Journal of Sport and Exercise Physiology
Autumn 2022/Vol.15/No.3/1-10

The effect of different intensity circuit resistance training on gremlin-1, Macrophage migration inhibitory factor and some cardiovascular risk factors in obese men

Mohammad Karami[1], Asieh Abbassi Daloii[1*], Ayoub Saeidi[2]

1 Department of Exercise Physiology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

2 Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran.

Original Article

Abstract

Background and Purpose: More Adipose tissue is associated with the increase of inflammatory markers in obesity. This study aimed to evaluate the effect of different intensity circuit resistance training on gremlin-1, Macrophage migration inhibitory factor and some cardiovascular risk factors in obese men.

Materials and Methods: In a semi-experimental trial, 44 obese men were selected and randomly divided into four groups including control (n=11), low intensity circuit resistance training (n=11), moderate intensity circuit resistance training (n=11) and high-intensity circuit resistance training (n=11) groups. Resistance training was performed in different intensities included 1) High-intensity circuit resistance training (80% 1RM) 2) Moderate intensity circuit resistance (60% 1RM) and 3) Low intensity circuit resistance training (40% 1RM), three sessions per week for 12 weeks. Serum levels of gremlin-1, MIFand Lipid profile (cholesterol, triglyceride, LDL and HDL) were measured using kit and ELISA method. Data were analyzed with Analysis of variance with repeated measures, dependent t-test and Bonferroni post hoc test at the $P < 0.05$.

Results: 12 weeks of circular resistance training with low, moderate and high intensity caused a significant decrease in gremlin-1 and MIF levels, significant decrease in cholesterol, triglyceride and LDL-c levels and significant increase in HDL-c levels ($P = 0.001$)..

Conclusion: It seems that circular resistance training with different intensities and especially high intensity can be an effective factor in counteracting the increase in observation of cardiovascular risk factors in obese people.

Keywords: Circuit resistance training, Obesity, Macrophage migration inhibitory factor, Gremlin-1, Lipid profile.

How to cite this article: Karami M, Abbassi Daloii A, Saeidi A. The effect of different intensity circuit resistance training on gremlin-1, Macrophage migration inhibitory factor and some cardiovascular risk factors in obese men. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2022;15(3):1-10.

*Corresponding Author; E-mail: abbasi.daloii@gmail.com
DOI: 10.52547/joeppa.15.3.1

Received: 14/01/2021 Revised:26/09/2021 Accepted: 16/10/2021

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
پاییز۱۴۰۱/ دوره ۱۵/ شماره ۳/ صفحه‌های ۱-۱۰

تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی دایره‌ای بر گرملین-۱، عامل بازدارندۀ مهاجرت ماکروفاژها و برخی شاخص‌های خطرزای قلبی -عروقی در مردان چاق

محمد کرمی[۱]، آسیه عباسی دلوئی[۱*]، ایوب سعیدی[۲]

۱ گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکدۀ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران.

مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: بافت چربی بیشتر در پی چاقی، با افزایش نشانگرهای التهابی همراه است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی دایره‌ای بر گرملین-۱، عامل بازدارندۀ مهاجرت ماکروفاژها و برخی شاخص‌های خطرزای قلبی- عروقی در مردان چاق بود.

مواد و روش‌ها: در یک کارآزمایی نیمه‌تجربی، ۴۴ مرد چاق انتخاب و به‌صورت تصادفی به چهار گروه کنترل (۱۱ نفر)، تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت پایین (۱۱ نفر)، تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت متوسط (۱۱ نفر) و تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت بالا (۱۱ نفر) تقسیم شدند. تمرین مقاومتی با شدت‌های مختلف شامل تمرین دایره‌ای با شدت بالا (۸۰ درصد 1RM)، تمرین دایره‌ای با شدت متوسط (۶۰ درصد 1RM) و تمرین دایره‌ای با شدت پایین (۴۰ درصد 1RM)، سه جلسه در هفته و به مدت ۱۲ هفته بود. سطوح گرملین-۱، MIF و نیمرخ لیپیدی (کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL و HDL) سرم با استفاده از کیت و به روش الایزا اندازه‌گیری شد. داده‌ها به روش آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، آزمون تی وابسته و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری P<۰/۰۵ تجزیه‌وتحلیل شد.

نتایج: ۱۲هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت پایین، متوسط و بالا موجب کاهش معنادار با کاهش معنادار سطوح گرملین۱ و MIF، کاهش معنادار سطوح کلسترول، تری‌گلیسرید و LDL-c و افزایش معنادار سطوح HDL-c شد (P=۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت‌های مختلف و به‌ویژه شدت بالا می‌تواند عامل مؤثری به‌منظور مقابله با افزایش مشاهده در عوامل خطرزای قلبی-عروقی در افراد چاق باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی دایره‌ای، چاقی، عامل بازدارنده مهاجرت ماکروفاژها، گرملین-۱، نیمرخ لیپیدی.

* نویسنده مسئول: رایانامه: abbasi.daloii@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴

مقدمه

در سراسر جهان، چاقی و اضافه وزن، به عمده‌ترین نگرانی در حیطهٔ بهداشت عمومی تبدیل شده است. چاقی با عوارض جانبی و بیماری‌های متعددی مانند بروز مقاومت به انسولین، دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی-عروقی و بسیاری از سرطان‌ها همراه است (۱-۳). محققان نشان داده‌اند که ازدیاد مقدار بافت چربی بر اثر چاقی، با افزایش نشانگرهای التهابی همراه است (۴). برای نمونه، پروتئین گرملین ۱ که توسط پری‌آدیپوسیت انسانی تولید می‌شود، به‌طور چشمگیری بر اثر چاقی بیش‌پروردگی (هیپرتروفی) افزایش می‌یابد (۴). این پروتئین، یک پادکنشگر (آنتاگونیست) مورفوژنتیک از گروه ادیپوکاین و نیز استخوان (BMP2 /4) است که با مهار پروتئین مورفوژنتیک استخوان ۴ (BMP-4) سبب توقف تمایز سلول‌های پیش‌ساز و اختلال در تبدیل چربی سفید به نوع بژقهوه‌ای می‌شود. گرملین ۱، همچنین در اختلال عملکردی انسولین و بروز مقاومت به انسولین نقش دارد (۵). از طرف دیگر، التهاب مزمن ناشی از چاقی، سبب بر هم خوردن عملکرد طبیعی بافت چربی می‌شود که می‌تواند با مقاومت به انسولین و عوارض دیگر همراه باشد (۶). از مهم‌ترین نشانگرهای التهابی که بافت چربی آزاد می‌کند، عامل بازدارندهٔ مهاجرت ماکروفاژها (MIF) است. مقدار MIF با شاخص تودهٔ بدنی و درصد چربی رابطه‌ای مثبت دارد و بر عملکرد دستگاه ایمنی مؤثر است. همچنین افزایش بیان آن توسط بافت چربی، سبب فروگشت (کاتابولیسم) عضله خواهد شد (۷). به این ترتیب، گرملین ۱ و MIF در شکل‌گیری بسیاری از بیماری‌های ناشی از فرایندهای التهابی بر اثر چاقی نقش داشته و با میزان بیان دیگر عوامل التهابی مانند پروتئین واکنشی C (CRP) و اینترلوکین ۶ (IL6) رابطهٔ مثبت دارند (۶،۷).

تمرین منظم ورزشی بخش مهمی از سبک زندگی سالم است که برای افراد چاق مزایای بسیاری دارد (۸)، به‌طوری‌که کاهش چشمگیری در سطح متغیرهای التهابی، به‌ویژه MIF، پس از ۱۲ هفته محدودیت در مقدار کالری دریافتی با برنامهٔ کاهش وزن و همراه با تمرین ورزشی مشاهده شده است (۹). گلینت بورگ و همکاران (۲۰۱۳)، اثر ۲۴ هفته تمرین قدرتی و درمان با تستوسترون بر سطح MIF مردان سالمند را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد سطح MIF و فعالیت التهابی در گروه تمرین قدرتی همراه با دارونما کاهش یافته، اما در گروه تمرین قدرتی با تستوسترون، افزایش یافته است (۱۰)؛ بنابراین فعالیت ورزشی با کاهش میزان چربی‌های پلاسمایی و افزایش سطح لیپوپروتئین پرچگال می‌تواند موجب بهبود عملکرد قلبی‌عروقی شود (۱۱-۱۳). هرچند تأثیرات تمرین ورزشی بر میزان گرملین ۱ در افراد چاق مشخص نیست.

تمرین مقاومتی، از انواع تمرین‌های ورزشی رایج است که سبب افزایش تودهٔ عضلانی و در نتیجه افزایش انرژی روزانه و استراحت دگرگشتی (متابولیک) می‌شود (۱۴). همچنین سبب کاهش شاخص تودهٔ بدنی (BMI)، درصد چربی و وزن می‌شود و به کاهش سطح نشانگرهای التهابی در افراد چاق می‌انجامد (۱۵،۱۶). تمرین مقاومتی دایره‌ای، به‌عنوان روش تمرینی جدید، ظاهراً همزمان اثربخشی تمرین‌های استقامتی و مقاومتی را دارد (۱۷،۱۸)، به‌طوری‌که پس از شش ماه اجرای تمرین‌های هوازی، مقاومتی و ترکیبی از هوازی و مقاومتی همراه با برنامهٔ رژیم غذایی مشخص شد که تمرین مقاومتی، نسبت به تمرین‌های هوازی بر کاهش میزان چربی و تودهٔ بدنی مؤثرتر بوده (۱۹) و به همین سبب مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از میان عوامل متعدد دخیل در اثربخشی تمرین مقاومتی، شدت فعالیت، عامل اصلی است و به‌نظر می‌رسد که شدت کار در یک جلسهٔ تمرین مقاومتی، بر میزان شاخص‌های التهابی تأثیرگذار است (۲۰). بنابراین، بررسی اثر شدت تمرین مقاومتی بر این شاخص‌ها، به‌منظور اتخاذ راهبردهای درمانی اهمیت زیادی دارد. افزون‌بر این، چون تمرین مقاومتی دایره‌ای می‌تواند هر دو جزء هوازی و مقاومتی را تقویت کند، ممکن است بتواند در واپایش عوامل خطرزا نقش مهمی ایفا کند. اگرچه مشخص نیست که کدام شدت از تمرین‌های مقاومتی دایره‌ای در افراد چاق کارایی بیشتری دارد، بنابراین، بررسی اثر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی دایره‌ای بر میزان گرملین-۱، عامل بازدارندهٔ مهاجرت ماکروفاژها و برخی شاخص‌های خطرزای قلبی‌عروقی دیگر در مردان چاق به‌عنوان هدف پژوهش حاضر تعیین شد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش آن نیمه‌تجربی است که به‌صورت پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل انجام گرفت. تحقیق حاضر با تأیید کمیتهٔ اخلاق با شمارهٔ IR.IAU.M.REC.1399.038 دانشگاه آزاد اسلامی -واحد مرودشت مصوب و در دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی است. جامعهٔ آماری پژوهش را مردان چاق داوطلب شهر تهران تشکیل می‌دهند که از طریق فراخوان در مراکز عمومی و اداری انتخاب شدند. بر این اساس، پس از ارزیابی‌های بالینی اولیه شامل شرح حال، سابقهٔ بیماری‌های قلبی- عروقی، معاینات بالینی و تشخیصی، ۵۰ آزمودنی براساس معیارهای ورود برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند در نهایت از ۴۴ آزمودنی دعوت شد تا در جلسهٔ توجیهی شرکت کنند. حجم نمونه با در نظر گرفتن β=۰/۱ و α=۰/۰۵ با استفاده از فرمول زیر با رعایت توان ۸۰ درصد و سطح معناداری ۵ درصد و با فرض ناهمگونی واریانس (به حجم نمونهٔ بالاتر نسبت به وضعیت همگنی واریانس منجر می‌شود) و با فرض آنکه مقدار استانداردشدهٔ اندازهٔ اثر (effect size) Δ=۰/۷۵ و همچنین نسبت واریانس‌های دو گروه برابر Z=۱/۵ و یکسان در نظر گرفتن تعداد اعضای گروه شاهد و مورد (φ=۱)، محاسبه شد. در این فرمول α (خطای نوع اول برابر با ۰/۰۵) و β (خطای نوع دوم برابر با ۰/۰۲) است:

$$\frac{(\sigma_1^{\,2}+\sigma_2^{\,2})\,(Z\alpha/2+Z\beta)^2}{\Delta^2}$$

معیارهای ورود به پژوهش یا شرایط انتخاب آزمودنی‌ها شامل موارد ذیل است: سن ۲۳-۳۵ سال، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن با توجه به پرسشنامهٔ سابقهٔ پزشکی (بیماری‌های قلبی- عروقی، دیابت، انواع سرطان و ناراحتی‌های کلیوی و گوارشی یا هرگونه آسیب یا مشکلی که شرکت آن‌ها در فعالیت بدنی را محدود کند)، دارا بودن شرایط BMI=۳۰ و Waist-to-height ratio (WHtR)>۰/۵ و نداشتن سابقهٔ ورزشی طی شش ماه اخیر، نداشتن سابقهٔ اختلالات خواب، غیرسیگاری و عدم مصرف هر نوع مکمل، الکل، مواد کافئین‌دار و درمان دارویی. همچنین معیارهای خروج آزمودنی‌ها از تحقیق عبارت بود از: غیبت بیش از یک جلسه در برنامهٔ تمرینات ورزشی، بروز حادثه، آسیب، ابتلا به بیماری‌های مخل و بروز هر عامل مداخله‌گری که بر شرکت مؤثر آزمودنی‌ها در جلسات تمرین اثرگذار باشد. در جلسه‌ای جداگانه پس از انجام معاینات پزشکی، هدف پژوهش و نحوهٔ اجرای آن برای آزمودنی‌ها شرح داده شد. سپس آزمودنی‌ها به‌صورت همگن براساس قدرت بیشینه به چهار گروه ۱. کنترل (۱۱ نفر)، ۲. تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت پایین (۱۱ نفر)، ۳. تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت متوسط (۱۱ نفر) و ۴. تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت بالا (۱۱ نفر) تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی دورهٔ خود را براساس قرارداد ورزشی تعیین‌شده پشت سر گذاشتند. گروه کنترل نیز طی ۱۲ هفته، زندگی روزمرهٔ خود را داشتند و از شرکت در فعالیت‌های منظم منع شدند. پس از پر کردن پرسشنامهٔ اطلاعات فردی و امضای رضایت‌نامه، هریک از آزمودنی‌ها روز بعد برای اجرای آزمون‌ها در محل برگزاری آزمون حاضر شدند. در ابتدای جلسه ویژگی‌های آنتروپومتری شامل قد، وزن و درصد چربی سه ناحیه از همهٔ آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. قد آزمودنی‌ها (به سانتی‌متر) با استفاده از دستگاه قدسنج سکا ساخت آلمان با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و وزن بدن آن‌ها (به کیلوگرم) با استفاده از ترازوی دیجیتالی سکا ساخت آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها شاخص تودهٔ بدنی آن‌ها با استفاده از فرمول [مجذور قد به متر/ وزن(کیلوگرم) = (شاخص تودهٔ بدن) BMI] محاسبه شد. در جلسهٔ دوم از همهٔ آزمودنی‌ها، آزمون تعیین یک تکرار بیشینه گرفته شد. پس از دو روز، آزمودنی‌ها به آزمایشگاه مراجعه کردند و برای ارزیابی سطوح گرملین-۱، MIF و نیمرخ لیپیدی (کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL و HDL) سرم از آن‌ها خون‌گیری شد. سپس گروه‌های تجربی ۱۲ هفته برنامهٔ تمرین را انجام دادند. در پایان مجدداً ویژگی‌های آنتروپومتری و خون‌گیری اخذ شد.

وضعیت رژیم غذایی با ثبت غذاهای مورد استفاده طی سه روز (۲ روز هفته و ۱ روز آخر هفته) پیش از شروع تمرین و پس از مطالعه برای ارزیابی تغییرات در رژیم غذایی معمول در طول زمان ثبت شد. هر مادهٔ غذایی به‌صورت جداگانه وارد رژیم تجزیه‌وتحلیل رژیم غذایی نسخهٔ ۱۰ پلاس (Cengage, Boston, MA, USA) شد و کل انرژی مصرفی و همچنین مقدار انرژی حاصل از پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها محاسبه شد. تحلیل داده‌های ثبت غذایی حاکی از عدم تفاوت معنادار در مصرف مقادیر پروتئین، چربی و کربوهیدرات

و مقدار کالری دریافتی بین گروه‌ها پیش و پس از دورهٔ تمرینی بود.

روش اجرای پژوهش: قرارداد تمرین مقاومتی دایره‌ای شامل ۸ حرکت بالاتنه و پایین‌تنه (اسکات، جلوبازو، پرس سینه، باز کردن زانو، خم کردن زانو، سرشانه با هالتر، پرس پا و زیربغل سیم‌کش از پشت) بود که به‌صورت دایره‌ای و در شدت‌های مختلف به‌صورت زیر انجام گرفت (۲۱،۲۲):

۱. گروه تمرین دایره‌ای با شدت بالا: ۳ نوبت ۱۰ تکراری با ۸۰ درصد 1RM؛

۲. گروه تمرین دایره‌ای با شدت متوسط: ۳ نوبت ۱۳ تکراری با ۶۰ درصد 1RM؛

۳. گروه تمرین دایره‌ای با شدت پایین: ۳ نوبت ۲۰ تکراری با ۴۰ درصد 1RM.

حجم تمرین براساس فرمول ارائه‌شده توسط بیچل و همکاران محاسبه شد (مقدار وزنه × تعداد تکرار × تعداد نوبت = حجم تمرین). استراحت بین نوبت‌ها دو دقیقه و به‌صورت غیرفعال بود. یک تکرار بیشینه (1RM) آزمودنی‌ها با استفاده از معادلهٔ برزیسکی محاسبه شد: روش تعیین یک تکرار بیشینه به این صورت است که ابتدا فرد با وزنهٔ سبک گرم می‌کند، سپس وزنه‌ای انتخاب می‌کند که حداکثر تا ۱۰ تکرار بتواند انجام دهد. اگر وزنه سبک باشد و تعداد تکرارها بیشتر از ۱۰ تکرار شد، پس از کمی استراحت وزنهٔ بیشتری انتخاب می‌شود تا جایی که بتواند کمتر از ۱۰ تکرار انجام دهد. مقدار وزنه و تعداد تکرارها در هر حرکت ثبت و سپس در فرمول قرار داده می‌شود (۲۳).

یک تکرار بیشینه=
وزن جابه‌جاشده (کیلوگرم) / ۱/۰۲۷۸ - (تعداد تکرار تا خستگی ×) ۰/۰۲۷۸

روش‌های آزمایشگاهی: برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی عمل خون‌گیری پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی و در دو مرحله ۴۸ ساعت پیش و پس از ۱۲ هفته مداخله (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین) انجام گرفت. در هر مرحله توسط کارشناس آزمایشگاه از ورید پیش‌آرنجی دست راست آزمودنی‌ها در حالت استراحتی و در وضعیت نشسته ۵ میلی‌لیتر خون گرفته شد. نمونه‌های خون پس از سانتریفیوژ و جدا کردن سرم تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. برای جلوگیری از تأثیر آهنگ شبانه‌روزی، عمل خون‌گیری در زمان معینی از روز (۸ تا ۱۰ صبح) انجام گرفت. سطوح گرملین-۱ با استفاده از کیت (WuhanUscnBusinessCo.,Ltd.,Wuhan,Hubei,China) و به روش الایزا و نیمرخ لیپیدی (کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL و HDL) توسط کیت پارس‌آزمون به‌وسیلهٔ دستگاه اتوماتیک آنالایزر RA- ۱۰۰۰ اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری: برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع متغیرها، از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع داده‌ها، برای مقایسهٔ متغیرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، آزمون تی وابسته و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معناداری در همهٔ موارد $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. تمامی عملیات آماری با نرم‌افزارهای SPSS نسخهٔ ۲۱ به اجرا درآمد.

نتایج

در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها و متغیرهای پژوهش در گروه‌های مختلف نشان داده شده است. میانگین ± انحراف معیار مقادیر نیمرخ لیپیدی آزمودنی‌ها در پیش و پس از تمرینات مقاومتی دایره‌ای با شدت‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. تجزیه‌وتحلیل نتایج با استفاده از آزمون تحلیل واریانس برای اندازه‌گیری‌های تکراری با عامل بین‌گروهی نشان داد بین تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر مقادیر HDL مردان چاق تفاوت معناداری وجود دارد ($P<۰/۰۰۰۱$، $F_{۳،۴۰}=۱۰۹/۴$). نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که تمامی تفاوت‌های بین‌گروهی غیر از تفاوت گروه‌های تمرین با شدت ۸۰ و ۶۰ درصد ($P>۰/۹۹$) معنادار بود ($P<۰/۰۰۰۱$). همچنین تغییرات مقادیر HDL در بعد نسبت به قبل از دورهٔ تمرین در گروه کنترل ($P<۰/۰۰۰۱$) و نیز گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت ۴۰ درصد ($P=۰/۰۰۱$)، ۶۰ درصد ($P<۰/۰۰۰۱$) و ۸۰ درصد ($P<۰/۰۰۰۱$) معنادار بود (جدول ۲). همچنین تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان داد بین تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر مقادیر LDL مردان چاق تفاوت معناداری وجود دارد ($P<۰/۰۰۰۱$، $F_{۳،۴۰}=۱۰۹/۴$). نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که تمامی تفاوت‌های بین‌گروهی غیر از تفاوت گروه‌های تمرین با شدت ۸۰ و ۶۰ درصد ($P>۰/۹۹$) معنادار بود ($P<۰/۰۰۰۱$). همچنین تغییرات مقادیر LDL در بعد نسبت به قبل از

دورهٔ تمرین در گروه کنترل (P =۰/۴۰) غیرمعنادار، ولی در گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت ۴۰ (P<۰/۰۰۰۱)، ۶۰ (P<۰/۰۰۰۱) و ۸۰ درصد (P<۰/۰۰۰۱) معنادار بود (جدول ۲).

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف

گروه / متغیر		میانگین + انحراف استاندارد			
		کنترل	تمرین دایره‌ای با شدت پایین	تمرین دایره‌ای با شدت متوسط	تمرین دایره‌ای با شدت بالا
سن (سال)		۲۶±۴	۲۷±۵	۲۸±۳	۲۷±۶
قد (سانتی‌متر)		۱۶۸/۹۹ +۳/۱۷	۱۶۹/۱۹ +۲/۷۷	۱۶۷/۲۸ +۲/۶۱	۱۶۸/۲۳ +۱/۷۱
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۹۲/۸۸ + ۲/۰۵	۹۱/۹۲ + ۲/۸۶	۹۱/۴۱ + ۱/۹۴	۹۲/۷۷ + ۱/۹۲
	پس‌آزمون	۹۲/۰۱ + ۲/۲	۸۹/۸۶ + ۱/۸۲	۸۷/۸۳ + ۱/۶۶	۸۶/۰۸ + ۲/۱۵
شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم/ متر مربع)	پیش‌آزمون	۳۲/۵۵ + ۱/۴۳	۳۲/۱۳ + ۱/۴	۳۲/۶۹ + ۱/۲۷	۳۲/۷۹ + ۰/۷۵
	پس‌آزمون	۳۲/۲۵ + ۱/۴۹	۳۱/۴ + ۰/۸۲	۳۱/۴۱ + ۱/۲۷	۳۰/۴۲ + ۰/۹۹

تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان داد بین تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر مقادیر کلسترول تام مردان چاق تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۰۰۱، $F_{۳,۴۰}$=۳۳۵/۳). نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که همهٔ تفاوت‌های بین‌گروهی غیر از تفاوت گروه‌های تمرین با شدت ۸۰ و ۶۰ درصد (P=۰/۱۰۸) معنادار بود (P<۰/۰۰۰۱). همچنین تغییرات مقادیر کلسترول تام در بعد نسبت به قبل از دورهٔ تمرین در گروه کنترل (P =۰/۶۰) غیرمعنادار، ولی در گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت ۴۰ (P<۰/۰۰۰۱)، ۶۰ (P<۰/۰۰۰۱) و ۸۰ درصد (P<۰/۰۰۰۱) معنادار بود (جدول ۲). همچنین تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان داد بین تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر مقادیر تری‌گلیسرید مردان چاق تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۰۰۱، $F_{۳,۴۰}$=۲۸۴/۷). نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که همهٔ تفاوت‌های بین‌گروهی غیر از تفاوت گروه کنترل با گروه ۴۰ درصد (P=۰/۱۳) و نیز گروه تمرین با شدت ۸۰ درصد با گروه تمرین ۶۰ درصد (P>۰/۹۹) از نظر آماری معنادار بود (P<۰/۰۰۰۱). همچنین تغییرات مقادیر تری‌گلیسرید در بعد نسبت به قبل از دورهٔ تمرین در گروه کنترل (P =۰/۳۶) غیرمعنادار، ولی در گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت ۴۰ (P<۰/۰۰۰۱)، ۶۰ (P<۰/۰۰۰۱) و ۸۰ درصد (P<۰/۰۰۰۱) معنادار بود (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین ± انحراف معیار مقادیر نیمرخ لیپیدی آزمودنی‌ها پیش و پس از تمرینات مقاومتی دایره‌ای با شدت‌های مختلف

		پیش از تمرین	پس از تمرین	P درون‌گروهی	P بین‌گروهی
HDL (mg/dl)	کنترل	۳۸/۸ ± ۱/۳۸	۴۲/۱ ±۳/۰	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
	۴۰ درصد	۳۸/۸ ± ۱/۲۳	۴۰/۶ ± ۱/۴۶	<۰/۰۰۰۱	
	۶۰ درصد	۳۸/۶ ± ۱/۶۷	۴۴/۵ ± ۱/۳۴	<۰/۰۰۰۱	
	۸۰ درصد	۳۸/۵ ± ۱/۴۱	۴۴/۸ ± ۱/۱۶	<۰/۰۰۰۱	
LDL (mg/dl)	کنترل	۱۲۵/۲ ± ۴/۴۷	۱۲۵/۱ ±۴/۷۰	۰/۴۰	<۰/۰۰۰۱
	۴۰ درصد	۱۲۶/۱ ± ۴/۸۷	۱۲۱/۹ ± ۴/۶۱	<۰/۰۰۰۱	
	۶۰ درصد	۱۲۷/۳ ± ۳/۱۴	۱۱۱/۲ ± ۲/۹۲	<۰/۰۰۰۱	
	۸۰ درصد	۱۲۷/۱ ± ۳/۶۴	۱۱۰/۵ ± ۲/۵۲	<۰/۰۰۰۱	

ادامه جدول ۲. میانگین ± انحراف معیار مقادیر نیمرخ لیپیدی آزمودنی‌ها پیش و پس از تمرینات مقاومتی دایره‌ای با شدت‌های مختلف

		پیش از تمرین	پس از تمرین	P درون‌گروهی	P بین‌گروهی
کلسترول تام (mg/dl)	کنترل	۲۲۶/۷ ± ۵/۲۷	۲۲۶/۸ ±۵/۲۶	۰/۶۰	<۰/۰۰۰۱
	۴۰ درصد	۲۲۷/۴ ± ۵/۴۸	۲۲۲/۱ ± ۵/۱۹	<۰/۰۰۰۱	
	۶۰ درصد	۲۲۹/۶ ± ۲/۰۲	۲۰۸/۵ ± ۳/۱۸	<۰/۰۰۰۱	
	۸۰ درصد	۲۲۸/۴ ± ۳/۴۶	۲۰۵/۵ ± ۴/۷۷	<۰/۰۰۰۱	
تری‌گلیسرید (mg/dl)	کنترل	۲۴۲/۱ ± ۴/۳۹	۲۴۲/۲ ±۴/۱۷	۰/۳۶	<۰/۰۰۰۱
	۴۰ درصد	۲۴۵/۸ ± ۵/۹۳	۲۴۲/۶ ± ۴/۷۸	<۰/۰۰۰۱	
	۶۰ درصد	۲۴۴/۵ ± ۷/۴۸	۲۱۵/۱ ± ۵/۳۴	<۰/۰۰۰۱	
	۸۰ درصد	۲۴۲/۹ ± ۵/۹۶	۲۱۲/۸ ± ۴/۶۴	<۰/۰۰۰۱	

تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان داد بین تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر مقادیر گرملین-۱ مردان چاق تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۰۰۱، ۳۴۴/۷=$F_{۳،۴۰}$). نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که تفاوت‌های بین‌گروهی غیر از تفاوت گروه کنترل با گروه ۴۰ درصد (P=۰/۱۳) و نیز گروه تمرین با شدت ۸۰ درصد با گروه تمرین ۶۰ درصد (P=۰/۸۹) از نظر آماری معنادار بود (P<۰/۰۰۰۱). همچنین تغییرات مقادیر گرملین-۱ در بعد نسبت به قبل از دورهٔ تمرین در گروه کنترل (P =۰/۱۶) غیرمعنادار، ولی در گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت ۴۰ (P<۰/۰۰۰۱)، ۶۰ (P<۰/۰۰۰۱) و ۸۰ درصد (P<۰/۰۰۰۱) معنادار بود.

تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان داد، بین تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر مقادیر MIF مردان چاق تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۰۰۱، ۴۴۳/۷=$F_{۳،۴۰}$) نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که همهٔ تفاوت‌های بین‌گروهی غیر از تفاوت گروه کنترل با گروه ۴۰ درصد (P=۰/۳۵) و نیز گروه تمرین با شدت ۸۰ درصد با گروه تمرین ۶۰ درصد (P=۰/۶۹) از نظر آماری معنادار بود (P<۰/۰۰۰۱). همچنین تغییرات مقادیر MIF در بعد نسبت به قبل از دورهٔ تمرین در گروه کنترل (P =۰/۲۸) غیرمعنادار، ولی در گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت ۴۰ (P<۰/۰۰۰۱)، ۶۰ (P<۰/۰۰۰۱) و ۸۰ درصد (P<۰/۰۰۰۱) معنادار بود.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی دایره‌ای بر سطوح گرملین۱ و MIF در مردان چاق صورت گرفت. یافتهٔ اصلی تحقیق حاضر این بود که هر سه شدت تمرین مقاومتی دایره‌ای با کاهش معنادار سطوح گرملین۱ و MIF همراه بوده است که میزان کاهش مشاهده‌شده در هر دو متغیر در گروه با شدت بالا بیشتر از شدت‌های دیگر بود. افزون‌بر این، همزمان با کاهش سطوح گرملین۱ و MIF، کاهش معنادار سطوح کلسترول، تری‌گلیسرید و LDL-c و همچنین افزایش معنادار سطوح HDL-c در گروه‌های تمرین مشاهده شد. گرملین۱ نقش مهمی در اختلال عملکرد انسولین دارد و در دیابت نوع ۲ تنظیم افزایشی می‌شود. مهار گرملین۱ با توجه به آثار بیماری‌زایی آن به‌عنوان یک هدف درمانی مؤثر برای بهبود مقاومت به انسولین و اختلالات مرتبط با آن معرفی شده است (۵). نتایج نشان داد که تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت کم، متوسط و زیاد در افراد چاق می‌تواند به‌عنوان عاملی مؤثر در تنظیم کاهشی سطوح گرملین۱ مورد توجه قرار گیرد و از این طریق احتمالاً تأثیر بیماری‌زایی گرملین۱ را کاهش دهد. در خصوص تأثیر تمرینات ورزشی بر سطوح گرملین۱ اطلاعات کمی در دسترس است، با توجه به اینکه بافت چربی به‌عنوان یکی از جایگاه‌های اصلی تولید و ترشح گرملین۱ شناخته شده است (۵). در تحقیق حاضر کاهش تودهٔ چربی بدن با شدت‌های مختلف تمرین ورزشی مقاومتی دایره‌ای مشاهده شد، می‌توان کاهش تودهٔ چربی بدن را به‌منزلهٔ یکی از سازوکارهای اصلی کاهش مشاهده‌شده در سطوح گرملین۱ مطرح کرد. برخی پژوهشگران عنوان کرده‌اند که گرملین۱ بازدارندهٔ بالقوه برای عامل بازدارندهٔ مهاجرت ماکروفاژ (MIF) است، بنابراین القای گرملین۱ می‌تواند راهبرد امیدوارکننده‌ای برای کنترل التهاب عروقی ناشی از

مهاجرت ماکروفاژها باشد (۲۴،۲۵). برخی پژوهشگران تغییرات در سطوح پلاسمایی گرملین۱ و MIF را به‌ویژه در وضعیت‌های بیماری‌زای قلبی-عروقی گزارش کرده‌اند (۲۴-۲۶). MIF نیز یک سایتوکاین ذاتی است که در بسیاری از اختلالات التهابی و خودایمنی نقش شایان ملاحظه‌ای دارد که بسیاری از این وضعیت‌های بیماری‌زایی با چاقی مرتبط‌اند که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به بیماری‌های قلبی-عروقی و کلیوی اشاره کرد (۲۷). MIF به‌عنوان یک نشانگر چاقی توجه زیادی را به خود معطوف کرده و افزایش سطوح آن در افراد چاق در مقایسه با افراد لاغر نشان داده شده است که تا حدود زیادی ناشی از افزایش بیان MIF در بافت چربی افراد چاق است (۲۸). در تأیید تأثیرات بیماری‌زایی MIF و گرملین۱، مولر و همکاران (۲۰۱۶) افزایش معنادار سطوح گرملین۱ و MIF را در افراد دیابتی در مقایسه با افراد غیردیابتی نشان دادند و عنوان کردند که افزایش سطوح گرملین۱ و MIF می‌تواند عامل خطرزای عمده برای بیماری‌های کرونری حاد در افراد دیابتی باشد (۲۶). در افراد مبتلا به بیماری عروقی کرونر نیز افزایش همزمان سطوح گرملین۱ و MIF مشاهده شده است که این تغییرات می‌تواند با افزایش خطر ترومبوز همراه باشد (۲۴،۲۵).

کاهش معنادار مقدار MIF در پژوهش حاضر با یافته‌های قبلی همسوست (۱۰،۲۹). در همین زمینه، در پژوهشی روی موش‌های تغذیه‌شده با رژیم غذایی پرچرب مشاهده شد که سطوح MIF با رژیم غذایی پرچرب در مقایسه با رژیم معمول غذایی به‌صورت معناداری افزایش پیدا می‌کند، در مقابل ۱۰ هفته تمرین ورزشی به‌صورت شنا در هر دو گروه سالم و تغذیه‌شده با رژیم غذایی پرچرب با کاهش معنادار بیان MIF در بافت کبد همراه بود که پژوهشگران کاهش سطوح MIF با تمرین ورزشی را به تنظیم افزایشی بیان Akt و همچنین فعال‌سازی اتوفاژی نسبت دادند (۲۹) که متأسفانه در تحقیق حاضر هیچ‌کدام از مسیرهای مذکور بررسی نشده است. در پژوهشی دیگر و همسو با تحقیق حاضر، گلینتبورگ و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی در مردان سالمند با کاهش معنادار سطوح MIF و سایر نشانگرهای التهابی مانند MCP-1 و افزایش تودهٔ خالص بدن همراه است. در مقابل گروهی که همزمان با تمرینات ورزشی، مکمل تستوسترون دریافت کردند، تغییر معناداری را در سطوح MIF نشان ندادند و مصرف تستوسترون به‌تنهایی نیز با افزایش سطوح MIF همراه بود و پژوهشگران نتیجه گرفتند که تمرین مقاومتی بدون مکمل‌یاری تستوسترون در تعدیل میانجی‌های التهابی از مانند MIF مؤثرتر است (۱۰). با این حال نتایج تحقیق با یافته‌های ساکورای و همکاران (۲۰۰۹) مخالف است. این پژوهشگران نشان دادند که نه هفته تمرین استقامتی در رت‌های ویستار به کاهش بیان MIF در بافت چربی سفید منجر می‌شود، البته میزان کاهش بیان MIF از نظر آماری معنادار نبود (۳۰). به‌نظر می‌رسد کاهش سطوح MIF در آزمودنی‌های حاضر در پی شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی دایره‌ای می‌تواند تا حدودی ناشی از کاهش تودهٔ چربی بدن باشد. در تأیید این گفته‌ها، عنوان شده است که بافت چربی از جایگاه‌های عمدهٔ ترشح MIF است که نقش مهمی را در پاتولوژی‌های مرتبط با چاقی (از جمله اختلالات التهابی و متابولیک) ایفا می‌کند (۷). در همین زمینه، کاهش معنادار درصد چربی بدن نیز در آزمودنی‌های تمرین‌کرده همزمان با کاهش سطوح MIF مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد تأثیرات بیشتر تمرین مقاومتی دایره‌ای شدید در مقایسه با تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت متوسط و کم در کاهش گرملین۱ و MIF به عوامل مختلفی بستگی داشته باشد که در این زمینه برخی پژوهشگران تأثیر بیشتر شدت‌های بالاتر تمرین ورزشی از جمله کاهش التهاب را با کاهش بیشتر چربی احشایی مرتبط دانسته‌اند (۳۱) و برخی پژوهشگران نیز عنوان کرده‌اند که تأثیرگذاری بیشتر تمرین مقاومتی دایره‌ای شدید در مقایسه با شدت کم ناشی از تغییرات موضعی بیشتر در عضله و همچنین تحریک تعداد بیشتر عضلات در طول فعالیت ورزشی است (۳۲). با وجود این، شناسایی سازوکارهای دقیق تأثیرگذاری انواع مختلف تمرین ورزشی بر سطوح متغیرهای پژوهش حاضر شامل گرملین۱ و MIF نیازمند بررسی و اجرای مطالعات بیشتر است. تمرین مقاومتی دایره‌ای از نقاط قوت پژوهش حاضر بود؛ چراکه این نوع تمرین با وجود محدودیت‌های اجرایی، پاسخ‌ها و سازگاری‌های متفاوتی نسبت به برنامه‌های تمرینی دیگر می‌تواند به‌همراه داشته باشد. محدودیت‌هایی نیز در پژوهش حاضر وجود داشت که از جمله می‌توان به عدم اندازه‌گیری بیان Akt و همچنین فعال‌سازی

اتوفاژی اشاره کرد. این نقطه ضعف پژوهشی پیشنهادی به مطالعات آینده به‌منظور اندازه‌گیری این شاخص‌ها در افراد چاق است.

یافته‌های حاضر تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی دایره‌ای در کاهش عوامل خطرزای قلبی-عروقی مانند گرملین-۱، MIF و همچنین بهبود نیمرخ لیپیدی را نشان داد که میزان تغییرات بیشتری در گروه شدت بالا مشاهده شد. براساس یافته‌های حاضر می‌توان نتیجه گرفت که تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت‌های مختلف و به‌ویژه شدت بالا می‌تواند عامل مؤثری به‌منظور مقابله با افزایش مشاهده در عوامل خطرزای قلبی-عروقی در افراد چاق باشد که به‌نظر می‌رسد این تأثیرات مثبت تمرین ورزشی تا حدود زیادی به‌واسطهٔ کاهش تودهٔ چربی بدن اعمال می‌شود.

حامی/ حامیان مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در گروه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی می‌باشد که با حمایت معاونت محترم علمی این واحد انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

بر اساس نظر نویسندگان، هیچ گونه تعارض منافعی در این مقاله وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی افرادی که در انجام پژوهش حاضر همکاری داشته‌اند، به‌ویژه آزمودنی‌های پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Wolfram Doehner, Hertzel C Gerstein, Janina Ried, Hyejung Jung, Christian Asbrand, Sibylle Hess, Stefan D Anker, Obesity and weight loss are inversely related to mortality and cardiovascular outcome in prediabetes and type 2 diabetes: data from the ORIGIN trial, European Heart Journal. 2020; 41(28):2668–2677.
2. Pagidipati NJ, Zheng Y, Green JB, McGuire DK, Mentz RJ, Shah S, Aschner P, Delibasi T, Rodbard HW, Westerhout CM, Holman RR, Peterson ED; TECOS Study Group. Association of obesity with cardiovascular outcomes in patients with type 2 diabetes and cardiovascular disease: Insights from TECOS. Am Heart J. 2020; 219:47-57.
3. Kashfi K, Rosen CL, Aslan M. Obesity, Type-2 Diabetes and Cancer: Mechanistic Insights. Crit Rev Oncog. 2019;24(3):285-305
4. Gustafson B, Hammarstedt A, Hedjazifar S, Hoffmann JM, Svensson P-A, Grimsby J, et al. BMP4 and BMP antagonists regulate human white and beige adipogenesis. Diabetes. 2015;64(5):1670-81.
5. Hedjazifar S, Shahidi RK, Hammarstedt A, Bonnet L, Church C, Boucher J, et al. The novel adipokine Gremlin 1 antagonizes insulin action and is increased in type 2 diabetes and NAFLD/ NASH. Diabetes. 2020;69(3):331-41.
6. Blüher M. Adipose tissue inflammation: a cause or consequence of obesity-related insulin resistance? Clinical science. 2016;130(18):1603-14.
7. Morrison MC, Kleemann R. Role of macrophage migration inhibitory factor in obesity, insulin resistance, type 2 diabetes, and associated hepatic co-morbidities: a comprehensive review of human and rodent studies. Frontiers in immunology. 2015;6:308.
8. You T, Arsenis NC, Disanzo BL, LaMonte MJ. Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity. Sports Medicine. 2013;43(4):243-56.
9. Sheu WHH, Chang TM, Lee WJ, Ou HC, Wu CM, Tseng LN, et al. Effect of weight loss on proinflammatory state of mononuclear cells in obese women. Obesity. 2008;16(5):1033-8.
10. Glintborg D, Christensen LL, Kvorning T, Larsen R, Brixen K, Hougaard D, et al. Strength training and testosterone treatment have opposing effects on migration inhibitor factor levels in ageing men. Mediators of inflammation. 2013;2013.
11. Kumar A, Kar S, Fay Wp. Thrombosis, physical activity, and acute coronary syndromes. Journal of Applied Physiology. 2011; 111(2): 599-605.
12. da Silva JL, Maranhão RC, Silva MSM, Dias RG, Freitas FR, Bolani W, et al. Aerobic Training in Young Men Increases the Transfer of Cholesterol to High Density Lipoprotein in Vitro: Impact of High-Density Lipoprotein Size. Lipids. 2019 Jun;54(6-7):381-388.
13. Hsu CS, Chang ST, Nfor ON, Lee KJ, Lee SS, Liaw YP. Effects of Regular Aerobic Exercise and Resistance Training on High-Density Lipoprotein Cholesterol Levels in Taiwanese Adults. Int J En-

viron Res Public Health. 2019;16(11):2003.
14. Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinica B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2018 May;48(5):1207-1220
15. Kolahdouzi S, Baghadam M, Kani-Golzar FA, Saeidi A, Jabbour G, Ayadi A, et al. Progressive circuit resistance training improves inflammatory biomarkers and insulin resistance in obese men. Physiology & behavior. 2019;205:15-21.
16. Hills AP, Shultz S, Soares MJ, Byrne NM, Hunter GR, King NA, et al. Resistance training for obese, type 2 diabetic adults: a review of the evidence. Obesity reviews. 2010;11(10):740-9.
17. Buch A, Kis O, Carmeli E, Keinan-Boker L, Berner Y, Barer Y, Shefer G, Marcus Y, Stern N. Circuit resistance training is an effective means to enhance muscle strength in older and middle-aged adults: A systematic review and meta-analysis. Ageing Res Rev. 2017; 37:16-27.
18. Muñoz-Martínez FA, Rubio-Arias JÁ, Ramos-Campo DJ, Alcaraz PE. Effectiveness of Resistance Circuit-Based Training for Maximum Oxygen Uptake and Upper-Body One-Repetition Maximum Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2017 Dec;47(12):2553-2568
19. Villareal DT, Aguirre L, Gurney AB, Waters DL, Sinacore DR, Colombo E, et al. Aerobic or resistance exercise, or both, in dieting obese older adults. New England Journal of Medicine. 2017;376(20):1943-55.
20. Bruunsgaard H. Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation. J Leukoc Biol 2005; 78: 819-35.
21. Romero-Arenas S, Martínez-Pascual M, Alcaraz PE. Impact of resistance circuit training on neuromuscular, cardiorespiratory and body composition adaptations in the elderly. Aging and disease 2013; 4(5):256-68.
22. Zanuso S, Bergamin M, Jimenez A, Pugliese G, D'Errico V, Nicolucci A, et al. Determination of metabolic equivalents during low-and high-intensity resistance exercise in healthy young subjects and patients with type 2 diabetes. Biology of sport 2016; 33(1):77-84.
23. Cic Brzycki M. Strength testing: predicting a one – rep max from repetitions-to-fatigue. JOPERD. 1993; 64:88-90
24. Müller II, Chatterjee M, Schneider M, Borst O, Seizer P, Schönberger T, et al. Gremlin-1 inhibits macrophage migration inhibitory factor-dependent monocyte function and survival. International journal of cardiology. 2014;176(3):923-9.
25. Müller II, Müller KA, Karathanos A, Schönleber H, Rath D, Vogel S, et al. Impact of counterbalance between macrophage migration inhibitory factor and its inhibitor Gremlin-1 in patients with coronary artery disease. Atherosclerosis. 2014;237(2):426-32.
26. Müller KA, Rath D, Schmid M, Schoenleber H, Gawaz M, Geisler T, et al. High Plasma Levels of Gremlin-1 and Macrophage Migration Inhibitory Factor, but Not Their Ratio, Indicate an Increased Risk for Acute Coronary Syndrome in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. Clinical cardiology. 2016;39(4):201-6.
27. Kleemann R, Bucala R. Macrophage migration inhibitory factor: critical role in obesity, insulin resistance, and associated comorbidities. Mediators of inflammation. 2010;2010.
28. Kim B-S, Pallua N, Bernhagen J, Bucala R. The macrophage migration inhibitory factor protein superfamily in obesity and wound repair. Experimental & molecular medicine. 2015;47(5):e161-e.
29. Tang H, Tan X, Zhu L, Qin K, Gao H, Bai H. Swimming prevents nonalcoholic fatty liver disease by reducing migration inhibitory factor through Akt suppression and autophagy activation. American Journal of Translational Research. 2019;11(7):4315.
30. Sakurai T, Izawa T, Kizaki T, Ogasawara J-e, Shirato K, Imaizumi K, et al. Exercise training decreases expression of inflammation-related adipokines through reduction of oxidative stress in rat white adipose tissue. Biochemical and biophysical research communications. 2009;379(2):605-9.
31. Nunes PR, Martins FM, Souza AP, Carneiro MA, Orsatti CL, Michelin MA, et al. Effect of high-intensity interval training on body composition and inflammatory markers in obese postmenopausal women: a randomized controlled trial. Menopause. 2019;26(3):256-64.
32. Miller MB, Pearcey GE, Cahill F, McCarthy H, Stratton SB, Noftall JC, et al. The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. BioMed research international. 2014;2014.