

Comparison of twelve weeks of the high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on inflammatory biomarkers of cardiovascular disease predictor in obese menopause women

Sirvan Atashk^{1*}, Vahideh Kianmarz Bonab², Reza Roshdi Bonab³

1 Department of Sports Physiology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

2 Department of Exercise Physiology, Payame Noor University, Tehran, Iran

3 Department of Sports Physiology, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran

Original Article

Abstract

Purpose: Different studies have been shown that menopausal transition is associated with increased adiposity and inflammation, which leads to increase risk of CVD. However, Exercise training has been recommended as an effective approach to prevent and reduce these factors. Therefore, the aim of this study was to investigate and compare the effect of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on inflammatory biomarkers of cardiovascular disease predictor in obese menopause women.

Methods: 40 menopause obese women in a semi-experimental with pre-test and post-test design, randomly assigned into three groups of control, high intensity interval (6-12×60s of high intensity training (85–95% HRR)) and moderate-intensity continuous (25-30 min aerobic exercise at 40%–65% heart rate reserve(HRR)). Exercise training programs for the two experimental groups were performed three sessions per week for 12 weeks. Data were analyzed by paired t-test and one-way analysis of variance tests at the significance level of 0.05.

Results: The results indicated that both type of exercise training have a significant effect on the CRP (tHIIT=7.278, p=0/000; tMICT=5/059, P = 0/000) and ICAM-1 (tHIIT=7.813, P = 0/000; tMICT=4/609, P = 0/000) concentration. However, these biomarkers unchanged in the control group (P > 0.05). Moreover, compared to moderate-intensity continuous training, high-intensity interval training demonstrated greater reduction in CRP (percent of change: 22.91% vs 44.02% P = 0.000) and ICAM-1 (percent of change: 21.17% vs 30.74% p=0.041). The results also indicated that the changes in CRP and ICAM-1 concentrations correlated (R) with the changes in body composition indices after training (P < 0.05).

Conclusion: In conclusion, the results of this study showed that despite of the effectiveness of both training program, high intensity training has predominant effect on inflammatory biomarkers of cardiovascular disease predictor in obese menopause women.

Keywords: C-reactive protein, Intra-cellular adhesive molecules, Menopause women, HIIT training, Continuous training

How to cite this article: Atashk S, Kianmarz Bonab V, Roshdi R. Comparison of twelve weeks of the high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on inflammatory biomarkers of cardiovascular disease predictor in obese menopause women. Journal of Sport and Exercise Physiology 2021;14(2): 101-114

*Corresponding Author; E-mail: sirvan.atahak@gmail.com

DOI: 10.52547/joeppa.14.2.101

مقایسه دوازده هفته تمرین تناوبی شدید و پیوسته با شدت متوسط بر نشانگرهای التهابی پیش‌بینی‌کننده بیماری‌های قلبی عروقی زنان یائسه چاق

سیروان آتشک^۱، وحیده کیانمرز بناب^۲، رضا رشدی بناب^۳

۱ گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

۲ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳ گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف: پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند دوران یائسگی با افزایش چاقی و التهاب همراه است و به افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی منجر می‌شود. با این حال، بیان شده است تمرینات ورزشی شیوه مؤثری برای جلوگیری و کاهش این عوامل است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی و مقایسه تأثیر تمرینات تناوبی شدید و تمرینات پیوسته با شدت متوسط بر نشانگرهای التهابی پیش‌بینی‌کننده بیماری‌های قلبی عروقی زنان یائسه چاق انجام گرفت.

روش‌ها: ۴۰ زن یائسه چاق در یک مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون، به‌طور تصادفی در سه گروه کنترل، تمرینات تناوبی شدید (شامل ۶-۱۲ بار وهله‌های ۶۰ ثانیه دویدن با حداکثر شدت ۸۵-۹۵٪ و متعاقب آن ۶۰ ثانیه دویدن با شدت پایین ۵۵-۶۰٪ HRR) و تمرینات پیوسته با شدت متوسط (شامل ۲۵-۳۰ دقیقه دویدن هوازی با شدت ۴۰-۶۵٪ ضربان قلب ذخیره (HRR)) قرار گرفتند. برنامه‌های تمرینی دو گروه تجربی به مدت ۱۲ هفته و ۳ جلسه در هفته انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی همبسته و تحلیل واریانس یکطرفه در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که هر دو برنامه تمرینی تأثیر معناداری بر غلظت نشانگرهای CRP ($t_{MICT}=5/059, P<0/001$)؛ ICAM-1 ($t_{HITT}=7/278, P<0/001$) و $t_{MICT}=4/609, P<0/001$) دارد. با این حال این شاخص‌ها در گروه کنترل بدون تغییر باقی ماندند ($P>0/05$). به علاوه در مقایسه با تمرینات پیوسته با شدت متوسط، برنامه تمرینات تناوبی شدید کاهش بیشتری را در مقادیر CRP ($44/02\% \text{ vs } 22/91\%$)؛ تغییرات، و ICAM-1 ($30/74\% \text{ vs } 21/17\%$) نشان داد. همچنین یافته‌ها بیانگر این بود که میزان تغییرات غلظت این نشانگرهای التهابی با تغییرات شاخص‌های ترکیب بدن بعد از تمرینات همبستگی مثبت و معناداری دارد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد با وجود اثربخشی هر دو برنامه تمرینی، برنامه تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات پیوسته تأثیرات چشمگیرتری بر نشانگرهای التهابی پیشگویی‌کننده بیماری‌های قلبی-عروقی در زنان یائسه چاق دارد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین واکنشگر-C، تمرینات تناوبی شدید، تمرینات پیوسته، زنان یائسه، مولکول چسبان بین سلولی.

* نویسنده مسئول: رایانامه: sirvan.atashak@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

مقدمه

بزرگ ایمونوگلوبین‌های موجود در سطح اندوتلیال می‌تواند نشانهٔ ایجاد و گسترش آترواسکلروز یا حتی مشکلات بعدی در بیماری‌های قلبی باشد و نسبت به شاخص‌های قدیمی در پیش‌بینی بروز بیماری قلبی - عروقی حساسیت و دقت بیشتری دارد (۹). این نشانگرها جذب و حرکت مونوسیت‌ها و لکوسیت‌ها را به عمق اندوتلیال و فضای زیراندوتلیال رگ‌های خونی تسهیل و روند تشکیل سلول‌های کفی شکل را تسریع می‌کند و افزایش بیان آنها موجب هجوم منوسیت‌ها به اندوتلیال عروق و در نتیجه افزایش نفوذپذیری و فعال‌سازی پلاکت‌ها می‌شود. به علاوه، جذب این سلول‌ها سبب افزایش آسیب اکسایشی با تشکیل ذرات LDL اکسیدشده و القای چندین عامل آتروژنیک می‌شود که به ایجاد پلاک آترواسکلروتیک منجر می‌شوند (۱۰). در دورهٔ یائسگی به نظر می‌رسد علاوه بر چاقی و سبک زندگی بی‌تحرک، تغییرات هورمونی و کاهش ناگهانی ترشح هورمون استروژن سبب افزایش بیان این ICAM-1 می‌شود (۱۱). همچنین گزارش شده است که سطوح ICAM همبستگی مثبتی با چاقی و سبک زندگی کم‌تحرک و همبستگی منفی با سطوح آمادگی جسمانی بالا دارد (۱۲). پروتئین واکنش‌گر-C (CRP)، یکی دیگر از زیست‌نشانگرهای غیرتخصصی، التهاب است که مستقر از سایر عوامل خطر سنتی به عنوان پیش‌بینی‌کنندهٔ حوادث قلبی - عروقی به‌ویژه در زنان معرفی شده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که CRP بیش از یک نشانگر ساده است و با اثر احتمالی در آتروژنز به‌طور مستقیم از طریق چندین سازوکار مانند افزایش بیان موضعی CAMها، کاهش فعالیت زیستی اندوتلیال اکسید نیتریک، تغییر در مصرف لیپوپروتئین با چگالی کم توسط ماکروفاژها، در آسیب‌پذیری عروق و بروز بیماری‌های قلبی - عروقی نقش دارد (۱۳). به طوری که براساس شواهد موجود، بالا بودن میزان این شاخص به عنوان بازتاب کلی آترواسکلروز با افزایش دو تا پنج برابری خطر حوادث قلبی - عروقی همراه است. همچنین مشخص شده است که در زنان پس از دورهٔ یائسگی سطوح این نشانگر التهابی به دلیل بالاتر بودن تودهٔ چربی بدنی (به‌ویژه چربی شکمی) بالاتر است که می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی - عروقی را در این افراد افزایش دهد (۱۴).

بژوهشگران همواره برای کنترل و پیشگیری از عوامل

زنان در سنین بالا و دوران یائسگی به دلیل کاهش استروژن ناشی از یائسگی، مستعد تغییرات ترکیب بدن و چاقی خواهند شد. به علاوه، نداشتن فعالیت بدنی از عوامل مؤثر در ایجاد چاقی به‌ویژه در دورهٔ سالمندی و یائسگی به‌شمار می‌رود، به طوری که براساس مطالعات صورت‌گرفته بیش از ۴۰ درصد از ایرانیان بزرگسال به‌ویژه زنان فعالیت بدنی کمی دارند (۱). چاقی به عنوان بیماری متابولیکی مزمن، جزء اختلالات چندعاملی و پیچیده به‌شمار می‌رود که گزارش‌های اخیر بیانگر این است که شیوع آن در دهه‌های گذشته به دلیل تغییرات سبک زندگی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (۲) و براساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO) بیش از ۳۱ درصد افراد بالای ۱۵ سال (مردان ۲۸ درصد و زنان ۳۴ درصد) فعالیت بدنی کافی ندارند (۳)، که به‌طور کلی در سراسر دنیا زنان نسبت به مردان کم‌تحرک‌ترند (۴). به علاوه اغلب مستندات علمی نقش چاقی را در رشد و پیشرفت بیماری‌های قلبی - عروقی اساسی دانسته‌اند (۵). از این رو شیوع چاقی به دلیل تغییرات سبک زندگی در بین سالمندان و به‌ویژه زنان زیاد است که می‌تواند عامل خطر مهمی برای بیماری‌های مزمن در آنها باشد. از طرفی، شواهد بیانگر این است که چاقی با التهاب مزمن خفیف همراه است و افراد چاق غلظت بیشتری از سایتوکین‌های التهابی در گردش خون را نسبت به افراد لاغر دارند و این پاسخ التهابی می‌تواند نقش مهمی در توسعهٔ بیماری‌های متابولیکی مرتبط با چاقی مانند بیماری‌های قلبی - عروقی، مقاومت به انسولین، اختلال گلوکز خون و فشار خون بالا ایفا کند (۶). از جمله نشانگرهای زیستی قوی التهابی، مولکول‌های چسبان سلولی^۲ (CAMs) هستند که در بسیاری از فرایندهای سلولی از جمله اتصال با ماتریکس خارج سلولی نقش مهمی دارند (۷). مشخص شده است که افزایش تودهٔ چربی به‌ویژه چربی احشایی از طریق افزایش بیان سایتوکاین‌های التهابی و پیش‌التهابی موجب افزایش بیان مولکول‌های CAM می‌شود و افزایش مولکول‌های CAM از طریق مهاجرت و اتصال سلول‌های ایمنی به جدار عروق، در راه‌اندازی بیماری‌های قلبی - عروقی مانند آترواسکلروز نقش دارد (۸). یکی از این مولکول‌های CAM، مولکول چسبان بین سلولی-۱^۳ (ICAM-1) است که به عنوان عضو اصلی خانوادهٔ

در زنان میانسال غیرفعال متعاقب تمرینات پیوسته با شدت متوسط بدون تغییر باقی می ماند (۲۰). باید در نظر داشت که شدت و طول دوره تمرینات می تواند از عوامل اثرگذار بر نشانگرهای التهابی باشد، به طوری که گزارش شده است که به منظور اثرگذاری مناسب بر این شاخص ها به انجام تمرینات ورزشی با بیش از هشت هفته تمرین نیاز است (۲۱). حتی در برخی مطالعات مشخص شده است که ۱۰ هفته تمرینات ورزشی نیز اثر معناداری بر شاخص ICAM-1 در افراد دارای اضافه وزن ندارد. در مجموع براساس پیشینه پژوهش های صورت گرفته به نظر می رسد که هنوز درک روشنی در مورد پاسخ شاخص های مذکور به ویژه CAM ها به شیوه های مختلف و شدت و مدت تمرینات ورزشی وجود ندارد (۷) و اطلاعات در خصوص پاسخ شاخص های التهابی و سایر نشانگرهای متابولیکی مرتبط با چاقی به انجام تمرینات تناوبی شدید به ویژه در زنان یائسه، به عنوان راهبرد تمرینی جدید و امیدوارکننده، و مقایسه آن با دیگر شیوه های تمرینی نسبتاً کمیاب و متناقض است (۲۲). از این رو با توجه به شیوع چاقی در چند دهه اخیر و رشد جمعیت سالمندان در مقایسه با جوانان و کاهش سن یائسگی به خصوص در ایران، همچنین رابطه چاقی با عوامل خطرزای بیماری های قلبی-عروقی، و از طرفی نظر به کمبود و تناقض در مطالعات جامع در خصوص مقایسه شیوه های تمرینات تناوبی شدید با دیگر شیوه های تمرینی انجام مطالعات در این زمینه ضروری به نظر می رسد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تأثیر و مقایسه ۱۲ هفته تمرینات تناوبی شدید با تمرینات پیوسته با شدت متوسط بر شاخص های التهابی پیش بینی کننده بیماری های قلبی-عروقی در زنان یائسه چاق انجام گرفت.

روش پژوهش

نمونه های پژوهش: پژوهش حاضر از نوع طرح های کاربردی با روش نیمه تجربی به صورت طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل بود. برای انتخاب آزمودنی ها ابتدا از طریق فراخوان عمومی افرادی که مایل به شرکت در پژوهش بودند، به منظور حضور در تحقیق به همکاری فراخوانده شدند. ملاک ورود به تحقیق زنان چاق یائسه غیرفعال با دامنه سنی ۴۵-۶۰ سال بود که دارای شاخص توده بدنی (BMI) برابر و بالاتر

خطرزای بیماری های قلبی-عروقی مرتبط با چاقی به دنبال راهبردهای پیش گیرنده و درمانی مؤثر بوده اند، که در این بین اگرچه برخی روش ها و درمان های دارویی برای چاقی، به عنوان عامل اصلی مرتبط با بیماری های قلبی-عروقی، با عوارض جانبی دارویی همراه است، یافته های علمی بیانگر این است که مداخلات در شیوه زندگی از جمله انجام تمرینات ورزشی منظم و مطلوب از راهکارهای مؤثر و کم هزینه برای پیشگیری از چاقی و عوارض ناشی از آن به شمار می رود (۱۵). در این زمینه، اخیراً گزارش شده است که سطوح ICAMs همبستگی مثبتی با شیوه زندگی کم تحرک و رابطه منفی با سطوح آمادگی جسمانی بالا دارد (۱۲). شواهد علمی نشان می دهد که بخشی از تأثیرات مفید فعالیت های بدنی بر التهاب می تواند از طریق بهبود عملکرد اندوتلیال از جمله تأثیر بر CAM اعمال شود (۱۶). در این بین بیان شده است که تمرینات ورزشی با سازوکار تحریک آنژیوتنز و افزایش جریان خون بافت چربی سبب کاهش التهاب مزمن مرتبط با آن در بافت چربی افراد چاق می شود (۱۷). با وجود این اگرچه برخی شواهد نشان می دهد که CAM ها ممکن است در پاسخ به ورزش تا حدی تغییر کنند، با این حال، نتایج به دست آمده مبهم اند. به طوری که به نظر می رسد علاوه بر نوع و مدت زمان تمرین، شدت تمرینات از عوامل اصلی اثرگذار بر این نشانگرها باشد. در این زمینه، خادمی و همکاران (۱۳۹۵) کاهش معنادار بیان ژن ICAM-1 بافت قلب رت های ویستار را به دنبال تمرینات تناوبی شدید مشاهده کردند و از این رو استفاده از این شیوه تمرینات را به منظور بهبود و پیشگیری از بیماری های قلبی-عروقی پیشنهاد دادند (۶). به علاوه کارگرفرد و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که اجرای شیوه تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات استقامتی پیوسته در کاهش سطوح مولکول های ICAM-1 و VCAM-1 در هر دو دسته افراد چاق و دارای وزن طبیعی مؤثرتر است (۱۸). با این حال، نتایج برخی پژوهشگران حاکی از عدم تغییر معنادار این نشانگرهای زیستی متعاقب تمرینات ورزشی بوده است (۱۹،۲۰)، به طوری که ساویر^۵ و همکاران (۲۰۱۶) عدم تغییرات شاخص های التهابی و عملکرد اندوتلیال مانند ICAM-1 را پس از انجام هر دو شیوه تمرینات پیوسته و تناوبی در بزرگسالان چاق و گزارش دادند (۱۹). همچنین بیژه و حجازی (۱۳۹۶) مشاهده کردند که سطوح CRP

بدن نیز با استفاده از کالیپر یا گامی ساخت ژاپن (با دقت ۱ میلی‌متر) و از طریق اندازه‌گیری ضخامت چربی زیر جلدی در سه ناحیه از بدن (سه سر بازو، فوق خاصره و ران) و با استفاده از معادله جکسون و پولاک (۱۹۸۵) محاسبه شد (۲۳). همه اندازه‌گیری‌های چربی پوستی در طرف راست بدن و در ۳ نوبت با فاصله ۲۰ ثانیه جهت برگشت به حالت اولیه انجام گرفت. میانگین ۳ نوبت اندازه‌گیری ثبت شد. شایان ذکر است که تمام اندازه‌گیری‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون-پس‌آزمون یعنی ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت پس از پایان تمرینات (در روز نمونه‌گیری خونی و بعد از ۱۰-۱۲ ساعت ناشتایی شبانه) و توسط افراد مجرب انجام گرفت.

افرادی که در دو گروه تمرین قرار گرفتند، به مدت ۱۲ هفته (۳ جلسه در هفته) به انجام تمرینات ورزشی در سالن آمادگی جسمانی و ورزشی نظارت شده پرداختند. در حالی که از گروه کنترل خواسته شد که بدون انجام فعالیت بدنی خاص به انجام فعالیت‌های معمول و روزانه خود بپردازند. بدین ترتیب در ابتدا برای آشنایی آزمودنی‌ها با تمرینات ورزشی یک هفته پیش از اجرای پژوهش، طی یک جلسه همه آزمودنی‌های گروه‌های ورزشی به سالن ورزشی فراخوانده شده و چند دقیقه پس از گرم کردن با نحوه انجام برنامه ورزشی آشنا شدند و به اجرای آن پرداختند. همه جلسات تمرینی در زمان معینی از روز اجرا (ساعت ۵ تا ۷ عصر) شدند. برنامه تمرینات دو گروه تجربی به مدت ۱۲ هفته و ۳ جلسه در هفته به صورت یک روز در میان انجام گرفت. برنامه تمرینات گروه تناوبی شدید شامل وهله‌های ۶۰ ثانیه دویدن در فضای باز با حداکثر شدت (۸۵-۹۵٪ ضربان قلب ذخیره^۸ (HRR)) و متعاقب آن ۶۰ ثانیه دویدن با شدت پایین (۵۵-۶۰٪ HRR) بود. آزمودنی‌ها هفته اول ۶ مرتبه (مدت زمان ۱۲ دقیقه)، هفته دوم ۸ مرتبه (مدت زمان ۱۶ دقیقه)، هفته‌های سوم تا هشتم ۱۰ مرتبه (مدت زمان ۲۰ دقیقه) و هفته‌های ۹-۱۲ را با ۱۲ تکرار (مدت زمان ۲۴ دقیقه) به پایان رساندند (۲۴). برنامه تمرینات گروه پیوسته با شدت متوسط نیز شامل دویدن مداوم با شدت متوسط بود که در هفته اول آزمودنی‌ها ۲۵ دقیقه با شدت ۴۰-۵۰٪ HRR، هفته دوم ۲۵ دقیقه با شدت ۵۵-۵۰٪ HRR، هفته سوم تا هشتم ۳۰ دقیقه با شدت ۵۵-۶۰٪، و چهار هفته آخر ۳۰ تا ۳۵ دقیقه با شدت ۶۰-۶۵٪ HRR درصد دویدند

از ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع بوده و در یک سال گذشته هیچ‌گونه سابقه فعالیت بدنی منظم نداشته و از آخرین دوره قاعدگی آنها نیز یک سال گذشته باشد؛ همچنین فاقد هرگونه بیماری‌های مزمن باشند. در نهایت از بین داوطلبانی که دارای شرایط ورود به تحقیق بودند و توجه به پژوهش‌های قبلی در این زمینه و محدود بودن دسترسی به زنان یائسه ۴۰ نفر به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند و تصادفی در سه گروه همگن تمرینات تناوبی شدید (۱۵ نفر)، تمرینات پیوسته با شدت متوسط (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۰ نفر) قرار گرفتند. برای همگن‌سازی گروه‌ها از شاخص‌های BMI و درصد چربی بدنی استفاده شد. شاخص‌های خروج از تحقیق شامل عدم همکاری از طرف آزمودنی‌ها در مدت اجرای پژوهش و شرکت نامنظم در جلسات تمرینی، مصرف دخانیات یا دارو و مکمل خاص، و داشتن محدودیت پزشکی و ارتوپدیک یا سایر مشکلات برای شرکت در برنامه‌های تمرینی بود. پس از انتخاب آزمودنی‌ها در اولین جلسه پس از تأیید سلامت افراد و انتخاب آزمودنی‌ها اهداف و خطرهای احتمالی مطالعه توضیح داده شد و رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از آنها اخذ شد. پس از اتمام جلسه توجیهی شاخص‌های پیکرسنجی و ترکیب بدنی و حداکثر ضربان قلب آزمودنی‌ها ارزیابی شد. شایان ذکر است که تمامی اصول اخلاقی طی مراحل مختلف پژوهش (مانند آگاهی آزمودنی‌ها از چگونگی مراحل اجرای پژوهش، به‌کارگیری تجهیزات سالم و ایمن برای اجرای پژوهش و محرمانه نگه‌داشتن اطلاعات شخصی آنان) براساس دستورالعمل هلسینکی رعایت شد و آزمودنی‌ها مجاز بودند که در هر مرحله از اجرای پژوهش در صورت عدم تمایل به همکاری از تحقیق خارج شوند.

روش اجرای پژوهش: شاخص‌های مورد مطالعه از تمام آزمودنی‌ها در دو مرحله پیش و پس از اجرای روش‌های تمرینی سنجش شدند. بدین ترتیب برای اندازه‌گیری شاخص‌های تن‌سنجی و ترکیب بدن به ترتیب قد و وزن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه دیجیتالی سکا (مدل ۲۲۰، آلمان) با دقت ۵ گرم برای وزن و ۱ میلی‌متر برای قد، و BMI از طریق تقسیم وزن بدن (kg) بر مجذور قد (m²) محاسبه شد. همچنین دور کمر و دور لگن با متر نواری اندازه‌گیری شد، سپس نسبت دور کمر به لگن (WHR)^۷ تعیین شد. درصد چربی

همه آزمودنی‌ها خواسته شد به محل آزمایشگاه مراجعه کنند و مانند مرحله اول از آزمودنی‌ها خون‌گیری به عمل آمد. سپس سطوح پروتئین واکنشگر-C با استفاده کیت انسانی شرکت Monobind ایالات متحده با حساسیت ۵/۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر (Sensitivity=5.8mg/ml) و ضریب تغییرات درون‌سنجی (P_{intra}=%5.6) با استفاده از دستگاه الیزا ریدر شرکت AWARENES ساخت آمریکا اندازه‌گیری شد. همچنین سطوح مولکول چسبان بین سلولی-۱ (ICAM-1) با استفاده کیت انسانی R&D آمریکا و روش الیزا با حساسیت ۷/۳ نانوگرم بر دسی‌لیتر (Sensitivity=7.3ng/ml) و ضریب تغییرات درون‌سنجی ۴/۱ درصد (P_{intra}=%4.1) اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری: برای تحلیل داده‌های تحقیق، پس از تأیید توزیع طبیعی بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف (k.s) و همچنین فرض همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون، برای بررسی تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در هر گروه و مقایسه سه گروه از آزمون تحلیل عاملی واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و برای بررسی اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. تغییرات درون‌گروهی نیز با استفاده از آزمون تی زوجی تحلیل شد. به علاوه، برای بررسی همبستگی بین دامنه تغییرات شاخص‌های التهابی با تغییرات شاخص‌های ترکیب بدنی در پاسخ به تمرینات ورزشی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. محاسبات آماری در سطح معناداری $P \leq 0.05$ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS24 انجام گرفت.

نتایج

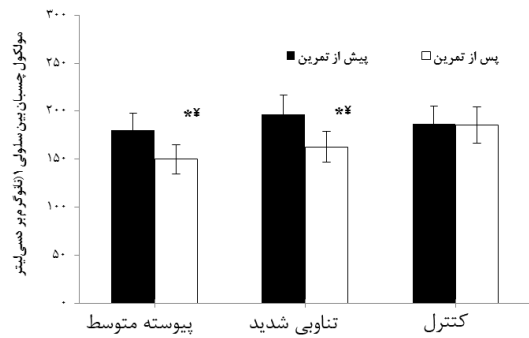
نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه برای بررسی مقایسه بین‌گروهی ویژگی‌های جسمانی و فیزیولوژیایی آزمودنی‌ها در مرحله پیش از تمرینات در جدول ۱ ارائه شده است که نتایج آن بیانگر همگن بودن گروه‌ها و

(۲۵). شدت تمرینات در حین اجرای تمرین با استفاده از ضربان‌سنج مچی پولار مدل FT80 ساخت فنلاند (در محدوده ± 5 ضربه خطا از ضربان قلب محاسبه شده) کنترل شد. شایان ذکر است که آزمودنی‌ها پیش از پرداختن به فعالیت ۵ دقیقه را به گرم کردن استاندارد شامل دویدن و انجام حرکات کششی پرداخته و پس از پایان آزمون نیز به انجام حرکات سرد کردن بدن پرداختند. همچنین با وجود آزاد بودن آزمودنی‌ها در خودداری از ادامه تمرین، پژوهشگر و همکاران با ایجاد جو دوستانه و دادن انگیزه، آزمودنی‌ها را برای تکمیل برنامه تمرینی تشویق کردند. شایان ذکر است که میزان پایبندی آزمودنی‌ها برای شرکت در جلسات تمرینی در تحقیق حاضر به‌طور متوسط ۹۲٪ بود.

روش‌های آزمایشگاهی: برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی تحقیق حاضر، از همه آزمودنی‌های دو گروه در حالت ناشتا و در دو مرحله ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی نمونه‌های خونی از محل ورید پیش‌آرنجی دست راست گرفته شد. در اولین مرحله خون‌گیری یعنی ابتدای پژوهش و برای اندازه‌گیری مقادیر پایه متغیرها از آزمودنی‌ها خواسته شد که دو روز پیش از نمونه‌گیری از انجام هرگونه فعالیت ورزشی سنگین پرهیز کنند. سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر خون از ورید پیش‌آرنجی اخذ و بعد از سانتریفیوژ (۱۲ دقیقه با ۳۰۰ دور در هر دقیقه توسط دستگاه سانتریفیوژ ساخت شرکت هتیش آلمان) سرم جداسازی و نمونه‌ها به‌صورت سرمی در میکروتیوپ‌های ۵/۵ میلی‌لیتری در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد فریز شدند. پس از این مرحله، آزمودنی‌های دو گروه تمرین به مدت ۱۲ هفته به انجام برنامه تمرینی پرداختند و پس از سپری شدن این مدت و گذشت ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (برای جلوگیری از احتمال اثر حاد آخرین جلسه تمرین بر متغیرهای خونی) مجدداً از

جدول ۱. تفاوت میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های فردی زنان یائسه چاق

گروه	متغیر	سن (سال)	قد (cm)	وزن (kg)	% چربی بدن	BMI (kg/m ²)	WHR
تناوبی شدید	۵۱/۸۳±۵/۰۶	۱۶۲/۲۴±۶/۲۷	۸۱/۷۳±۵/۸۸	۳۷/۵۱±۳/۱۹	۳۰/۵۳±۱/۷۸	۰/۹۷±۰/۰۴	
پیوسته با شدت متوسط	۵۳/۱۵±۴/۴۱	۱۶۰/۱۴±۴/۴۱	۷۸/۸۶±۶/۲۱	۳۵/۶۷±۴/۷۳	۳۰/۵۳±۱/۷۸	۰/۹۷±۰/۰۲	
کنترل	۵۵/۴۷±۶/۵۲	۱۶۳/۸۳±۸/۲۶	۸۱/۷۳±۵/۸۸	۳۸/۴۶±۳/۱۰	۳۱/۳۰±۱/۴۹	۰/۹۷±۰/۰۳	
P-value	۰/۲۷۵	۰/۵۱۷	۰/۱۲۸	۰/۱۸۶	۰/۲۰۹	۰/۴۴۲	



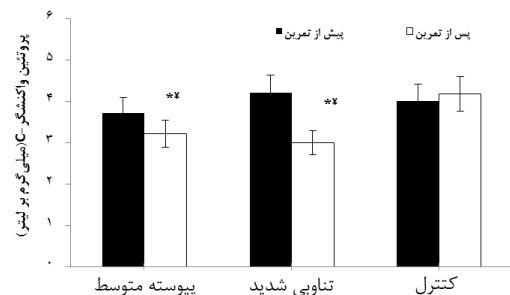
شکل ۲. تغییرات مولکول چسبان بین سلولی-۱ سه گروه پیش و پس از دوازده هفته تمرین تناوبی شدید و پیوسته با شدت متوسط در زنان یائسه چاق
*تفاوت معنادار پیش تا پس از آزمون در هر گروه ($P < 0.05$);
‡ تفاوت معنادار بین گروه تناوبی شدید با پیوسته

در تحقیق حاضر رابطه بین دامنه تغییرات ناشی از اجرای تمرینات ورزشی در شاخص‌های التهابی (CRP و ICAM-1) با دامنه تغییرات شاخص‌های ترکیب بدنی (میزان تغییرات از پیش تا پس از اجرای پژوهش) با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان تغییرات نشانگر CRP همبستگی مثبت و معناداری با تغییرات شاخص‌های وزن ($P < 0.001$, $BMI = 0.574$, $r = 0.578$, $P < 0.001$ ، درصد چربی بدن ($P < 0.001$, $r = 0.612$ ، دور کمر ($P < 0.001$, $r = 0.562$) و WHR ($P = 0.008$, $r = 0.416$) دارد. همچنین رابطه بین دامنه تغییرات نشانگر ICAM-1 با شاخص‌های وزن ($P = 0.007$ ، $r = 0.423$ ، $BMI = 0.427$ ، $P = 0.006$ ، درصد چربی بدن ($P = 0.009$ ، $r = 0.407$ ، دور کمر ($P = 0.036$ ، $r = 0.501$ ، $P = 0.029$ ، WHR و ($r = 0.362$ ، $P = 0.022$) دارد. ($r = 0.345$)

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف مقایسه و بررسی تأثیرات تمرینات تناوبی با تمرینات پیوسته بر نشانگرهای التهابی پیش‌بینی‌کننده بیماری‌های قلبی-عروقی در زنان یائسه چاق صورت پذیرفت. نتایج بیانگر کاهش معنادار سطوح نشانگرهای التهابی ICAM-1 و CRP متعاقب انجام دوازده هفته تمرینات تناوبی شدید و پیوسته با شدت متوسط در زنان یائسه چاق بود. به علاوه یافته‌ها نشان داد که ضمن وجود رابطه معنادار بین تغییرات شاخص‌های ترکیب بدن با تغییرات این نشانگرها،

نبود تفاوت معنادار بین سه گروه مورد مطالعه در مقادیر شاخص‌های جسمانی و فیزیولوژیایی در ابتدای پژوهش و پیش از اجرای روش‌های تمرینی است ($P > 0.05$). بررسی تغییرات غلظت CRP و ICAM-1 پیش و پس از اجرای پژوهش در گروه‌های مورد مطالعه به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه بیانگر این است که در ابتدای پژوهش و پیش از شروع روش تمرین تفاوت معناداری در غلظت CRP و ICAM-1 در بین سه گروه وجود ندارد ($P > 0.05$)، در حالی که پس از ۱۲ هفته اجرای تمرینات ورزشی تفاوت معناداری در میانگین غلظت CRP ($P = 0.007$) و ICAM-1 ($P = 0.037$) بین سه گروه مورد مطالعه مشاهده شد. به علاوه بررسی و مقایسه تغییرات درون‌گروهی با استفاده از آزمون تی زوجی نشان داد که انجام تمرینات ورزشی تناوبی و پیوسته به ترتیب سبب کاهش ۴۴/۰۲٪ و ۲۴/۹۱٪ درصدی در شاخص CRP و همچنین، کاهش ۳۰/۷۴٪ و ۲۱/۱۷٪ درصدی در نشانگر التهابی ICAM-1 می‌شود ($P < 0.001$). در حالی که نتایج در خصوص گروه کنترل نشان دهنده عدم تغییر معنادار این شاخص‌ها در زمان اجرای پژوهش بود ($P > 0.05$). همچنین، نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها بیانگر وجود تفاوت معنادار بین دو گروه تمرینی و اثرگذاری معنادار و بیشتر تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات پیوسته با شدت متوسط بر شاخص‌های CRP ($P < 0.001$) تناوبی: ۴۴/۰۲٪، پیوسته: ۲۴/۹۱٪، و ICAM-1 ($P = 0.041$) تناوبی: ۳۰/۷۴٪، پیوسته: ۲۱/۱۷٪ بود.



شکل ۱. تغییرات پروتئین واکنشگر-C سه گروه پیش و پس از دوازده هفته تمرین تناوبی شدید و پیوسته با شدت متوسط در زنان یائسه چاق
*تفاوت معنادار پیش تا پس از آزمون در هر گروه ($P < 0.05$);
‡ تفاوت معنادار بین گروه تناوبی شدید با پیوسته

جدول ۲. همبستگی بین تغییرات شاخص‌های التهابی با تغییرات شاخص‌های ترکیب بدن در زنان یائسه چاق

متغیر	CRP ΔG	P	ICAM-1 ΔG	P
	مقدار همبستگی (R)		مقدار همبستگی	
ΔG وزن	۰/۵۷۴	۰/۰۰۰*	۰/۴۲۳	۰/۰۰۷*
BMI ΔG	۰/۵۷۸	۰/۰۰۰*	۰/۴۲۷	۰/۰۰۶
ΔG درصد چربی بدن	۰/۶۱۲	۰/۰۰۰*	۰/۴۰۷	۰/۰۰۹*
ΔG دور کمر	۰/۵۶۲	۰/۰۰۰*	۰/۵۰۱	۰/۰۰۱*
ΔG دور لگن	۰/۳۸۸	۰/۰۱۳*	۰/۳۶۲	۰/۰۲۲*
WHR ΔG	۰/۴۱۶	۰/۰۰۸*	۰/۳۴۵	۰/۰۲۹

با این حال، با اینکه برخی پژوهشگران کاهش میزان نشانگر التهابی CRP سرمی را پس از انجام شیوه‌های مختلف تمرینات سنتی (هوازی و مقاومتی) و ترکیبی در زنان چاق و دارای اضافه وزن نشان داده‌اند (۲۸)، به نظر می‌رسد اشکال عمده روش‌های تمرین سنتی یعنی تمرینات پیوسته با وجود جذابیت زیاد، میزان پایبندی پایین به این شیوه تمرینات در بزرگسالان چاق غیرفعال است (۲۹). به علاوه کمبود وقت از دلایل اصلی عدم مشارکت در فعالیت‌های ورزشی در بزرگسالان به‌شمار می‌رود. از این رو روش اجرای تمرینات غیرسنتی تناوبی با شدت زیاد در بین بزرگسالان رایج شده و پژوهش‌های صورت‌گرفته نشان داده است که این شیوه تمرینی با وجود اختصاص زمان کمتر برای تمرین، سبب سازگاری قلبی-عروقی بیشتری نسبت به تمرینات سنتی با شدت پایین‌تر در هر دو دسته افراد سالم و بیماران قلبی می‌شود (۱۱، ۲۵). به طوری که همسو با تحقیق حاضر نتایج گروه پژوهش‌های نانس^۱ و همکاران (۲۰۱۹) حاکی از آن است که تمرینات تناوبی شدید راهبرد تمرینی کارآمد برای بهبود بافت چربی و نشانگرهای التهابی در زنان یائسه چاق است (۳۰). گروهی از پژوهشگران با بررسی مروری اثر انواع مختلف تمرینات ورزشی بر سطح سرمی CRP گزارش دادند افرادی که فعالیت‌های ورزشی با شدت بالاتری را انجام می‌دادند، نسبت به گروهی که فعالیت‌های با شدت سبک‌تر داشتند، از میانگین سطح سرمی CRP کمتری برخوردار بودند (۳۱). با این حال، نتایج برخی پژوهشگران بیانگر عدم تغییر این نشانگر متعاقب تمرینات ورزشی است (۳۲). به طوری که نتایج تحقیق بیژه و حجازی (۱۳۹۶) حاکی از عدم تغییر معنادار شاخص CRP در زنان میانسال

میزان این تغییرات در گروه تناوبی در مقایسه با تمرینات پیوسته بیشتر بود.

CRP، یک پروتئین پلاسمایی حساس به التهاب در انسان است که در پاسخ به تجمع سایتوکین‌های التهابی توسط بافت کبد و چربی ساخته می‌شود و به عنوان یک شاخص زیست‌شناختی جدید، برخی پژوهشگران آن را مهم‌ترین عامل برای پیش‌بینی مشکلات قلبی به‌ویژه در زنان معرفی کرده‌اند (۲۶). از این رو هرگونه مداخله‌ای که به کاهش این نشانگر منجر شود، می‌تواند در پیشگیری یا کمک به بهبود روند درمان بیماری‌های قلبی-عروقی مؤثر باشد. یافته مهم تحقیق حاضر نشان داد که اجرای هر دو شیوه تمرینات ورزشی سبب کاهش سطوح CRP سرمی در زنان یائسه چاق می‌شود، با این حال نتایج بیانگر اثرگذاری و کاهش بیشتر این نشانگر التهابی در اثر تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات پیوسته بود. در راستای اثرگذاری تمرینات ورزشی بر نشانگر التهابی CRP و همسو با یافته تحقیق حاضر ظاهر قدسی^۱ و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثر تمرینات تناوبی شدید (تمرینات شامل ۱۰ مرتبه دویدن روی نوار گردان به مدت ۱۵ ثانیه با حداکثر تلاش و ۳۰ ثانیه استراحت بین هر مرتبه دویدن، ۳ جلسه در هفته و به مدت ۸ هفته) بر شاخص‌های التهابی و آنتروپومتریکی زنان جوان غیرفعال مشاهده کردند که انجام تمرینات سبب کاهش معنادار سطح سرمی CRP و همچنین شاخص‌های ترکیب بدنی زنان کم‌تحرك می‌شود، از این رو اظهار داشتند که این شیوه تمرینات دارای اثرات ضدالتهابی است. نتایج تحقیق پوروقار (۱۳۹۲) نیز بیانگر کاهش معنادار سطح CRP و بهبود ترکیب بدنی پس از دو ماه تمرینات تناوبی در دختران دارای اضافه وزن بود (۲۷).

را کاهش دهد (۳۱). همچنین همان‌طور که در تحقیق حاضر مشاهده شد، بین دامنه تغییرات نشانگرهای ترکیب بدنی و به ویژه وزن و درصد چربی بدن با دامنه تغییرات این نشانگر التهابی رابطه مستقیم و معناداری وجود داشت که بیانگر این است که با کاهش توده چربی بدن غلظت این نشانگر نیز کاهش پیدا می‌کند. در این زمینه بیان شده است که کاهش وزن و بافت چربی بدن متعاقب تمرینات ورزشی می‌تواند به عنوان یک سازوکار جبرانی در کاهش التهاب عمومی و سطوح میانجی‌های التهابی عمل کند (۳۴) و تمرینات منظم از طریق کاهش تحریک سمپاتیک به کاهش عامل توموری نکروزدهنده آلفا (TNF- α) و کاهش اینترلوکین-۶ به عنوان محرک قوی تولید CRP منجر می‌شود (۲۰). همچنین همان‌طور که مشاهده شد، تمرینات تناوبی در مقایسه با تمرینات پیوسته اثرگذاری بیشتری بر این نشانگر داشت. در واقع تمرینات تناوبی سبب فعال شدن بیشتر دستگاه عصبی سمپاتیک و ترشح بیشتر کاتکولامین‌ها، ایپی نفرین، نوراپی نفرین و هورمون رشد و افزایش آنزیم‌های لیپولیتیک و چربی‌سوزی بیشتر و بهبود مؤثرتر ترکیب بدن در افراد چاق و غیرفعال می‌شود (۲۲). به نظر می‌رسد که وجود رابطه بین نشانگر التهابی CRP با نشانگرهای ترکیب بدنی (به ویژه وزن، BMI و درصد چربی بدنی) در کاهش بیشتر این نشانگر در گروه تناوبی شدید بی‌تأثیر نباشد، به طوری که در این زمینه برخی پژوهش‌ها بیان کرده‌اند که تغییرات مثبت CRP با شدت فعالیت بدنی در ارتباط است.

برخی مطالعات اخیراً ICAM-1 را به عنوان شاخص التهابی معتبر و جدید در ارزیابی و پیش‌بینی اختلالات قلبی عروقی معرفی کرده‌اند. با این حال، اطلاعات اندکی در مورد چگونگی تأثیر یائسگی و تمرینات ورزشی بر سطوح این نشانگرهای زیستی وجود دارد. به طوری که در مطالعه جالب توجهی، نیبرگ^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که در سال‌های پس از یائسگی مقادیر مولکول‌های چسبان در زنان یائسه در مقایسه با پیش از دوره یائسگی به دلیل تغییرات هورمونی ناشی از پیری به طرز نامطلوبی بالاتر است (۱۱). از طرفی شواهد علمی نشان می‌دهد افزایش سطح CAMها عامل خطر مهمی برای بیماری‌های قلبی-عروقی است و رابطه مثبت بین افزایش سطح پلاسمای ICAM-1 با مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی ثابت شده است (۳۵). با

متعاقب شش ماه تمرین هوازی با شدت متوسط بود (۲۰). یکی از دلایل احتمالی تناقض یافته‌ها مقادیر بالاتر BMI، وزن و سطوح پایه CRP در تحقیق حاضر در مقایسه با پژوهش این پژوهشگران است. همچنین پژوهشگران اظهار داشتند که احتمالاً عدم تغییر این نشانگر در تحقیق آنها مرتبط با عدم تغییرات ترکیب بدن و BMI آزمودنی‌های آنها پس از تمرینات باشد، چراکه همان‌طور که نتایج حاصل از تحلیل همبستگی در مطالعه حاضر نشان داد، رابطه مستقیمی بین تغییرات نشانگر التهابی CRP با تغییرات شاخص‌های ترکیب بدن مانند وزن، BMI و درصد چربی بدن وجود دارد و در این زمینه برخی مطالعات عامل اصلی کاهش CRP متعاقب تمرینات ورزشی را به کاهش وزن بدن نسبت داده‌اند (۳۲). به طوری که آزالی علمداری (۱۳۹۷) گزارش داد که اجرای هر دو شیوه تمرینات تناوبی و پیوسته از طریق کاهش چربی بدن (کاهش دور کمر و وزن بدن) به کاهش التهاب و CRP منجر می‌شود (۳۳). دلیل دیگر مربوط به عدم اثرگذاری فعالیت‌های ورزشی بر سطوح CRP در مطالعات ممکن است مربوط به طول دوره تمرینی باشد، چراکه بیشتر پژوهش‌هایی که شاهد کاهش سطوح CRP بوده‌اند، از برنامه‌های تمرینی طولانی استفاده کرده‌اند. به علاوه به نظر می‌رسد که پاسخ نشانگرهای التهابی به تمرینات ورزشی صرف نظر از سن و جنس، ممکن است تحت تأثیر عواملی مانند زمان اندازه‌گیری، شدت و نوع فعالیت بدنی، ترکیب بدنی و... قرار گیرد.

تمرینات ورزشی احتمالاً با چندین سازوکار می‌تواند سبب بهبود سطوح CRP شود. به طوری که در این زمینه، گزارش شده است که انجام فعالیت‌های ورزشی منظم به طور مستقیم با افزایش بیان و ترشح اکسید نیتریک از بافت اندوتلیال به بهبود عملکرد اندوتلیال و افزایش عوامل آنتی‌اکسیدانی منجر می‌شود، که نتیجه این رویداد کاهش التهاب عمومی و در نتیجه کاهش سایتوکین‌های التهابی از عضلات صاف دستگاه اندوتلیال است، از این رو محصول نهایی چنین تغییراتی، احتمالاً کاهش CRP در کبد به عنوان شاخص التهاب است (۲۸). به علاوه این احتمال وجود دارد که تمرینات ورزشی با کاهش تولید سایتوکین‌ها در سلول‌های چربی، سلول‌های عضلانی و تک‌هسته‌ای و به طور غیرمستقیم با افزایش حساسیت به انسولین مقدار CRP

تناوبی شدید در بیماران مبتلا به سکتۀ مغزی، انجام ۳ ماه تمرینات تناوبی در منزل اثر معناداری بر آمادگی قلبی تنفسی، ترکیب بدن و غلظت نشانگر زیستی ICAM-1 در این افراد ندارد (۳۷). علاوه بر جنسیت و سطوح پایۀ شاخص های التهابی، این پژوهشگران دلایل یافتۀ خود را حجم کوچک نمونه، عدم کنترل و شدت مناسب فعالیت در منزل و تعصب در انتخاب آزمودنی ها (احتمالاً فعال بودن آزمودنی ها هنگام ثبت نام) نسبت دادند. ابریشمی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش دادند که با وجود کاهش در بعضی نشانگرهای التهابی، پس از اجرای هشت هفته تمرین پیوسته و تناوبی در مردان مبتلا به نارسایی قلبی، تغییر معناداری در سطوح ICAM-1 مشاهده نشد و با وجود کاهش بیشتر این نشانگر در گروه تناوبی در مقایسه با گروه پیوسته، تفاوت بین دو شیوۀ تمرینی معنادار نبود (۲۱). از دلایل تناقض یافتۀ پژوهش مذکور با نتایج تحقیق حاضر علاوه بر وضعیت جسمانی و سلامت آزمودنی ها، و براساس اظهارات این پژوهشگران شدت و طول دورۀ تمرین است، به طوری که گزارش شده است که مدت زمان انجام تمرین عامل مهم و اثرگذار بر میزان سرمی این پارامترهاست.

اگرچه سازوکارهای زیستی مسئول بهبود نشانگر ICAM-1 در پی تمرینات ورزش کاملاً شناخته نشده، بیان شده است که تمرینات ورزشی از طریق افزایش تنش برشی می تواند تأثیر مطلوبی بر تنظیم رونویسی مولکول های چسبان داشته باشد (۸). همچنین فعالیت های ورزشی منظم است ممکن است از طریق افزایش ترشح و در دسترس قرار گرفتن نیتریک اکساید (NO) سبب کاهش سطوح این نشانگرهای و بهبود عملکرد اندوتلیال شوند (۳۸). از طرفی با توجه به اینکه ترشح مولکول های چسبان به واسطۀ افزایش ترشح سایتوکین های التهابی تحریک می شود، کاهش نشانگر پیش التهابی CRP متعاقب تمرینات ورزشی در پژوهش حاضر می تواند به کاهش رهاسازی واسطه های شیمیایی و کاهش عوامل نسخه بردار پیش التهابی، مانند عامل هسته ای کاپا-بتا ($\text{NF-}\kappa\text{-}\beta$) منجر شده و از این طریق در تعدیل التهاب عروقی و کاهش نشانگر ICAM-1 مؤثر واقع شود، چراکه مشخص شده است که $\text{NF-}\kappa\text{-}\beta$ به شکل غیرفعال در سیتوپلاسم وجود دارد و واسطۀ شروع فعالیت اندوتلیالی و ترجمۀ مولکول های چسبان است (۳۹). در خصوص اثرگذاری بیشتر

این حال این پژوهشگران (۱۱) با بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرینات ورزشی تناوبی بر نشانگرهای اندوتلیال-۱، ICAM-1 و VCAM-1 در زنان یائسه گزارش دادند که تمرین ورزشی اثر مثبتی بر عملکرد عروق با پیشرفت چشمگیر در نیمرخ نشانگرهای زیستی مورد مطالعه در زنان یائسه داشته است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با وجود کاهش ICAM-1 در هر دو گروه تمرینی پس از ۱۲ هفته تمرینات ورزشی، تمرینات تناوبی شدید اثرگذاری و کاهش بیشتری را در این نشانگر التهابی در مقایسه با گروه تمرینات پیوسته با شدت متوسط دارد. در این خصوص گزارش شده است که شدت تمرینات از مهم ترین عوامل پاسخ و سازگاری هموستازی انسان به فعالیت های ورزشی به شمار می رود. به طوری که کو و پارک^{۱۲} (۲۰۱۸) در مطالعه مروری با استفاده از ۲۸ مطالعه صورت گرفته، به بررسی تأثیر انواع شیوۀ تمرینی و شدت های مختلف تمرینی بر روی مولکول های چسبان پرداختند و گزارش دادند که پاسخ مولکول های چسبان به مدت و شدت فعالیت های ورزشی بستگی دارد و معمولاً کاهش مطلوب در سطوح این نشانگرها در فعالیت های ورزشی با شدت بالاتر، بیشتر صورت می گیرد (۷). در این زمینه هرمزی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که یکی از دلایل اصلی اثرگذاری تمرینات آنها بر مولکول های چسبان با وجود اجرای تنها شش هفته تمرین تناوبی شدید، شدت بالای تمرینات در تحقیق آنهاست (۳۶). همچنین همسو با یافتۀ تحقیق حاضر کارگرفرد و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که اجرای شیوۀ تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات پیوسته در کاهش سطوح مولکول ICAM-1 در هر دو دسته افراد چاق و دارای وزن طبیعی مؤثرتر است (۱۸). یکی دیگر از دلایل کاهش بیشتر سطوح نشانگرهای التهابی پس از تمرینات تناوبی در مقایسه با تمرینات پیوسته، به نظر می رسد چربی سوزی و کاهش بیشتر توده چربی در اثر انجام این نوع برنامه ورزشی باشد، چراکه بافت چربی از بافت هایی است که ترشح نشانگرهای التهابی در آن فراوان رخ می دهد (۶) و با توجه به یافتۀ حاضر و همان طور که پیش از این نیز به تأیید رسیده است (۳۳)، تغییر در سطوح ICAM-1 با بهبود شاخص های ترکیب بدن و کاهش وزن، دور کمر و درصد چربی بدن رابطه دارد. با وجود این، استین کروچک^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که با وجود ایمن بودن انجام تمرینات

تشکر و قدردانی

نویسندگان نهایت تشکر را از همه شرکت‌کنندگان در تحقیق ابراز می‌دارند. همچنین از معاونت محترم پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد به سبب انجام هرچه بهتر پژوهش حاضر، کمال تقدیر و تشکر را داریم.

پی‌نوشت‌ها

- 1 World Health Organization
- 2 Cell adhesion molecules
- 3 Intercellular Adhesion Molecule-1
- 4 C-reactive protein
- 5 Sawyer
- 6 Body mass index
- 7 Waist to hip ratio
- 8 Heart rate reserve
- 9 Zaer Ghodsi
- 10 Nunes
- 11 Nyberg
- 12 Koh & Park
- 13 Steen Krawczyk

منابع

1. Esteghamati A, Khalilzadeh O, Rashidi A, Kamgar M, Meysamie A, Abbasi M. Physical activity in Iran: results of the third national surveillance of risk factors of non-communicable diseases (SuRFNCD-2007). *Journal of physical activity & health*. 8(1): 27-25.
2. Bastien M, Poirier P, Lemieux I, Despres JP. Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease. *Progress in cardiovascular diseases*. 2014;56(4):369-81.
3. Khammassi M, Ouerghi N, Hadj-Taieb S, Feki M, Thivel D, Bouassida A. Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018;14(1):118-25.
4. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *The Lancet Global Health*. 2018;6(10):e1077-e86.
5. Chrośtowska M, Szyndler A, Hoffmann M, Narkiewicz K. Impact of obesity on cardiovascular health. *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*. 2013;27(2):147-56.
6. Khademi Y, Azarbajani M, Hossini S. The impact of high intensity aerobic interval training (HIIT) and flaxseed oil on ICAM-1 gene expression in heart tissue in male Wistar rats. *Armaghan danesh*. 2016;21(9):873-86. [In Persian].

تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات تداومی با شدت متوسط بر نشانگر ICAM-1 در پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بخش اعظم تولید و ترشح مولکول‌های چسبان در آدیپوسایت‌ها صورت می‌گیرد، تمرینات تناوبی شدید از طریق فعال شدن بیشتر سازوکارهای دستگاه عصبی-هورمونی موجب فعال شدن بیشتر هورمون‌های لیپولیتیک می‌شود و بدین ترتیب این شیوه تمرینی از طریق کاهش بیشتر چربی بدن به اثرگذاری بیشتر در نشانگر ICAM-1 منجر می‌شود. همچنین نظر به اینکه مشخص شده است که چاقی با بروز فشار اکسایشی همراه است و این شرایط می‌تواند موجب افزایش بروز میانجی‌های التهابی و ICAM-1 شود، به نظر می‌رسد فعالیت‌های ورزشی با تقویت دفاع ضد اکسایشی و تعدیل فشار اکسایشی به کاهش شاخص‌های التهابی منجر شود.

از نقاط قوت اصلی پژوهش حاضر می‌توان به طول دوره پژوهش (دوازده هفته) و مقایسه دو شیوه تمرینی و همچنین درصد مشارکت بالای آزمودنی‌ها در تمرینات اشاره داشت. از مهم‌ترین ضعف‌های پژوهش نیز عدم اندازه‌گیری و کنترل تغذیه و انرژی مصرفی در طول اجرای تمرین، عدم کنترل سطح فعالیت بدنی روزانه آزمودنی‌ها در مدت زمان پژوهش و همچنین بی‌توجهی به نیمه عمر و اندازه‌گیری متابولیت‌های مولکول‌های چسبان و برخی نشانگرهای ضدالتهابی مانند IL-6، IL-10 و شاخص‌های ضد اکسایشی جهت درک بهتر سازوکارها و سازگاری‌ها به تمرینات مورد استفاده بود. از این رو پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده به این موارد و همچنین مقایسه شیوه‌های دیگر تمرینات کاربردی پرداخته شود.

در مجموع یافته‌های تحقیق حاضر بیانگر کاهش سطوح نشانگرهای التهابی ICAM-1 و CRP متعاقب اجرای هر دو شیوه تمرینات تناوبی شدید و پیوسته با شدت متوسط در زنان یائسه چاق بود. همچنین یافته‌ها نشان داد که ضمن وجود رابطه معنادار بین تغییرات شاخص‌های ترکیب بدن با تغییرات این نشانگرها، میزان این تغییرات در گروه تناوبی شدید ضمن اختصاص زمان کمتر تمرینی بیشتر بوده و از این رو انجام این شیوه تمرینات به عنوان راهبرد غالب از نظر زمانی را می‌توان به منزله راهکار درمانی مؤثر به منظور بهبود نشانگرهای التهابی در زنان یائسه چاق پیشنهاد داد.

- obese and normal weight adolescents. *The Physician and sportsmedicine*. 2016;44(3):208-16.
19. Sawyer BJ, Tucker WJ, Bhammar DM, Ryder JR, Sweazea KL, Gaesser GA. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on endothelial function and cardiometabolic risk markers in obese adults. *Journal of Applied Physiology*. 2016;121(1):279-88.
 20. Bijeh N, Hejazi K. The effect of aerobic exercise on levels of HS-CRP, insulin resistance index and lipid profile in untrained middle-aged women. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2018;24(163):1-11. [In Persian].
 21. Hosseini Abrishami L, Hejazi SM, Rashdlamir A, Khajei R. The effect of eight weeks of continuous and periodic aerobic exercise on serum C-reactive protein and adhesion molecules in men with heart failure. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2019;26(4):495-504. [In Persian].
 22. LiQiang S, JinMei F, ShunLi S, GuangGao Z, Wei C, ChuanChuan D, et al. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS one*. 2019;14(1): e0210644.
 23. Jackson AS, Pollock ML. Practical assessment of body composition. *Practical assessment of body composition. The Physician and Sports Medicine* 1985, 13(5), 76-90.
 24. Afrasyabi S, Marandi S, Kargarfard M. The effects of high intensity interval training on appetite management in individuals with type 2 diabetes: influenced by participants weight. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders* 2019; 15;18(1):107-117. [In Persian].
 25. Cuddy TF, Ramos JS, Dalleck LC. Reduced exertion high-intensity interval training is more effective at improving cardiorespiratory fitness and cardiometabolic health than traditional moderate-intensity continuous training. *International journal of environmental research and public health*. 2019;16(3):483.
 26. Yeh ET. High-sensitivity C-reactive protein as a risk assessment tool for cardiovascular disease. *Clinical Cardiology: An International Indexed and Peer-Reviewed Journal for Advances in the Treatment of Cardiovascular Disease*. 2005;28(9):408-12.
 27. Pourvagher MJ. Impact of a 2-month aerobic exercise on CRP of overweight female students. *Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences*. 2013;17(4):380-6. [In Persian].
 28. Shafiee Z, Sharifi G. Comparing the effect of resistance, aerobic, and concurrent exercise program on the level of resistin and high reactive protein C of overweight and obese women. *International Archives of Health Sciences*. 2017;4(1):1-6.
 29. Burgess E, Hassmén P, Welvaert M, Pampa 7. Koh Y, Park J. Cell adhesion molecules and exercise. *Journal of Inflammation Research*. 2018;11:297.
 8. Ghodrati Kamran MB, Tadibi Vahid. Comparison of the chronic and acute effects of aerobic continuous and high interval intensity training (HIIT) on vascular inflammation indices (ICAM1, E-Selectin) in sedentary overweight men. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2019;6:53-59. [In Persian].
 9. Witkowska AM. Soluble ICAM-1: a marker of vascular inflammation and lifestyle. *Cytokine*. 2005;31(2):127-34.
 10. Gross MD, Bielinski SJ, Suarez-Lopez JR, Reiner AP, Bailey K, Thyagarajan B, et al. Circulating soluble ICAM-1 and subclinical atherosclerosis: The Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Study. *Clinical chemistry*. 2012;58(2): 10.
 11. Nyberg M, Seidelin K, Andersen TR, Overby NN, Hellsten Y, Bangsbo J. Biomarkers of vascular function in premenopausal and recent postmenopausal women of similar age: effect of exercise training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2014;306(7): 510-7.
 12. Lira FS, Rosa JC, Pimentel GD, Souza HA, Caperuto EC, Carnevali LC, et al. Endotoxin levels correlate positively with a sedentary lifestyle and negatively with highly trained subjects. *Lipids in health and disease*. 2010;9(1):82.
 13. Cozlea D, Farcas D, Nagy A, Keresztesi A, Tifrea R, Cozlea L, et al. The impact of C reactive protein on global cardiovascular risk on patients with coronary artery disease. *Current health sciences journal*. 2013;39(4):225.
 14. Sites CK, Toth MJ, Cushman M, D L'Homme G, Tchernof A, Tracy RP, et al. Menopause-related differences in inflammation markers and their relationship to body fat distribution and insulin-stimulated glucose disposal. *Fertility and sterility*. 2002;77(1):128-35.
 15. Kasch J, Schumann S, Schreiber S, Klaus S, Kanzleiter I. Beneficial effects of exercise on offspring obesity and insulin resistance are reduced by maternal high-fat diet. *PloS one*. 2017;12(2): e0173076.
 16. Tönjes A, Scholz M, Fasshauer M, Kratzsch J, Rassoul F, Stumvoll M, et al. Beneficial effects of a 4-week exercise program on plasma concentrations of adhesion molecules. *Diabetes care*. 2007;30(3):e1-e.
 17. You T, Arsenis NC, Disanzo BL, LaMonte MJ. Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity. *Sports Medicine*. 2013;43(4):243-56.
 18. Kargarfard M, Lam ET, Shariat A, Asle Mohammadi M, Afrasiabi S, Shaw I, et al. Effects of endurance and high intensity training on ICAM-1 and VCAM-1 levels and arterial pressure in

35. Ridker PM, Hennekens CH, Roitman-Johnson B, Stampfer MJ, Allen J. Plasma concentration of soluble intercellular adhesion molecule 1 and risks of future myocardial infarction in apparently healthy men. *The Lancet*. 1998;351(9096):88-92.
36. Hormozi M, Hemati Nafar M, Hormozi D, Choupani Z. The Effect of Six Weeks of High Intensity Interval Training (HIIT) on Plasma Levels of Cellular and Vascular Adhesion Molecules (ICAM-1 & VCAM-1) in Sedentary Young Men. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2015;7(3):75-84. [In Persian].
37. Steen Krawczyk R, Vinther A, Petersen NC, Faber J, Iversen HK, Christensen T, et al. Effect of Home-Based High-Intensity Interval Training in Patients with Lacunar Stroke: A Randomised Controlled Trial. *Frontiers in Neurology*. 2019;10:664.
38. Sixt S, Raštan A, Desch S, Sonnabend M, Schmidt A, Schuler G, et al. Exercise training but not rosiglitazone improves endothelial function in prediabetic patients with coronary disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2008;15(4):473-8.
39. Hosseini M, Akbari gora F. Effect of Eight Weeks Intermittent Medium Intensity Training with Curcumin Intake on Serum Levels of ICAM-1 and VCAM-1 in Menopause Fat Rats. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2017;16(5):409-20. [In Persian].
- K. Behavioural treatment strategies improve adherence to lifestyle intervention programmes in adults with obesity: a systematic review and meta-analysis. *Clinical obesity*. 2017;7(2):105-14.
30. 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.
31. Kasapis C, Thompson PD. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic review. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;45(10):1563-9.
32. Abolfathi F, Ranjbar R, Shakerian S, Yazdan Panah L. The Effect of Eight Weeks Aerobic Interval Training on Adiponectin Serum Levels, Lipid Profile and HS-CRP in Women With Type II diabetes. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2015;17(4):316-24.
33. 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-aged men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2018;6(12):83-101. [In Persian].
34. Khosravi N, Fatahi F, Ramezankhani A. Comparison the Effect of Two Exercise Training Protocols (Aerobic and Resistance Exercises) on Levels of Interleukin-10, C-Reactive Protein (CRP) and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetes. *Quarterly of Horizon of Medical Sciences*. 2017;23(4):285-92. [In Persian].

