



The effect of different intensities of intermittent resistance training on inflammatory indices in obese men

Nader Najafi ¹, Farnaz Seifi-Skishahr ^{1*}, Roghayyeh Afroundeh ¹

¹ Department of Physical Education and Sport Science, Faculty of Education and Psychology, University of Mohagheghe Ardabili, Ardabil, Iran

*Corresponding author: Farnaz Seifi-Skishahr, Department of Physical Education and Sport Science, Faculty of Education and Psychology, University of Mohagheghe Ardabili, Ardabil, Iran. Email: www.f.seify@yahoo.com

Received: 19 May 2023 Revised: 17 September 2023 Accepted: 9 September 2023

Abstract

Background and Aim: The prevalence of obesity is one of the most important health issues in the world. The aim of this study was to determine the effect of intermittent resistance training with different intensities on the levels of interleukin-10 (IL-10) and interleukin-1 beta (IL-1 β) in obese men.

Methods: In this study, 44 obese men (20-30 years old) were assigned into four groups of control, low-intensity intermittent resistance training, moderate-intensity intermittent resistance training, and high-intensity intermittent resistance training. Subjects trained for 12 weeks, 3 sessions per week with three different intensities (80% 1RM with 10 repetitions, 60% 1RM with 13 repetitions and 40% 1RM with 20 repetitions). IL-10 and IL-1 β indices were measured 48 hours before the first and 48 hours after the last resistance training session.

Results: A significant difference was reported in IL-10 and IL-1 β levels between the intermittent resistance training groups with different intensities. After the training period, IL-1 β had a significant decrease in the low ($P=0.001$), moderate ($P=0.01$) and high ($P=0.001$) intensity intermittent resistance training groups. A significant increase in the IL-10 was observed in the resistance training groups with low ($P=0.01$), moderate ($P=0.01$) and high ($P=0.001$) intensity.

Conclusion: According to the present findings, it may recommend intermittent high and moderate intensity resistance training as an effective method for treating obesity and having a favorable effect on its indicators.

Keywords: Intermittent resistance training, Interleukin-10, Interleukin-1 beta, Obesity



تاثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی تناوبی بر شاخص‌های التهابی در مردان چاق

نادر نجفی^۱، فرناز سیفی اسگ شهر^{۱*}، رقیه افرونده^۱

^۱ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۲۹ اصلاح مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: شیوع چاقی یکی از معضله‌های مهم بهداشتی در جهان است. هدف از پژوهش حاضر، تعیین تاثیر تمرین مقاومتی تناوبی با شدت‌های مختلف بر سطوح اینترلوکین-۱۰ (IL-10) و اینترلوکین-۱ بتا (IL-1 β) در مردان چاق بود.

روش‌ها: در این تحقیق ۴۴ مرد چاق (۲۰-۳۰ سال) در ۴ گروه کنترل، تمرین مقاومتی تناوبی با شدت پایین، تمرین مقاومتی تناوبی با شدت متوسط و تمرین مقاومتی تناوبی با شدت بالا تخصیص یافتند. آزمودنی‌ها به مدت ۱۲ هفته، ۳ جلسه در هفته با ۳ شدت متفاوت (۸۰٪ 1RM با ۱۰ تکرار، ۶۰٪ 1RM با ۱۳ تکرار و ۴۰٪ 1RM با ۲۰ تکرار) تمرین کردند. ۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین مقاومتی، شاخص‌های IL-10 و IL-1 β اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: اختلاف معناداری در IL-10 و IL-1 β بین گروه‌های تمرین مقاومتی تناوبی با شدت‌های مختلف گزارش شد. پس از دوره تمرین نسبت به قبل، IL-1 β در گروه‌های تمرین مقاومتی تناوبی با شدت پایین ($P=0/001$)، متوسط ($P=0/01$) و بالا ($P=0/001$) کاهش معنی‌داری داشت. در شاخص IL-10 افزایش معنی‌داری در گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت پایین ($P=0/01$)، متوسط ($P=0/01$) و بالا ($P=0/001$) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: طبق یافته‌های حاضر ممکن است بتوان تمرینات مقاومتی تناوبی با شدت بالا و متوسط را به عنوان روشی موثر برای درمان چاقی و تاثیر مطلوب در شاخص‌های آن، توصیه کرد.

کلیدواژه‌ها: تمرین مقاومتی تناوبی، اینترلوکین-۱۰، اینترلوکین-۱ بتا، چاقی

*نویسنده مسئول: فرناز سیفی اسگ شهر. پست الکترونیک: f.seify@yahoo.com

آدرس: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

طی ۳ دهه گذشته، تغییر در سبک زندگی انسان مانند رژیم غذایی، فعالیت بدنی و قرار گرفتن در معرض آلاینده‌ها منجر به اپیدمی اضافه وزن و چاقی در سراسر جهان شده است. التهاب بافت چربی می‌تواند موجب القاء وضعیت التهابی سیستمیک یا موضعی در بدن شود به طوری که این التهاب می‌تواند منشاء بسیاری از اختلالات متابولیک، دیابت نوع ۲ و بیماری قلبی عروقی به شمار آید. سایتوکاین‌ها به دو دسته بزرگ پیش التهابی و ضد التهابی تقسیم می‌شوند. سایتوکاین‌های پیش التهابی در ایجاد و پیشرفت التهاب دخیل‌اند و اینترلوکین-۱، بتا، اینترلوکین-۱۸ (IL-18) و اینترلوکین-۶ (IL-6) از آن جمله هستند [۱].

IL-1 β یک سایتوکاین پیش التهابی است که نقش مهمی را در ارتباط التهاب بازی می‌کند. با این وجود، مکانیسم‌های عملکردی دقیق آنها تحت شرایط طبیعی و همچنین در حضور بیماری‌ها هنوز کاملاً مشخص نشده‌اند. همچنین، IL-1 β نقش مهمی را در ارتباط بین چاقی و بیماری‌های التهابی نظیر دیابت، سندرم متابولیک، آترواسکلروز و نارسایی قلبی مزمن بازی می‌کند [۲].

شاخص IL-10 به عنوان یک سایتوکاین که اثرات ضد التهابی دارد، به عنوان آنتاگونیست اثرات التهابی TNF- α بر پیام رسانی انسولین در سلول‌های چربی عمل می‌کند. از این رو، این شاخص به نوعی می‌تواند موجب جلوگیری از مقاومت به انسولین وابسته به TNF- α در سلول‌های چربی شود، هرچند اثر غالب IL-10 کاهش التهاب است [۳]. این مفهوم که IL-10 به عنوان نشانگر ضد التهابی عمل می‌کند در ابتدا توسط محققانی ارائه شد که نشان دهنده مهار سنتز چندین سایتوکاین پیش التهابی از طریق سلول‌های مختلف، به ویژه پایه تک سلولی بود. بنابراین، IL-10 از تولید IL-1 α ، IL-1 β و TNF- α ، کموکاین‌هایی مانند IL-8 و ماکروفاژ التهابی پروتئین- α از مونوسیت‌های انسانی فعال شده با LPS جلوگیری می‌کند [۴].

فعالیت بدنی بخش مهمی از برنامه کاهش وزن محسوب می‌شود که می‌تواند با کاهش توده چربی همراه باشد. همچنین فعالیت ورزشی منظم می‌تواند بر تعادل بین سایتوکاین‌ها تأثیر بگذارد که با یک تنظیم افزایشی در تولید سایتوکاین‌های ضد التهابی و یک تنظیم کاهش نسبی در سایتوکاین‌های پیش التهابی همراه است [۵]. در سال‌های اخیر، تمرینات مقاومتی به عنوان شیوه موثری جهت کاهش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی معرفی شده و مورد استقبال جوانان قرار گرفته است. همچنین، بسیاری از افراد چاق احتمالاً به دلیل محدودیت‌های ارتوپدی و قلبی-ریوی قادر به شرکت در فعالیت‌های هوازی نیستند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند انجام تمرین‌های مقاومتی منظم، ممکن است شیوه سودمندی برای کاهش شاخص‌های التهابی و بهبود هورمون‌های تنظیم کننده تعادل انرژی/وزن در افراد چاق، مسن و بیمار باشد [۶].

از آنجا که شدت فعالیت، فاکتور اصلی تمرین مقاومتی است و گزارش شده که شدت کار در یک جلسه تمرین مقاومتی بر شاخص‌های التهابی تأثیرگذار است، بنابراین بررسی اثر شدت تمرین بر این شاخص‌ها نیز با اهمیت خواهد بود [۷]. در ارتباط با نقش ورزش بر IL-10 به عنوان یکی از آدیپوکین‌های ضدالتهابی و مکانیسم اثر آن، اطلاعات متناقضی وجود دارد. در برخی تحقیقات، افزایش سطوح IL-10 پس از فعالیت ورزشی گزارش شده است [۸]. درحالی که در برخی مطالعات دیگر، در سطوح IL-10 پس از یک دوره تمرین، تغییر معنی‌داری مشاهده نشده است [۹]. در مطالعات انجام شده در زمینه IL-1 β در برخی موارد نتایج متفاوتی به دست آمده و گزارش‌های ارایه شده با ابهام همراه است. Hopps و همکاران نشان دادند بر اثر انجام فعالیت بدنی با شدت بالا، بیان ژن‌های IL-1 β و TNF- α که از عوامل پیش‌ساز التهابی هستند، مهار می‌شوند و در نتیجه به بهبود حساسیت به انسولین در بیماران دیابتی نوع دو کمک می‌کند [۱۰]. شیخ الاسلامی وطنی و دیگران نیز گزارش کرده‌اند که اجرای تمرینات مقاومتی به مدت ۶ هفته و با شدت متوسط و بالا، تأثیری بر مقادیر IL-1 β مردان جوان سالم ندارد. بیان شده است که شیوه‌های متنوع تمرینی تأثیرات متفاوتی بر سیستم ایمنی بدن به همراه دارد [۱۱]. از مجموع گزارش‌ها چنین برمی‌آید که تمرینات مقاومتی موجب کاهش سطح عوامل التهابی مترشحه از بافت چربی شود؛ اما این که تأثیرگذارترین مدت و شدت فعالیت بدنی منظم برای بروز این تغییرات مطلوب کدام است، نیاز به بررسی بیشتر دارد. بدین منظور، هدف از پژوهش حاضر تعیین اثر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر شاخص‌های التهابی در مردان چاق می‌باشد.

روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه تجربی و با طرح پیش آزمون-پس آزمون می‌باشد. در مطالعه حاضر ۴۴ مرد چاق (شاخص توده بدنی = ۳۰) با بازه سنی ۲۳-۳۲ سال که تمایل خود را برای شرکت در تحقیق اعلام نمودند، با رعایت کامل تمام پروتکل‌های بهداشتی و داشتن کارت واکسیناسیون کووید-۱۹، بطوردر دسترس انتخاب شدند. این افراد به صورت تصادفی و مساوی در ۴ گروه کنترل (۱۱ نفر)، گروه تمرین اینتروال مقاومتی با شدت پایین (۱۱ نفر)، گروه تمرین اینتروال مقاومتی با شدت متوسط (۱۱ نفر) و گروه تمرین اینتروال مقاومتی با شدت بالا (۱۱ نفر) قرار گرفتند. معیارهای ورود شامل داشتن شرایط (BMI=30)، عدم اعتیاد به مواد مخدر و الکل، نداشتن سابقه فعالیت ورزشی منظم حداقل به مدت ۶ ماه، نداشتن سابقه بیماری کلیوی، کبدی، قلبی-عروقی، دیابت و نداشتن هرگونه آسیب یا مشکل جسمی برای آزمودنی‌ها بود.

معیارهای خروج شامل بروز مشکلات عصبی، عضلانی، اسکلتی در حین تحقیق، ابتلا به کووید-۱۹ و شرکت نکردن در

الایزا و با استفاده از کیت با حساسیت بالا مدل Biovendor ساخت کشور جمهوری چک اندازه‌گیری شد. اینترلوکین یک بتا هم به روش الایزا و با استفاده از کیت با حساسیت بالا مدل R&D Systems ساخت آمریکا اندازه‌گیری شد. مراحل سنجش الایزا بر اساس دستورالعمل کیت انجام شد.

محاسبات آماری

برای دسته‌بندی و تعیین شاخص‌های پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. آزمون شاپیروویلیک نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردارند. برای سنجش مقایسه میزان تغییرات در پیش آزمون با پس آزمون در هر گروه آزمون t وابسته به کاربرده شد. جهت مقایسه بین گروه‌ها آنالیز تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همه داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شدند. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ویرایش ۲۲ صورت گرفت و از نظر آماری ($P < 0.05$) معنی دار تلقی گردید.

ملاحظات اخلاقی

به آزمودنی‌ها اطمینان خاطر داده شد که اطلاعات شخصی آنها در نزد پژوهشگران به صورت محرمانه حفظ خواهد شد و این اختیار داده شد که در هر مرحله از تمرین بتوانند در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری انصراف دهند. در این پژوهش، ملاحظات اخلاقی و مفاد معاهده هلسینکی برای شرکت کنندگان لحاظ شده است و با شناسه IR.UMA.REC.1400.025 در کمیته اخلاق دانشگاه محقق اردبیلی مورد تایید قرار گرفته است و دارای ثبت کارآزمایی بالینی ایران به کد IRCT20211123053155N1 می‌باشد.

جدول-۱. گروه‌های تمرینی مورد مطالعه

گروه شدت بالا	گروه شدت متوسط	گروه شدت پایین
تمرین		
ست	۳	۳
تمرین	۱۱	۱۱
تکرار	۱۰	۲۰
شدت	۸۰٪	۴۰٪
	1RM	1RM
استراحت		
ست	۳	۳
تمرین	۱۱	۱۱
تکرار	۱۰	۲۰
شدت	۴۰٪	۲۰٪
	1RM	1RM

نتایج

شاخص‌های اندازه‌گیری شده پیش و پس‌آزمون تمرین مقاومتی تناوبی (انحراف استاندارد $\pm$ میانگین) در جدول ۲ آمده

برنامه ورزشی برای بیش از ۳ جلسه متوالی یا در مجموع ۴ جلسه بود. البته قابل ذکر است که در جریان اجرای پژوهش آزمودنی‌ها تحت نظر پزشک متخصص کنترل شدند تا از بروز هر نوع خطرات احتمالی جلوگیری شود.

قد و وزن افراد با روش استاندارد اندازه‌گیری و شاخص توده بدن از طریق تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر مربع) محاسبه شد [۱۲].

بعد از آشناسازی افراد با شیوه صحیح اجرای حرکات توسط مربی تمرینی، آزمون یک تکرار بیشینه 1RM به روش برزیسکی در مورد تمامی حرکات برنامه مقاومتی جهت اعمال شدت تمرینی از آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس گروه‌ها به ۳ گروه تمرینی در شدت‌های مختلف مطابق جدول ۱ تقسیم شدند.

تعداد تکرار تا $1 - RM = 1/0.278$ / وزن جابه‌جا شده (کیلوگرم)

$0.278 \times$ (خستگی)

پروتکل تمرینی شامل ۱۲ هفته اجرای تمرینات تناوبی مقاومتی با شدت‌های مختلف بود که ۳ جلسه در هفته برگزار شد. برنامه تمرین مقاومتی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (دویدن آرام، حرکات کششی و نرمش) و سپس ۶۰-۵۰ دقیقه انجام تمرینات مقاومتی شامل اجرای حرکات جلوپا، پشت پا، شکم (دراز و نشست)، پرس سینه، زیربغل سیم کش از پشت، پشت (فیله کمر)، هاگ پا، شنا سوئدی، پرس پا، جلو بازو سیم کش و پشت بازو سیم کش بود. استراحت بین ست‌ها به صورت فعال و با شدت ۲۰ درصد و تعداد تکرار ۱۵ در نظر گرفته شد (۳۳). مرحله سرد کردن نیز ۱۵ دقیقه و با استفاده از حرکات کششی و جاگینگ بود. حجم تمرین بر اساس فرمول ارائه شده توسط بیچل و همکاران (۱۹۹۴) محاسبه شد (جدول ۱) [۱۳].

حجم تمرین = مقدار وزنه $\times$ تعداد تکرار $\times$ تعداد ست

به منظور ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، نمونه‌های خونی آزمودنی‌ها در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون (پس از ۱۲ هفته تمرین) جمع‌آوری شد؛ به طوری که در مرحله پیش آزمون یعنی یک روز قبل از شروع برنامه تمرین و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، نمونه خونی در فاصله زمانی ۸ الی ۹ صبح توسط تکنسین آزمایشگاهی و با رعایت نکات استریل از ورید بازویی دست راست آزمودنی‌ها در حالت نشسته، با حجم ۱۰ سی‌سی گرفته شد و همچنین در مرحله پس آزمون نیز جهت جلوگیری از تأثیر حاد تمرین بر متغیرهای مورد مطالعه پس از گذشت ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرینی مانند مرحله پیش آزمون بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی در همان بازه زمانی ۸ الی ۹ صبح خون‌گیری انجام شد. سپس نمونه‌های خونی بلافاصله در یونولیت محتوی یخ خشک در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری گردید و به یکی از آزمایشگاه‌های معتبر برای سنجش و آنالیز بیوشیمیایی انتقال داده شد.

برای جداسازی سرم، سانتریفیوژ نمونه‌های خونی با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. اینترلوکین-۱۰ به روش

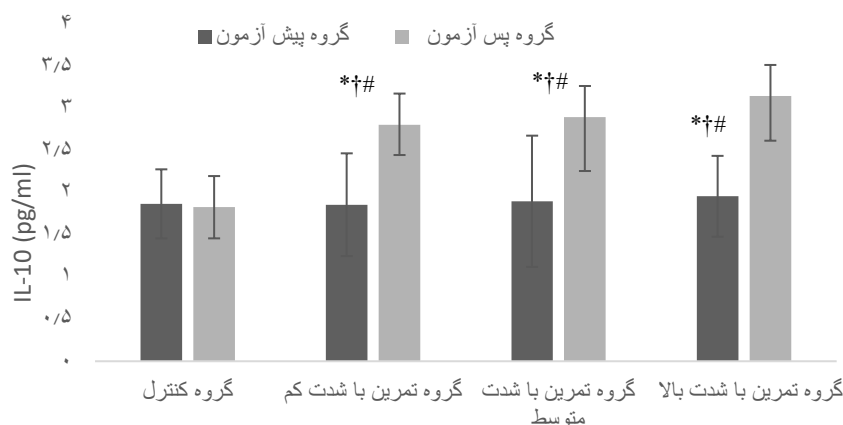
است. نتایج تحلیل آماری بین گروهی، تفاوت معناداری بین گروه‌های مختلف در دامنه اختلاف پس‌آزمون و پیش‌آزمون IL-10 نشان داد ($P=0/006$). نتایج آزمون توکی نیز نشان داد که بین گروه کنترل با گروه تمرین با شدت پایین ($P=0/035$) با گروه تمرین با شدت متوسط ($P=0/045$) و تمرین با شدت بالا ($P=0/006$) تفاوت معنادار وجود دارد. همچنین تغییرات درون گروهی متغیر IL-10 نشان داد که گروه تمرین مقاومتی تناوبی با شدت پایین ($P=0/001$)، متوسط ($P=0/01$) و بالا ($P=0/02$)، پس از دوره تمرین نسبت به قبل، از نظر آماری افزایش معنی داری داشت که بیشترین تاثیر در گروه تمرین تناوبی با شدت بالا بود (نمودار ۱).

تحلیل آماری بین گروهی، تفاوت معناداری بین گروه‌های مختلف در دامنه اختلاف پس‌آزمون و پیش‌آزمون IL-10 نشان داد ($P=0/001$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه کنترل با گروه تمرین با شدت پایین ($P=0/002$)، با گروه تمرین با شدت متوسط ($P=0/01$) و تمرین با شدت بالا ($P=0/001$) تفاوت معنادار وجود دارد. تغییرات درون گروهی IL-10 نشان داد که در تمام گروه‌های تمرین مقاومتی تناوبی [گروه کنترل ($P=0/001$)، تمرین با شدت پایین ($P=0/031$)، تمرین با شدت متوسط ($P=0/01$) و تمرین با شدت بالا ($P=0/03$)] پس از دوره تمرین نسبت به قبل، از نظر آماری کاهش معنی داری داشت که در گروه تمرین تناوبی با شدت متوسط این کاهش بیشتر بود (نمودار ۲).

جدول ۲. شاخص‌های اندازه‌گیری شده پیش و پس‌آزمون تمرین مقاومتی تناوبی (انحراف استاندارد $\pm$ میانگین)

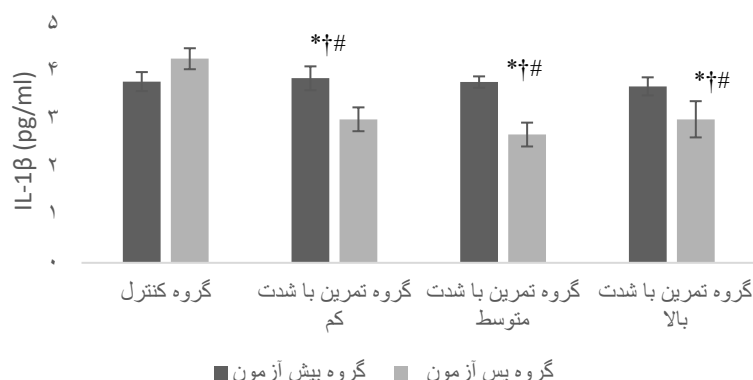
متغیر	مرحله	کنترل	تمرین با شدت پایین	تمرین با شدت متوسط	تمرین با شدت بالا
قد		۱۷۴/۶ $\pm$ ۲۸/۸	۱۷۲/۲ $\pm$ ۹۵/۱۹	۱۷۴/۳ $\pm$ ۲۵/۸۸	۱۷۷/۳ $\pm$ ۰۱/۷
وزن (کیلوگرم)	پیش آزمون	۹۷/۳ $\pm$ ۷۳/۸۱	۹۷/۲ $\pm$ ۹۲/۸۵	۹۷/۲ $\pm$ ۹۲/۸۵	۹۸/۱ $\pm$ ۷۷/۹۱
	پس آزمون	۹۷/۲ $\pm$ ۴۱/۹۶	۹۵/۲ $\pm$ ۱۹/۹۹	۹۵/۲ $\pm$ ۱۹/۹۹	۹۵/۲ $\pm$ ۳۱/۴۲
درصد چربی بدن	پیش آزمون	۲۶/۲ $\pm$ ۰۳/۹	۲۵/۲ $\pm$ ۶/۲	۲۷/۳ $\pm$ ۷/۶	۲۶/۳ $\pm$ ۶/۵
	پس آزمون	۲۵/۳ $\pm$ ۹/۸	۲۵/۳ $\pm$ ۲/۱	۲۲/۲ $\pm$ ۷/۸	۲۳/۳ $\pm$ ۵/۳
توده بدون چربی بدن	پیش آزمون	۷۴/۸ $\pm$ ۴/۷	۶۷/۳ $\pm$ ۴/۶	۷۱/۸ $\pm$ ۴/۷	۷۴/۸ $\pm$ ۵/۴
	پس آزمون	۷۴/۹ $\pm$ ۸/۳	۶۸/۳ $\pm$ ۲/۳	۷۴/۹ $\pm$ ۸/۳	۷۶/۶ $\pm$ ۲/۶
شاخص توده بدنی (kg/m^2)	پیش آزمون	۳۵/۲ $\pm$ ۳۲/۵۲	۳۵/۱ $\pm$ ۴۷/۵۱	۳۵/۱ $\pm$ ۴۷/۵۱	۳۶/۰ $\pm$ ۱۸/۸۱
	پس آزمون	۳۵/۲ $\pm$ ۱۹/۲۶	۳۴/۱ $\pm$ ۴۹/۶۰	۳۴/۱ $\pm$ ۴۹/۶۰	۳۴/۱ $\pm$ ۹۲/۰

مقادیر به صورت انحراف استاندارد $\pm$ میانگین ارائه شده است.



نمودار ۱. مقایسه سطوح سرمی IL-10 در گروه‌های پژوهش

* تفاوت معنادار نسبت به سایر گروه‌های پژوهش، # تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل، † تفاوت معنادار نسبت به مرحله پیش‌آزمون ($P<0/05$).



نمودار ۲. مقایسه سطوح سرمی IL-1β در گروه‌های پژوهش

* تفاوت معنادار نسبت به سایر گروه‌های پژوهش، # تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل، † تفاوت معنادار نسبت به مرحله پیش از تمرین ($P < 0.05$)

بحث

هدف پژوهش حاضر، تعیین اثر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر شاخص‌های التهابی در مردان چاق بود. نتایج نشان داد که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی تناوبی با شدت‌های مختلف در متغیر IL-10 بین گروه‌های تمرین مقاومتی تناوبی با شدت بالا، متوسط و پایین تغییرات معناداری داشت و بیشترین افزایش سطح سرمی IL-10 مربوط به تمرین مقاومتی تناوبی با شدت بالا بود. این نتایج با نتایج برخی تحقیقات پیشین سازگار است [۱۶-۱۴]. یکی از دلایل افزایش IL-10 پس از تمرین، افزایش اکسیداسیون چربی و در نتیجه کاهش بافت چربی از جمله چربی احشایی است [۸]. نشان داده شده که کاهش در توده چربی همراه با کاهش نفوذ ماکروفاژها به درون بافت چربی و تبدیل مونوسیت‌های ماکروفاژی نوع M1 به فنوتیپ مونوسیت‌های ماکروفاژی نوع M2 موجب می‌شود سایتوکاین‌های ضدالتهابی مانند IL-10 افزایش یافته و سایتوکاین‌های پیش التهابی مانند TNF-α کاهش یابند [۸].

ناهمسو با نتیجه تحقیق حاضر، می‌توان به پژوهش‌های رحیمیان و همکاران [۱۷]، رنجبر و همکاران [۹] و رافراف و دیگران [۱۸] اشاره کرد. تناقض موجود در تحقیقات گزارش شده را می‌توان به عواملی از جمله وضعیت تندرستی و وزن اولیه آزمودنی‌ها و طول مدت ناکافی دوره تمرین مرتبط دانست. ناهمسوئی نتیجه پژوهش حاضر با پژوهش‌های فوق ممکن است به دلیل مشخصات آزمودنی‌های تحت مطالعه (سن، جنسیت، وضعیت سلامتی، دامنه وزنی، آمادگی جسمانی، نمونه حیوانی) و ویژگی‌های تمرین اعمال شده (نوع، شدت و مدت) باشد. عوامل دیگری از جمله عوامل مربوط به تغذیه و تأثیر مستقیم آخرین جلسه تمرین بر نمونه‌های خونی نیز از عواملی هستند که می‌توانند بر عدم افزایش IL-10 تأثیر بگذارند [۱۹].

یکی از مکانیسم‌های احتمالی افزایش IL-10 متعاقب فعالیت ورزشی منظم، تعادل بین سایتوکاین‌های ترشح شده از سلول‌های Th1 و Th2 است که فعالیت ورزشی منظم می‌تواند باعث ایجاد تنظیم افزایشی در تولید سایتوکاین‌های ترشح شده از سلول‌های

Th2 (IL-8, IL-10) و تنظیم کاهشی نسبی در سایتوکاین‌های ترشح شده از سلول‌های Th1 شود که در نهایت، منجر به افزایش سایتوکاین‌های ضدالتهابی از جمله IL-10 می‌گردد [۵]. افزایش تولید IL-10 پس از تمرین، اثر ضد التهابی ورزش را برجسته می‌کند، که اعتقاد بر این است که تنظیم ایمنی را از طریق این موارد انجام می‌دهد: تغییر در ساختار کروماتین برای خاموش کردن انتخابی محرک‌های ژن التهابی فعال؛ مهار محصولات ژنی که پس از ترجمه، فعالیت NF-kB را تغییر می‌دهند؛ افزایش بیان سرکوبگرهای رونویسی [۲۰]. این تأثیرات چندگانه ورزش، تعادل سایتوکاین‌های استراحتی را به حالت ضدالتهابی تبدیل می‌کند. با توجه به مکانیسم‌های مولکولی، تمرین ورزشی با تنظیم منفی فعالیت عامل NF-Kb سبب افزایش ترشح IL-10 به وسیله منوسیت‌ها و سلول‌های T از طریق Th2 می‌شود [۱۶]. یکی دیگر از مکانیسم‌های احتمالی درگیر در افزایش IL-10 افزایش IL-6 در اثر تمرین می‌باشد، که در این پژوهش مقادیر آن اندازه‌گیری نشد. مشخص شده که تمرین باعث افزایش سوخت و ساز عضلانی شده و منجر به افزایش IL-6 در عضله و خون می‌گردد. افزایش IL-6 خود باعث افزایش ترشح IL-10 در ماکروفاژها می‌شود [۲۱].

فعالیت بدنی می‌تواند سطح استراحتی سایتوکاین‌هایی مثل IL-6 و فاکتور نکروز تومور آلفا (TNF-α) را کاهش دهد و در نهایت تولید IL-10 را افزایش دهد. برخی از این تأثیرات ممکن است ناشی از تولید سایتوکاین از بخش‌های دیگری به جز بافت چربی مانند عضلات اسکلتی و سلول‌های تک هسته‌ای باشد. علاوه بر این، ورزش درازمدت تولید سلول‌های تک هسته‌ای سایتوکاین آتروژنیک (TNF-α و اینترفرون گاما) را کاهش می‌دهد، درحالی که تولید سایتوکاین‌های ضدالتهابی همچون IL-10 را افزایش می‌دهد. فعالیت بدنی منظم عملکرد اندوتلیال را با حفظ در دسترس بودن اکسید نیتریک بهبود می‌بخشد [۲۲].

از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر این است که، تمرین مقاومتی با شدت‌های مختلف، باعث کاهش بیشتری در سطح سرمی IL-1β می‌شود. ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر عدم تغییر معنادار IL-

طول ورزش، ماهیچه‌های اسکلتی منقبض شده، IL-6 را آزاد می‌کند که متعاقباً باعث آزاد شدن IL-1ra از سلول‌های ایمنی در گردش و ماکروفاژهای بافتی می‌شود. ممکن است افزایش IL-1ra ناشی از ورزش با مهار اثرات مضر IL-1a و IL-1b به اثرات ضد التهابی ورزش کمک کند [۴۶]. رهاسازی مایوکین‌ها مثل IL-6 در عضله فعال و در نتیجه تولید آنتاگونیست گیرنده IL-1 توسط منوسیت‌ها و ماکروفاژها، می‌تواند بیانگر عمل ضدالتهابی مهم فعالیت ورزشی باشد [۳۰].

به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی در پژوهش حاضر، می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش التهاب مزمن در افراد چاق باشد. تمرین مقاومتی تناوبی از نقاط قوت تحقیق حاضر بود، چرا که این نوع تمرین با وجود محدودیت‌های اجرایی، می‌تواند پاسخ‌ها و سازگاری‌های متفاوتی نسبت به برنامه‌های تمرینی دیگر به همراه داشته باشد. محدودیت‌هایی نیز در تحقیق حاضر وجود داشت که از جمله می‌توان به عدم سنجش دیگر عوامل التهابی و ضدالتهابی اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

بیان سایتوکین‌ها بر اثر ورزش، به میزان بالایی به نوع، شدت، مدت، حجم ورزش و دوره تمرینی وابسته است. از آن جایی که تمرینات ورزشی به عنوان یک فاکتور محیطی مهم مرتبط با تنظیم وزن بدن شناخته شده است، می‌تواند التهاب سیستمیک را در حیوانات و انسان‌ها کاهش دهد. بنابراین این سوال همیشه در ذهن محققین نقش بسته است که چه ورزشی؟ با چه شدتی؟ و چه مدتی بهترین نتیجه را دارد. به طور خلاصه، نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات مقاومتی تناوبی با شدت بالا و متوسط تأثیر مطلوبی بر عوامل التهابی و ضدالتهابی در مردان چاق دارند.

تشکر و قدردانی: این مقاله حاصل رساله دکتری از دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد؛ بنابراین، ضمن سپاسگزاری از کلیه آرمودنی‌ها و افرادی که در این طرح به ما یاری رساندند، زحمات آنها را ارج می‌نهیم.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. EK. Pattern recognition receptors: curbing gut inflammation. *Nat Rev Immunol* 2014; 14(9): 583-95. doi:10.1038/nri3735 PMID:25132096
2. Rostami A NS, Eizadi M. No change of IL-1B in the presence of weight loss and abdominal obesity induced by aerobic training without dietary restrictions in obese

1b پس از ۸ هفته تمرینات مقاومتی در مردان چاق گزارش شده است [۲۳]. تناقض موجود در نتایج تحقیقات را می‌توان به طول مدت کم اثر مداخله گرانه تمرینات مقاومتی نسبت داد. سطح پایه سایتوکین‌ها و تکرار تمرینات نیز بر نتایج تأثیرگذار است. مکانیسم دقیق اثرات تمرین در کاهش IL-1b هنوز به طور کامل مشخص نشده است، با این وجود مشخص شده که پروتکل‌های تمرینی که موجب کاهش چربی بدن و بهبود معنادار شاخص توده بدن شده‌اند در کاهش عوامل التهابی تأثیرگذار هستند [۲۴]. کاهش وزن، به طور قابل توجهی بیان IL-1b mRNA را در بافت چربی کاهش می‌دهد، این نشان می‌دهد که وزن بدن یا توده چربی تعیین کننده مهمی برای ترشح IL-1b توسط بافت چربی است. علاوه بر این، به نظر می‌رسد که فعالیت التهابی NLRP3 (NLR Family Pyrin Domain Containing) و IL-1b در بافت چربی، افراد چاق ناسالم متابولیک (یعنی داشتن چندین جزء از سندرم متابولیک) را از افراد چاق سالم متابولیک متمایز می‌کند [۲۵]. تولید IL-1b توسط التهاب NLRP3 تنظیم می‌شود. دسته دیگری از گیرنده‌های تشخیص الگو که در ایجاد بیماری‌های متابولیک متعدد نقش دارند، التهاب NLRP3 است که آزادسازی IL-1b را کنترل می‌کند. مشابه مورد TLRها، لیگاند‌های التهابی NLRP3 (به عنوان مثال، FFA ها، LDL اکسیده) در بیماری‌های متابولیک مزمن افزایش می‌یابد. بنابراین، کاهش ناشی از ورزش در سطوح این لیگاند‌ها نیز ممکن است فعال شدن التهاب NLRP3 را کاهش دهد و بنابراین، سطوح IL-1b را کاهش دهد [۲۵، ۲۶].

یکی دیگر از مکانیسم‌های احتمالی کاهش IL-1b ناشی از تمرین مقاومتی را می‌توان این گونه بیان کرد که، سیگنالینگ IL-1b و IL-1a، هر دو از طریق گیرنده IL-1 (IL-1R) القا می‌شوند. IL-1ra به IL-1R متصل می‌شود اما هیچ فعالیت بیولوژیکی ندارد و بنابراین به عنوان یک بازدارنده رقابتی سیگنالینگ IL-1 عمل می‌کند. برخلاف IL-6، که در پایان تمرین به اوج خود می‌رسد، سطح IL-1ra در گردش خون در پایان تمرین به طور متوسط افزایش می‌یابد، اما در ساعات بعد از ورزش به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد [۲۸]. این مشاهدات را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که IL-6 یک القاکننده قوی IL-1ra است، و در واقع، تزریق IL-6 نوترکیب به انسان در سطوحی که در طول ورزش مشاهده می‌شود، سطوح IL-1ra در گردش را افزایش می‌دهد [۲۹]. با توجه به نقش حیاتی سیتوکین‌های پیش التهابی IL-1a و IL-1b در طیف وسیعی از اختلالات متابولیک و کاربرد بالقوه درمانی هدف قرار دادن IL-1a و IL-1b، ایده جالبی است که در

- women. *RJMS*. 2020; 27(7): 186-95. [in Persian]
 3. Shafieerad E, Isanejad A, Nasiri E. The effects of 8 weeks of endurance exercise training on IL-10 level and body composition of sedentary overweight women. *J Practical Studies Biosciences Sport* 2018; 6(11): 49-57.

4. Alizaei Yousefabadi HNA, Alaei S, Fathi M, Mohammad Rahimi GR. Anti-Inflammatory Effects of Exercise on Metabolic Syndrome Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biological Research for Nurs* 2021; 23(2): 280-92. [in Persian] doi:10.1177/1099800420958068 PMID:32938197
5. Seyedahmadi M, Razi MJ, Akbari H. Prevalence of sports injuries and related causes in male students aged 7 to 15 years old in Yazd, Iran-2022. *Novel Clin Med* 2023; 2(4): 180-186. doi:10.22034/ncm.2023.406892.1105
6. Fenning AVA, Nabiollahi F, Reaburn P. The reduction of oxidative stress and inflammation in obese, type II diabetic patients following resistance training. *Heart Lung Circ* 2008; 17(3): 219-41. doi:10.1016/j.hlc.2008.05.596
7. HB. Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation. *J Leukoc Biol* 2005; 78(32): 819-35. doi:10.1189/jlb.0505247 PMID:16033812
8. Speretta GF, Rosante MC, Duarte FO, Leite RD, Lino AD, Andre RA, et al. The effects of exercise modalities on adiposity in obese rats. *Clinics* 2012; 67(12): 1469-77. doi:10.6061/clinics/2012(12)19 PMID:23295603
9. Ranjbar R, Abolfathi NN. The effect of aerobic interval training on IL-6 and IL-10 serum concentration in women with type II diabetes. *Arak Med Univ J* 2016; 19(112): 36-45. [in Persian]
10. Hopps ECB, Caimi G. Effects of exercise on inflammation markers in type 2 diabetic subjects. *Acta Diabetologia* 2011; 48(41): 183-9. doi:10.1007/s00592-011-0278-9 PMID:21431832
11. Sheikholeslami VD, Ahmadi S, Mojtahedi H, Marandi M, Ahmadi DK, Faraji H, Gharibi F. Influence of different intensities of resistance exercise on inflammatory markers in young healthy men. *Iran J Endocrinol Metabol* 2011; 12(6): 618-25. [in Persian]
12. Ablove T BN, Leadley S, Shelton J, Ablove R. Body mass index continues to accurately predict percent body fat as women age despite changes in muscle mass and height. *Menopause*. 2015; 22(7): 727-30. doi:10.1097/GME.0000000000000382 PMID:25706183
13. Baechle TR, Earle RW, editors. *Essentials of strength training and conditioning*. Human kinetics; 2008.
14. Martins MS FJ, Benetti CB, Courtes AA, Duarte T, Da Silva JCN, et al. Positive effects of resistance training on inflammatory parameters in men with metabolic syndrome risk factors. *Nutr Hosp* 2015; 32(2):792-8.
15. Farinha JB, Steckling FM, Stefanello ST, Cardoso MS, Nunes, LS, Barcelos RP, et al. Response of oxidative stress and inflammatory biomarkers to a 12-week aerobic exercise training in women with metabolic syndrome. *Sports Med* 2015; 1(1):1-10. [in Persian] doi:10.1186/s40798-015-0011-2 PMID:26284160 PMID:PMC5005613
16. Kalhor F AS, Zafari A. The effect the period of a resistance training on Atrogin, eotaxin and IL-10 indices in obese women. *RJMS* 2020; 27(3): 34-46.
17. Rahimian Mashhad Z AHS, Rashid Lamir A, Sardar MA, Nekooei S, Giti R. Effect of aerobic and resistance exercise programs on arterial stiffness, serum IL6 and IL10 in obese women. *Iran J Obstet Gynecol Infertil*. 2020; 23(2): 20-9 [in Persian]
18. Rafrat M, Karimi M, Rashidi MR, Jafari A. Effect of L carnitine supplementation in comparison with moderate aerobic training on insulin resistance and anthropometric indices in obese women. *J Zanj Univ Med Sci* 2012; 29(83): 17-30. [in Persian]
19. Lau D.C DJD, Morrison K.M, Hramiak I.M, Sharma A, Ur E. Canadian clinical practice guidelines on the management and prevention of obesity in adults and children summary. *CMAJ*. 2007; 176(8):1-13. doi:10.1503/cmaj.061409 PMID:17420481 PMID:PMC1839777
20. Saraiva M, O'Garra A. Biology and therapeutic potential of interleukin- 10. *Exp Med* 2020; 217 (1): 15-8. doi:10.1084/jem.20190418 PMID:31611251 PMID:PMC7037253
21. LANCASTER, Graeme I. *Exercise and cytokines. Immune Function in Sport and Exercise*. 2006th ed. Edinburgh, UK: Churchill Livingstone, 2006, 205-21. doi:10.1016/B978-0-443-10118-2.50014-4
22. Taddei S, Virdis A, Ghiadoni L, Salvetti G, Franzoni F, et al. Physical activity prevents age-related impairment in nitric oxide availability in elderly athletes. *Circulation* 2000;101(25): 2896-901. doi:10.1161/01.CIR.101.25.2896 PMID:10869260
23. Mohamadzadeh Salamat K BN. The Effects of Endurance and Resistance Training on Systemic Inflammatory Markers and Metabolic Syndrome Parameters in Overweight and Obese Men. *Rep Health Care* 2017; 3(3):15-26. [in Persian]
24. Selvin E PN, Erlinger TP. The effect of weight loss on Creactive protein: a systematic review. *Arch Intern Med* 2007; 167(1): 31-9. doi:10.1001/archinte.167.1.31 PMID:17210875
25. Esser N LHL, De Roover A, Kohnen L, Scheen AJ, Moutschen M, et al. Obesity phenotype is related to NLRP3 inflammasome activity and immunological profile of visceral adipose tissue. *Diabetologia* 20.97-2487: (81)56:13. doi:10.1007/s00125-013-3023-9 PMID:24013717
26. Grant RWaD, V.D. Mechanisms of disease: inflammasome activation and the development of type 2 diabetes. *Front Immunol* 2013; 4(50):104-15. doi:10.3389/fimmu.2013.00050 PMID:23483669 PMID:PMC3592198
27. Chen GYaN G. Sterile inflammation: sensing and reacting to damage. *Nat Rev Immunol* 2010; (826): 14-25. doi:10.1038/nri2873 PMID:21088683 PMID:PMC3114424
28. Lancaster GI FM. The immunomodulating role of exercise in metabolic disease. *Trends Immunol*. 2014; 35(6):262-9. doi:10.1016/j.it.2014.02.008 PMID:24680647
29. Steensberg Aea. IL-6 enhances plasma IL-1ra, IL-10, and cortisol in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2003; 285(36):E433-E7). doi:10.1152/ajpendo.00074.2003 PMID:12857678
30. Shirvani H, Arabzadeh E. Metabolic cross-talk between skeletal muscle and adipose tissue in high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training by regulation of PGC-1 α . *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*. 2020; 25:17-24. [in Persian] doi:10.1007/s40519-018-0491-4 PMID:29480414

How to Cite this Article:

Nagafi N, Seifi-Skishahr F, Afroundeh R. The effect of different intensities of intermittent resistance training on inflammatory indices in obese men. *Feyz Med Sci J*. 2023; 27(4): 398-405. doi: 10.48307/FMSJ.2023.27.4.398