

پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش  
دوره ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵  
ص: ۵۷-۴۷

## اثر ۸ هفته تمرینات مقاومتی دایره‌ای بر سطوح Ox-LDL، hs-CRP، HbA1c خون و شاخص مقاومت به انسولین در زنان یائسه غیرفعال

عنوان کوتاه: اثر تمرینات مقاومتی بر شاخص‌های التهابی مرتبط با دیابت در زنان یائسه

جواد مهربانی<sup>۱\*</sup> - فرشته میرمحمدلو<sup>۲</sup> - هادی نوبری<sup>۳</sup>

۱. استادیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران ۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات رشت، رشت، ایران ۳. دانشجوی دکتری بیوشیمی و

متابولیسم ورزشی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۲۵ / ۰۶ / ۱۳۹۴، تاریخ تصویب: ۰۷ / ۱۱ / ۱۳۹۴)

### چکیده

زمینه و هدف: افزایش سن و یائسگی در زنان منجر به بروز بیماری‌های مزمن مختلفی می‌شود که اجرای تمرینات بدنی منظم در بهبود اختلالات متابولیک، بیماری‌های قلبی-عروقی و شاخص‌های التهابی نقش موثری دارد. در مطالعه حاضر اثر هشت هفته برنامه تمرینات مقاومتی دایره‌ای بر سطوح لیپوپروتئین با چگالی کم اکسید شده (Ox-LDL)، پروتئین واکنشگر C با حساسیت بالا (hs-CRP)، هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) خون و شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در زنان یائسه غیرفعال مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. روش تحقیق: ۲۹ زن یائسه غیرفعال (سن  $47.33 \pm 5.83$  سال) به طور تصادفی از بین افراد داوطلب انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به دو گروه تمرین با تعداد ۱۵ نفر ( $BMI = 21.81 \pm 4.9 \text{ kg/m}^2$ ) و گروه کنترل تعداد ۱۴ نفر ( $BMI = 20.22 \pm 3.78 \text{ kg/m}^2$ ) تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل هشت هفته تمرینات مقاومتی دایره‌ای بود که ۳ جلسه در هفته با شدت ۶۰-۷۵ درصد حداکثر IRM و در هر جلسه بین ۶۰-۹۰ دقیقه اجرا شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری t مستقل، t همبسته و سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. یافته‌ها: پس از ۸ هفته، گلوکز ناشتا ( $p = 0.035$ )، شاخص مقاومت به انسولین ( $p = 0.05$ )، سطوح پروتئین واکنشگر C با حساسیت بالا ( $p = 0.042$ )، کلسترول تام ( $p = 0.035$ )، تری‌گلیسیرید ( $p = 0.040$ )، LDL-C ( $p = 0.01$ ) و اسید اوریک ( $p = 0.012$ ) خونی در گروه تمرینات مقاومتی دایره‌ای به طور معنی‌داری کاهش یافته بود. همچنین بین سطوح پروتئین واکنشگر C با حساسیت بالا و LDL-C خونی در دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر به نظر می‌رسد اجرای تمرینات مقاومتی دایره‌ای می‌تواند موجب کاهش عوامل ایجاد کننده اختلالات متابولیکی، قلبی-عروقی و عملکرد ایمنی در زنان یائسه شود.

### واژه‌های کلیدی

تمرینات مقاومتی دایره‌ای، شاخص مقاومت به انسولین، پروتئین واکنشگر C، هموگلوبین گلیکوزیله، زنان یائسه غیرفعال.

## مقدمه

درصد در میزان هموگلوبین گلیکوزیله با کاهش معادل ۳۵ درصدی در خطر عوارض دیابت نوع ۲ همراه است (۸). به‌ویژه آنکه این اختلالات در زنان یائسه به‌دلیل تغییرات هورمونی، کاهش توده عضلانی، هایپرتروفی بیشتر بافت چربی و اختلالات متابولیک رخ می‌دهد (۳۱). اسیدهای چرب تولید شده از بافت چربی با تجمع در سلول‌های عضلانی، انتقال حامل گلوکز (GLUT4)<sup>۲</sup> به سطح این سلول‌ها را مختل می‌کند. گزارش‌های پژوهشی نشان داده فعالیت بدنی موجب افزایش تعداد حامل‌های GLUT4 به عنوان سازوکار اصلی در جلوگیری از بروز مقاومت به انسولین نقش دارد (۱۷). این حالت در افرادی که فعالیت ورزشی منظم دارند، منجر به افزایش حساسیت و فعالیت این حامل‌ها نیز شده و بنابراین، حساسیت به انسولین افزایش می‌یابد؛ از این‌رو، فعالیت بدنی منظم می‌تواند موجب افزایش مصرف گلوکز در سطح سلول‌های عضلانی شده و همچنین بر اختلال ایجاد شده در گیرنده‌های انسولین، غلبه کند (۳۰). همچنین، ورزش منظم منجر به کاهش معنی‌دار در سطح پلاسمایی گلوکز، افزایش معنی‌داری در حساسیت انسولین و بهبود مقاومت به انسولین می‌شود (۱۷). سازوکار فیزیولوژیک مسئول برای پیشگیری از مقاومت به انسولین، افزایش فعالیت انتقال دهنده گلوکز ناشی از اثر انسولین است (۲۸).

گزارش شده آترواسکلروزیس با التهاب و عوامل التهابی ارتباط مستقیم دارد. بنابراین پژوهشگران در صدد شناسایی شاخص‌هایی هستند که با حساسیت بیشتری، خطر بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت نوع دو را پیش-بینی کنند. در سال‌های اخیر، پروتئین واکنشگر C با حساسیت بالا<sup>۳</sup> به عنوان یکی از شاخص‌های حساس، قوی و مستقل التهابی پیش‌گویی کننده حوادث قلبی-عروقی و

یائسگی یکی از مراحل طبیعی و مهم زندگی زنان است که مشخصه اصلی آن پایان باروری و قطع قاعدگی است (۸). زنانی که وارد دوره یائسگی می‌شوند به علت فقدان فعالیت بدنی، کمبود استروژن، تغییر شکل بدن (تجمع چربی در قسمت لگن و شکم) و همچنین کاهش حساسیت به انسولین و فراهم شدن خطرات متابولیکی در معرض بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت نوع ۲ قرار دارند، که از عمده‌ترین دلایل مرگ و میر در زنان یائسه است (۹). یکی از مشکلات متابولیکی که زنان یائسه با آن مواجه هستند، عارضه مقاومت به انسولین است که رابطه نزدیکی با دیابت نوع ۲ دارد. این عارضه یک اختلال پاتوفیزیولوژیکی است که به علت نقص در مسیرهایی که از طریق آن انسولین مصرف گلوکز را تحریک می‌کند، حادث می‌شود (۹،۸). نقص در فعال شدن گیرنده‌های انسولین، اختلال در بیان ژن انسولین یا گیرنده انسولین و اختلال در روند انتقال گلوکز به درون سلول‌های عضلانی از اصلی‌ترین دلایل بروز این اختلال است (۲۳). مقاومت در برابر عمل انسولین مانع رسیدن گلوکز کافی به بافت‌های هدف (کبد، عضله و ادیپوز) شده و در مسیر انتقال گلوکز اختلال ایجاد می‌شود که بروز چنین حالتی در ایجاد التهاب خفیف مزمن نقش دارد (۲۲). بنابراین در شرایط هایپرگلاسمی که قند خون به صورت پاتولوژیک افزایش پیدا می‌کند، ارتباط نزدیکی با بروز مقاومت به انسولین وجود دارد. در این شرایط مقداری از گلوکز خون با بخش هموگلوبین گلوبول‌های قرمز خون ترکیب شده و ترکیبی جدید به نام هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c)<sup>۱</sup> را تشکیل می‌دهد. اندازه‌گیری این نوع از هموگلوبین رایج‌ترین آزمایش برای درجه‌بندی کنترل متابولیک و بهترین هدف درمانی در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ است. کاهش هر ۱

2. GLUT4

3. High Sensitive- C-Reactive Protein

1. HbA1c

مردان تمرین نکرده در دامنه سنی ۱۸ تا ۳۸ سال گزارش کردند (۳۳). در حالی که ماتوسچ و همکاران افزایش مقدار CRP را بعد از ۹ ماه تمرینات منظم دویدن گزارش کردند (۱۵). با این حال در ارتباط با تاثیر تمرینات مقاومتی دایره‌ای اطلاعات کمی وجود دارد. با توجه به اینکه تمرین مقاومتی با افزایش توده عضلانی، کاهش چربی زیر پوستی و احشایی، کاهش LDL و افزایش HDL، روشی موثر در بهبود حساسیت انسولین می‌باشد، در زمینه نقش تمرینات مقاومتی دایره‌ای بر اختلالات متابولیکی اطلاعات کمی وجود دارد. موضوع قابل توجه در این پژوهش پرداختن به یکی از مهمترین نشانگان مرتبط با دیابت یعنی HbA1c است که تغییرات آن پس از اجرای تمرینات مقاومتی که رابطه نزدیکی با افزایش توده عضلانی دارد، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. از اینرو، هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات سطوح خونی HbA1c، hs-CRP، Ox-LDL و شاخص مقاومت به انسولین پس از ۸ هفته تمرینات مقاومتی دایره‌ای است.

### روش تحقیق

پژوهش حاضر به صورت نیمه تجربی و با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. پس از اعلان فراخوان برای کاهش وزن با فعالیت ورزشی، تعداد ۸۰ نفر زن خانه‌دار، داوطلبانه و بر اساس برنامه تعیین شده در مرحله اول غربالگری شرکت کردند و ۳۰ نفر از بین آن‌ها انتخاب و به طور تصادفی به ۲ گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای<sup>۱</sup> و گروه کنترل هر گروه با تعداد ۱۵ نفر تقسیم شدند. شرایط ورود آزمودنی‌ها به پژوهش حاضر عدم مصرف سیگار و مواد مخدر در یک سال گذشته، نداشتن هیچ‌گونه سابقه بیماری قلبی-عروقی، دیابت، پرفشار خونی و سایر بیماری خطرناک بود. در ۶ ماه گذشته سابقه

مقاومت به انسولین مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، به طوری که افزایش این شاخص با افزایش حوادث قلبی-عروقی همراه است. گزارش شده با سطح فعالیت-بدنی کمتر و افزایش شاخص توده بدنی (BMI) به طور مستقل با افزایش کلسترول تام (TC)، تری‌گلیسرید (TG) و LDL-C و CRP همراه است (۵). همچنین ممکن است بخشی از التهاب ناشی از تجمع توده چربی و نیمرخ لیپیدی نامطلوب، در اثر فشار اکسایشی و پراکسیداسیون لیپیدها باشد، به ویژه آن که در رسوب چربی در عروق نقش دارد؛ در این بین اکسایش لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL-C) که تحت عنوان کلسترول LDL اکسید شده Ox-LDL خوانده می‌شود به عنوان یکی از مهمترین عوامل در شروع و سرعت بخشیدن به تجمع و رسوب چربی عروق شناخته شده است (۹). بررسی‌ها نشان داده‌اند که خاصیت آتروژنتیکی Ox-LDL بیشتر از LDL-C است. Ox-LDL موجب تحریک مونوسیت‌ها و به دنبال آن تجمع ماکروفاژها در عروقی می‌شوند که در حال ابتلا به گرفتگی شریان‌ها هستند (۱۱،۶).

اصلاح شیوه زندگی و افزایش فعالیت بدنی ممکن است از ایجاد بیماری‌های متابولیکی و قلبی-عروقی از جمله آترواسکلروزیس جلوگیری نماید (۱۰). برخی مطالعات کاهش سطح hs-CRP را پس از انجام فعالیت‌های ورزشی هوازی نشان داده‌اند، در حالی که برخی دیگر نیز تغییر معنی‌داری را گزارش نکرده‌اند (۱۳). در همین راستا، مهربانی و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند که اجرای ۱۹ هفته تمرینات بدنی با شدت متوسط می‌تواند منجر به کاهش معنی‌دار سطوح خونی hs-CRP، شاخص مقاومت به انسولین و بهبود نیمرخ لیپیدی خون در زنان بزرگسال غیرفعال شود (۱۶). همچنین، ونگ و همکاران کاهش مقدار CRP را پس از ۱۲ هفته تمرینات هوازی بر

شرکت پارس آزمون و ox-LDL نیز با استفاده از کیت ساخت شرکت زلیبو آلمان (مدل: ZB-0699-R9648) استفاده شد. همچنین شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{HOMA-IR} = \frac{[\text{انسولین ناشتایی (mu/L)} \times \text{گلوکز ناشتا (mg/dl)}]}{405}$$

**برنامه تمرینی:** برنامه طراحی شده شامل ۸ هفته تمرینات مقاومتی دایره‌ای بود که هر هفته ۳ جلسه با شدت پایین تا متوسط (۷۵-۵۵ درصد حداکثر 1RM هر آزمودنی) انجام شد؛ به این ترتیب که شدت در سه هفته ابتدایی کمتر و با افزایش سطح آمادگی، به تدریج افزایش یافت. گرم کردن و سرد کردن به مدت ۵ تا ۱۵ دقیقه، شامل نرمش‌های کششی ایستاده، نشسته و جاگینگ بود. در مجموع زمان بخش‌های گوناگون تمرینات برابر با ۵۵ تا ۸۵ دقیقه و بخش اصلی تمرینات شامل ۶۰-۴۰ دقیقه بود (جدول ۱). در طول دوره تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا از انجام سایر فعالیت‌های بدنی پرهیز کرده و برنامه غذایی متداول خود را تغییر ندهند و تمرینات خود را زیر نظر مربی در سالن ورزشی انجام دهند. گروه کنترل فقط در آزمون‌های ابتدایی و انتهایی پژوهش شرکت کردند. در پایان تمرینات، کلیه آزمایش‌های مربوط به ترکیب بدن و خون تکرار شدند.

**تجزیه و تحلیل آماری:** در مطالعه حاضر برای بررسی همگن بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S) استفاده شد. از آزمون t مستقل بر مقایسه دو گروه و t همبسته برای بررسی تغییرات پیش آزمون-پس آزمون استفاده و سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد، تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

هیچ نوع فعالیت ورزشی منظم و یا برنامه کاهش وزن را نداشته باشند. در این پژوهش، یائسگی نیز به عنوان توقف همه نشانه‌های قاعدگی حداقل طی یک سال گذشته تعریف شد و آزمودنی‌ها نایبستی هیچ‌گونه خونریزی طی یک سال گذشته داشته باشند. قبل از شروع تمرینات اطلاعات و آگاهی‌های لازم در چگونگی اجرای پژوهش و مراحل آن به آزمودنی‌ها داده شد، سپس وضعیت تندرستی آن‌ها با پرسش نامه پزشکی-ورزشی سنجیده شده و در نهایت برگه رضایت نامه شرکت در آزمون را تکمیل کردند. در روز بعد، قد (بدون کفش در کنار دیوار به شکل ایستاده با دقت ۰/۱ سانتی متر)، وزن بدن (با دستگاه وزن سنج GLAMOR مدل BS 720 با دقت ۰/۱ کیلوگرم)، چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها با کالیپر ساخت آلمان مدل VOGEL و در سه ناحیه پشت بازو، فوق خاصره‌ای و ران بر اساس روش جکسون و پولاک، شاخص توده بدنی (وزن به کیلوگرم تقسیم بر مجذور قد به متر)، نسبت دور کمر به لگن با هدف اندازه‌گیری غیر مستقیم چاقی شکمی و فشار خون (با دستگاه فشار سنج مچی امسیگ EMSIG مدل BW54) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

**اندازه‌گیری عوامل خونی:** برای اندازه‌گیری متغیرهای خونی، قبل از اجرای پروتکل تمرینی، ۱۲ ساعت پس از ناشتایی خون‌گیری صورت گرفت. خون‌گیری در حالت نشسته و در وضعیت استراحت، از سیاهرگ بازوی چپ به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر صورت گرفت. پس از ۸ هفته، ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی، دوباره از آزمودنی‌ها مطابق پیش آزمون خون‌گیری به عمل آمد. برای اندازه‌گیری TG، HDL-C، LDL-C و گلوکز خون از روش آنزیماتیک، HbA1c با روش آنزیمی ایمونواسی بر حسب درصد، hs-CRP به روش ایمونوتوربیدیمتری با کیت

## جدول ۱. بخش‌های مختلف برنامه تمرینی

تعداد هفته	۸
تعداد جلسات تمرین	۳ روز در هفته
شدت تمرین	۷۵-۵۵ درصد حداکثر 1-RM
بخش‌های مختلف برنامه تمرینی	
۱- گرم کردن	۱۵-۱۰ دقیقه
۲- تمرینات اصلی (پرس سینه، پرس پا، زیر بغل با دستگاه، جلو و پشت پا با دستگاه، حرکات بازوها، درازونشست، بازکردن پشت، شنای سوندی)	۶۰-۴۰ دقیقه
۳- سرد کردن	۱۰-۵ دقیقه

## یافته‌ها

در جدول ۲ مشخصات فردی و ترکیب بدن آزمودنی‌ها را قبل و بعد از ۸ هفته تمرینات مقاومتی دایره‌ای آورده شده است.

## جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد مشخصات فردی و ترکیب بدن آزمودنی‌ها قبل و بعد از تمرینات مقاومتی دایره‌ای

متغیرها	کنترل		تمرین مقاومتی دایره‌ای	
	قبل از تمرین	بعد از تمرین	قبل از تمرین	بعد از تمرین
سن (سال)	۵۵/۳۱ ± ۴/۶	---	۵۶/۳۶ ± ۴/۱	---
مدت زمان یائسگی (سال)	۳/۲ ± ۲/۴	---	۳/۱ ± ۲/۴	---
وزن بدن (کیلوگرم)	۷۲/۳۵ ± ۱۰/۱۷	۷۲/۹۲ ± ۱۰/۳۱	۷۵/۴۰ ± ۱۱/۶۳	۷۵/۰۶ ± ۱۱/۵۱
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۳۰/۲۲ ± ۳/۷۸	۳۰/۴۸ ± ۳/۷۷	۳۱/۸۱ ± ۴/۹۰	۳۱/۷۲ ± ۴/۹۲
درصد چربی بدن	۳۴/۰۱ ± ۳/۲	۳۴/۶ ± ۳	۳۵/۶ ± ۴/۱	۳۴/۱ ± ۳/۲
نسبت دور کمر به لگن	۰/۹۶ ± ۰/۱۱	۰/۹۴ ± ۰/۱۲	۰/۹۰ ± ۰/۰۸	۰/۹۰ ± ۰/۰۷
فشار خون سیستولی (میلی‌متر جیوه)	۱۲/۶۴ ± ۲/۳۰	۱۲/۹۲ ± ۲/۸۱	۱۳/۳۳ ± ۱/۵۳	۱۳/۲۶ ± ۱/۸۳
فشار خون دیاستولی (میلی‌متر جیوه)	۷/۳۵ ± ۱/۳۳	۶/۹۲ ± ۰/۹۹	۷/۸۶ ± ۰/۸۳	۷/۷۳ ± ۰/۷۹

معنی‌داری نبود ( $P=0/089$ ،  $P=0/071$ ). نتایج آماری آزمون  $t$  مستقل نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین سطوح خونی hs-CRP ( $P=0/023$ ) و مقادیر خونی HbA1c ( $P=0/033$ ) در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل وجود دارد. با وجود این، تغییرات مقادیر خونی Ox-LDL و شاخص HOMA پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل معنی دار نبود ( $P=0/064$ ،  $P=0/077$ ).

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش در مراحل پیش آزمون و پس آزمون در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آماری  $t$  همبسته نشان داد که ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای سطوح خونی hs-CRP ( $P=0/042$ ) و شاخص HOMA ( $P=0/015$ ) را در زنان یائسه نسبت به حالت پایه به طور معنی‌داری کاهش داد. با این حال با توجه به نتایج آزمون  $t$  همبسته، علی‌رغم کاهش مقادیر خونی Ox-LDL و HbA1c نسبت به حالت پایه در اثر تمرین مقاومتی دایره‌ای، این تغییر از لحاظ آماری

جدول ۳. شاخص‌های بیوشیمیایی گروه‌های تمرین مقاومتی دایره‌ای و کنترل در مراحل مختلف اندازه‌گیری

متغیرها	گروه‌ها	زمان اندازه‌گیری		p
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	
(IU/L) ox-LDL	تمرین مقاومتی	۵/۳۶ ± ۱/۰۵	۴/۹۹ ± ۱/۰۴	۰/۰۸۹
	کنترل	۵/۴۸ ± ۱/۱۲	۵/۵۳ ± ۱/۰۸	۰/۳۲۱
(mg/L) hs-CRP	تمرین مقاومتی	۴/۵۵ ± ۱/۱۱	۳/۲۱ ± ۰/۹۴	†۰/۰۴۲
	کنترل	۴/۷۳ ± ۱/۰۳	۴/۶۸ ± ۱/۰۹	۰/۴۳۹
(%) HbA1c	تمرین مقاومتی	۵/۰۲ ± ۱/۰۸	۴/۶۳ ± ۰/۹۹	۰/۰۷۱
	کنترل	۵/۶۱ ± ۱/۱۲	۵/۳۶ ± ۱	۰/۱۱۳
گلوکز ناشتای خون (mg/dl)	تمرین مقاومتی	۱۰۵/۱۳ ± ۸/۰۸	۹۹/۸ ± ۷/۳	†۰/۰۳۵
	کنترل	۱۰۲/۵۰ ± ۷/۳۵	۱۰۰/۳۱ ± ۶/۱۶	۰/۲۵۴
انسولین (mU/l)	تمرین مقاومتی	۹/۴۹ ± ۴/۹	۸/۷۱ ± ۴/۳۳	۰/۱۶۸
	کنترل	۸/۸۱ ± ۳/۹۵	۸/۶۳ ± ۳/۷۶	۰/۳۲۱
شاخص مقاومت به انسولین (HOMA)	تمرین مقاومتی	۳/۲۳ ± ۰/۹	۲/۹۹ ± ۰/۸۱	†۰/۰۱۵
	کنترل	۳/۱۷ ± ۰/۸۹	۳/۱۱ ± ۰/۷۶	۰/۵۲۳
کلسترول تام خون (mg/dl)	تمرین مقاومتی	۲۱۳/۱۳ ± ۳۲/۷۱	۱۹۰/۱۳ ± ۲۱/۲۷	†۰/۰۳۵
	کنترل	۲۰۸/۵ ± ۳۶/۳۵	۲۰۶/۲۱ ± ۲۸/۳۱	۰/۲۰۳
تری‌گلیسرید خون (mg/dl)	تمرین مقاومتی	۱۷۹/۶ ± ۴۹/۴۷	۱۶۳/۸ ± ۴۴/۶۱	†۰/۰۴۰
	کنترل	۱۷۴/۵ ± ۲۶/۱۲	۱۶۹/۸۵ ± ۳۳/۷۹	۰/۲۰۴
HDL-C خون (mg/dl)	تمرین مقاومتی	۴۹/۷۳ ± ۵/۸۲	۵۰/۲۶ ± ۶/۷۶	۰/۰۱۵۶
	کنترل	۴۸/۷۸ ± ۵/۳۳	۵۰/۳۵ ± ۵/۵۲	۰/۱۴۰
LDL-C خون (mg/dl)	تمرین مقاومتی	۱۲۷/۹۰ ± ۲۹/۳۷	۱۱۳/۸۸ ± ۲۲/۹۴	†۰/۰۱
	کنترل	۱۲۱/۴۱ ± ۲۸/۶۷	۱۳۰/۰۸ ± ۲۵/۵۹	۰/۰۹۷
آلبومین (g/dl)	تمرین مقاومتی	۴/۰۸ ± ۰/۸۷	۴/۸۷ ± ۱/۱۱	۰/۰۸۴
	کنترل	۵ ± ۱/۳۱	۴/۹۵ ± ۱/۰۴	۰/۰۹۵
اسید اوریک (mg/dl)	تمرین مقاومتی	۶/۰۸ ± ۱/۲۳	۵/۲۷ ± ۱/۰۹	†۰/۰۱۲
	کنترل	۵/۹۸ ± ۰/۹۷	۵/۷۳ ± ۱/۱۹	۰/۰۶۱

† تغییر معنی‌دار نسبت به قبل از تمرین با t همبسته ( $p < 0.05$ ); ‡ اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل با t مستقل ( $p < 0.05$ ).

## بحث

تأثیری بر ox-LDL و HbA1C در زنان یائسه نداشت. در حالی که تفاوت معنی‌داری در سطوح خونی hs-CRP و HbA1C در دو گروه مشاهده شد که این تفاوت نشان داد تمرینات مقاومتی دایره‌ای توانسته این مقادیر خونی را در زنان یائسه کاهش دهد.

تحقیقات قبلی در مورد تأثیر تمرینات ورزشی بر hs-CRP نتایج متفاوتی را ارائه کرده‌اند. در یکی از این مطالعات بکی و همکاران در سال ۲۰۱۰ پس از اجرای ۱۲ هفته تمرین توانبخشی قلب در زنان مبتلا به بیماری قلبی - عروقی کاهش معنادار در سطح سرمی CRP را گزارش

در مطالعه حاضر، اثر تمرینات مقاومتی دایره‌ای (شدت ۷۵٪-۵۵٪ یک تکرار بیشینه) بر روی سطوح خونی Ox-LDL، hs-CRP، HbA1C و مقاومت به انسولین در زنان یائسه غیرفعال سالم مورد بررسی قرار گرفت.

بر اساس یافته‌های پژوهش، پس از ۸ هفته تمرینات مقاومتی دایره‌ای با شدت پایین تا متوسط مقادیر خونی hs-CRP و شاخص HOMA نسبت به حالت پایه، کاهش معنی‌دار نشان داد. با این حال ۸ هفته تمرین

مشاهده شد (۲۱). از طرفی نشان داده شده که دفاع آنتی اکسیدانی در اثر تمرینات ورزشی تقویت می‌شود (۶). بنابراین تقویت دفاع آنتی اکسیدانی می‌تواند باعث کاهش Ox-LDL شود که در نهایت می‌تواند انتشار مولکول‌های چسبان را کم کرده و از پیشرفت التهاب جلوگیری نماید (۲۵). با وجود این، تغییرات مقادیر خونی Ox-LDL پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل معنی دار نبود. نتایج مختلف انواع مطالعات به شکل، شدت یا مدت تمرین اجرا شده بستگی دارد یا می‌تواند به همراه بودن تغییرات تغذیه‌ای، وضعیت‌های جوامع خاص مانند بیماران دیابتی، بیماران قلبی عروقی، افراد چاق، یائسگی و افرادی با سطوح بالای شاخص‌های التهابی در مقایسه با افراد سالم نسبت داده شود و همچنین تناقض مشاهده شده در نتایج تحقیقات را می‌توان به شدت، مدت تمرین و حجم تمرین، نوع آزمودنی‌ها و وضعیت سلامت آن‌ها ارتباط داد.

در پژوهش حاضر سطوح نیمرخ‌های لیپیدی بهبود معناداری را نشان دادند. تاثیر تمرین بر عملکرد اندوتلیال می‌تواند از طریق افزایش سطح HDL-C پلاسما نیز بروز کند. این شاخص با تحریک آزادسازی پروستاگلندین<sup>۴</sup> از دیواره عروق یا سلول‌های عضلانی صاف، تجمع پلاکتی را مهار می‌کند و سبب کاهش مولکول‌های چسبان می‌شود (۱۴). مکانیسم موثر در توجیه افزایش سطح HDL-C پلاسما متعاقب ورزش با توجه به آثار ورزش در تعدیل ذخایر چربی، متابولیسم عمومی بدن، فعالیت انسولین در کبد، عضله و بافت چربی است (۱). در صورت عدم کنترل سطح لیپیدهای خونی بویژه در زنان یائسه احتمال بیماری قلبی- عروقی بیشتر می‌شود که از دست دادن عامل حفاظتی استروژن از دلایل مهم آن است (۱۷). مطالعات نشان داده‌اند که زنان یائسه افزایش بیشتری در LDL-C

کردند (۲). همچنین آلسان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) نیز بهبود سطوح hs-CRP را پس از یک سال تمرین مقاومتی در زنان چاق گزارش کردند (۲۰). در حالی که ونگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) پس از ۱۲ هفته برنامه تمرینی منظم مقاومتی- هوازی عدم تغییر سطوح CRP را در افراد چاق گزارش کردند (۳۳). بخش مهمی از این پژوهش در مورد اثر تمرین مقاومتی دایره‌ای بر شاخص التهابی hs-CRP است. این شاخص به عنوان یکی از شاخص‌های مهم پیش‌گویی کننده بیماری‌های قلبی- عروقی معرفی شده است؛ به طوری که برخی محققان آن را مهم ترین شاخص پیش بین در زنان می‌دانند (۲۹). یافته‌های پژوهش حاضر با گزارش نیکلاس (۲۰۰۴) همخوانی ندارد (۱۹). پژوهش‌های گوناگون ارتباط معکوس و معنی‌داری را بین فعالیت بدنی منظم و شاخص‌های التهابی نشان داده‌اند و گزارش کرده‌اند افرادی که از نظر بدنی فعال‌ترند و آمادگی جسمانی بهتری دارند سطح پایین‌تری از شاخص‌های التهابی را دارا هستند (۲۴، ۱۲).

اصولاً کاهش سطح سرمی hs-CRP ممکن است ناشی از کاهش غلظت لیپیدهای خونی (تری‌گلیسیرید، کلسترول تام و LDL-C) و آثار آنتی اکسیدانی ورزش باشد (۳). همچنین اثرهای آنتی اکسیدانی تمرینات ورزشی به نظر می‌رسد موجب کاهش التهاب و hs-CRP شود. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد تمرینات ورزشی می‌تواند با افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی بدن، استرس اکسایشی را به طور چشم‌گیری کاهش دهد (۳۲). اونیس و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) دریافتند مقاومت به انسولین در افرادی که محدودیت دریافت انرژی داشتند و تمرینات هوازی انجام می‌دادند، بهبود یافت. به علاوه کاهش در شاخص توده بدنی، تری‌گلیسیرید و Ox-LDL

1. Olsan et al.
2. Wong et al.
3. Ounis et al.

حساسیت انسولین می‌باشد. مایر<sup>۱</sup> و همکاران نیز نشان دادند که هر دو عامل شدت و مدت تمرین در بهبود انسولین موثرند، به طوری که بهبود حساسیت انسولینی زمانی رخ می‌دهد که حجم تمرین اعمال شده در بالاترین حد خود باشد (۲۷). با وجود این، تغییرات شاخص HOMA پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل معنی دار نبود. در حالی که در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نتایج معنی‌دار مشاهده شد. در این راستا برخی پژوهش‌ها نشان دادند شدت تمرین در بهبود حساسیت انسولینی پس از اجرای چهار الی هشت هفته تمرین استقامتی موثر است (۲۱، ۲۷). دانستان<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۲) و همچنین نائومی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند تمرینات طولانی مدت مقاومتی در شدت بالا با بهبود کنترل گلوکز در آزمودنی‌های سالمند دیابتی همراه است (۷، ۱۸) و با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد.

### نتیجه‌گیری

به طور کلی به نظر می‌رسد اجرای هشت هفته تمرینات منظم مقاومتی دایره‌ای موجب بهبود در متغیرهای التهابی و استرس اکسایشی می‌شود که پیامد آن بهبود در شاخص مقاومت به انسولین است. از این رو به نظر می‌رسد می‌توان اینگونه تمرینات را به ویژه برای زنان بزرگسالی که به شرایط منوپوز مبتلا هستند پیشنهاد کرد. هرچند مرور پیشینه پژوهشی نمی‌تواند مدرک مناسب و متقنی از اثر تمرینات مقاومت دایره‌ای بر غلظت HbA1C و Ox-LDL ارائه کند؛ اما به نظر می‌رسد بهبود شاخص مقاومت به انسولین و CRP دور از نتیجه نباشد. این در حالی است که تاکنون پژوهش‌های زیادی

و کاهش بیشتری در HDL-C از حالت قبل از یائسگی دارند و به همین دلیل شیوع بیماری تصلب شرایین در زنان پس از یائسگی از مردان بیشتر است (۴). همانطور که اشاره شد، با توجه به تاثیر تمرین بر سطوح پلاسمایی تری‌گلیسیرید، کلسترول تام، LDL-C و اسید اوریک در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل، احتمالاً در مطالعه حاضر بخشی از تغییرات مطلوب به دست آمده در سطح سرمی hs-CRP را می‌توان ناشی از تغییرات به دست آمده در لیپدهای خونی نسبت داد. اخیراً در یک مطالعه فراتحلیلی اثبات کرده‌اند که تمرینات مقاومتی میزان HbA1C را در خون، کاهش می‌دهد. چند مطالعه نیز گزارش کرده‌اند که تمرینات ترکیبی (مقاومتی و استقامتی) می‌تواند در کاهش HbA1C و بهبود حساسیت انسولینی بیشتر موثر واقع شود (۲۱، ۸، ۵). در پژوهش حاضر سطح انسولین، همگلوبین گلیکوزیله در گروه تمرینی با اینکه کاهش داشت ولی به حد معناداری نرسیده بود. گرچه نتایج حاکی از اختلاف معنی دار بین سطوح خونی hs-CRP و مقادیر خونی HbA1C در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل بود. ولی در این پژوهش بهبود معناداری در وزن، درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به لگن و BMI دیده نشد.

ورزش و فعالیت بدنی با بهبود مقاومت به انسولین و تحریک برداشت و متابولیسم سلولی گلوکز در عضلات، در کاهش غلظت عوامل پیش التهابی و در نتیجه کاهش التهاب پس از ورزش نقش دارد (۲۶). از این رو با توجه به تاثیر پذیری حساسیت انسولینی از شدت تمرین مقاومتی و ترکیب آن به صورت دایره‌ای و دخیل کردن آن در متابولیسم هوازی باعث می‌شود حجم و شدت تمرینات مناسب اعمال شده و بهبود حساسیت انسولین رخ دهد چرا که دو عامل حجم و شدت تمرین از عوامل موثر در

1 . Mayer

2 . Dunstan DW

3 . Naomi B



تنگاتنگ اختلالات متابولیکی با عوامل التهابی می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود پژوهش‌های دیگری در خصوص اثر تمرینات مختلف مقاومتی دایره‌ای با شدت‌های مختلف و نوع ترتیب تمرین مقاومتی در کنار اندازه‌گیری عوامل التهابی انجام شود.

درباره اثر بر تمرینات مقاومتی دایره‌ای بر این متغیرها به ویژه Ox-LDL انجام نشده است. در تحقیق حاضر محدودیت‌های مختلفی همچون عدم اندازه‌گیری عوامل التهابی همچون فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا و اینترلوکین ۶ وجود داشت، که این امر در اثر ارتباط

#### منابع و مآخذ

1. Anke, T., Scholz, M., Fasshauer, M., et al. (2007). **Beneficial effects of a 4-week exercise a concentration of adhesion molecules.** *Diabetes Care.* 30(3)e1.
2. Beckie, TM., Groer, JWP., Maureen, W. (2010). **The influence of cardiac rehabilitation on inflammation and metabolic syndrome in women with coronary heart disease.** *J Cardiovas Nurs.* 25(1):52-60.
3. Carlsohn, A., Rohn SA., Mayer F., Schweigert, FJ. (2010). **Physical activity, antioxidant status, and protein modification in adolescent athletes.** *Med Sci Sports Exerc.* 42(6): 1131-1139.
4. Caulin, GT., Farrell, WJ., Pfau, SE., Zaret, B., et al. (1998). **Modulation of circulation cellular adhesion molecules in postmenopausal women with coronary artery disease.** *J Am Coll Cardiol.* 31:1555-1560.
5. Chobine, S., Dabidi Roshan, V., Ghaeini A. (2007). **The effect of continuous and intermittent aerobic exercise on the hs-CRP in wistar rats.** *Movement Sci Sport.* 5(9):1-13. [persian].
6. Cornelissen, VA., Fagard, RH. (2005). **Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanism, and cardiovascular risk factors.** *Hypertension.* 46:667-675.
7. Dunstan, DW., Daly, RM., Owen, N., Jolley, D., et al. (2002). **High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes.** *Diabetes Care.* 25(10):1729-1736.
8. Ebrahim, Kh., Basaami, M., Kollahdozi, S., Karimnia, SV. (2012). **The impact of resistance exercise on metabolism of fats and carbohydrates circle during endurance exercise in overweight men.** *Iranian J Endocrin Met.* 14(3):257-266. [persian].
9. Eftekhari, M., Mozafari, KH. (2008). **Effect of soybeans on homocysteine and serum lipoproteins in hyperlipidemic postmenopausal women.** *Iranian J Endocrin Met.* 4:31-39. [persian].
10. Gibbs, BB., Devon, A., Dobrosielski, C., Susanne, BD, et al (2012). **A randomized trial of exercise for blood pressure reduction in type 2 diabetes: effect on flow-mediated dilation and circulating biomarkers of endothelial function.** *Atherosclerosis.* 224:446-53.

11. Haghghi, AH., Mahmoudi, M., Delgosha, H. (2010). **Hormonal responses to two programs of exhaustive resistance training of different intensities in male body builders.** 14(3):267-274. [persian].
12. Kullo, IJ., Khaleghi, M., Hensrud, DD. (2007). **Markers of inflammation are inversely associated with VO2 max in asymptomatic men.** J Appl Physiol. 102:1374-1379.
13. Lee KJ, Shin YA, Lee KY, Jun TW and Song W. (2010). **Aerobic exercise training-induced decrease in plasma visfatin and insulin resistance in obesity female adolescents.** Int J Sport Nutr Exerc Metab. 20(4):275-281.
14. Lerch, PG., Spycher, MO., Doran, JE. (1998). **Reconstituted high density lipoprotein (r-HDL) modulates platelet activity in vitro and ex vivo.** Thrombo Haemost. 80:316-20.
15. Mattusch, F., Duffax, B., Heine O., Mertense I., Rost R. (2003). **Reduction of the plasma concentration of C-reactive protein following nine month of endurance training:** Int J Med. 21:21-24.
16. Mehrabani, J., Azimi, B., Khosravi A., Mehrabani F. (2011). **The effect of 19 weeks of physical training on insulin resistance and high-sensitivity C-reactive protein in obese and non-obese.** J Endocrin Met. 14(5):44-437 [persian].
17. Meyer, C., Pimenta, W., Woerle, HJ., et al. (2006). **Different mechanisms for impaired fasting glucose and impaired postprandial glucose tolerance in humans.** Diabetes Care. 29:1909-1914.
18. Naomi, B., Layne, JE., Gordon, PL., Roubenoff, R., et al. (2007). **Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes.** Int J Med Sci. 4(1):19-27.
19. Nicklas, BJ., Ambrosius, W., Messier, SP., Miller, GD., et al. (2004). **Diet-induced weight loss, exercise, and chronic inflammation in older, obese adults: a randomized controlled clinical trial.** Am J Clin Nutr. 79:544-451.
20. Olsan, TP., Dengel, DR., Leon, AS., Schmitz KH. (2007). **Changes in Inflammatory Biomarkers Following One-Year of Moderate Resistance Training in Over Weight Women.** International PF Obesity. 31:996-1003.
21. Ounis, O., Elloumi, M., Chiekh, I., et al. (2008). **Effects of two-month physical-endurance and diet-restriction programmes on lipid profiles and insulin resistance in obese adolescent boys.** Diabetes and Metabolism. 34:595-600.
22. Parsian, H., Ebrahim, Kh., Nikbakht, H., Khanali, F. (2012). **The effect of 12 weeks of endurance training on serum C reactive protein and plasma fibrinogen as predictors of cardiovascular disease.** Pajoohandeh J. 17(2):62-66 [persian].
23. Pedersen, BK. (2007). **IL-6 signalling in exercise and disease.** Biochem Soc T. 35:1295-1297.
24. Pitsavos, C., Panagiotakos, DB., Chrysohoou, C., Kavouras, S., Stefanadis, C. (2005). **The associations between physical activity, inflammation, and coagulation markers, in people with metabolic syndrome: the ATTICA study.** Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 12:151-158.

25. Roberts, C. K., Won, D., Pruthi, S., Kurtovic, S., et al. (2006). **Effect of a short-term diet and exercise intervention on oxidative stress, inflammation, MMP-9 and monocyte chemotactic activity in men with metabolic syndrome factors.** J Appl Physiol. 100:1657-1665.
26. Sabatier, MJ., Schwark, EH., Lewis, R., Sloan, G., et al. (2008). **Femoral artery remodeling after aerobic exercise training without weight loss in women.** Dyn Med. 8:7-13.
27. Satoru, K., Shu, M., Nobuhiro, Y., and Hirohito, S. (2006). **Exercise training for ameliorating cardiovascular risk factors-focusing on exercise intensity and amount.** Int J Sport Health Sci. 4:325-338.
28. Schubert, A., Schuler, G., Hambrecht, R. (2003). **Anti-inflammatory effects of exercise training in the skeletal muscle of patients with chronic heart failure.** J Am Coll Cardiol. 42:861-868.
29. Stauffer, BL., Hoetzer, GL., Smith, DT., DeSouza, CA. (2004). **Plasma C-reactive protein is not elevated in physically active postmenopausal women taking hormone replacement therapy.** J Appl Physiol. 96(1):143-148.
30. Steinberger, J., Daniels, S. (2003). **Obesity, insulin resistance, diabetes, and cardiovascular risk in children: An american heart association scientific statement from the atherosclerosis, hypertension, and obesity in the young committee (Council on cardiovascular disease in the young) and the diabetes committee.** Council on nutrition, physical activity, and metabolism. Circulation, 107:1448-1453.
31. Tanko, LB., Bruun, JM., Alexandersen, P., et al. (2004). **Novel associations between bioavailable estradiol and adipokines in elderly women with different phenotypes of obesity implications for atherogenesis.** J Am Heart Assoc. 110:2246-2252.
32. Witkowska, A M., Soluble, I. (2005). **A marker of vascular inflammation and lifestyle.** Cytokine. 31(2):127-134.
33. Wong, PCH., Chia, AYH., Tsou, IYY., Wansaicheong, GKL., et al. (2008). **Effects of 12-weeks exercise training programme on aerobic fitness, body composition, blood lipids and C-reactive protein in adolescents with obesity.** Ann Acad Med Singapore. 37:286-93.