در زنان چاق نشان داده شده است. این پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند که این رابطه به میزان چربی وابسته است، زیرا این همبستگی‌ها پس از تنظیم با تودهٔ چربی ناپدید شدند. بنابراین، آدیپوسایتوکاین‌های ترشح‌شده توسط بافت چربی در افراد چاق شاید در افزایش ترشحات پروتئین التهابی توسط کبد نقش داشته باشند (۳). از آنجایی که التهاب به‌عنوان یک عامل سبب‌شناختی اصلی در شماری از بیماری‌های مختلف شناخته می‌شود، شناخت کامل سازوکارهایی که این نشانگرهای التهابی توسط آن‌ها تنظیم می‌شوند، مهم است. از این‌رو شناسایی عواملی که hs-CRP را تعدیل می‌کنند، بینشی برای درک عواملی که در حالت التهابی چاقی نقش دارند، فراهم می‌کند (۴). طراحی درمان‌های پیشگیری اولیه و ثانویه و روش‌های درمانی با هدف فرایند التهاب، اکنون در حال انجام است، با این همه، این عوامل درمانی بیشتر نشانگرهای زیستی بالادست را هدف قرار می‌دهند (۴). با توجه به نقش CRP به‌عنوان یک عامل خطر و یک نشانگر زیستی، بررسی تنظیم آن توسط سایر عوامل مولکولی ضروری است.

میکرو RNAها (۵) مولکول‌های RNA کوتاه، تک‌رشته‌ای و غیرکدکننده با طول ۲۱ تا ۲۳ نوکلئوتید هستند که در ژنوم موجودات پیچیده کدگذاری می‌شوند. miRNAها تنظیم‌کننده‌های بیان ژن پس از رونویسی هستند که در دامنهٔ گسترده‌ای از فرایندهای سلولی و شرایط بیماری نقش دارند (۶). به‌تازگی miRNAها به‌عنوان نشانگرهای زیستی برای چندین بیماری شناخته شده‌اند و بارها در زمینهٔ بیماری‌های سوخت‌وسازی بررسی شده‌اند (۶).

چندین بررسی نظام‌مند داده‌هایی در مورد نقش miRNAها در بافت چربی و در ایجاد بیماری‌های قلبی-عروقی گردآوری کرده‌اند (۷، ۸). در این سال‌ها، پژوهش‌های فزاینده‌ای ارزش miRNAها را به‌عنوان نشانگرهای زیستی مؤثر برای تشخیص و ارزیابی خطر چاقی و بیماری‌های همراه آن به‌ویژه بیماری‌های قلبی- عروقی آن تعیین کرده‌اند. با توجه به حجم عظیم داده‌های موجود در مورد نقش‌های تنظیمی miRNAها، می‌توان پیش‌بینی کرد که miRNAها به‌عنوان نشانگرهای زیستی مفید برای توسعهٔ آیندهٔ

راهبردهای مؤثر برای تشخیص زودهنگام و مداخلهٔ درمانی چاقی و بیماری‌های وابسته به آن استفاده شوند (۶). کیم و همکاران (۲۰۱۵) یک سازوکار پس از رونویسی را کشف کردند که توسط آن miR-637 بیان CRP را در پایین‌دست پیام‌رسانی تعدیل می‌کند. کیم و همکاران (۲۰۱۵) miR637 را به‌عنوان عوامل جدیدی شناسایی کردند که شاید نقش اساسی در توسعهٔ حالت التهابی داشته باشند و اهداف ارزشمند تازه‌ای در تشخیص، درمان یا پیشگیری از التهاب و بیماری‌هایی با یک جزء التهابی عمده باشند (۴). همچنین شو و همکاران (۲۰۲۰) به‌تازگی نشان داده‌اند که miR-637 سرمی نشانه‌ای از کاهش تصلب شرایین است و می‌تواند وقوع حوادث قلبی-عروقی را پیش‌بینی کند (۹). همچنین لریر و مکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که miR-637 یک نشانگر تشخیصی غیرتهاجمی نهفته برای تصلب شرایین است و ارزش پیش‌بینی‌کنندهٔ مهمی برای وقوع حوادث قلبی-عروقی در آینده دارد (۱۰).

مداخلات سبک زندگی برای تعدیل چاقی شامل رژیم غذایی سالم و کم‌کالری، فعالیت بدنی و اجرای راهبردهای رفتاری برای حمایت از پیروی از پیشنهادهای رژیم غذایی و فعالیت بدنی است (۱۱). یکی از انواع تمرینی که به‌تازگی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، تمرین عملکردی است. تمرین عملکردی دسته‌ای از تمرین مقاومتی است که از حمایت تودهٔ بدن فرد یا وسایلی استفاده می‌کند که جابه‌جایی آن‌ها آسان است. این نوع تمرین را می‌توان در مکان‌های مختلف آموزش و انجام داد. این تمرین شامل حرکات چندمفصلی و چندجهته است که به فعالیت‌های روزمره، شغلی و تفریحی افراد نزدیک‌تر است و می‌توان به‌عنوان جایگزین مناسبی برای تمرین بدنی برای افراد چاق در نظر گرفت (۱۲). اخیراً گزارش شده است که تمرین عملکردی در کاهش درصد چربی افراد چاق مؤثر است و از آن می‌توان به‌عنوان یک راهبرد نهفته و بالقوه مفید برای مبارزه با چاقی و التهاب استفاده کرد (۱۳).

با توجه به نقش چاقی و التهاب مزمن در ایجاد بیماری‌های قلبی-عروقی، مانند بیماری عروق کرونر قلب و بیماری عروق مغزی و اختلالات سوخت‌وسازی و اهمیت hs-CRP در خطر و بروز بیماری‌های قلبی-عروقی و نقش ارزشمند آن در پیشگیری اولیه و ثانویهٔ بیماری‌های قلبی-عروقی (۱۴)، بسیاری از پژوهش‌ها به‌دنبال راهبردهای مؤثری به‌منظور بهبود سطوح hs-CRP در آزمودنی‌های مستعد هستند. از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر miR-637 و پروتئین واکنش‌پذیر C با حساسیت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق انجام شد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش به روش نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون– پس‌آزمون و با دو گروه تجربی و کنترل انجام شد. جامعهٔ آماری پژوهش زنان سالم و غیرفعال با اضافه وزن یا چاقی (با نمایهٔ تودهٔ بدنی ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر مترمربع) در گروه سنی ۳۵ تا ۴۰ سال بودند. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: ابتلا نداشتن به بیماری‌های سوخت‌وسازی و قلبی-عروقی، نداشتن ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی یا پیشینهٔ جراحی که بتواند بر یافته‌های پژوهش تأثیر بگذارد، نداشتن مشارکت منظم در برنامه‌های ورزشی طی شش ماه گذشته، همچنین نکشیدن سیگار و دریافت الکل.

روش اجرای پژوهش: پس از اطلاع‌رسانی همگانی در شهر تبریز، از میان داوطلبانی که تمایل به مشارکت در پژوهش داشتند، ثبت‌نام به‌عمل آمد. سپس با ارزیابی شرایط افراد، شرکت‌کنندگانی

برگزیده شدند که واجد معیارهای ورود به پژوهش بودند. در جلسه‌ای توجیهی، اهداف پژوهش و روش‌های اندازه‌گیری به‌طور کامل برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد و رضایت‌نامهٔ آگاهانه از آنان گرفته شد. همچنین نمایهٔ تودهٔ بدنی (BMI) افراد اندازه‌گیری و معاینات پزشکی لازم انجام گرفت. در نهایت، با تطبیق معیارهای ورود به پژوهش، ۲۴ نفر از داوطلبان به‌عنوان نمونهٔ نهایی پژوهش برگزیده شدند. حجم نمونه در با استفاده از نرم‌افزار G Power و با کمک اندازهٔ اثر متغیرهای پژوهش‌ها پیشین، سطح آلفای ۰/۰۵ و توان ۰/۸ برای هر گروه ۱۲ نفر برآورد شد. آزمودنی‌ها پرسشنامهٔ یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته و برگهٔ رضایت‌نامهٔ حضور آگاهانه در طرح، پرسشنامهٔ فعالیت بدنی و سبک زندگی (PAR-Q) و همچنین پرسشنامهٔ سلامتی PARmed-X را پر کردند. در این پژوهش آزمودنی‌ها با استفاده از روش تصادفی ساده به دو گروه ۱. تمرین عملکردی با شدت بالا (۱۲ نفر) و ۲. گروه کنترل (۱۲ نفر) جایگزین شدند.

یک هفته پیش از آغاز مداخله برای آزمودنی‌ها جلسهٔ آشنایی با شیوهٔ تمرین برگزار شد. نمونه‌های خونی در دو مرحله یکی ۴۸ ساعت پیش از آغاز دورهٔ تمرین ورزشی و ۴۸ پس از آخرین جلسهٔ تمرین از آزمودنی‌ها گرفته شد. در طول پژوهش سه نفر از گروه تجربی و یک نفر از گروه کنترل به دلایل شخصی از حضور در طرح انصراف دادند. اجرای این طرح پس از تأیید کمیتهٔ اخلاق پژوهشکدهٔ علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی به شمارهٔ IR-KHU.KRC.1000.160 و نیز اخذ کد کارآزمایی بالینی به شمارهٔ IRCT20220128053844N2 انجام گرفت. نمایه‌های پیکرسنجی آزمودنی‌ها شامل قد، وزن، درصد چربی بدن و نمایهٔ تودهٔ بدنی با کمترین لباس و بدون کفش اندازه‌گیری شد. وزن آزمودنی‌ها با ترازوی ساخت آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم و قد آن‌ها توسط متر نواری با دقت ۰/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. نمایهٔ تودهٔ بدنی از تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر مربع) برآورد شد. درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه بادی آنالایزر سه‌بعدی پایاتک PT_3Dfit ساخت ایران ارزیابی شد.

تمرین شامل تمرین عملکردی با شدت بالا به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته در گروه تجربی اجرا شد. شیوهٔ تمرین در این پژوهش بر پایهٔ شیوهٔ تمرین اسمیت و همکاران (۲۰۲۲) اجرا شد (۱۵). تمرین شامل چهار گروه از حرکات بود که بر پایهٔ جدول ۱ اجرا شد. برخی از این حرکات شامل راه رفتن سریع، لانژ، پلانک، اسکوات، شکم، ددلیف، جلو بازو بود. تمرین با شدت ≥۷ سنجه درک فشار (هر گروه فعالیت توسط سنجهٔ درک فشار پایش می‌شد که به‌عبارتی سنجهٔ درک فشار باید مساوی یا بیشتر از هفت می‌بود) انجام گرفت. ترتیب اجرای تمرین به این صورت بود که آزمودنی‌ها در هفته‌های اول تا دوم هر چهار گروه تمرینی را انجام می‌دادند. نحوهٔ اجرای تمرین به این شکل بود که آزمودنی‌ها چهار گروه تمرین را باید اجرا می‌کردند. پس از انجام گروه اول تمرین، آزمودنی‌ها به مدت سه دقیقه استراحت می‌کردند و سپس گروه دوم تمرین را انجام می‌دادند و به همین صورت تا پایان هر چهار گروه تمرینی انجام می‌شد. زمان استراحت بین گروه‌های تمرینی به‌تدریج در هفته‌های بعد کاهش می‌یافت، به این صورت که در هفته‌های اول تا سوم سه دقیقه، هفتهٔ چهارم دو دقیقه و نیم، هفتهٔ پنجم تا ششم دو دقیقه و در هفتهٔ هفتم تا هشتم یک دقیقه و نیم در نظر گرفته شد (جدول ۱). تمرین ورزشی هر گروه تمرینی بی‌درنگ و بدون استراحت پشت سرهم اجرا می‌شد.

جدول ۱. برنامهٔ هشت‌هفته‌ای تمرین عملکردی با شدت بالا

تمرین هفته اول و دوم	زمان/تکرار	تمرین هفتهٔ سوم به بعد	زمان/تکرار
گروه اول			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دوی نرم	۳۰ ثانیه
گابلت اسکووات (اسکووات بدون دمبل)	شش تکرار	گابلت اسکووات (اسکووات با دمبل یا کتل بل)	شش تکرار
پرس سینه با دمبل	هشت تکرار	پرس سینه با دمبل بیشتر	هشت تکرار
پلانک	۲۰ ثانیه	پلانک + پای کوهنوردی	۱۰ ثانیه+۱۰ تکرار
گروه دوم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دوی نرم	۳۰ ثانیه
گام روی استپ	شش تکرار	گام روی استپ با دمبل	شش تکرار
روئینگ تی آر ایکس	هشت تکرار	روئینگ تی آر ایکس	هشت تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ (هر سمت پنج تکرار)	شکم چرخشی روسی با توپ مدیسن بال	۱۰ (هر سمت پنج تکرار)
گروه سوم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دوی نرم	۳۰ ثانیه
ددلیفت با چوب	شش تکرار	ددلیفت با چوب	شش تکرار
پوش پرس با دمبل	هشت تکرار	پوش پرس با دمبل بیشتر	هشت تکرار
پلانک	۲۰ ثانیه	پلانک + پای کوهنوردی	۱۰ ثانیه+۱۰ تکرار
گروه چهارم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دوی نرم	۳۰ ثانیه
لانژ	شش تکرار	لانژ	شش تکرار
حرکت جلو بازو تی آر ایکس	هشت تکرار	حرکت جلو بازو تی آر ایکس	هشت تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ (هر سمت پنج تکرار)	شکم چرخشی روسی با توپ مدیسن بال	۱۰ (هر سمت پنج تکرار)
استراحت بین گروه‌ها	هفتهٔ اول تا سوم		سه دقیقه
	هفتهٔ چهارم		دو دقیقه و نیم دقیقه
	هفتهٔ پنجم تا ششم		دو دقیقه
	هفتهٔ هفتم تا هشتم		یک دقیقه ونیم دقیقه

روش‌های آزمایشگاهی: نمونه‌های خونی در دو مرحله، ۴۸ ساعت پیش از آغاز دورهٔ تمرینی و همچنین ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از ورید پیش‌آرنجی دست چپ آزمودنی‌ها تهیه و به لوله‌های ویژه جداسازی سرم (بدون ماده ضد انعقاد) افزوده شد و پس از تشکیل لخته بی‌درنگ در محل دریافت نمونه سانتریفیوژ شد و سرم به‌دست‌آمده به میکروتیوب‌های یک‌و نیم میلی‌لیتری افزوده شد و در اسرع وقت برای اندازه‌گیری‌های بعدی در دمای ۷۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. به‌منظور اندازه‌گیری سطح سرمی CRP از کیت و بستهٔ آزمایش‌هایhs-CRP ساخت شرکت Aptec بلژیک با روش ایمنوتوربیدومتری به‌وسیلهٔ دستگاه اتوآنالایزر (Abbott, model Alcyon 300, USA) در طول موج ۵۰۰ nm استفاده شد. به‌منظور استخراج RNA کل از معرف Tripure isolation reagent ساخت شرکت Roche آلمان (Roche, Cat No.11667165001) بر پایهٔ شیوه‌نامهٔ شرکت سازنده استفاده شد. در نهایت به‌منظور تعیین کیفیت و کمیت RNAهای استخراج‌شده، از دستگاه Nano Drop (NanoDrop ND-2000C, Thermo

(Fisher Scientific ساخت شرکت Thermo ایالات متحدهٔ آمریکا استفاده شد و تا زمان ساخت cDNA در دمای ۷۰- درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد.

پس از مشخص شدن غلظت و خلوص نمونه RNA استخراج‌شده در کمترین زمان ممکن به روش ((STL Stemloop و بر پایهٔ شیوه‌نامهٔ کیت و بستهٔ آزمایش ساخت cDNA شرکت سازنده (TAKARA Cat No. 6130) به cDNA که دورشته‌ای و پایدارتر است تبدیل شد. بدین منظور بر حسب غلظت RNA از محصول RNA برداشته و طی مراحل زیر cDNA ساخته شد: به میکروتیوب ۰/۲ مقادیر یک میکرولیتر DNTP، دو میکرولیتر بافر، یک میکرولیتر آغازگر STL هریک از miRNA موردنظر، ۰/۵ میکرولیتر آنزیم ترانس کریپتاز معکوس (Thermo Fisher Scientific) و حجم موردنظر از RNA ریخته و سپس مخلوط موردنظر با آب دو بار تقطیر استریل به حجم ul20 رسانده شد. سپس مخلوط مذکور به‌منظور ساخت بر پایهٔ روش سه‌مرحله‌ای در دستگاه ترموسایکلر (Analytikjena- ساخت آلمان) قرار داده شد. در نهایت نمونه‌های cDNA ساخته‌شده تا زمان انجام Real- time PCR در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد.

پیش از انجام Real- time PCR یک مرحله آماده‌سازی نمونه‌ها انجام گرفت و سپس واکنش‌ها در دستگاه light cycler 96 ساخت شرکت Roche آلمان به‌همراه توالی آغازگر اختصاصی miR-637 انجام شد. توالی آغازگرهای اختصاصی در جدول ۲ آورده شده است. در نهایت از سطح رونوشت ژن مرجع miR-U6 برای استانداردسازی سطح بیان ژن هدف استفاده شد. در ادامه، بر پایهٔ داده‌های به‌دست‌آمده از واکنش Real-time PCR و شناسایی میانگین Ct وابسته به ژن هدف (miR-637) و ژن کنترل داخلی، کمی‌سازی میزان بیان ژن نسبت به ژن مرجع (Fold change)، با استفاده از فرمول 2-ctΔΔ به‌صورت زیر تعیین شد:

$\Delta Ct = Ct\ target\ gene - Ct\ housekeeping\ gene$

$\Delta\Delta Ct = \Delta Ct\ test\ sample - \Delta Ct\ control\ sample$

$Relative\ fold\ change\ in\ gene\ expression = 2^{-\Delta\Delta Ct}$

جدول ۲ .توالی آغازگرها در آزمون Real- time PCR

Primer (Genes) Mir-637	Sequence 5'→ 3' (10-50 bp)	Annealing temp (°C)
U6-stem-loop	GTCGTATCCAGTGCAGGGTCCGAGGTATTC GCACTGGATACGACAAAAATAT	60
U6-forward	GCTTCGGCAGCACATATACTAAAAT 59	
U6-reverse	CGCTTCACGAATTTGCGTGTCAT	

تحلیل آماری: وضعیت هنجار داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو -ویلک بررسی شد و در صورت تأیید وضعیت هنجار داده‌ها، روش‌های آماری پارامتریک استفاده می‌شد. برای بررسی برابری همگنی واریانس‌ها از آزمون آماری لون استفاده شد. برای بررسی و مقایسهٔ تفاوت‌های بین‌گروهی پس از مداخله، از آزمون آماری تحلیل کوواریانس و برای بررسی تفاوت‌ها و تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. تحلیل‌ها در سطح معناداری P< ۰/۰۵ انجام شد و برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ استفاده شد.

نتایج

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پیکرسنجی آزمودنی‌ها پیش و پس از مداخله در جدول ۳ نشان داده شده است. یافته‌ها نشان داد هیچ اختلاف معناداری در مقادیر پایهٔ متغیرهای پیکرسنجی آزمودنی‌ها بین دو گروه وجود ندارد (جدول ۳).

یافته‌ها نشان داد پس از هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا، وزن بدن (P=۰/۰۰)، BMI (P=۰/۰۰) و درصد چربی (P=۰/۰۰) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری کاهش یافت.

پس از هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا، miR-637 در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری کاهش یافت (P=۰/۰۰۱) (جدول ۴).

پس از هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا، تفاوت معناداری در Hs-CRP بین گروه‌ها دیده نشد (P=۰/۰۹۷). با این همه، یافته‌های درون‌گروهی نشان داد که سطوح Hs-CRP در گروه تجربی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون به‌طور معناداری کاهش یافته است (P=۰/۰۰۴).

جدول ۳ . مشخصات پیکرسنجی آزمودنی‌ها

	گروه تمرین عملکردی	گروه کنترل	مقادیر p
سن (سال)	۴۰/۸۷±۶/۸۷	۴۰/۹۱±۶/۵۲	۰/۹۸
قد (متر)	۱/۶۳±۰/۰۷	۱/۶۸±۰/۰۷	۰/۱۵
وزن (کیلوگرم)	۸۵/۵۲±۸/۷۴	۸۳/۰۰±۶/۰۶	۰/۸۰
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۱/۸۲±۳/۴۲	۲۹/۸۹±۲/۶۰	۰/۰۹
درصد چربی بدن (٪)	۳۸/۶۸±۳/۰۷	۳۵/۶۰±۴/۱۱	۰/۱۹

جدول ۴. مقادیر زیست‌شیمیایی و آنتروپومتری آزمودنی‌ها پیش و پس از هشت هفته

	گروه تمرین عملکردی با شدت بالا			گروه کنترل		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P درون‌گروهی	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P درون‌گروهی	p بین‌گروهی
وزن (کیلوگرم)	۸۵/۵۲±۸/۷۴	۸۲/۲۰±۸/۵۴	۰/۰۰#	۸۳/۰۰±۶/۰۶	۸۳/۵۴±۵/۸۰	۰/۰۶۲	۰/۰۰۱*
BMI (کیلوگرم/متر مربع)	۳۱/۸۲±۳/۴۲	۳۰/۵۶±۳/۱۹	۰/۰۰#	۲۸/۸۹±۲/۶۰	۲۹/۰۸±۲/۵۲	۰/۰۶۳	۰/۰۰۱*
چربی بدن (درصد)	۳۸/۶۸±۳/۰۷	۳۵/۱۵±۲/۹۶	۰/۰۰#	۳۵/۶۰±۴/۱۱	۳۵/۸۹±۴/۰۹	۰/۵۱۷	۰/۰۰۱*
miR-637	۲۳/۱۳±۹/۳۸	۱۰/۷۵±۴/۴۰	۰/۰۰۵#	۱۹/۵۶±۶/۹۰	۱۸/۷۱±۷/۰۳	۰/۴۳۴	۰/۰۰۱*
HS-CRP	۶/۰۰±۱/۲۹	۲/۷۱±۱/۹۰	۰/۰۰۴#	۶/۲۲±۱/۷۹	۴/۹۲±۳/۰۶	۰/۲۳۶	۰/۰۹۷

* نشانهٔ تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل؛ نشانهٔ # تفاوت معنادار نسبت به پیش‌آزمون؛ سطح معناداری P<۰/۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا، به‌طور معناداری سطح miR-637 را در آزمودنی‌های چاق و اضافه وزن کاهش داد. همچنین موجب کاهش غیرمعنادار سطوح Hs-CRP شدد. با این همه، داده‌ها نسبت به پیش‌آزمون کاهش معنادار Hs-CRP را در گروه تجربی نشان داد.

پژوهش‌های مختلفی به بررسی تأثیر تمرین ورزشی بر سطوح Hs-CRP در آزمودنی‌های مختلف به‌ویژه چاق و داری اضافه وزن پرداخته‌اند. در برخی پژوهش‌ها کاهش معنادار و در برخی دیگر نبود تغییر معنادار Hs-CRP گزارش شده است. همسو با این پژوهش حسینی کاخک و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر تمرین مقاومتی، هوازی و بی‌تمرینی بر نیمرخ لیپیدی و Hs-CRP در

دختران چاق، نشان دادند هشت هفته تمرین هوازی و قدرتی تأثیر معناداری بر Hs-CRP، نیمرخ لیپیدی دختران چاق ندارد (۱۶). زحمتکش و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی تأثیر یک دوره تمرین ورزشی هوازی-مقاومتی همزمان بر هومئوستاز گلوکز و HS-CRP سرم دختران نوجوان مضطرب دارای اضافه وزن و چاق، به نبود تغییر معناداری در سطح Hs-CRP اشاره کردند (۱۷). بنی طالبی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تمرین ترکیبی (قدرتی و استقامتی) هیچ تأثیر مثبتی بر عوامل التهابی و آدیپوکاین‌ها به‌ویژه Hs-CRP در زنان مسن ندارد. با این همه، تمرین ترکیبی، مستقل از ترتیب، روش‌های تمرینی مؤثری در کاهش چربی بدن و نمایهٔ تودهٔ بدنی در زنان مسن بودند (۱۸). با این همه برخی پژوهش‌ها یافته‌های متفاوتی با این پژوهش گزارش کرده‌اند. بهرام و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید بر هموسیستئین، Hs-CRP، عوامل خطر قلبی-عروقی و ترکیب بدن در مردان دارای اضافه وزن گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرین HIIT تأثیرات معناداری بر کاهش سطح سرمی هموسیستئین و Hs-CRP، وزن بدن، درصد چربی بدن، نمایهٔ تودهٔ بدنی و نسبت دور کمر به باسن در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل داشته است (۱۹). صادقیان و همکاران (۲۰۲۴) نیز با بررسی تأثیر هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا بر سطوح اینترلوکین-۶، اینترلوکین-۱۰، Hs-CRP و عوامل آمادگی بدنی دانشجویان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که تمرین عملکردی شدید، اینترلوکین-۶، Hs-CRP و درصد چربی بدن را به‌طور معناداری کاهش داد (۲۰). آزالی علمداری (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید و تداومی با شدت متوسط بر ICAM-1 سرم، Hs-CRP و عوامل خطر قلبی-سوخت‌وسازی در مردان میانسال پرداخت و نشان داد که هر دو روش تمرین تداومی و تناوبی سبب کاهش ICAM-1 و Hs-CRP می‌شود (۲۱). ابراهیمی ترکمنی و همکاران (۲۰۱۹) به مقایسهٔ تأثیر ۱۰ هفته تمرین تناوبی شدید و تمرین هوازی با شدت متوسط بر سطح Hs-CRP و نیمرخ لیپیدی در مردان غیرفعال دارای اضافه وزن پرداختند و گزارش کردند که ۱۰ هفته تمرین HIIT می‌تواند سبب تغییرات مطلوبی در درصد چربی بدن، نیمرخ لیپیدی و سطح Hs-CRP در دانشجویان دارای اضافه وزن شود (۲۲). گائو و همکاران (۲۰۲۳) نیز با بررسی تأثیر تمرین ورزشی بر برخی از آدیپوکین‌های ضدالتهابی، پروتئین واکنشی C با حساسیت بالا و پیامدهای بالینی در بزرگسالان کم‌تحرک مبتلا به نشانگان سوخت‌وسازی نشان دادند که هم تمرین تناوبی هوازی و هم تمرین مقاومتی، سطح Hs-CRP را به‌طور چشمگیر و معنادار بهبود بخشیدند (۲۳). گمان می‌رود تفاوت در حجم نمونه، رژیم غذایی، سطوح پایهٔ نشانگرها، تفاوت در طول دورهٔ برنامهٔ تمرینی و به‌ویژه کاهش وزن، از جمله عواملی باشند که شاید بتوانند تفاوت در نتایج پژوهش‌های مختلف را توجیه کنند. برای نمونه، برخی پژوهش‌ها نبود تفاوت در نشانگرها را به نبود کاهش وزن در آزمودنی‌ها نسبت دادند (۱۷، ۲۴). همچنین گمان می‌رود طول دورهٔ تمرین عامل مهم و تعیین‌کنندهٔ تغییر Hs-CRP باشد، به‌طوری‌که بیشتر پژوهش‌هایی که کاهش Hs-CRP را گزارش کرده‌اند، طول دورهٔ مداخله بیشتر از هشت هفته بوده است (۱۷، ۱۸). برخی پژوهش‌ها بیان می‌کنند که مداخلات تمرینی که با کاهش وزن همراه هستند، در کاهش سطح Hs-CRP موفق‌تر بوده‌اند (۱۹-۲۲)، اما گروهی دیگر از پژوهش‌ها بیان می‌دارند که تمرین ورزشی نشانگرهای التهابی از جمله Hs-CRP را بدون توجه به کاهش وزن یا ترکیب بدنی کاهش می‌دهند (۱۶، ۲۵). این پژوهشگران بر این باورند که Hs-CRP به‌طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند تحت تأثیر تمرین ورزشی قرار بگیرد. از این‌رو،

همیشه برای تغییر سطح hs-CRP تغییرات چربی بدن ضروری نیست (۲۶). در این پژوهش نیز با وجود کاهش معنادار وزن و درصد چربی بدنی تغییر معناداری در Hs-CRP دیده نشد.

پژوهش‌ها، تغییراتی را در بیان miRNAها پس از تمرین ورزشی شناسایی کرده‌اند که بینش جدیدی را در مورد کنترل مولکولی سازگاری با ورزش به ارمغان می‌آورد. پژوهش‌ها بیان کرده‌اند که تمرین ورزشی یک فعال‌کنندۀ قوی بیان ژن است که الگوهای بیان آن به‌طور چشمگیر و معنادار متغیر است و به نوع تمرین ورزشی بستگی دارد (۲۷). یافته‌های این پژوهش نشان داد که پس از هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا، miR-637 در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری کاهش یافت. تا جایی که بررسی‌ها نشان می‌دهد پژوهشی دربارۀ تأثیر تمرین ورزشی بر miR-637 انجام نشده است. اما با توجه به نقش و اهمیت آن در تنظیم فرایندهای التهابی، و ناهمسویی در برخی از یافته‌های پژوهشی پیشین گمان می‌رود که انجام پژوهش‌های جامع‌تر در زمینۀ سازوکارهای وابسته به آن ضروری است (۴، ۹، ۲۸، ۲۹). برای نمونه کیم و همکاران (۲۰۱۵) یک سازوکار پس از رونویسی را کشف کردند که توسط آن miR-637 بیان Hs-CRP را در پایین‌دست پیام‌رسانی تعدیل می‌کند. کیم و همکاران (۲۰۱۵) miR637 را به‌عنوان عوامل تازه‌ای شناسایی کردند که شاید نقش بنیادی در گسترش عوامل و سازوکارهای التهابی داشته باشند و شاید اهداف ارزشمند نوآورانه‌ای در تشخیص، درمان یا پیشگیری از التهاب و بیماری‌هایی با یک جزء التهابی عمده باشند (۴). همچنین شو و همکاران (۲۰۲۰) به‌تازگی نشان داده‌اند که miR-637 سرمی نشانه‌ای از کاهش تصلب شرایین است و می‌تواند بروز رویدادهای قلبی-عروقی را پیش‌بینی کند (۹). لریر و مکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که MiR-637 یک نشانگر تشخیصی غیرتهاجمی بالقوه و نهفته‌ای برای تصلب شرایین است و ارزش پیش‌بینی‌کنندۀ مهمی برای بروز رویدادهای قلبی-عروقی در آینده دارد (۱۰). پژوهش‌ها بیان کرده‌اند یکی از فرایندهای تعدیل و تنظیم Hs-CRP، miR-637 است. miRNAها نقش مهمی در تنظیم ژن پس از رونویسی دارند که بیشتر به‌عنوان سرکوبگر عمل می‌کنند (۳۰، ۳۱). پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند که عملکرد زیستی miR-637 و نقش آن در مسیرهای التهابی هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است (۳۱) و در این زمینه به پژوهش‌های نیاز بیشتری است. کیم و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود در مورد نقش miRNA در اختلال عملکرد اندوتلیال و فشار خون بالا، گزارش کردند که miR-637 مسیرهای التهابی را هدف قرار می‌دهد تا سطح Hs-CRP را در سایر موقعیت‌های بیماری‌زایی مانند فشار خون بالا کاهش دهد (۴). این پژوهشگران دریافتند که miR-637 قادر به مهار بیان CRPاست. همچنین کیم و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که سطح miR-637 در افرادی کمتر است که سطح hsCRP در گردش خون بالایی دارند (۴). این داده‌ها نشان می‌دهد که miR-637 شاید نقش مستقیمی در تعدیل سطح CRP در داخل بدن داشته باشد و miR637 ممکن است با کاهش سطح CRP در گردش خون، اثر ضدالتهابی داشته باشد. با این همه، پژوهش‌های آینده برای بررسی کامل تأثیر مداخلات تمرینی بر miR-637 و اینکه آیا آن مسیرهای التهابی دیگری را هدف قرار می‌دهد یا خیر، مورد نیاز است. بر اساس نتایج این پژوهش‌ها این امکان وجود دارد که miR-637بتواند برای تعدیل سطح CRP در افراد در معرض خطر استفاده شود. با این همه، در این پژوهش، کاهش معنادار miR-637 و نبود کاهش معنادار HS-CRP را گزارش شد که با یافته‌های پژوهش‌های یادشده تا اندازه‌ای متفاوت است.

در این پژوهش پس از هشت هفته تمرین عملکردی

با شدت بالا، وزن بدن، BMI و درصد چربی بدن در زنان دارای اضافه وزن و چاق به‌طور معناداری کاهش یافت. پژوهش‌های مختلفی تأثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر ترکیب بدن را در آزمودنی‌های مختلف بررسی کرده‌اند، اما نتایج بسیار متفاوتی گزارش شده است. برخی پژوهش‌های مشابه با این پژوهش کاهش معنادار وزن، نمایهٔ تودهٔ بدنی و درصد چربی بدن را گزارش کرده‌اند (۳۲-۳۴). برای نمونه کاپسیس و همکاران (۲۰۲۲) کاهش معنادار چربی کل بدن و نبود تفاوت معنادار وزن بدن را پس از ۱۲ هفته تمرین عملکردی با شدت بالا در مردان و زنان فعال گزارش کردند (۳۳). با این همه، فیتو و همکاران (۲۰۱۹) هیچ‌گونه تغییر معناداری در وزن، نمایهٔ تودهٔ بدنی و درصد چربی بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق گزارش نکردند (۳۵). تفاوت در روش‌های ارزیابی ترکیب بدن، تفاوت در حجم برنامه‌های تمرینی، پیشینهٔ فعالیت بدنی، ترکیب بدن اولیهٔ آزمودنی‌ها (برای نمونه چاق بودن آزمودنی‌ها در این پژوهش) و نبود کنترل و پایش رژیم غذایی از مهم‌ترین دلایل تفاوت این یافته‌هاست (۳۲).

روی‌هم‌رفته یافته‌های این پژوهش نشان داد هشت هفته تمرین عملکردی احتمالاً با کاهش miR-637 و بهبود نسبی Hs-CRP در بهبود عوارض اضافه وزن و چاقی مؤثر باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه فنی حرفه‌ای استان آذربایجان شرقی و همهٔ افرادی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

حمایت مالی

این پژوهش مستخرج از طرح پژوهشی مصوب در دانشگاه فنی حرفه‌ای استان آذربایجان شرقی است.

مشارکت نویسندگان

همهٔ نویسندگان در طراحی ایده و اجرای پژوهش مشارکت داشتند. دست‌نوشتهٔ اولیه توسط مهدی زارعی تهیه شد. تهیه، گردآوری و تحلیل داده‌ها توسط حمیدرضا زلفی و امیر شکیب انجام گرفت. مهدی زارعی، حمیدرضا زلفی و امیر شکیب در بررسی و ویرایش مقاله مشارکت داشتند. همهٔ نویسندگان نسخهٔ نهایی دست‌نوشته را بررسی و تأیید کردند.

تعارض منافع

نویسندگان در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی را اعلام نکرده‌اند.

منابع

1. Kokkorakis M, Chakhtoura M, Rhayem C, Al Rifai J, Ghezzawi M, Valenzuela-Vallejo L, et al. Emerging pharmacotherapies for obesity: a systematic review. Pharmacological reviews, 2024:100002.

2. Čolak E, Pap D. The role of oxidative stress in the development of obesity and obesity-related metabolic disorders. Journal of Medical Biochemistry. 2021;40 (1):1.

3. Sanip Z, Ariffin FD, Al-Tahami BAM, Sulaiman WAW, Rasool AHG. Obesity indices and metabolic markers are related to hs-CRP and adiponectin levels in overweight and obese females. Obesity research & clinical practice. 2013;7 (4):e315-e20.

4. Kim Y, Noren Hooten N, Dluzen DF, Martindale JL, Gorospe M, Evans MK. Posttranscriptional regulation of the inflammatory marker C-reactive protein by the RNA-binding protein HuR and microRNA 637. Molecular and cellular biology. 2015;35 (24):4212-21.

5. Jirak P, Stechemesser L, Moré E, Franzen M, Topf A, Mirna M, et al. Clinical implications of fetuin-A. Advances in clinical chemistry. 2019;89:79-130.

6. Lauria F, Venezia A, Iacomino G. Circulating MicroRNA (miRNA) s as Biological Markers and Links with Obesity and Obesity-Related Morbid Conditions. Biomarkers in Nutrition: Springer; 2022. p. 1-22.

7. Hilton C, Neville M, Karpe F. MicroRNAs in adipose tissue: their role in adipogenesis and obesity. International journal of obesity. 2013;37 (3):325-32.

8. Quiat D, Olson EN. MicroRNAs in cardiovascular disease: from pathogenesis to prevention and treatment. The Journal of clinical investigation. 2013;123 (1):11-8.

9. Xu Y, Zhao L, Liu H, Sun B, Zhao X. Diagnostic value of miR-637 in patients with atherosclerosis and its predictive significance for the future cardiovascular events. Vascular. 2021;29 (5):704-10.

10. Lareyre F, Raffort J. Investigation of the diagnostic and prognostic value of miR-637 in atherosclerosis. Vascular. 2022;30 (1):185-6.

11. Koliaki C, Dalamaga M, Liatis S. Update on the obesity epidemic: after the sudden rise, is the upward trajectory beginning to flatten? Current Obesity Reports. 2023;12 (4):514-27.

12. Westphal G, Baruki SBS, de Mori TA, de Lima Montebelo MI, Pazzianotto-Forti EM. Effects of individualized functional training on the physical fitness of women with obesity. Lecturas: Educación Física y Deportes. 2020;25 (268).

13. Posnakidis G, Aphamis G, Giannaki CD, Mougios V, Aristotelous P, Samoutis G, et al. High-intensity functional training improves cardiorespiratory fitness and neuromuscular performance without inflammation or muscle damage. Journal of Strength and Conditioning Research. 2022;36 (3):615-23.

14. Koziarska-Rościszewska M, Gluba-Brzózka A, Franczyk B, Rysz J. High-sensitivity C-reactive protein relationship with metabolic disorders and cardiovascular diseases risk factors. Life. 2021;11 (8):742.

15. Smith L, Van Guilder G, Dalleck L, Harris N. The effects of high-intensity functional training on cardiometabolic risk factors and exercise enjoyment in men and women with metabolic syndrome: study protocol for a randomized, 12-week, dose-response trial. Trials. 2022;23 (1):182.

16. Hamedinia, M. R., Amiri Parsa, T., Azarnive, M. S., Hosseini Kakhk, S. A. R. The Effect of Resistance Training, Aerobic Training and Detraining on the Lipid Profile and CRP in Obese Girls. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2012. 18 (3): 188-197. https://jsums.medsab.ac.ir/article_16.html?lang=en. [In Persian]

17. Zahmatkesh M, Shabani R. The effect of concurrent aerobic and resistance exercises on glucose homeostasis and serum HS-CRP in overweight and obese anxious adolescent girls. Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences. 2018;22 (4):349-403.

18. Banitalebi E, Mardanpour Shahrekordi Z, Kazemi AR, Bagheri L, Amani Shalamzari

S, Faramarzi M. Comparing the effects of eight weeks of combined training (Endurance and Resistance) in different orders on inflammatory factors and adipokines among elderly females. Women's health bulletin. 2016;3 (2):1-10.

19. Bahram ME, Pourvaghar MJ. The effect of 12 weeks of High-Intensity Interval Training (HIIT) on homocysteine and CRP cardiovascular risk factors and body composition in overweight men. Journal of Advanced Biomedical Sciences. 2016;6 (3):334-42.

20. Sadeghian H, Hashemi AH. Investigating the Effect of Eight Weeks of High-Intensity Functional Training on Interleukin-6, Interleukin-10, CRP, and Physical Fitness Factors of Students. Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science. 2024;1 (2):55-72.

21. Azali Alamdari K. Effects of 8 weeks of high intensity interval and moderate intensity continuous training on serum ICAM-1, CRP and cardiometabolic risk factors in middle-agedmen. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 2018;6 (12):83-101.

22. Ebrahemi-Torkmani B, Siahkouhian M, Jafarlu M. Comparing the effect of 10 weeks High Intensity Interval Training (HIIT) and Moderate Intensity Aerobic Training (MIAT) on C-reactive protein level and lipid profiles in overweight inactive men. Majallah-i pizishki-i Danishgah-i Ulum-i Pizishki va Khadamat-i Bihdashti-i Darmani-i Tabriz. 2019;41 (5):7-15.

23. Gao K, Su Z, Meng J, Yao Y, Li L, Su Y, et al. Effect of exercise training on some anti-inflammatory adipokines, high sensitivity C-reactive protein, and clinical outcomes in Sedentary adults with metabolic syndrome. Biological Research for Nursing. 2024;26 (1):125-38.

24. Kelly AS, Steinberger J, Olson TP, Dengel DR. In the absence of weight loss, exercise training does not improve adipokines or oxidative stress in overweight children. Metabolism. 2007;56 (7):1005-9.

25. Colbert LH, Visser M, Simonsick EM, Tracy RP, Newman AB, Kritchevsky SB, et al. Physical activity, exercise, and inflammatory markers in older adults: findings from the Health, Aging and Body Composition Study. Journal of the American geriatrics society. 2004;52 (7):1098-104.

26. Hammett CJ, Prapavessis H, Baldi JC, Varo N, Schoenbeck U, Ameratunga R, et al. Effects of exercise training on 5 inflammatory markers associated with cardiovascular risk. American heart journal. 2006;151 (2):367. e7-. e16.

27. Baggish AL, Hale A, Weiner RB, Lewis GD, Systrom D, Wang F, et al. Dynamic regulation of circulating microRNA during acute exhaustive exercise and sustained aerobic exercise training. The Journal of physiology. 2011;589 (16):3983-94.

28. Yang N, Dong B, Song Y, Li Y, Kou L, Yang J, et al. Downregulation of miR-637 promotes vascular smooth muscle cell proliferation and migration via regulation of insulin-like growth factor-2. Cellular & molecular biology letters. 2020;25 (1):30.

29. Yang W, Su M, Yu Y, Fang Q, Zhang J. Dysregulation of miR-637 is involved in the development of retinopathy in hypertension patients and serves a regulatory role in retinol endothelial cell proliferation. Ophthalmic Research. 2023;66 (1):1-7.

30. Lisse TS, Chun RF, Rieger S, Adams JS, Hewison M. Vitamin D activation of functionally distinct regulatory miRNAs in primary human osteoblasts. Journal of Bone and Mineral Research. 2013;28 (6):1478-88.

31. Zhang J-f, Fu W-m, He M-l, Wang H, Wang W-m, Yu S-c, et al. MiR-637 maintains the balance between adipocytes and osteoblasts by directly targeting Osterix. Molecular biology of the cell. 2011;22 (21):3955-61.

32. Brisebois MF, Rigby BR, Nichols DL. Physiological and fitness adaptations after eight weeks of high-intensity functional training in physically inactive adults. Sports. 2018;6 (4):146.

33. Kapsis DP, Tsoukos A, Psarraki MP, Douda HT, Smilios I, Bogdanis GC. Changes in body composition and strength after 12 weeks of high-intensity functional training with two different loads in physically active men and women: A randomized controlled study. Sports. 2022;10 (1):7.

34. Sobrero G, Arnett S, Schafer M, Stone W, Tolbert T, Salyer-Funk A, et al. A comparison of high intensity functional training and circuit training on health and performance variables in women: a pilot study. Women in sport and physical activity journal. 2017;25 (1):1-10.

35. Feito Y, Patel P, Sal Redondo A, Heinrich KM. Effects of eight weeks of high intensity functional training on glucose control and body composition among overweight and obese adults. Sports. 2019;7 (2):51.