

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

Amir Shakib^{ID}, Mehdi Zarei^{ID}, Hamid Reza Zolfi^{*ID}

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

Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Neyshabur, Neyshabur, Iran

Department of Physical Education, Faculty of Humanities and Arts, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

Abstract

Background and Purpose: Obesity has been a health problem of growing importance worldwide; its prevalence is increasing in both developed and developing countries. Overweight and obesity are associated with an increased risk of cardiovascular diseases. Several studies have shown the relationship between obesity and 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 diseases and metabolic disorders and the importance of high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) in the risk and incidence of cardiovascular diseases, the aim of the present study was 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 pressure perception index. Before and after 8 weeks, anthropometric measurements and blood samples were taken to measure miR-637 and Hs-CRP. To examine and compare the differences between groups after the intervention, the analysis of covariance statistical test was used, and to examine the differences and changes within groups, the paired t-test was used. Analyses were performed at a significance level of $P < 0.05$, and SPSS version 16 software was used to analyze the data.

Results: The results showed that after eight weeks of high-intensity functional training, body weight ($p=0.00$), body mass index ($p=0.00$), and fat percentage ($p=0.00$) were significantly reduced in the experimental group compared to the control group. Between-group findings 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 difference was observed in Hs-CRP between the groups ($p=0.097$). However, within-group findings showed that Hs-CRP levels in the experimental group were significantly reduced in the post-test compared to the pre-test ($p=0.004$).

Conclusion: The results of the present study showed that eight weeks of high-intensity functional training is effective in reducing weight and body fat percentage in overweight or obese women. These exercises may also be effective in improving the complications of overweight and obesity by reducing miR-637 and partially improving Hs-CRP.

Keywords: Adipokines, miR-RNA, 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):1-?.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۵، دوره ۱۹، شماره ۱، صفحه‌های ۹-۲

مقاله پژوهشی

تاثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر miR-637 و پروتئین واکنش پذیر C با حساسیت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق

امیر شکیب^{ID}، مهدی زارعی^{ID}، حمیدرضا زلفی^{ID*}

دکتری تخصصی فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، ایران
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران
گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی و هنر، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: چاقی یک مشکل بهداشتی با اهمیت رو به رشد در سراسر جهان بوده است. شیوع آن در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه رو به افزایش است. اضافه وزن و چاقی با افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی مرتبط هستند. مطالعات متعددی رابطه بین چاقی و بیماری‌های قلبی عروقی را نشان داده‌اند. به تازگی گزارش شده است که تمرینات عملکردی در کاهش درصد چربی افراد چاق موثر بوده و از آن می‌توان به عنوان یک استراتژی 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 متابولیک و اهمیت پروتئین واکنش پذیر C با حساسیت بالا (hs-CRP) در خطر و بروز بیماری‌های قلبی عروقی، هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر بیان miR-637 و Hs-CRP با حساسیت بالا در زنان چاق و دارای اضافه وزن بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۰ زن دارای اضافه وزن یا چاق به صورت تصادفی ساده در دو گروه تمرین عملکردی با شدت بالا (۹ نفر) و کنترل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه تمرینی ۳ جلسه در هفته به مدت ۸ هفته به اجرای تمرینات عملکردی با شدت بالا پرداختند. تمرینات با شدت ≥ 7 شاخص درک فشار انجام گرفت. قبل و پس از ۸ هفته، اندازه های آنترئوپومتریک و نمونه‌های خونی جهت اندازه گیری miR-637 و Hs-CRP به عمل آمد. برای بررسی و مقایسه تفاوت های بین گروهی پس از مداخله، از آزمون آماری تحلیل کوواریانس و برای بررسی تفاوت ها و تغییرات درون گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. تحلیل ها در سطح معنی داری $P < 0.05$ انجام شد و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، وزن بدن ($p=0.00$)، شاخص توده بدنی ($p=0.00$) و درصد چربی ($p=0.00$) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معناداری کاهش یافت. یافته های بین گروهی نشان داد که بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، miR-637 در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری

کاهش یافت ($p=0/001$). بعد از هشت هفته تفاوت معنی داری در Hs-CRP بین گروه ها مشاهده نشد ($p=0/097$). با این حال، یافته های درون گروهی نشان داد که سطوح Hs-CRP در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری کاهش یافته است ($p=0/004$).

نتیجه گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا در کاهش وزن و درصد چربی بدن در زنان دارای اضافه وزن یا چاق موثر است. این تمرینات همچنین با کاهش miR-637 و بهبود نسبی Hs-CRP ممکن است در بهبود عوارض اضافه وزن و چاقی موثر باشد.

واژه های کلیدی: آدیپوکاین، miR-RNA، التهاب، تمرینات ورزشی

نحوه استناد به این مقاله: شکیب، امیر، زارعی، مهدی، زلفی، حمیدرضا. تاثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر miR-637 و پروتئین واکنش پذیر C با حساسیت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۹۰۵؛ ۱۹(۱): ۱-۴.

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

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

مقدمه

چاقی اپیدمی جهانی قرن بیست و یکم است. گسترش و شیوع چاقی به طور نگران کننده ای در حال افزایش است و از سال ۱۹۷۵ تقریباً ۳ برابر شده است (۱). علاوه بر این، شیوع بیماری های قلبی متابولیک مختلف همراه با رشد سریع نرخ چاقی افزایش یافته و منجر به مرگ و میر بیشتر می شود. چاقی بیماری مزمن و چند عاملی است که در آن یک محیط پیش التهابی در بافت چربی توسعه یافته است (۲). چربی شکمی به عنوان یکی از عوامل خطر اصلی بیماری های مرتبط با چاقی مانند: فشار خون بالا، دیس لیپیدمی، سندرم متابولیک، دیابت نوع ۲، بیماری عروق کرونر قلب، سکته مغزی، بیماری کبد چرب غیر الکلی و غیره شناخته می شود. تصور می شود که تجمع چربی نیز به حالت های پرواکسیدانی و پیش التهابی کمک می کند (۲).

مطالعات بسیاری، ارتباط بین پروتئین واکنش پذیر C با حساسیت بالا (hs-CRP) و شاخص های چاقی و نشانگرهای متابولیک را در جمعیت های مختلف، از جمله افراد چاق و لاغر گزارش کرده اند و پیشنهاد کرده اند که چاقی و تجمع بافت چربی شکمی از عوامل مؤثر در افزایش hs-CRP است (۳). مکانیسم دقیقی که چاقی یا تجمع بافت چربی منجر به افزایش hs-CRP می گردد، هنوز مشخص نشده است، با این حال، ارتباط بالایی بین آدیپوسایتوکاین هایی مانند اینترلوکین ۶ و نشانگرهای التهابی در زنان چاق نشان داده شده است. این مطالعات گزارش کرده اند که این رابطه به میزان چربی وابسته است، زیرا این همبستگی ها پس از تنظیم با توده چربی ناپدید شدند. بنابراین، آدیپوسایتوکاین های ترشح شده توسط بافت چربی در افراد چاق ممکن است در افزایش ترشحات پروتئین التهابی توسط کبد نقش داشته باشند (۳). از آنجایی که التهاب به عنوان یک عامل اتیولوژیک اساسی در تعدادی از بیماری های مختلف شناخته می شود، شناخت کامل مکانیسم هایی که این نشانگرهای التهابی توسط آنها تنظیم می شوند، مهم است. از این رو شناسایی عواملی که hs-CRP را تعدیل می کنند، بینشی برای درک عواملی که در حالت التهابی چاقی نقش دارند، فراهم می کند (۴). طراحی درمان های پیشگیری اولیه و ثانویه و روش های درمانی با هدف فرایند التهاب، در حال حاضر در حال انجام است، با این حال، این عوامل درمانی عمدتاً نشانگرهای زیستی بالادست را هدف قرار می دهند (۴). از این با توجه به نقش CRP به عنوان یک عامل خطر و یک نشانگر زیستی، بررسی تنظیم آن توسط سایر عوامل مولکولی ضروری است.

میکرو RNAها (۵) مولکولهای RNA کوتاه، تک رشته‌ای و غیر کدکننده با طول ۲۱ تا ۲۳ نوکلئوتید هستند که در ژنوم موجودات پیچیده کدگذاری می‌شوند. miRNAها تنظیم‌کننده‌های بیان ژن پس از رونویسی هستند که در طیف گسترده‌ای از فرآیندهای سلولی و شرایط بیماری نقش دارند (۶). اخیراً، miRNAها به عنوان نشانگرهای زیستی برای چندین بیماری شناخته شده‌اند و بارها در زمینه بیماری‌های متابولیک مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۶). چندین بررسی سیستماتیک اطلاعاتی در مورد نقش miRNAها در بافت چربی و در ایجاد بیماری‌های قلبی عروقی جمع‌آوری کرده‌اند (۷، ۸). در سال‌های اخیر، مطالعات فزاینده‌ای ارزش miRNAها را به عنوان نشانگرهای زیستی مؤثر برای تشخیص و ارزیابی خطر چاقی و بیماری‌های همراه آن به ویژه بیماری‌های قلبی و عروقی آن تعیین کرده‌اند. با توجه به حجم عظیم اطلاعات موجود در مورد نقش‌های تنظیمی miRNAها، می‌توان پیش‌بینی کرد که miRNAها به عنوان نشانگرهای زیستی مفید برای توسعه آینده استراتژی‌های مؤثر برای تشخیص زودهنگام و مداخله درمانی چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن مورد استفاده قرار گیرند (۶). کیم و همکاران (۲۰۱۵) یک مکانیسم پس از رونویسی را کشف کردند که توسط آن miR-637 بیان CRP را در پایین‌دست سیگنالینگ تعدیل می‌کند. کیم و همکاران (۲۰۱۵) miR637 را به عنوان عوامل جدیدی شناسایی کردند که ممکن است نقش اساسی در توسعه حالت التهابی داشته باشند و ممکن است اهداف ارزشمند جدیدی در تشخیص، درمان یا پیشگیری از التهاب و بیماری‌هایی با یک جزء التهابی عمده باشند (۴). همچنین شو و همکاران (۲۰۲۰) اخیراً 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 بالقوه برای تصلب شرایین است و ارزش پیش‌بینی‌کننده مهمی برای وقوع حوادث قلبی عروقی در آینده دارد (۱۰).

مداخلات سبک زندگی برای تعدیل چاقی شامل رژیم غذایی سالم و کم کالری، فعالیت بدنی و اجرای استراتژی‌های رفتاری برای حمایت از پیروی از توصیه‌های رژیم غذایی و فعالیت بدنی است (۱۱). یکی از انواع تمریناتی که به تازگی موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته است، تمرینات عملکردی است. تمرینات عملکردی مجموعه‌ای از تمرینات مقاومتی است که از حمایت توده بدن فرد یا وسایلی که حمل آنها آسان است، استفاده می‌کند. این نوع تمرینات را می‌توان در مکان‌های مختلف آموزش و انجام داد. این تمرینات شامل حرکات چند مفصلی و چند جهته است که به فعالیت‌های روزمره، شغلی و تفریحی افراد نزدیکتر است و می‌توان به عنوان یک جایگزین مناسب برای تمرینات بدنی برای افراد چاق در نظر گرفت (۱۲). اخیراً گزارش شده است که تمرینات عملکردی در کاهش درصد چربی افراد چاق مؤثر بوده و از آن می‌توان به عنوان یک استراتژی 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 عروقی کرونر قلب و بیماری عروق مغزی و اختلالات متابولیک، و اهمیت hs-CRP در خطر و بروز بیماری‌های قلبی عروقی و نقش ارزشمند آن در پیشگیری اولیه و ثانویه بیماری‌های قلبی عروقی (۱۴)، بسیاری از مطالعات به دنبال استراتژی‌های مؤثری به منظور بهبود سطوح hs-CRP در آزمودنی‌های مستعد می‌باشند. ما در مطالعه حاضر تاثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا را بر سطوح hs-CRP و یکی از تعدیل‌کننده‌های پیشنهاد شده و جدید hs-CRP یعنی miR-637 (۴، ۶) را در آزمودنی‌های چاق و اضافه وزن بررسی کردیم. هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر تمرین عملکردی با شدت بالا بر miR-637 و پروتئین واکنش پذیر C با حساسیت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق بود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش به روش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و با دو گروه تجربی و کنترل انجام شد. جامعه آماری تحقیق را زنان سالم و غیرفعال با اضافه وزن یا چاقی (با شاخص توده بدنی ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر مترمربع) در گروه سنی ۳۵ تا ۴۰ سال تشکیل دادند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: عدم ابتلا به بیماری‌های متابولیک و قلبی-عروقی، نداشتن ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی یا سابقه جراحی که بتواند بر یافته‌های مطالعه تأثیر بگذارد، عدم مشارکت منظم در برنامه‌های ورزشی طی شش ماه گذشته، و همچنین عدم مصرف سیگار و الکل.

روش اجرای پژوهش: پس از اطلاع‌رسانی عمومی در شهر تبریز، از میان داوطلبانی که تمایل به مشارکت در پژوهش داشتند، ثبت‌نام به عمل آمد. سپس، با ارزیابی شرایط افراد، شرکت‌کنندگانی که واجد معیارهای ورود به مطالعه بودند، انتخاب شدند. در جلسه‌ای توجیهی، اهداف پژوهش و روش‌های اندازه‌گیری به‌طور کامل برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد و رضایت‌نامه آگاهانه از آنان گرفته شد. همچنین، شاخص توده بدنی (BMI) افراد اندازه‌گیری و معاینات پزشکی لازم انجام گردید. در نهایت، با تطبیق معیارهای ورود به مطالعه، ۲۴ نفر از داوطلبان به‌عنوان نمونه نهایی پژوهش انتخاب شدند. حجم نمونه در مطالعه حاضر با استفاده از نرم افزار G Power و با کمک اندازه اثر متغیرهای مطالعات پیشین، سطح آلفای ۰/۰۵ و توان ۰/۸ برای هر گروه ۱۲ نفر محاسبه شد. آزمودنی‌ها پرسشنامه یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته و فرم رضایت‌نامه حضور آگاهانه در طرح، پرسشنامه فعالیت بدنی و سبک زندگی (PAR-Q) و همچنین پرسشنامه سلامتی PARmed-X را تکمیل نمودند. در مطالعه حاضر آزمودنی‌ها با استفاده از روش تصادفی ساده به دو گروه (۱) تمرین عملکردی با شدت بالا (۱۲ نفر) و (۲) گروه کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند.

یک هفته قبل از شروع مداخله برای آزمودنی‌ها جلسه‌ای با پروتکل تمرینی برگزار شد. نمونه‌های خونی در دو مرحله یکی ۴۸ ساعت قبل از شروع دوره تمرینات ورزشی و ۴۸ پس از آخرین جلسه تمرینی از آزمودنی‌ها گرفته شدند. در طول مطالعه 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 تایید کمیته اخلاق پژوهشکده علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی به شماره IR-KHU.KRC.1000.160 و نیز اخذ کد کارآزمایی بالینی به شماره IRCT20220128053844N2 انجام گرفت. شاخص‌های آنتروپومتری آزمودنی‌ها شامل قد، وزن، درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی با حداقل 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 سانتی متر اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی از تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر مربع) محاسبه شد. درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه بادی آنالیز سه‌بعدی پایاتک مدل PT_3Dfit ساخت ایران ارزیابی شد.

برنامه تمرینی شامل تمرینات عملکردی با شدت بالا به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته در گروه تجربی اجرا شد. پروتکل تمرینی در تحقیق حاضر براساس پروتکل تمرینی اسمیت و همکاران (۲۰۲۲) برگرفته و اجرا شد (۱۵). تمرینات شامل چهار گروه از حرکات بود که براساس جدول ۱ اجرا شد. برخی از این حرکات شامل راه رفتن سریع، لانژ، پلانک، اسکوات، شکم، ددلیف، جلو بازو بود. تمرینات با شدت ≥ 7 شاخص درک فشار (هر گروه فعالیت توسط شاخص درک فشار کنترل می‌شد که به عبارتی شاخص درک فشار باید مساوی یا بیشتر از هفت می‌بود) انجام گرفت. ترتیب اجرای تمرینات به این صورت بود که آزمودنی‌ها در هفته‌های اول تا دوم هر چهار گروه تمرینی را انجام می‌دادند. نحوه اجرای تمرینات به این شکل بود که آزمودنی‌ها ۴ گروه تمرین را باید اجرا می‌کردند. بعد از انجام گروه اول تمرینات، آزمودنی‌ها به مدت سه دقیقه استراحت می‌کردند و

سپس گروه دوم تمرینات را انجام می‌دادند و به همین صورت تا پایان هر چهار گروه تمرینی انجام می‌شد. زمان استراحت بین گروه‌های تمرینی به تدریج در هفته ای بعد کاهش می یافت به این صورت که در هفته های اول تا سوم سه دقیقه، هفته چهارم دو دقیقه و نیم، هفته پنجم تا ششم دو دقیقه و در هفته هفتم تا هشتم یک دقیقه و نیم در نظر گرفته شد (جدول ۱). تمرینات ورزشی هر گروه تمرینی بلافاصله و بدون استراحت پشت سرهم اجرا می‌شد.

جدول ۱. پروتکل ۸ هفته ای تمرینات عملکردی با شدت بالا

تمرینات هفته اول و دوم	زمان/تکرار	تمرینات هفته سوم به بعد	زمان/تکرار
گروه اول			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دوی نرم	۳۰ ثانیه
گابلت اسکوات (اسکوات بدون دمبل)	۶ تکرار	گابلت اسکوات (اسکوات با دمبل یا کتل بل)	۶ تکرار
پرس سینه با دمبل	۸ تکرار	پرس سینه با دمبل بیشتر	۸ 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	۶ تکرار	گام روی استپ با دمبل	۶ تکرار
روئینگ تی آر ایکس	۸ تکرار	روئینگ تی آر ایکس	۸ تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)	شکم چرخشی روسی با توپ مدیسن بال	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)
گروه سوم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دوی نرم	۳۰ ثانیه
ددلیفت با چوب	۶ تکرار	ددلیفت با چوب	۶ تکرار
پوش پرس با دمبل	۸ تکرار	پوش پرس با دمبل بیشتر	۸ تکرار
پلانک	۲۰ ثانیه	پلانک + پای کوهنوردی	۱۰ ثانیه + ۱۰ تکرار
گروه چهارم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دوی نرم	۳۰ ثانیه
لانژ	۶ تکرار	لانژ	۶ تکرار
حرکت جلو بازو تی آر ایکس	۸ تکرار	حرکت جلو بازو تی آر ایکس	۸ تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)	شکم چرخشی روسی با توپ مدیسن بال	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)
استراحت بین گروه ها		هفته اول تا سوم	۳ دقیقه
		هفته چهارم	۲/۵ دقیقه
		هفته پنجم تا ششم	۲ دقیقه
		هفته هفتم تا هشتم	۱/۵ دقیقه

روش‌های آزمایشگاهی: نمونه های خونی در دو مرحله، ۴۸ ساعت قبل از شروع دوره تمرینی و همچنین ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی از به میزان ۱۰ میلی لیتر از ورید پیش آرنجی دست چپ آزمودنی ها تهیه شد و به لوله های ویژه جداسازی سرم (بدون ماده ضد انعقاد) اضافه شد و بعد از تشکیل لخته بلافاصله در محل دریافت نمونه سانتریفیوژ گردید و سرم بدست آمده به میکروتیوب های ۱/۵ میلی لیتری اضافه شد و در اسرع وقت برای اندازه گیری های بعدی در دمای ۷۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد. به منظور اندازه گیری سطح سرمی CRP از کیت های hs-CRP ساخت شرکت Aptec بلژیک با روش ایمنوتوربیدومتری به وسیله دستگاه اتوآنالایزر (Abbott, model

Alcyon 300, USA) در طول موج ۵۰۰ nm استفاده شد. به منظور استخراج RNA کل از معرف Tripure isolation reagent ساخت شرکت Roche آلمان (Roche, Cat No.11667165001) طبق دستورالعمل شرکت سازنده استفاده شد. در نهایت به منظور تعیین کیفیت و کمیت RNAهای استخراج شده، از دستگاه Nano Drop (NanoDrop ND-2000C, Thermo Fisher Scientific) ساخت شرکت Thermo ایالات متحده امریکا استفاده شد و تا زمان سنتز cDNA در دمای ۷۰- درجه سانتیگراد قرار داده شد.

بعد از مشخص شدن غلظت و خلوص نمونه RNA استخراج شده در حداقل زمان ممکن به روش Stemloop (STL) و مطابق دستورالعمل کیت سنتز cDNA شرکت سازنده (TAKARA Cat No. 6130) به cDNA که دورشته‌ای و پایدارتر است تبدیل شد. بدین منظور برحسب غلظت RNA از محصول RNA برداشته و طی مراحل زیر cDNA ساخته شد: به میکروتیوب ۰,۲، مقادیر ۱ میکرولیتر DNTTP، ۲ میکرولیتر بافر، ۱ میکرولیتر آغازگر STL هر یک از miRNA مورد نظر، ۰,۵ میکرولیتر آنزیم ترانس کریپتاز معکوس (Thermo Fisher Scientific) و حجم موردنظر از RNA را ریخته و سپس مخلوط مورد نظر را با آب دو بار تقطیر استریل به حجم ۲۰ ul رسانده شد. سپس مخلوط فوق جهت سنتز طبق پروتکل سه مرحله‌ای در دستگاه ترموسایکلر (Analytikjena- ساخت کشور آلمان) قرار داده شد. در نهایت نمونه‌های cDNA ساخته شده تا زمان انجام Real- time PCR در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

قبل از انجام Real- time PCR یک مرحله آماده‌سازی نمونه‌ها انجام گرفت و سپس واکنش‌ها در دستگاه light cycler 96 ساخت شرکت Roche آلمان به همراه توالی پرایمر اختصاصی miR-637 انجام شد. توالی پرایمرهای اختصاصی در جدول شماره ۲ آورده شده است. در نهایت از سطح رونوشت ژن مرجع miR-U6 برای استانداردسازی سطح بیان ژن هدف استفاده شد. در ادامه، براساس داده‌های به دست آمده از واکنش Real- time PCR و شناسایی میانگین Ct مربوط به ژن هدف (miR-637) و ژن کنترل داخلی، کمی‌سازی میزان بیان ژن نسبت به ژن مرجع (Fold change)، با استفاده از فرمول $2^{-\Delta\Delta Ct}$ به صورت زیر تعیین گردید.

$$\Delta Ct = Ct \text{ target gene} - Ct \text{ housekeeping gene}$$

$$\Delta\Delta Ct = \Delta Ct \text{ test sample} - \Delta Ct \text{ control sample}$$

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

جدول ۲. توالی پرایمرها در آزمون Real- time PCR

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

تحلیل آماری: نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد و در صورت طبیعی بودن توزیع داده‌ها، روش‌های آماری پارامتریک استفاده شد. برای بررسی برابری همگنی واریانس‌ها از آزمون آماری لون استفاده شد. برای بررسی و مقایسه تفاوت‌های بین گروهی پس از مداخله، از آزمون آماری تحلیل کوواریانس و برای بررسی تفاوت‌ها و تغییرات درون گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. تحلیل‌ها در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ انجام شد و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

نتایج

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آنترپومتریک آزمودنی‌ها قبل و پس از مداخله در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد هیچ اختلاف معناداری در مقادیر پایه متغیرهای آنترپومتریک آزمودنی‌ها بین دو گروه مطالعه وجود ندارد (جدول ۳).

نتایج نشان داد بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، وزن بدن ($p=0.00$)، BMI ($p=0.00$) و درصد چربی ($p=0.00$) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معناداری کاهش یافت.

بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، miR-637 در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری کاهش یافت ($p=0.001$). (جدول ۴)

بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، تفاوت معنی داری در HS-CRP بین گروه‌ها مشاهده نشد ($p=0.97$). با این حال، یافته‌های درون گروهی نشان داد که سطوح HS-CRP در گروه تجربی در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری کاهش یافته است ($p=0.04$).

جدول ۳ مشخصات آنترپومتریک آزمودنی‌ها

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

جدول ۴. مقادیر بیوشیمیایی و آنترپومتری آزمودنی‌ها قبل و پس از ۸ هفته

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

* نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل؛ نشانه [#] تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون؛ سطح معنی داری $p < 0.05$

بحث و نتیجه گیری

یافته های مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، به طور معناداری سطح miR-637 را در آزمودنی های چاق و اضافه وزن کاهش می دهد همچنین موجب کاهش غیر معنادار سطوح Hs-CRP می گردد. با این حال، داده ها نسبت به پیش آزمون کاهش معنادار Hs-CRP را در گروه تجربی نشان داد. مطالعات مختلفی به بررسی تاثیر تمرینات ورزشی بر سطوح Hs-CRP در آزمودنی های مختلف به ویژه چاق و دارای اضافه وزن پرداخته اند. برخی مطالعات کاهش معنادار و برخی مطالعات نیز عدم تغییر معنادار Hs-CRP را گزارش کرده اند. مشابه با مطالعه حاضر حسینی کاخک و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تاثیر تمرینات مقاومتی، هوازی و بی تمرینی بر نیم رخ لیپیدی و Hs-CRP در دختران چاق پرداختند. این محققین نتیجه گرفتند که هشت هفته تمرین هوازی و قدرتی تاثیری معناداری بر Hs-CRP، نیمرخ لیپیدی دختران چاق ندارد (۱۶). زحمتکش و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تاثیر یک دوره تمرینات ورزشی هوازی-مقاومتی هم زمان بر هموستاز گلوکز و Hs-CRP سرم دختران نوجوان مضطرب دارای اضافه وزن و چاق پرداختند. در این مطالعه تغییر معناداری در سطح Hs-CRP مشاهده نشد (۱۷). بنی طالبی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که سه تمرین ترکیبی مختلف (قدرتی و استقامتی) هیچ تأثیر مثبتی بر عوامل التهابی و آدیپوکاین ها به ویژه Hs-CRP در زنان مسن ندارد. با این حال، تمرینات ترکیبی مختلف، مستقل از ترتیب، روش های تمرینی مؤثری در کاهش چربی بدن و شاخص توده بدنی در زنان مسن بودند (۱۸). با این حال برخی مطالعات یافته های متفاوتی با مطالعه حاضر گزارش کرده اند. بهرام و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید بر هموسیستئین، Hs-CRP، عوامل خطر قلبی عروقی و ترکیب بدن در مردان دارای اضافه وزن پرداختند و گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرین HIIT اثرات معنی داری بر کاهش سطح سرمی هموسیستئین و Hs-CRP، وزن بدن، درصد چربی بدن، شاخص توده بدنی و نسبت دور کمر به باسن در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل داشته است (۱۹). صادقیان و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی بررسی تأثیر هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا بر سطوح اینترلوکین-۶، اینترلوکین-۱۰، Hs-CRP و عوامل آمادگی جسمانی دانشجویان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات عملکردی شدید، اینترلوکین-۶، Hs-CRP و درصد چربی بدن را به طور معنی داری کاهش داد (۲۰). آزالی علمداری (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین تناوبی شدید و تداومی با شدت متوسط بر ICAM-1 سرم، Hs-CRP و عوامل خطر قلبی-متابولیکی در مردان میانسال پرداخت و نشان داد که هر دو پروتکل تمرین تداومی و تناوبی باعث کاهش ICAM-1 و Hs-CRP می گردد (۲۱). ابراهیمی ترکمنی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی مقایسه 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 ده هفته تمرین HIIT می تواند باعث تغییرات مطلوبی در درصد چربی بدن، نیمرخ لیپیدی و سطح Hs-CRP در دانشجویان دارای اضافه وزن شود (۲۲). گائو و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تأثیر تمرین ورزشی بر برخی از آدیپوکین های ضدالتهابی، پروتئین واکنشی C با حساسیت بالا و پیامدهای بالینی در بزرگسالان کم تحرک مبتلا به سندرم متابولیک پرداختند و گزارش کردند که هم تمرین تناوبی هوازی و هم تمرین مقاومتی، سطح سطح Hs-CRP را به طور قابل توجهی بهبود بخشیدند (۲۳). به نظر می رسد تفاوت در حجم نمونه، رژیم غذایی، سطوح پایه شاخص ها، تفاوت در طول دوره برنامه تمرینی و به ویژه کاهش وزن، از جمله عواملی باشند که ممکن است بتوانند تفاوت در نتایج پژوهش های مختلف را توجیه کنند. به طور مثال برخی مطالعات عدم تغییر در شاخص ها را عدم کاهش وزن آزمودنی ها ذکر کردند (۱۷، ۲۴). همچنین به نظر می رسد طول دوره تمرین عامل مهم و تعیین کننده تغییر Hs-CRP باشد به طوری که بیشتر پژوهش هایی که کاهش Hs-CRP را گزارش کرده اند طول دوره مداخله بیشتر از ۸ هفته بوده است (۱۷، ۱۸). برخی مطالعات پیشنهاد می کنند که مداخلات تمرینی که همراه با کاهش وزن هستند در کاهش سطح Hs-CRP موفقتر بوده اند (۱۹-۲۲)، اما گروهی دیگر از مطالعات بیان می دارند که تمرینات ورزشی شاخص هالی التهابی از جمله Hs-CRP را بدون توجه به کاهش وزن و یا ترکیب بدنی کاهش می دهند (۱۶، ۲۵). این مطالعات عقیده دارند که Hs-CRP به طور مستقیم و غیرمستقیم می تواند توسط تمرینات ورزشی تحت تاثیر قرار بگیرد. لذا همیشه برای تغییر سطح hs-

CRP تغییرات چربی بدن ضروری نیست (۲۶). در مطالعه حاضر نیز با وجود کاهش معنادار وزن و درصد چربی بدنی تغییر معناداری در Hs-CRP مشاهده نشد.

مطالعات، تغییراتی را در بیان miRNAها پس از تمرینات ورزشی شناسایی کرده‌اند که بینش جدیدی را در مورد کنترل مولکولی سازگاری با ورزش به ارمغان می‌آورد. مطالعات پیشنهاد کرده‌اند که تمرینات ورزشی یک فعال‌کننده قوی بیان ژن است که الگوهای بیان آن به طور قابل توجهی متغیر است و به نوع تمرینات ورزشی بستگی دارد (۲۷). یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، miR-637 در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معنی‌داری کاهش یافت. تا جایی که ما بررسی کرده ایم مطالعه ای تاثیر تمرینات ورزشی بر miR-637 را بررسی نکرده است. اما با توجه به نقش و اهمیت آن در تنظیم فرآیندهای التهابی ضروری به نظر می‌رسد. مطالعات انجام شده در این زمینه نتایج بسیار متفاوتی گزارش کرده‌اند، که نشان می‌دهد برای روشن شدن مکانیسم‌های مرتبط با آن، هنوز مطالعات بیشتری باید انجام گردد (۴، ۹، ۲۸، ۲۹). به طور مثال، کیم و همکاران (۲۰۱۵) یک مکانیسم پس از رونویسی را کشف کردند که توسط آن miR-637 بیان Hs-CRP را در پایین‌دست سیگنالینگ تعدیل می‌کند. کیم و همکاران (۲۰۱۵) miR637 را به عنوان عوامل جدیدی شناسایی کردند که ممکن است نقش اساسی در توسعه حالت التهابی داشته باشند و ممکن است اهداف ارزشمند جدیدی در تشخیص، درمان یا پیشگیری از التهاب و بیماری‌هایی با یک جزء التهابی عمده باشند (۴). همچنین شو و همکاران (۲۰۲۰) اخیراً 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 بالقوه برای تصلب شرایین است و ارزش پیش‌بینی‌کننده مهمی برای وقوع حوادث قلبی عروقی در آینده دارد (۱۰). مطالعات پیشنهاد کرده‌اند یکی از فرآیندهای تعدیل و تنظیم Hs-CRP، miR-637 می‌باشد. miRNAها نقش مهمی در تنظیم ژن پس از رونویسی دارند که عمدتاً به عنوان سرکوبگر عمل می‌کنند (۳۰، ۳۱). مطالعات گزارش کرده‌اند که عملکرد بیولوژیکی-miR-637 و نقش آن در مسیرهای التهابی هنوز به طور کامل شناخته نشده است (۳۱) و در این زمینه نیاز به مطالعات بیشتری می‌باشد. در مطالعه‌ای کیم و همکاران (۲۰۱۵) 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 پاتولوژیک مانند فشار خون بالا کاهش دهد (۴). این محققان دریافتند که miR-637 قادر به مهار بیان CRP است. همچنین کیم و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که سطح-miR-637 در افرادی که سطح hsCRP در گردش خون بالایی دارند، کمتر است (۴). این داده‌ها نشان می‌دهد که miR-637 ممکن است نقش مستقیمی در تعدیل سطح CRP در داخل بدن داشته باشد و miR637 ممکن است با کاهش سطح CRP در گردش خون، اثر ضد التهابی داشته باشد. با این حال، تحقیقات آینده برای بررسی کامل تاثیر مداخلات تمرینی بر miR-637 و اینکه آیا آن مسیرهای التهابی دیگری را هدف قرار می‌دهد یا خیر، مورد نیاز است. این مطالعات پیشنهاد می‌کند که این امکان وجود دارد که miR-637 بتواند برای تعدیل سطح CRP در افراد در معرض خطر استفاده شود. با این حال در مطالعات حاضر کاهش معنادار miR-637 و عدم کاهش معنادار HS-CRP را گزارش کردیم که با یافته‌های مطالعات فوق تا حدی متفاوت است.

در مطالعه حاضر بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، وزن بدن، BMI و درصد چربی بدن در زنان دارای اضافه وزن و چاق به طور معناداری کاهش یافت. مطالعات مختلفی تاثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر ترکیب بدن را در آزمودنی‌های مختلف بررسی کرده‌اند، اما نتایج بسیار متفاوتی گزارش شده است. برخی مطالعات مشابه با مطالعه حاضر کاهش معنادار وزن، شاخص توده بدنی و درصد چربی بدن را گزارش کرده‌اند (۳۲-۳۴). به طور مثال، کاپسیس و همکاران (۲۰۲۲) کاهش معنادار چربی کل بدن و عدم تغییر معنادار وزن بدن را پس از ۱۲ هفته تمرینات تمرینات عملکردی با شدت بالا در مردان و زنان فعال گزارش کردند (۳۳). با این حال، فیتو و همکاران (۲۰۱۹) هیچ گونه تغییر معناداری در وزن، شاخص توده بدنی و درصد چربی بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق گزارش نکردند (۳۵). از مهمترین دلایل تفاوت این یافته‌ها، تفاوت در روش‌های ارزیابی ترکیب بدن، تفاوت در حجم برنامه‌های تمرینی،

سابقه فعالیت بدنی، ترکیب بدن اولیه آزمودنی ها (به طور مثال چاق بودن آزمودنی ها در مطالعه حاضر) و عدم کنترل رژیم غذایی از مهمترین دلایل تفاوت در این یافته ها باشد (۳۲).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد هشت هفته تمرین عملکردی احتمالا با کاهش miR-637 و بهبود نسبی Hs-CRP ممکن است در بهبود عوارض اضافه وزن و چاقی موثر باشد

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه فنی حرفه ای استان آذربایجان شرقی و تمامی افرادی که ما را در انجام تحقیق حاضر یاری نمودند، تشکر و قدردانی می گردد.

حمایت مالی

این تحقیق مستخرج از طرح پژوهشی مصوب در دانشگاه فنی حرفه ای استان آذربایجان شرقی می باشد.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی ایده و اجرای پژوهش مشارکت داشتند. دست نوشته اولیه توسط مهدی زارعی نگارش شد. تهیه، گردآوری و تحلیل داده ها توسط حمیدرضا زلفی و امیر شکیب انجام گرفت. مهدی زارعی، حمیدرضا زلفی و امیر شکیب در بررسی و ویرایش مقاله مشارکت داشتند. همه نویسندگان نسخه نهایی دست نوشته را بررسی و تأیید کردند.

تعارض منافع

نویسندگان در این پژوهش هیچگونه تعارض منافی را اعلام نکرده اند.

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. Çolak 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, Aphasidis 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, Pourvaghari 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, Siahkhouhian 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.