

بررسی اثرات دو تمرین بلندمدت و کوتاهمدت تناوبی با شدت بالا بر برخی از شاخص‌های التهابی و ایمنی در نوجوانان پسر دارای اضافه وزن

زیبا صالح‌فرد^۱، بهنام باقرزاده رحمانی^۲، ندا شفیع^۳، توحید خانواری^۴، نگین کردی^{۵*}

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۴. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۵. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

* نشانی نویسنده مسئول: کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده علوم ورزشی

Email: n.kordi@razi.ac.ir

پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۹

دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۱

چکیده

مقدمه و هدف: چاقی و سندروم متابولیک با التهاب خفیف و مزمن همراه است. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر دو تمرین بلندمدت و کوتاهمدت تناوبی با شدت بالا روی شاخص‌های التهابی $IL-1\beta$ ، $TNF-\alpha$ ، $SFRP5$ ، $CTRP12$ و همچنین بر تعداد شاخص‌های ایمنی لنفوسیت، مونوسیت و نوتروفیل در نوجوانان پسر دارای اضافه‌وزن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در یک طرح پژوهشی نیمه تجربی، ۳۰ نوجوانان پسر چاق (۱۳-۱۸ سال، میانگین قد ۱۵۴/۳۳ سانتی‌متر، میانگین شاخص توده بدنی ۲۷/۰۵ کیلوگرم بر متر مربع) به صورت تصادفی به ۳ گروه ۱۰ نفره شامل گروه تمرین تناوبی بلندمدت با شدت بالا (۴ وهله ۱۵۰ ثانیه‌ای با ۲۴۰ ثانیه استراحت)، گروه تمرین تناوبی کوتاهمدت با شدت بالا (۹ وهله ۳۰ ثانیه‌ای با ۱۵۰ ثانیه استراحت) و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی به مدت هشت هفته به تمرین پرداختند. آنالیز داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس مکرر (۳ گروه $2 \times$ زمان اندازه‌گیری) و در سطح معناداری $P \leq 0/05$ انجام شد.

یافته‌ها: پس از هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بلندمدت و کوتاهمدت سطوح سرمی $TNF-\alpha$ ($P=0/001$) و $IL-1\beta$ ($P=0/001$) در گروه‌های تمرینی به طور معناداری نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. همچنین سطوح سرمی $SFRP5$ ($P=0/041$) و $CTRP12$ ($P=0/001$) در گروه‌های تمرینی به طور معناداری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت. اما افزایش غیرمعنی‌داری بعد از اجرای تمرینات تناوبی بلندمدت و کوتاهمدت در تعداد لنفوسیت‌ها ($P=0/064$)، مونوسیت‌ها ($P=0/450$) و نوتروفیل‌ها ($P=0/190$) در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری: طبق یافته‌های تحقیق حاضر، انجام هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا به صورت کوتاهمدت و بلندمدت موجب کاهش معنادار سطوح برخی از فاکتورهای پیش‌التهابی و افزایش معنادار سطوح برخی از فاکتورهای ضدالتهابی می‌شود، اما اثری بر عملکرد سیستم ایمنی ندارد.

واژه‌های کلیدی: اضافه وزن، تمرینات HIIT، شاخص‌های التهابی، شاخص‌های ایمنی

مقدمه

با بیماری‌های مختلفی مانند بیماری‌های قلبی - عروقی، کبدی،

ریوی و سندروم متابولیک بعنوان مشکل جهانی در حال رشد

در سال‌های اخیر، رابطه بین چاقی در دوران کودکی و نوجوانی

اثرگذار می‌باشد (۱۰). نشان داده شده که تمرینات منظم، روی سیستم ایمنی نقش حمایتی دارد و منجر به بهبود عملکرد ایمنی و افزایش مقاومت در برابر بسیاری از بیماری‌ها می‌شود (۱۱). ممکن است چاقی بر پاسخ‌های سیستم ایمنی آسیب‌هایی بر جای بگذارد. تعدادی از گزارش‌ها کاهش آنتی‌بادی‌ها را در بیماران چاق گزارش کرده‌اند (۱۲، ۱۳). چاقی بر فعال‌سازی مزمن سیستم ایمنی ذاتی اثرگذار است. رابطه مستقیمی بین توده چربی بدن و افزایش شمار کامل لئوسیتی وجود دارد (۱۴). برخی از اجزای سیستم ایمنی مانند ماکروفاژها با چاقی و افزایش چربی، دچار تغییراتی می‌شوند (۱۰).

بسیاری از افراد چاق ممکن است به دلیل محدودیت‌های چاقی قادر به شرکت در ورزش‌های هوازی طولانی مدت نباشند. تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) ممکن است درمان مناسبی برای افراد چاق باشد. HIIT شامل فعالیت‌های کوتاه‌مدت (۶-۲۴۰ ثانیه) انفجاری با شدت بالا (بیش از ۹۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) همراه با دوره‌های استراحتی غیرفعال و یا فعال می‌باشد (۱۵). پژوهشگران نشان دادند انجام ده هفته HIIT منجر به کاهش سطوح آدیپوکاین‌های پیش‌التهابی و افزایش سطوح آدیپوکاین‌های ضدالتهابی در مردان دارای اضافه وزن می‌شود (۱۶). هنوز بهترین نوع تمرینات HIIT برای افراد چاق مشخص نیست. لذا بررسی اثرات انواع تمرینات HIIT از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی نوجوانان دارای اضافه وزن یا چاق بدلیل قرار داشتن در سن رشد و از سوی دیگر بدلیل مشکلات التهابی و ایمنی مرتبط با چاقی که زمینه‌ساز ابتلا به بیماری‌های مختلف در بزرگسالی است، می‌بایست اجرای منظم فعالیت بدنی بخصوص فعالیت تناوبی را در برنامه روزمره خود قرار دهند. از آنجا که تمرینات تناوبی با شدت بالا بدلیل تنوع بسیار زیاد، سازگاری‌های متفاوتی را در بدن ایجاد می‌کند، پژوهش حاضر به بررسی اثر دو تمرین بلند مدت و کوتاه‌مدت تناوبی با شدت بالا بر برخی از شاخص‌های التهابی و ایمنی در نوجوانان پسر دارای اضافه وزن می‌پردازد.

روش‌شناسی

آزمودنی‌های پژوهش حاضر شامل نوجوانان (۱۳-۱۸ سال) دارای اضافه وزن اهل شهرستان مرند بودند که از طریق

مورد توجه قرار گرفته است (۱). تقریباً ۱۷۰ میلیون نوجوان دارای اضافه وزن و چاق در سراسر جهان وجود دارد که تعدادشان هر ساله بیشتر می‌شود. در کشور ایران نیز، اضافه‌وزن در بین نوجوانان ۶ تا ۱۸ ساله حدود ۱۱٪ و چاقی حدود ۳/۴٪ شیوع دارد (۲). ابتلا به چاقی منجر به ایجاد یک التهاب سیستمیک در کل بدن، نفوذ ماکروفاژها به بافت چربی، کاهش آدیپوکاین‌های ضدالتهابی و افزایش آدیپوکاین‌های پیش‌التهابی می‌گردد. اختلالات متابولیکی با افزایش آدیپوکاین‌های التهابی و به دنبال آن کاهش آدیپوکاین‌های ضدالتهابی ارتباط نزدیک دارند (۳). اینترلوکین ۱ بتا (IL-1 β)^۱، یک سایتوکاین پیش‌التهابی با عملکردهای مختلف فیزیولوژیکی و اهمیت پاتولوژیک است که از سلول‌های اپیتلیال و ماکروفاژها ترشح می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که مقادیر IL-1 β رابطه مستقیم با BMI^۲ دارد و سطح آن در افراد چاق نسبت به افراد با وزن مطلوب بالاتر است (۴). TNF- α ^۳ به عنوان یک آدیپوکاین، مقاومت به انسولین را تقویت می‌کند. غلظت TNF- α در چاقی افزایش می‌یابد و باعث افزایش التهاب می‌شود (۵). در مقابل پروتئین مرتبط با C1q/TNF12 (CTRP12)^۴ که با نام عامل حساس کننده انسولین مشتق شده از چربی (Adipolin)^۵ نیز شناخته می‌شود به عنوان یک آدیپوکاین جدید از خانواده آدیپونکتین‌ها است که به وفور در بافت چربی بیان می‌شود (۶). نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که CTRP12 با کاهش تجمع ماکروفاژها در آدیپوسیت‌ها، بیان سایتوکاین‌های پیش‌التهابی از جمله TNF- α و IL-1 β را در بافت چربی سرکوب می‌کند (۷). پروتئین ۵ مرتبط با مجعد ترشحی (SFRP5)^۶ به عنوان آدیپوکینی جدید با ویژگی‌های ضدالتهابی است. نشان داده شده است که سطوح درگرددش SFRP5 در افراد چاق کاهش یافته و با بسیاری از شاخص‌های متابولیک مرتبط با چاقی ارتباط دارد (۸). از طرفی روشن است که سیستم ایمنی یکی از سیستم‌های حیاتی است که عملکرد صحیح آن ضامن سلامت افراد می‌باشد (۹). عوامل متعددی روی این سیستم اثرگذار است. از بین این عوامل، فعالیت بدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۰). فعالیت بدنی با شدت‌های متوسط تا سنگین روی این سیستم در نوجوانان

1. Interleukin 1 beta
2. Body Mass Index
3. tumor necrosis factor alpha
4. C1q/TNF-Related Protein 12
5. Adipose-Derived Insulin-Sensitizing factor
6. Secreted Frizzled-Related Protein 5

پرداختند. گروه کنترل در هیچ برنامه تمرینی ورزشی شرکت نکردند. برای اندازه‌گیری vVO_{2max} ، از آزمون ۵ دقیقه دویدن^۱ در فضای باز مدرسه بهمن شاملوی مرند به ابعاد ۳۰ متر در ۱۵ متر و در شرایط محیطی با دمای تقریبی 27 ± 2 درجه سانتی‌گراد استفاده شد. ابتدا از آزمودنی‌ها خواسته شد تا به مدت ۱۰ دقیقه گرم کنند. آنگاه آزمودنی‌ها دور تا دور سالن را به مدت ۵ دقیقه و با حداکثر سرعت دویدند. همزمان با آغاز آزمون، زمان اجرا در هر دور ثبت گردید. هر یک دقیقه یک‌بار زمان باقی‌مانده به آزمودنی‌ها اعلام می‌شد. شمارش معکوس برای ده ثانیه آخر اعلام شد. با پایان زمان ۵ دقیقه و اتمام آزمون، صدای سوت به آزمودنی‌ها اعلام شد. سپس بر اساس مسافت پیموده شده و با استفاده از فرمول‌های پیشنهادی در پژوهش برتون و همکاران (۱۹۹۷) مقدار vVO_{2max} اندازه‌گیری شد (۱۹). در ابتدای هر جلسه، به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه گرم کردن با حرکات دویدن آرام با حرکات کششی و نرمشی و در ۵ تا ۱۰ دقیقه انتهایی هر جلسه تمرینات سرد کردن اجرا می‌شد. تمام تمرینات زیر نظر مربی انجام می‌شد. پس از دو هفته تمرین هوازی تداومی به منظور برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی، آزمون شاتل‌ران و سپس آزمون حداکثر سرعت توسط شرکت‌کنندگان انجام شد. سپس آزمودنی‌ها با توجه به گروهی که در آن قرار داشتند، تمرینات HIIT را انجام دادند (جدول ۱). شدت تمرین با استفاده از ضربان‌سنج پلار مدل H10 ساخت کشور آمریکا کنترل می‌شد.

فراخوان انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل عدم مصرف داروهای کاهنده وزن در یک سال اخیر، عدم استعمال سیگار، نداشتن ورزش منظم، شاخص توده بدنی بیشتر از $24/9$ کیلوگرم بر مترمربع (۱۷) بود. معیارهای خروج از پژوهش شامل بروز آسیب‌های ورزشی حین اجرای پروتکل، عدم توانایی در انجام ورزش و عدم مشارکت منظم در برنامه تمرینی بود.

این مطالعه به صورت نیمه‌تجربی در قالب طرح سه گروهی با ارزیابی پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت. به شرکت‌کنندگان اهداف و روش کار، مدت هر جلسه تمرینی و طول تحقیق توضیح داده شد. براساس فرمول کوهن، تعداد نمونه‌ها ۳۰ نفر در نظر گرفته شد. آزمودنی‌ها پس از ارزیابی‌های اولیه به صورت مساوی و تصادفی به ۳ گروه تمرینی ۱۰ نفره شامل: ۱. گروه تمرین تناوبی بلند مدت با شدت بالا (HIIT-Long)، ۲. گروه تمرین تناوبی کوتاه مدت با شدت بالا (HIIT-Short) و ۳. گروه کنترل (Control) تقسیم شدند. به منظور به حداقل رساندن آثار دوران بلوغ بر متغیرهای وابسته، تقسیم‌بندی گروه‌ها از مقیاس تعیین مراحل بلوغ تانر استفاده شد (۱۸).

دستورالعمل تمرینات ورزشی تناوبی شدید: به منظور آشناسازی، شرکت‌کنندگان در یک برنامه تمرینی هوازی تداومی به مدت دو هفته (سه جلسه در هفته، هر جلسه ۳۰ دقیقه و با شدت ۶۰ تا ۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره) شرکت کردند. سپس گروه‌های تمرینی به مدت هشت هفته به فعالیت

جدول ۱. پروتکل ورزشی مطالعه حاضر

مدت تمرین (دقیقه)	شدت کار	نوع استراحت	مدت استراحت (ثانیه)	مدت کار (ثانیه)	تعداد وهله‌ها	هفته	گروه‌ها
۱۷	$vVO_{2max} \% 100-110$	غیرفعال	۱۵۰	۴۵	۶	۱ و ۲	
۲۴/۵	$vVO_{2max} \% 100-110$	غیرفعال	۱۵۰	۳۰	۹	۳ و ۴	کوتاه مدت
۳۳/۵	$vVO_{2max} \% 100-110$	غیرفعال	۱۵۰	۳۰	۱۲	۵ تا ۸	
۲۱	$vVO_{2max} \% 90-95$	شدت $vVO_{2max} \% 45$	۲۷۰	۱۵۰	۳	۱ و ۲	
۲۶	$vVO_{2max} \% 90-95$	شدت $vVO_{2max} \% 45$	۲۴۰	۱۵۰	۴	۳ و ۴	بلندمدت
۳۶	$vVO_{2max} \% 90-95$	شدت $vVO_{2max} \% 45$	۲۱۰	۱۵۰	۶	۵ تا ۸	

1. Five-Minute Running Field Test (5-RFT)

تعطیل و دو روز غیرمتوالی) توسط شرکت‌کنندگان تکمیل گردید و از شرکت‌کنندگان درخواست شد که روند فعالیت بدنی و تغذیه را تا انتهای مطالعه ادامه دهند. از پرسشنامه یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته برای کنترل رژیم غذایی روزانه در طی دوره پژوهش استفاده شد. در صورت مشاهده هرگونه احساس ضعف، ناراحتی، افت شدید قند خون، تنگی نفس و تپش قلب غیرعادی در افراد، از ادامه همکاری در مطالعه جلوگیری شد و مطالعه بر روی این دسته از افراد خاتمه یافت. این مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه تبریز به شماره IR.TABRIZU.REC.1398.021 تایید شد. افراد با شرط امکان خروج بدون قید و شرط از کار پژوهشی، برگه رضایتنامه کتبی همکاری را تکمیل و آمادگی خود را اعلام کردند و در تمام طول تحقیق هیچ گونه اجباری روی آزمودنی‌ها برای ادامه تحقیق وجود نداشت.

روش‌های آماری

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و آمار استنباطی استفاده شد. از آزمون شاپیرو-ویلک (جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها) و آزمون لون (جهت بررسی همگنی واریانس‌ها) استفاده شد. سپس از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر (۳ گروه \times ۲ زمان اندازه‌گیری) برای بررسی تغییرات بین گروهی به همراه آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و در سطح معناداری $P \leq 0/05$ استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که توزیع داده‌ها در هر سه گروه طبیعی است ($P > 0/05$). ویژگی‌های توصیفی و آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر سه گروه ارزیابی شده است (جدول ۲).

در مطالعه حاضر پس از هشت هفته مداخله، درصد چربی بدن بین گروه HIIT-Long و گروه کنترل ($P = 0/001$) و گروه HIIT-Short و کنترل ($P = 0/001$) به طور معناداری کاهش یافت. اما بین دو گروه HIIT-Long و HIIT-Short تفاوت معناداری وجود نداشت ($P = 1/000$). (جدول ۲).

پس از هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا HIIT-Long و HIIT-Short سطوح سرمی TNF- α در گروه‌های تمرینی به طور معناداری نسبت به گروه کنترل کاهش یافت ($P = 0/001$) اما بین دو گروه HIIT-Long و HIIT-Short تفاوت معناداری

مقادیر ترکیب بدنی و نمونه‌های خونی، ۴۸ ساعت قبل از اولین و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی اندازه‌گیری شد (۱۷). شرکت‌کنندگان بعد از ۸ ساعت خواب شبانه‌گاهی و ۱۲ ساعت ناشتایی در ساعت ۸-۱۰ صبح در آزمایشگاه حاضر شدند. همچنین ۴۸ ساعت قبل از اجرای آزمون هیچ‌گونه فعالیت ورزشی سنگینی انجام ندادند. به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ پیش‌آرنجی دست چپ شرکت‌کنندگان گرفته شد. برای جداسازی سرم مقدار ۵ میلی‌لیتر نمونه خون در لوله آزمایش مخصوص ریخته شد. به منظور تشکیل لخته خون، نمونه‌های خونی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۲-۲۵ درجه سانتی‌گراد (دمای محیط آزمایشگاه) قرار گرفت. سپس نمونه‌ها با ۵۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم جداسازی شده در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای اندازه‌گیری سطوح سرمی TNF- α و IL-1 β از روش الایزا و کیت مدل Bender Medsystem (با حساسیت بالا ساخت کشور اتریش با درجه حساسیت به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۰۵ پیکوگرم/میلی‌لیتر، ضریب تغییرات درون آزمونی ۷/۹ و ۶/۸ درصد و ضریب تغییرات برون آزمونی ۵/۶ و ۵/۳ درصد) اندازه‌گیری استفاده شد. غلظت سرمی SFRP5 با کیت Cusabio ساخت کشور چین (با حساسیت ۰/۳۹ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات ۲/۹۲ درصد) و مطابق با دستورالعمل کارخانه سازنده اندازه‌گیری شد. مقادیر سرم CTRP-5 با استفاده از روش آزمایشگاهی الایزا و کیت Bioassay Technology Laboratory ساخت کشور چین (با حساسیت ۰/۰۲۳ نانوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درون‌آزمون برون‌آزمون ۸ درصد) اندازه‌گیری شد. شمارش لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها و نوتروفیل‌های خون آزمودنی‌ها از طریق دستگاه شمارش گرسولوی و با روش محلول ایزوتون (دستگاه Kx21) انجام شد. درصد چربی شرکت‌کنندگان با دستگاه بادی کامپوزیشن (مارک Inbody 270 مدل Gs6.7 ساخت کشور چین)، سن با استفاده از مقیاس تانر، وزن برحسب کیلوگرم با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ کیلوگرم (ساخت کشور ژاپن) و قد بر حسب سانتی‌متر با دستگاه قدسنج سکا^۱ (ساخت کشور آلمان) با دقت ۰/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. هفت روز قبل از شروع پروتکل تمرینی، پرسشنامه یادداشت غذایی و پرسشنامه فعالیت‌بدنی (یک روز

هشت هفته تمرین تناوبی HIIT-Long و HIIT-Short منجر به افزایش معنی‌داری در سطح CTRP12 بین گروه‌های تمرینی و کنترل شد ($P=0/001$)، اما بین دو گروه HIIT-Long و HIIT-Short تفاوت معناداری وجود نداشت ($P=0/141$). همچنین افزایش غیرمعنی‌داری بعد از اجرای تمرینات تناوبی بلندمدت و کوتاه‌مدت در تعداد لئوسیت‌ها ($P=0/064$)، مونوسیت‌ها ($P=0/450$) و نوتروفیل‌ها ($P=0/190$) در گروه‌های تمرینی نسبت به کنترل مشاهده شد (جدول ۳).

وجود نداشت ($P=0/997$). سطح سرمی IL-1 β نیز بعد از هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بلندمدت و کوتاه مدت در بین گروه‌های تمرینی و کنترل کاهش معنی‌داری یافته بود ($P=0/001$) ولی بین گروه‌های تمرینی با یکدیگر تغییر معنی‌دار نبود ($P=0/934$). سطوح سرمی SFRP5 در گروه‌های تمرینی به طور معناداری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت اما بین دو گروه HIIT-Short و HIIT-Long تفاوت معناداری وجود نداشت ($P=0/555$). همچنین نتایج نشان داد

جدول ۲. توصیف ویژگی‌های دموگرافیک و آنتروپومتریک آزمودنی‌ها

گروه‌ها	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	درصد چربی
پیش‌آزمون	۱۴/۸۸±۲/۲۶	۱۵۶/۱۲±۹	۶۵/۶۶±۴/۹۰	۲۶/۷۲±۱/۳۹	۲۷/۵۵±۲/۰۶
بلندمدت پس‌آزمون	۱۴/۸۸±۲/۲۶	۱۵۶/۱۲±۹	۶۴/۸۰±۳/۸۸	۲۶/۳۸±۱/۰۳	۲۵/۲۲±۲/۰۰*
پیش‌آزمون	۱۴/۳۳±۲/۶۵	۱۵۱/۹۸±۹	۶۰/۴۷±۳/۲۶	۲۷/۱۴±۱/۲۱	۲۶/۵۸±۲/۲۲
کوتاه مدت پس‌آزمون	۱۴/۳۳±۲/۶۵	۱۵۱/۹۸±۹	۵۸/۸۴±۴/۲۱	۲۶/۳۵±۱/۵۳	۲۴/۲۶±۱/۵۴*
پیش‌آزمون	۱۴/۳۳±۲/۵۸	۱۵۶/۲۳±۱۰	۶۷/۷۰±۴/۷۳	۲۷/۳۰±۲/۱۸	۲۷/۳۰±۲/۷۴
کنترل پس‌آزمون	۱۴/۳۳±۲/۵۸	۱۵۶/۲۳±۱۰	۶۷/۲۰±۵/۱۷	۲۶/۶۰±۱/۳۱	۲۷/۱۲±۲/۳۶

* نشان‌دهنده تغییرات درون‌گروهی

جدول ۳. تغییرات سطوح سرمی متغیرها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون (میانگین ± خطای استاندارد میانگین)

متغیر	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	F	P
فاکتور نکرورز دهنده تومور آلفا (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	گروه کوتاه‌مدت	۲/±۲۲۰/۲۲	۱/±۹۶۰/۱۰	۲۵/۵۵	۰/۰۰۱*
	گروه بلندمدت	۲/±۲۱۰/۲۹	۱/±۹۴۰/۰۸		
	گروه کنترل	۲/±۳۶۰/۲۵	۲/±۳۴۰/۱۹		
اینترلوکین ۱ بتا (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	گروه کوتاه‌مدت	۳/±۳۸۰/۳۳	۲/±۴۷۰/۲۵	۲۳/۷۲	۰/۰۰۱*
	گروه بلندمدت	۳/±۴۳۰/۲۶	۲/±۵۴۰/۲۸		
	گروه کنترل	۳/±۳۲۰/۱۹	۳/±۳۱۰/۳۶		
پروتئین ۵ مرتبط با مجعد ترشی (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	گروه کوتاه‌مدت	۶/±۱۲۰/۵۰	۶/±۹۰۰/۵۰	۳/۵۹	۰/۰۴۱*
	گروه بلندمدت	۶/±۳۰۰/۵۶	۷/±۲۱۰/۳۷		
	گروه کنترل	۶/±۱۹۰/۲۸	۶/±۳۴۰/۲۸		
عامل حساس‌کننده انسولین مشتق شده از چربی (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	گروه کوتاه‌مدت	۵۴۵/±۱۲۸۷/۴۴	۵۲۸/±۲۶۷۱/۲۴	۱۹/۹۳	۰/۰۰۱*
	گروه بلندمدت	۳۶۷/±۴۳۷۲/۰۱	۴۸۴/±۱۹۱۹/۱۷		
	گروه کنترل	۵۴۴/±۳۵۵۷/۹۴	۵۴۶/±۲۲۵۲/۰۱		
شمار لئوسیت‌ها (در هر میکرولیتر)	گروه کوتاه‌مدت	۳۴/±۸۱۱/۹۴	۳۵/±۳۱۱/۶۹	۳/۰۴	۰/۰۶۴
	گروه بلندمدت	۳۴/±۷۸۲/۰۸	۳۵/±۳۲۲/۱۶		
	گروه کنترل	۳۱/±۲۶۳/۵۵	۳۳/±۹۶۰/۸۱		
تعداد مونوسیت‌ها (در هر میکرولیتر)	گروه کوتاه‌مدت	۳۸/±۱۵۱/۱۳	۳۸/±۹۴۱/۰۱	۰/۸۲۴	۰/۴۵۰
	گروه بلندمدت	۳۸/±۰۰۱/۴۸	۳۹/±۳۴۰/۹۶		
	گروه کنترل	۳۷/±۸۷۱/۴۶	۳۸/±۲۵۱/۰۴		

		گروه کوتاه‌مدت	گروه بلندمدت	گروه کنترل	شمار نوتروفیل‌ها (در هر میکرولیتر)
۰/۱۹	۱/۲۲	۵۹/±۴۰ ۱/۳۸	۵۸/±۴۹ ۱/۳۳	۵۸/±۷۲ ۲/۰۱	
		۵۸/±۵۱ ۱/۰۲	۵۸/±۸۶ ۱/۳۳		

* نشان‌دهنده تغییرات معنادار بین گروهی

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد هشت هفته تمرین HIIT کوتاه‌مدت و بلندمدت موجب کاهش معنادار سطوح سرمی $TNF-\alpha$ ، $IL-1\beta$ و افزایش معنادار سطوح سرمی SFRP5 و CTRP12 می‌شود اما اثر معناداری بر لئوسیت‌ها، مونوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها ندارد.

نتایج کاهش معنی‌دار سطح سرمی $TNF-\alpha$ را بین گروه‌های تمرینی بلندمدت و کوتاه‌مدت و گروه کنترل نشان داد. ولی تغییرات بین گروه‌های تمرینی بلندمدت و کوتاه‌مدت معنی‌دار نبود. پژوهش‌های اکبری و همکاران (۱۳۹۸) با پژوهش حاضر همسو (۲۰) و نتایج پژوهش کیم و همکاران (۲۰۱۹)، با پژوهش حاضر ناهمسو است (۲۱). در پژوهش اکبری و همکاران (۱۳۹۸) کاهش $TNF-\alpha$ را بعد از تمرینات با شدت بالا و شدت متوسط مشاهده کردند. ولی در بین گروه تمرینات بلندمدت و کوتاه‌مدت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (۲۰). اما کیم و همکاران (۲۰۱۹) افزایش سطح سرمی و محتوای پروتئینی $TNF-\alpha$ را بعد از مصرف رژیم غذایی پرچرب گزارش کردند (۲۱). از علل ناهمسو می‌توان دستکاری در رژیم غذایی و عدم مداخله فعالیت ورزشی را نام برد. مطالعات قبلی افزایش آدیپوسایتوکاین‌های التهابی را در افراد دارای اضافه وزن و چاق مشاهده کردند که با چاقی شکمی و BMI مرتبط است (۲۰). احتمالاً چاقی منجر به افزایش نفوذ ماکروفاژها به بافت آدیپوز شده که باعث به هم خوردن تعادل سایتوکاینی و افزایش ترشح سایتوکاین‌های التهابی می‌گردد (۲۰). زیکاری و همکاران (۲۰۲۲) چنین بیان کردند که مقادیر کمتر التهاب ممکن است بدلیل سازگاری با فعالیت ورزشی، افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و افزایش توان سلول‌های عضلانی به منظور استفاده بیشتر از اکسیژن باشد (۲۲). بعد از اجرای تمرینات منظم ورزشی، سیستم سمپاتیک تحریک و سایتوکاین‌های ضدالتهابی ترشح می‌یابد. این عوامل منجر به مهار ترشح فاکتورهای التهابی مانند $TNF-\alpha$ و $IL-1\beta$ از بافت چربی می‌شود (۲۲).

همچنین در مطالعه حاضر کاهش معنادار $IL-1\beta$ در گروه های تمرینی نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. پژوهش کردی

و همکاران (۱۳۹۷) و بوتنر و همکاران (۲۰۰۷) (۲۳، ۲۸) با پژوهش حاضر همسو است. در پژوهش کردی و همکاران (۱۳۹۷) بعد از اجرای ۸ هفته تمرین تداومی و تناوبی میزان $IL-1\beta$ در بیماران پیوند عروق کرونر کاهش معنی‌دار یافت (۲۳، ۲۴). بوتنر و همکاران (۲۰۰۷) بعد از یک جلسه فعالیت حاد دو ساعتی کاهش $IL-1\beta$ را در بیماران عروق کرونر مشاهده کردند (۲۴). از پژوهش‌های ناهمسو می‌توان به پژوهش نیل‌پور و همکاران (۱۴۰۰) اشاره کرد. در این پژوهش بعد از اجرای ۸ هفته تمرین تداومی هوازی با شدت متوسط، میزان $IL-1\beta$ در رت‌های دیابتی افزایش معنی‌دار یافت (۲۵). از علل ناهمسو می‌توان به شدت و مدت تمرین و دیابتی بودن اشاره کرد. براساس یافته‌های تحقیقات، می‌توان چنین عنوان کرد که بدنبال تمرینات بلندمدت، تولید سایتوکاین‌ها در بافت چربی و سلول‌های تک هسته‌ای، عضله کاهش می‌یابد. همچنین عوامل دیگری نظیر کاهش وزن، بهبود عملکرد اندوتلیال و افزایش حساسیت به انسولین منجر به کاهش سایتوکاین‌های التهابی می‌شود (۲۶). بدلیل وجود ارتباط معکوس بین $IL-1\beta$ و شاخص توده بدنی و درصد چربی، می‌توان بیان کرد که کاهش درصد چربی بدن در این آزمودنی‌ها از دلایل احتمالی کاهش $IL-1\beta$ است. بطور کلی، بین فعالیت ورزشی و کاهش التهاب (افزایش سایتوکاین‌های ضدالتهابی و کاهش سایتوکاین‌های پیش‌التهابی) ارتباط مستقیمی وجود دارد (۲۶). احتمالاً یکی از دلایل کاهش التهاب متعاقب فعالیت بدنی، کاهش وزن باشد. کاهش تولید سایتوکاین‌های برگرفته از بافت آدیپوز، می‌تواند از نتایج کاهش وزن باشد (۲۷). انباشت چربی در ناحیه شکم می‌تواند یکی از دلایل افزایش تولید شاخص‌های پیش‌التهابی باشد، بنابراین کاهش وزن به ویژه کاهش بافت چربی می‌تواند سطح سایتوکاین‌های التهابی را کاهش دهد، همچنین در کاهش التهاب عمومی دخیل باشد (۲۷).

در تحقیق حاضر نشان داده شد که میزان SFRP5 بعد از اجرای تمرینات تناوبی کوتاه‌مدت و بلندمدت نسبت به گروه کنترل افزایش یافته است. پژوهش‌های بین و همکاران (۲۰۱۰) (۲۸) و میر و همکاران (۲۰۲۰) (۲۹) همسو با پژوهش حاضر

برد. CTRP12 در شرایطی مانند دیابت، چاقی و دیگر شرایط پاتولوژیکی ناشی از چاقی کاهش می‌یابد. $TNF-\alpha$ تنظیم‌کننده منفی CTRP12 است که از طریق فعال‌سازی JNK باعث کاهش بیان CTRP12 در سلولی‌های آدیپوسیت می‌شود. کاهش $TNF-\alpha$ در این پژوهش، یکی دیگر از دلایل احتمالی افزایش CTRP12 است (۳۲،۳۷). احتمالاً تمرین ورزشی منظم منجر به کاهش تحریک سیستم سمپاتیک و افزایش سیتوکین‌های ضدالتهابی و متعاقباً مهار رهایش فاکتورهای التهابی نظیر $TNF-\alpha$ و $IL-1\beta$ از بافت آدیپوز می‌شود (۳۳).

از دیگر یافته‌های این پژوهش عدم‌تغییر لئوسیت‌ها بعد از فعالیت ورزشی بود. پژوهش همسوی نعمتی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که بعد از اجرای یک جلسه تمرین برون‌گرا، تغییری در میزان لئوسیت مردان جوان غیر ورزشکار مشاهده نشد (۳۷). اما پژوهش زکوی و همکاران (۱۳۹۸) (۳۸) ناهمسو با پژوهش حاضر بود. گائینی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که هر چه فعالیت با شدت بالاتر و مدت زمان کوتاه‌تر باشد می‌تواند تغییرات بیشتری در شمارش لئوسیت‌ها ایجاد کند که این اثرات متعاقب ترشح آدرنالین و شدت فعالیت است (۳۹). زکوی و همکاران (۱۳۹۸) بعد از ۸ هفته تمرین طناب زدن، بهبود فاکتورهای التهابی، درصد چربی، وزن و سیستم ایمنی را در نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق مشاهده کردند (۳۸). از علل ناهمسویی می‌توان به نوع و شدت تمرینات اشاره کرد. در حالت کلی مقدار لئوسیتوز به شرایط آمادگی بدنی و به شدت و مدت فعالیت ورزشی بستگی دارد. از طرفی میزان کاتکولامین‌های در گردش نیز می‌تواند در شمار لئوسیت‌ها حین و بعد از فعالیت ورزشی موثر باشد (۳۹).

همچنین نتایج نشان داد که تعداد مونوسیت‌های خون نوجوانان پسر دارای اضافه وزن بعد از فعالیت ورزشی هشت هفته‌ای افزایش معنی‌داری نیافت. از پژوهش‌های همسو می‌توان به پژوهش عسگری و همکاران (۱۳۸۷) و از پژوهش‌های ناهمسو می‌توان به پژوهش حسنی و سلیمانان (۱۳۹۳) اشاره کرد (۴۰، ۴۱). عسگری و همکاران (۱۳۸۷) بعد از یک جلسه فعالیت هوازی شدید، عدم تغییر در مونوسیت‌ها را در مردان ورزشکار مشاهده کرد (۴۰). حسنی و همکاران (۱۳۹۳) بعد از ۶ هفته تمرین هوازی پیشرونده و مصرف مکمل سیلی‌مارین کاهش مونوسیت‌ها را در مردان سالم غیرورزشکار مشاهده کردند (۴۱). از علل همسویی می‌توان به

و پژوهش‌های فیاض و همکاران (۲۰۱۹) (۳۰) و صفرزاده و همکاران (۱۳۹۶) (۳۱) ناهمسو با پژوهش حاضر هستند. بین و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با ۶ ماه تغییر در شیوه زندگی ۸۹ کودک چاق با بیماری پرفشار خونی، وزن بدن کاهش و سطوح آدیپونکتین و SFRP5 افزایش یافت (۲۸). در پژوهش میر و همکاران (۲۰۲۰) بعد از ۱۲ هفته تمرین ترکیبی (HIIT) و مقاومتی (میزان SFRP5 مردان دیابتی افزایش یافت (۲۹). در پژوهش ناهمسوی فیاض و همکاران (۲۰۱۹) کاهش SFRP5 را بعد از ۱۲ هفته تمرین با شدت بالا و مصرف دارچین در رت‌ها مشاهده کردند (۳۰). از علل ناهمسویی می‌توان به مدت زمان تمرین ورزشی و نوع مکمل مصرفی اشاره کرد. در پژوهش صفرزاده و همکاران (۱۳۹۶) بعد از ۸ هفته تمرین مقاومتی، میزان SFRP5 در مردان چاق کاهش یافت (۳۱). نوع تمرینات بکار رفته در این پژوهش و سن آزمودنی‌ها از علل ناهمسویی است. گزارش شده است که بعد از اصلاح سبک زندگی (اعم از تغذیه سالم و اجرای فعالیت بدنی منظم) و متعاقباً کاهش وزن و بهبود فشار خون، احتمالاً میزان SFRP5 کاهش می‌یابد (۲۸).

در مطالعه حاضر، میزان CTRP12 در گروه‌های تمرینی افزایش معناداری یافت. نتایج پژوهش حاضر با تحقیق امید و بیسمرادی (۱۴۰۰) (۳۲) و رحیم‌پور و مهربانی (۱۳۹۷) (۳۳) همسو است. در پژوهش امید و بیسمرادی (۱۴۰۰) اجرای تمرینات هوازی با شدت بالا منجر به افزایش معنادار سطوح CTRP12 در زنان چاق شد (۳۲). رحیم‌پور و مهربانی (۱۳۹۷) نیز بعد از هشت هفته تمرین هوازی روی تردمیل، افزایش سطح CTRP12 را در رت‌های نر دیابتی مشاهده کردند (۳۳). از طرفی با نتایج پژوهش سوری و همکاران (۱۳۹۵) (۳۴) و مهرداد و همکاران (۲۰۱۷) (۳۵) ناهمسو است. در پژوهش سوری و همکاران (۱۳۹۵) مشخص شد که اجرای ده هفته تمرینات هوازی بر سطوح سرمی CTRP12 در مردان دارای اضافه وزن اثری نداشت و بدن‌بال تمرینات تداومی کم شدت و کاهش وزن، CTRP12 کاهش می‌یابد (۳۴). دلایل یافته‌های متناقض احتمالاً می‌تواند بدلیل تفاوت در شدت، مدت و سن آزمودنی‌ها باشد. همچنین مهرداد و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که مصرف مکمل کوآنزیم Q10 منجر به کاهش CTRP12 در افراد دارای اضافه وزن دیابتی شد (۳۵). از علل ناهمسویی می‌توان سن آزمودنی‌ها و مصرف مکمل و سطح سلامتی را نام

کلید^۱ (۴۶) بیان کردند که می‌تواند دلیلی بر ایمن بودن چنین تمریناتی باشد.

پیشنهاد می‌شود که اثر تمرینات تناوبی بلندمدت و کوتاه مدت روی دیگر شاخص‌های التهابی و شاخص‌های مرتبط با سلامتی و بیماری‌های متابولیک بررسی شود تا با اطمینان بیشتری از اثرات سودمند احتمالی این تمرینات روی نوجوانان بهره برد. از محدودیت‌های این پژوهش میزان استراحت و شرایط روحی و روانی شرکت‌کنندگان بود. اما مربیان و معلمان می‌توانند به منظور ارتقای سطح سلامت نوجوانان از این تمرینات استفاده کنند.

نتیجه‌گیری

انجام هشت هفته تمرین HIIT هم به صورت کوتاه مدت و هم به صورت بلندمدت احتمالاً موجب کاهش معنادار سطوح برخی از فاکتورهای پیش‌التهابی و افزایش معنادار سطوح برخی از فاکتورهای ضدالتهابی می‌شود و با کاهش التهاب و بهبود درصد چربی از ابتلای احتمالی به بیماری‌های قلبی - عروقی در سنین بزرگسالی جلوگیری کند.

مدت تمرین، مصرف مکمل و عدم چاقی آزمودنی‌ها در این پژوهش اشاره کرد. شدت، نوع فعالیت ورزشی در تغییرات مونوسیت‌ها اثرگذار است (۳۸). حذف سریع مونوسیت‌ها احتمالاً با توزیع دوباره و لانه‌گزینی مونوسیت‌ها در بافت‌های آسیب دیده و نقش مونوسیت‌ها در ترشح سایتوکاین‌های التهابی مرتبط باشد (۴۲). از طرفی یکی دیگر از دلایل احتمالی عدم تغییر در سطح مونوسیت‌ها در این پژوهش، اجرای هشت هفته‌ای و ایجاد سازگاری به وسیله تمرین با وجود رعایت اصل اضافه بار، مدت زمان ریکاوری مناسب، افزایش مقدار اکسیژن رسیده به بافت و اندام‌های فعال در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون است.

شمار نوتروفیل‌ها نیز بعد از تمرینات HIIT بلندمدت و کوتاه مدت در نوجوانان دارای اضافه وزن تغییر معناداری را نشان نداد. پژوهش‌های عسگری و همکاران (۱۳۸۷) (۴۰)، متقیان و همکاران (۱۳۹۸) (۴۳) و سوزوکی و همکاران (۱۹۹۶) (۴۴) با پژوهش حاضر همسو است. سوزوکی و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که پس از انجام تمرینات شدید تغییری در میزان نوتروفیل ورزشکاران نخبه ایجاد نمی‌شود (۴۴). اما پژوهش کولمن و همکاران (۱۹۹۳) با پژوهش حاضر ناهمسو بود. در این پژوهش میزان نوتروفیل‌ها بدنبال ۲۸ روز تمرین شدید افزایش یافت. از علل ناهمسوئی می‌توان به مدت‌زمان تمرین اشاره کرد (۴۵). رابطه بین ورزش، التهاب و نوتروفیل‌ها به وضوح تعریف نشده است (۴۲). تغییر در نوتروفیل‌ها با افزایش مشابه سایر گلوبول‌های سفید و کاهش تعداد این گلوبول‌ها در دوره ریکاوری بعد از فعالیت ورزشی مرتبط است. به نظر می‌رسد برای سازگاری در این سلول‌ها به مدت‌زمان بیشتری نیاز باشد (۴۲). علی‌رغم بالا بودن شدت تمرین می‌توان چنین گفت که اگر فعالیت ورزشی دارای ریکاوری مناسب باشد، منجر به تحریک گلوبول‌های سفید و ایجاد التهاب نمی‌شود. در پژوهش متقیان و همکاران (۱۳۹۸) پس از یک جلسه و پس از هشت هفته تمرین مقاومتی تناوبی با شدت بالا در مردان جوان فعال در شمار کلید گلوبول‌های سفید اعم از مونوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (۴۳). محققان علت احتمالی این عدم تغییر را ناشی از تحریک سیستم ایمنی و محور هیپوتالاموس - هیپوفیز - فوق

1. De Albuquerque Filho NJB, Ferreira VA, Matos TRF, Pinto EF, Rebouças GM, de Oliveira Segundo VH, et al. Effects of a combination of aerobic and resistance training and dietary intervention on body composition, lipid profile, inflammation, and cardiorespiratory fitness in obese adolescents. *J Exerc Physiol Online*. 2016;19(5):1-15.
2. Mirzazadeh A, Sadeghirad B, Haghdoost A, Bahreyni F, Rezazadeh KM. The prevalence of obesity in Iran in recent decade; a systematic review and meta-analysis study. *IJPH*. 2009;38(3):1-11.
3. Ghasemnian A, Ghaeini A, Kordi M, Hedayati M, Rami M, Ghorbanian B. Effect of interval endurance training program on plasma eotaxin, adiponectin levels, insulin resistance, serum lipid profile and body composition in overweight and obese adolescents. *Studi in Med Sci*. 2013;24(6):430-40. [In Persian]
4. Zaki M, Kamal S, El-Bassyouni H, Mona Abd Elmotaleb AH, Tawfeek HM, Girgiss MW. Osteopontin, malondialdehyde and interleukin-1 β levels in patients with insulin resistance and dyslipidemia in obese Egyptian women. *BPJ*. 2020; 25:13(2):591-6.
5. Sethi JK, Hotamisliligil GS. Metabolic messengers: tumour necrosis factor. *Nat Metab*. 2021;3(10):1302-12.
6. Enomoto T, Ohashi K, Shibata R, Kambara T, Uemura Y, Yuasa D, Kataoka Y, Miyabe M, Matsuo K, Joki Y, Hayakawa S. Transcriptional regulation of an insulin-sensitizing adipokine adipolin/CTRP12 in adipocytes by Krüppel-like factor 15. *PloS one*. 2013;8(12): 83183.
7. Ohashi K, Shibata R, Murohara T, Ouchi N. Role of anti-inflammatory adipokines in obesity-related diseases. *Trends Endocrinol Metab*. 2014 ;25(7):348-55.
8. Hu Z, Deng H, Qu H. Plasma SFRP5 levels are decreased in Chinese subjects with obesity and type 2 diabetes and negatively correlated with parameters of insulin resistance. *Diabetes Res Clin Pract*. 2013;99(3):391-5.
9. Havil F A, Ebrahim kh, Aslankhani MA. Effect one session incremental aerobic exercise on immune system of adolescent and adult. *Harekat*. 2003; 17: 243-54. [In Persian]
10. Mohammadi H, Taghian F, Khoshnam M, Rafati M, Sabagh M. The effect of acute physical exercise on serum IL-6 and CRP levels in healthy non-athlete adolescents. *JUMS*. 2011;9(2):27-33. [In Persian]
11. Timmons BW, Bar-Or O. Lymphocyte expression of CD95 at rest and in response to acute exercise in healthy children and adolescents. *Brain Behav Immun*. 2007; 21: 442-9.
12. Cheraghpour M, Shahsavani B, Zand H, Davoodi H, Homayounfar R, Ehrampoush E. Obesity and immunity. *Iran J Nutr Sci Food Technol*. 2013; 7(5): 669-678. [In Persian]
13. Weber DJ, Rutala WA, Samsa GP, Bradshaw SE, Lemon SM. Impaired immunogenicity of hepatitis B vaccine in obese persons [letter]. *N Engl J Med*. 1986; 314: 1393.
14. Najmi M, Hajifaraji M, & Mishani M A. The effect of adipokines secreted from adipose tissue on immune function in obese subjects. *Iran J Nutr Sci Food Technol*. 2013; 7(5):887-896. [In Persian]
15. Cassidy S, Thoma C, Houghton D, Trenell MI. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *DIABETO*. 2017;60(1):7-23.
16. Bahmanbeglou NA, Ebrahim K, Maleki M, Nikpajouh A, Ahmadizad S. Short-duration high-intensity interval exercise training is more effective than long duration for blood pressure and arterial stiffness but not for inflammatory markers and lipid profiles in patients with stage 1 hypertension. *JCRP*. 2019;39(1):50-5.
17. Soori R, Akbari M, Kazemi AR, Saei MA, Amani S. The effect of intense interval training (HIT) on the serum levels of adiponectin and leptin in obese children. *Harekat*. 2016;7(4):593-603. [In Persian]
18. Loomba-Albrecht LA, Styne DM. Effect of puberty on body composition. *Curr Opin Endocrinol Diabetes obes*. 2009;16(1):10-5.
19. Berthon P, Dabonneville M, Fellmann N, Bedu M, Chamoux A. Maximal aerobic velocity measured by the 5-min running field test on two different fitness level groups. *Arch Physiol Biochem*. 1997; 105(7): 633-639.
20. Akbari A, Mohebbi H, Khalafi M, Moghaddami K. The effect of two types of high intensity and moderate intensity continuous training on serum levels of TNF-a and IL-10 in obese male rats. *JJAHSPP*. 2019;6(1):86-93. [In Persian]
21. Kim K. Effects of endurance exercise training on adipose tissue inflammatory gene expression in elderly rats with diet-induced obesity. *Asian J Kinesiol*. 2019;21(1):37-45.
22. Ziccardi P, Nappo F, Giugliano G, Esposito K, Marfella R, Cioffi M, D'Andrea F, Molinari AM, Giugliano D. Reduction of inflammatory cytokine concentrations and improvement of endothelial functions in obese women after weight loss over one year. *Circ J*. 2002;105(7):804-9.
23. Kordi N, Shafiee N, Mirzaei S, Minavand K, Heidari N. The effect of continuous and interval cardiac rehabilitation exercise training on tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), interleukin 1 beta (IL-1 β), and interleukin 6 (IL-6) in patients with coronary artery bypass graft. *J Isfahan Med Sch*. 2018;36(486): 737-742. [In Persian]
24. Büttner P, Mosig S, Lechtermann A, Funke H, Mooren FC. Exercise affects the gene expression profiles of human white blood cells. *Jf appl physiol*. 2007;102(1):26-36.
25. Nabilpour M, Sadeghi A. Effect of eight-week aerobic moderate-intensity continuous training on il-1 β and il-13 levels of soleus muscle tissue in male diabetic rats. *IJDM*. 2021;21(3):129-138. [In Persian]
26. Nicklas BJ, Hsu FC, Brinkley TJ, Church T, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Pahor M. Exercise training and plasma C-reactive protein and interleukin-6 in elderly people. *Eur J Appl Physiol*. 2008;56(11):2045-52.
27. Ouchi N, Parker JL, Lugus JJ, Walsh K. Adipokines in inflammation and metabolic disease. *Nat Rev Immunol*. 2011;11(2):85-97.
28. Yin C, Chu H, Li H, Xiao Y. Plasma Sfrp5 and adiponectin levels in relation to blood pressure among obese children. *J Hum Hypertens*. 2017; 31(4):284-291.
29. Mir E, Moazzami M, Bijeh N, Hakak Dokht E, Rahimi N. Changes in SFRP5, WNT5A, HbA1c, BMI, PBF, and insulin resistance in men with type 2 diabetes after 12 weeks of combined exercise (HIIT and resistance). *Int J Diabetes Dev Ctries*. 2020;40(2):248-54.

30. Fayaz E, Damirchi A, Zebardast N, Babaei P. Cinnamon extract combined with high-intensity endurance training alleviates metabolic syndrome via non-canonical WNT signaling. *Nutr.* 2019 ;65:173-8.
31. Safarzade A, Ariyania M , Talebi-Garakani E. Effects of eight weeks of resistance training on serum SFRP5 concentration in obese men. *JSBS.* 2017;16(2):54-61. [In Persian]
32. Omid M, Vismoradi P. Comparison of high and moderate intensity aerobic exercise on serum adipolin levels and some indicators of metabolic syndrome in obese women. *IJDM.* 2022;21(6):404-13. [In Persian]
33. Rahim Pour R, Mehrabani J. The effect of treadmill aerobic training on adipolin, glucose and insulin in type 2 diabetic male rats. *JAHSSP.* 2018; 5(1): 93-105. [In Persian]
34. Soori R, Salehian O. Effects of high and low intensity endurance training on levels of leptin, cortisol, testosterone, growth hormone, and insulin resistance index in sedentary obese men. *J Sport Biomotor Sci.* 2012;6:17-28.[In Persian]
35. Mehrdadi P, Mohammadi R K, Alipoor E, Eshraghian M R, Esteghamati A, Hosseinzadeh-Attar, M J. The effect of coenzyme Q10 supplementation on circulating levels of novel adipokine adipolin/CTRP12 in overweight and obese patients with type 2 diabetes. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2017;125(03): 156-162.
36. Teixeira-Lemos E, Nunes S, Teixeira F, Reis F. Regular physical exercise training assists in preventing type 2 diabetes developments: focus on its antioxidant and anti-inflammatory properties. *Cardiovasc Diabetol.* 2017;10: 1-15.
37. Nemati Gh R, Rahmani Nia F, Mirzaei B. The effect of extrinsic contraction on blood hematological changes in non-athletic young men. *Sport Physiol.* 2012; 15:71-82.
38. Zakavi I, Bizhani B, Banihashemi Emamghisi M. The effect of an eight-week rope skipping exercise program on interleukin-10 and C - reactive protein in overweight and obese adolescents. *JJHR.* 2015;6(4):1-7. [In Persian]
39. Ghaeini A, Kazemi A, Fallahi A, Ghasemnian A. The response of some immune and inflammatory markers of cardiovascular disease in prepubertal overweight boys to a single intense duration of exercise session. *IJEM.* 2010;12(4):418-426. [In Persian]
40. Asgari R, Mir Shafiei A, Ebrahim KH. The effect of a session of intense aerobic activity (90% maximum HR) on the IgG immunoglobulin and xenophagy system in male athletes. *Sport Physiol.* 2008;1:15-21. [In Persian]
41. Hasani A, Soleimani K. The effect of progressive endurance training and Silymarin consumption on hematological parameters. *IBTO-RC.* 2014; 11(2):155-163. [In Persian]
42. Valeria Oliveira de Sousa B, de Freitas DF, Monteiro-Junior RS, Mendes IH, Sousa JN, Guimarães VH, et al. Physical exercise, obesity, inflammation and neutrophil extracellular traps (NETs): a review with bioinformatics analysis. *Mol Biol Rep.* 2021;48(5):4625-35.
43. Motaghian A, Moradi L, Alizadeh, R. The effects of 8 weeks of high intensity interval resistance training on E-selectin and white blood cell indices. *JAHSSP.* 2019;6(1):45-52. [In Persian]
44. Suzuki K, Naganuma S, Tosuka M, Sugawawa K. Effect of exhaustive endurance exercise and its on-week daily repetition on neutrophil count and functional status in untrained men. *Int J Sports Med.* 1996; 77: 205-212.
45. Coleman K, Rager DR. Effect of voluntary exercise on immune function in rats. *Physiol and Behavior.* 1993;54:771-774.
46. Fatouros I, Chatziz Nikolaou A, Paltoglou G, Petridou A, Avloniti A, Jamurtas A, et al. Acute resistance exercise results in catecholaminergic rather than hypothalamic-pituitary-adrenal axis stimulation during exercise in young men. *Stress.* 2010;13(6):461-8.

Investigation the effects of two long-term and short-term high-intensity interval training on some inflammatory and immune indices in overweight adolescent boys

Ziba SalehFard¹, Behnam Bagherzadeh Rahmani², Neda Shafiee³, Tohid Khanvari⁴, Negin kordi^{5*}

1. MsC of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
2. PhD Candidate of exercise physiology, Department of Sport Sciences, Hakim sabzevari University, Sabzevar, Iran
3. PhD Candidate of exercise physiology, Department of Sport Sciences, The University of Mazandaran, Babolsar, Iran
4. PhD in Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran
5. PhD Candidate of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 2022/08/12

Accepted: 2022/08/31

Abstract

*Correspondence:

Email:

n.kordi@razi.ac.ir

Introduction and purpose: Obesity and metabolic syndrome are associated with mild and chronic inflammation. The purpose of this study is to investigate the effect of two long-term and short-term high-intensity interval training on inflammatory indicators such as TNF- α IL-1 β , SFRP5, CTRP12, and also on the number of lymphocytes, monocytes, and neutrophils in overweight adolescent boys.

Materials and Methods: In a quasi-experimental study, 30 Overweight boys (18-13 years old, mean height 154.33 cm, mean body mass index 27.05 kg/m²) were randomly divided into 3 groups of 10 people including short-term (9 sessions of 30-second training with 150-second rest), long-term (4 sessions of 150-second training with 240-second rest), and control group. The training groups performed high-intensity running sprints 3 times per week for 8 weeks. Data were analyzed using two-way repeated-measures ANOVA (3 groups \times 2 measurement times) and Bonferroni test.

Results: After eight weeks of long-term and short-term high-intensity interval training, the serum levels of TNF- α (P=0.001) and IL-1 β (P=0.001) in the training groups decreased significantly compared to the control group. Also, the serum levels of SFRP5 (P=0.041) and CTRP12 (P=0.001) increased significantly in the training groups compared to the control group. However, a non-significant increase in the number of lymphocytes (P=0.064), monocytes (P=0.450) and neutrophils (P=0.190) in the exercise groups compared to the control group was observed after the implementation of long-term and short-term interval training.

Discussion and Conclusion: According to the result of the this study, eight weeks of high-intensity interval training in the short-term and long-term reduces the levels of some pro-inflammatory factors and increases the levels of some anti-inflammatory factors, but has no effect on the function of the immune system.

Key words: Overweight, HIIT training, Inflammatory indicators, Immune indicators