

تأثیر ضد التهابی تمرین تناوبی شدید در زنان مبتلا به اضافه وزن و دیابت نوع دو

جواد نعمتی^۱، لیلا قدرت^۲، فریبا حجتی^۳

۱. استادیار فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شیراز

۲. دانشجوی دکتری بیوشیمی و متابولیسم ورزشی دانشگاه شیراز

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد مرودشت

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۷/۱۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۴/۳۱

چکیده

هدف: دیابت شیرین و التهاب مزمن به طور گسترده ای با افزایش خطرهای قلبی-عروقی مرتبط است. مطالعات نشان می‌دهند که بیماران دیابتی به دلیل افزایش فاکتورهای التهابی مانند IL-6، TNF α و CRP، دو تا چهار برابر بیشتر از افراد سالم از بیماری‌های قلبی عروقی رنج می‌برند. هدف از پژوهش حاضر، تعیین تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر کاهش چربی و فاکتورهای التهابی زنان مبتلا به اضافه وزن و دیابت نوع دو است. **روش‌شناسی:** تعداد ۲۰ نفر بیمار مبتلا به اضافه وزن و دیابت نوع دو، در دو گروه کنترل و تمرین قرار گرفتند. گروه تمرین به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه HIIT روی تردمیل را اجرا کردند. قبل از اولین جلسه و ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، نمونه‌های خونی جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری به روش ELISA استفاده گردید. **نتایج:** نتایج t تست مستقل پس‌آزمون‌های گروه تمرین نسبت به گروه کنترل، نشان از کاهش معنادار توده‌ی چربی و TNF α در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو داشت ($p \leq 0/05$). کاهش IL-6 در این بیماران به لحاظ آماری معنادار نبود ($p > 0/05$). **بحث و نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی نتایج پژوهش نشان داد که یک دوره اجرای HIIT می‌تواند عامل مهمی در کاهش توده‌ی چربی و فاکتورهای التهابی در زنان مبتلا به اضافه وزن و دیابت نوع دو باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که بتوان HIIT را در برنامه تمرینی افراد مبتلا به اضافه وزن و دیابت نوع دو قرار داد.

کلید واژه‌ها: اینترلوکین-۶ - تمرین تناوبی شدید- دیابت نوع دو- عامل نکروز توموری آلفا

The Anti-Inflammatory Effect of High Intensity Interval Training in Overweight Women with Type 2 Diabetes

Abstract

Purpose: Diabetes mellitus and chronic inflammation are strongly related to increase cardiovascular risk. It is well documented that diabetic patients are 2-4 times more likely to suffer from cardiovascular diseases than healthy individuals. The study aimed to determine the effect of high intensity interval training (HIIT) on fat mass and inflammatory factors in overweight women with type 2 diabetes. **Methods:** twenty patients with type 2 diabetes were assigned to control and exercise group. Exercise group performed HIIT (running on treadmill) 6 weeks (3 session/week). Blood samples were collected before first session and 24 hours after the last exercise session and used for measurement by ELISA methods. **Results:** The results of independent t-test of groups showed significantly decrease in fat mass and TNF α levels in exercise group compared with control group ($p < 0.05$) whereas IL-6 reduction was not statistically significant. **Conclusion:** The results of this study showed that HIIT can be a key factor in decreasing of fat mass and inflammatory factors in overweight women with type 2 diabetes.

Key words: HIIT- IL-6- TNF α - Type 2 diabetes

✉ نویسنده مسئول: جواد نعمتی تماس: ۰۹۱۲۳۹۴۳۰۹۵

شیراز، دانشگاه شیراز، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

پست الکترونیکی nemati_phy@yahoo.com

مقدمه

دیابت نوع دو، با مقاومت به انسولین شناخته می‌شود که در آن تعامل مناسب بین انسولین و سلول‌های بافت هدف وجود ندارد؛ این نوع دیابت می‌تواند باعث بروز تغییرات غیرطبیعی غلظت لیپید و لیپوپروتئین خون^۱ شود (۱). تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که میزان پروتئین واکنشی C^۲ (CRP) و سایتوکاین‌های پیش التهابی مانند اینترلوکین شش^۳ (IL-6) و عامل نکروز توموری آلفا^۴ (TNF α) در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو بالاتر از افراد سالم است و این موضوع می‌تواند افراد دیابتی را در معرض ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی قرار دهد. CRP و دیگر سایتوکاین‌های التهابی همچنین می‌توانند از طریق تغییر در فعالیت و بیان کانال‌های کلسیمی، فرانتزیمی عملکرد Rho-kinase، افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن^۵ و یا افزایش بیان سیکلواکسیژناز^۶، باعث ایجاد اختلال عروقی شوند (۲). مطالعات بسیاری با بررسی شاخص‌های گوناگون التهابی، ارتباط موجود بین التهاب درجه پایین، آترواسکلروز و دیابت نوع دو را تایید کرده‌اند (۳).

فعالیت‌های ورزشی منظم به عنوان یک استراتژی سودمند در جلوگیری و درمان دیابت نوع دو مورد توجه می‌باشد. مطالعات بسیاری تأثیر فعالیت‌های ورزشی مختلف از جمله فعالیت‌های تداومی با شدت‌های کم تا متوسط مانند پیاده‌روی، دو نرم و دوچرخه‌سواری با مدت‌های بیشتر از ۳۰ دقیقه در هر جلسه را در افراد دیابتی بررسی نموده‌اند (۴). انجام تمرینات ورزشی یکی از عوامل مهم در کنترل قند خون است. تمرینات HIIT باعث افزایش PGC-1 α می‌شود؛ انقباض‌های عضلانی می‌تواند سیگنال‌های آبشاری مرتبط با آن را فعال کند و تنظیم استیل‌اسیون و دی استیل‌اسیون را منجر شود. بیان PGC-1 α از طریق پروتئین کیناز کلسیم-کالمودولین تنظیم می‌شود که در تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای نیز اصلی‌ترین نقش را ایفا می‌کند. PGC-1 α در عضله اسکلتی، عملکردهای زیادی دارد که اصلی‌ترین آن، بایوژنز میتوکندریایی است. یکی دیگر از تغییراتی که PGC-1 α در تارهای عضلانی انجام می‌دهد، افزایش بیان GLUT4 می‌باشد که میزان مصرف

گلوکز و تولید انرژی بیشتر در عضله را فراهم می‌آورد (۵). از آنجا که کاهش ظرفیت میتوکندریایی عضلات اسکلتی در مقاومت به انسولین بیماران دیابتی نوع دو گزارش شده است و از طرفی ظرفیت اکسایشی عضله یک فاکتور پیش‌بینی‌کننده حساسیت به انسولین محسوب می‌شود، احتمالاً افزایش سریع محتوی میتوکندری به دنبال تمرینات کوتاه‌مدت HIIT می‌تواند عامل مهمی در کاهش مقاومت به انسولین و بهبود کنترل قند خون باشد (۶). فعالیت ورزشی همچنین می‌تواند یک نقش محافظتی از طریق مقابله با TNF α و مقاومت به انسولین ناشی از این فاکتور داشته باشد. استارکی و همکاران (۲۰۰۳) کاهش TNF α را در مسیر وابسته به IL-6 گزارش کردند (۷). کالر و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که فعالیت ورزشی می‌تواند تولید TNF α را از طریق مسیری مستقل از IL-6 سرکوب کند که با افزایش سطح اپی‌نفرین، پاسخ TNF α را کاهش می‌دهد (۸). پیترسن و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که IL-6 باعث افزایش تبدیل چربی و تحریک لیپولیز همراه با اکسیداسیون چربی از طریق فعال کردن AMPK^۷ می‌شود (۹). کادوگلو و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای تأثیر تمرین هوازی با شدت متوسط را در افراد مبتلا به دیابت نوع دو بررسی کرده و نشان دادند که کاهش TNF α بعد از شش ماه تمرین متوسط به لحاظ آماری معنادار نبود و بیان کردند که منبع اصلی تولید TNF α ، بافت چربی است و کاهش وزن بدست آمده در پایان تمرینات برای تغییر TNF α ، کافی و مناسب نبوده است (۱۰). بالدوچی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی افراد مبتلا به دیابت نوع دو را در چهار گروه کنترل، تمرین هوازی با شدت پایین، تمرین هوازی با شدت بالا و تمرین ترکیبی به مدت ۱۲ ماه قرار داده و کاهش IL-6 در دو گروه تمرین هوازی با شدت بالا و ترکیبی نشان دادند (۱۱). کاظمی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ی خود تأثیر ۸ هفته تمرین تناوبی شدید را بر TNF α و IL-6 کودکان دارای اضافه وزن بررسی نمودند و نشان دادند که ۸ هفته تمرین تناوبی شدید مقادیر TNF α و IL-6 را بطور معناداری کاهش می‌دهد (۱۲). ترتیبیان و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی

شروع تمرینات، ارزیابی قلبی-عروقی و تست ورزش با اجرای پروتکل بروس تعدیل شده برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max})^۱ انجام گرفت و سپس vVO_{2max} با استفاده از پلار برای هر فرد روی تردمیل مشخص گردید. یک روز قبل از شروع دوره‌ی تمرینی، ارزیابی ترکیب بدن با استفاده از دستگاه سنجش ترکیب بدن (Boca x1) انجام و رضایت‌نامه‌ی کتبی از بیماران گرفته شد. نمونه‌های خونی قبل از تمرین و پس از ۱۲ ساعت ناشتا بودن از ورید پیش بازویی جمع‌آوری گردید. گروه تمرین شش هفته HIIT را اجرا نمودند و ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین، نمونه‌های خون مجدداً جمع‌آوری و برای انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های خونی به مدت ۲۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد و سرم حاصله برای اندازه‌گیری IL-6 و TNF α با استفاده از کیت‌های اندازه‌گیری IL-6 و TNF α به روش سنجش ایمنی آنزیمی (ELISA)^۱ و با استفاده از دستگاه خوانش الایزا تعیین شد. دو نفر از گروه تمرین و یک نفر از گروه کنترل موفق به اتمام پژوهش نشدند که ارزیابی نهایی و تجزیه و تحلیل داده‌ها با ۱۰ نفر در گروه تمرین و ۷ نفر در گروه کنترل انجام گردید.

مواد و ابزار مورد استفاده پژوهش

۱. ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ کیلوگرم برای اندازه‌گیری وزن بدن (Max 330 Ib)
۲. دستگاه سنجش ترکیبات بدن (Boca x1)
۳. دستگاه سانتریفیوژ جهت جداسازی سرم (Pars Azma)
۴. دستگاه دیجیتالی اندازه‌گیری فشارخون (Beurer BM44)
۵. پلار جهت کنترل ضربان قلب در طول تمرین
۶. کیت الایزا شامل کیت IL-6 و TNF α
۷. نوار گردان

تعیین $VO_2 max$

برای ارزیابی سلامت قلبی-عروقی و تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی، کلیه بیماران تحت نظارت پزشک متخصص مورد ارزیابی قرار گرفته و تست بروس تعدیل شده را در محیط کلینیکی اجرا نمودند.

تأثیر ۹ هفته تمرین هوایی و مصرف مکمل مولتی ویتامین را بر شاخص‌های التهابی بررسی کردند و کاهش معنادار TNF α و CRP را به دنبال انجام تمرینات گزارش کردند(۱۳).

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که شدت و مدت تمرین در کاهش فاکتورهای التهابی بسیار تأثیرگذار است. امروزه در بحث کارایی تمرین، توجه بیشتر به تمریناتی است که با مدت زمان کمتر بتوانند سازگاری‌های بیشتری را در فرد ایجاد کنند. تمرینات تناوبی شدید (HIIT)^۱ شامل تکرارهایی با شدت بیشینه یا نزدیک به بیشینه است که توسط دوره‌های بازیافت غیرفعال یا فعال با شدت کم از هم جدا می‌شوند (۱۴). یافته‌ها نشان می‌دهند که HIIT به بهبود بیماری‌هایی نظیر سندروم متابولیک، نارسایی قلبی و انسداد مزمن ریوی کمک می‌کند (۱۵). لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر یک دوره اجرای HIIT بر فاکتورهای التهابی زنان مبتلا به اضافه وزن و مبتلا به دیابت نوع دو می‌باشد.

روش پژوهش

پژوهش از نظر روش جمع‌آوری اطلاعات، کمی و از لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی است. طرح تحقیق از نوع آزمایشی (نیمه تجربی) است که با استفاده از یک طرح آزمایشی پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شده است. جامعه‌ی آماری، زنان مبتلا به اضافه وزن و دیابت نوع دو بودند و نمونه‌ی آماری ۲۰ زن از جامعه‌ی فوق با محدوده‌ی سنی ۴۵ تا ۵۵ سال، میانگین وزن: $70/85 \pm 8/98$ کیلوگرم و میانگین شاخص توده‌ی بدن: $28/31 \pm 1/84$ کیلوگرم بر مترمربع، که به صورت تصادفی در دو گروه کنترل ($n=8$) و تمرین ($n=12$) قرار گرفتند. شرایط ورود به پژوهش داشتن سابقه‌ی دیابت نوع دو حداقل سه سال، درمان دارویی غیر انسولینی، اجرای تست بروس تعدیل شده و نداشتن علائم پاتولوژیکی در حین اجرای تست بود. همچنین افرادی که سابقه‌ی استئوآرتریت داشتند از ورود به این پژوهش منع شدند. آشناسازی با تردمیل به مدت سه جلسه و برای اجرای هرچه بهتر تست بروس و پروتکل تمرینی انجام گردید. یک هفته قبل از

برای مقایسه‌ی پس‌آزمون‌های توده‌ی چربی، IL-6 و TNF α برای دو گروه کنترل و تمرین خلاصه شده است. پس از شش هفته اجرای HIIT، توده‌ی چربی در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشت ($p=0/026$ ، $t=2/484$)، اما شاخص توده‌ی بدنی علیرغم کاهش $3/2$ درصدی، به لحاظ آماری معنادار نبود ($p=0/142$ ، $t=1/623$). در پایان شش هفته اجرای HIIT، IL-6 به میزان $7/8$ درصد کاهش داشت که این کاهش به لحاظ آماری معنادار نبود ($p=0/983$ ، $t=1/022$). نتایج آزمون t مستقل پس آزمون‌های TNF α ، نشان داد که کاهش معناداری بین گروه کنترل و تمرین وجود دارد ($p=0/016$ ، $t=2/938$). شکل ۱ و ۲، میانگین TNF α و IL-6 را قبل و بعد از تمرین در دو گروه نشان می‌دهند.

پروتکل HIIT یک دوره HIIT، شامل شش هفته تمرین (هر هفته سه جلسه، دو جلسه اول شامل شش تکرار، دو جلسه‌ی بعدی هشت تکرار و مابقی جلسات ده تکرار یک دقیقه‌ای دویدن با شدت ۹۰ الی ۱۰۰ درصد VO_{2max} با دوره‌های استراحت فعال یک دقیقه‌ای با شدت ۳۰ الی ۴۰ درصد VO_{2max} بود). قبل از هر جلسه تمرین، چهار دقیقه گرم کردن با شدت ۴۰ الی ۵۰ درصد VO_{2max} و در پایان هر جلسه تمرین، سه دقیقه سرد کردن با شدت ۳۰ الی ۴۰ درصد VO_{2max} انجام گردید.

نتایج

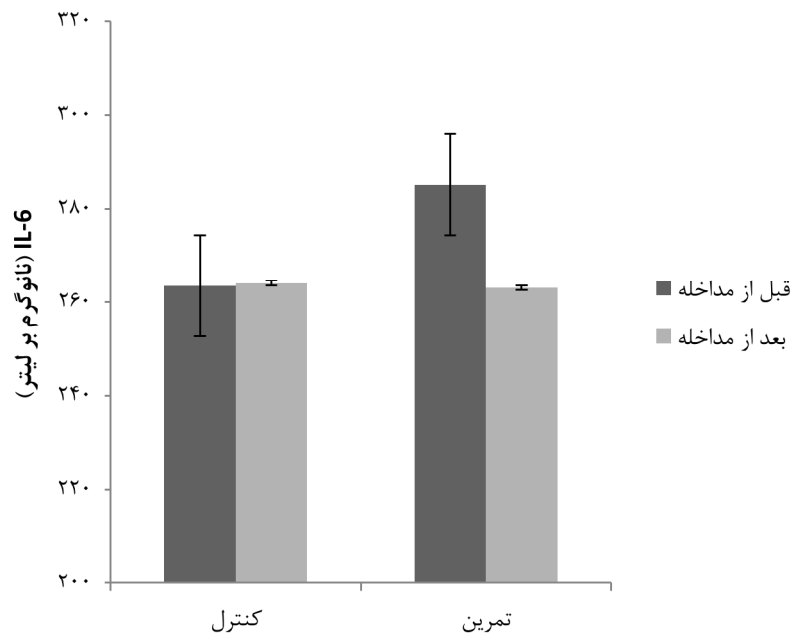
در جدول ۲، اطلاعات مربوط به نتایج آزمون t مستقل

جدول ۱. پروتکل تمرینی

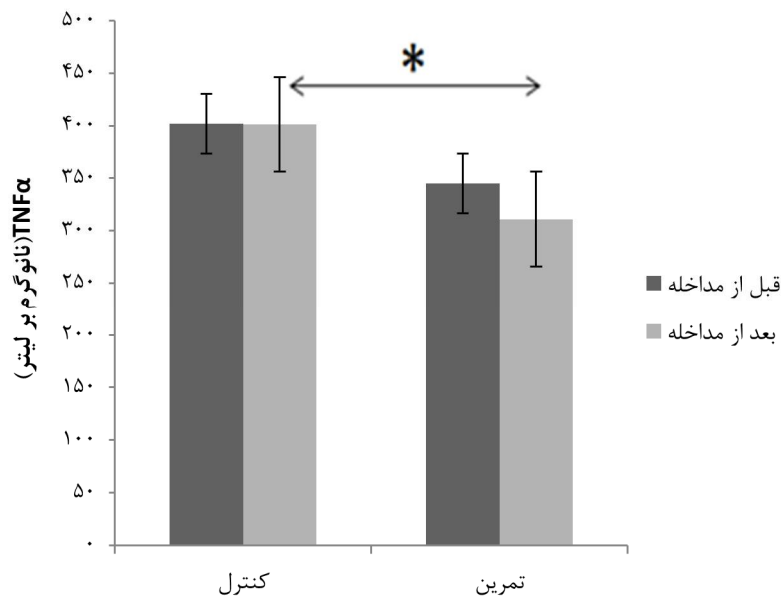
جلسه	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم تا آخرین جلسه‌ی تمرین
تعداد تکرار	۶	۶	۸	۸	۱۰
شدت فعالیت (بر اساس درصدی از حداکثر اکسیژن مصرفی)	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰
مدت فعالیت (ثانیه)	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
شدت استراحت (بر اساس در حداکثر اکسیژن مصرفی)	۳۰-۴۰	۳۰-۴۰	۳۰-۴۰	۳۰-۴۰	۳۰-۴۰
مدت استراحت (ثانیه)	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰

جدول ۲. نتایج t تست مستقل برای مقایسه پس‌آزمون شاخص توده‌ی بدن، توده چربی، TNF α و IL-6

متغیر	گروه	X \pm SD	T	df	P
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	کنترل	۲۸/۶۷ \pm ۲/۴۶	۱/۶۲۳	۱۵	۰/۱۴۲
	تمرین	۲۷/۰۲ \pm ۱/۲۴			
توده چربی (کیلوگرم)	کنترل	۲۶/۶۵ \pm ۴/۸۰	۲/۴۸۴	۱۵	۰/۰۲۶
	تمرین	۲۲/۳۴ \pm ۱/۸۶			
نانوگرم/لیتر IL-6	کنترل	۲۶۴/۱۴ \pm ۸۷/۴۷	۱/۰۲۲	۱۵	۰/۹۸۳
	تمرین	۲۶۳/۱۱ \pm ۹۸/۱۶			
نانوگرم/لیتر TNF α	کنترل	۴۰۱/۰۰ \pm ۷۱/۶۱	۲/۹۳۸	۱۵	۰/۰۱۶
	تمرین	۳۱۱/۰۰ \pm ۴۳/۰۰			



شکل ۱. میانگین (±انحراف معیار) مقادیر IL-6 در گروه‌های کنترل و تمرین



شکل ۲. میانگین (±انحراف معیار) مقادیر TNFα در گروه‌های کنترل و تمرین (* نشان دهنده تفاوت معنی دار با گروه کنترل می‌باشد)

بحث و نتیجه‌گیری

شش هفته اجرای HIIT در آزمودنی‌ها مشاهده شد در حالی که کاهش ۷/۸ درصدی IL-6، به لحاظ آماری معنادار نبود.

عدم فعالیت و چاقی به عنوان عوامل خطرزا برای گستره‌ی وسیعی از بیماری‌های مزمن از جمله دیابت

نتایج مربوط به پژوهش حاضر نشان داد که میانگین توده‌ی چربی زنان مبتلا به دیابت نوع دو در پایان یک دوره اجرای HIIT به طور معناداری به میزان ۷/۱ درصد کاهش یافت، ولی کاهش ۳/۲ درصدی میانگین شاخص توده‌ی بدنی به لحاظ آماری معنادار نبود. کاهش معنادار TNFα به دنبال

نتایج این مطالعه هم‌راستا بود. از آنجا که در این پژوهش از HIIT با شدت ۹۰ الی ۱۰۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی استفاده شد شاید بتوان گفت علت عدم معناداری کاهش IL-6 مربوط به مدت کوتاه تمرینات و نه شدت آن است. عامل دیگر که باید در مورد عدم کاهش معنادار IL-6 مورد توجه قرار گیرد این است از آنجایی که این فاکتور از ارگان‌های مختلفی ترشح می‌شود، می‌تواند به عنوان سایتوکاین در دو نقش پیش التهابی و ضد التهابی عمل کند (۲۳). وقتی که IL-6 از سلول‌های T و ماکروفاژها ترشح می‌شود پاسخ ایمنی را تحریک کرده و واکنش التهابی را بالا می‌برد و زمانی که عضلات آن را به عنوان مایوکاین ترشح می‌نمایند باعث ایجاد یک اثر ضد التهابی از طریق اثر مهار بر TNF α و IL-1 β و فعال کردن IL-1ra و IL-10 دارد (۲۳). از آنجایی که فعالیت ورزشی و انقباض عضلات، ترشح IL-6 را از عضله افزایش می‌دهد (۲۴) و با توجه به این واقعیت که در پژوهش ما مقدار IL-6 در سرم اندازه‌گیری شد و به طور مشخص مقدار ترشح شده از سلول‌های T و ماکروفاژها و نقش ویژه آن به عنوان یک فاکتور پیش التهابی بررسی نشده، شاید بتوان گفت که این موضوع در عدم معناداری کاهش IL-6 نقش دارد. از آنجایی که مقدار IL-6 به عنوان یک فاکتور پیش التهابی در افراد دیابتی در مقایسه با افراد سالم بالاتر است این کاهش ۷/۸ درصدی IL-6 می‌تواند قابل توجه باشد.

نتایج مطالعه نشان داد که شش هفته اجرای HIIT باعث کاهش معنادار TNF α سرم شد. مجموع داده‌ها پیشنهاد می‌کند که TNF α دارای یک نقش مستقیم در سندروم متابولیک است. بیماران مبتلا به دیابت نوع دو، بیان بالایی از TNF α در عضلات اسکلتی و همچنین پلاسما دارند (۲۵). احتمالاً بافت چربی اصلی‌ترین و مهمترین منبع تولید TNF α است (۲۶). نقش TNF α در سیگنالینگ انسولین اثبات شده و نشان داده شده است که این فاکتور باعث اختلال تحریک انسولین و همچنین درصد گلوکز ذخیره در سلول‌های عضلانی انسان می‌شود (۱۶). اثر TNF α بر سیگنالینگ انسولین یک اثر مهار مستقیم است و از آنجا که TNF α لیپولیز را در انسان و موش

شناخته می‌شوند و فعالیت ورزشی به عنوان یک مداخله‌ی سودمند در مقابله با چاقی و عوارض آن شناخته می‌شود (۱۴). تمرینات HIIT در مقایسه با تمرینات تداومی از کارایی بیشتری برخوردار است و سازگاری‌هایی مشابه و یا حتی بیشتر از تمرینات استقامتی ایجاد می‌کند (۱۶).

نتایج پژوهش حاضر کاهش معنادار توده‌ی چربی (۷/۱٪) را نشان داد که با مطالعه‌ی ژانگ و همکارانش (۲۰۱۵) هم‌راستا بود که افزایش اکسیداسیون چربی و کاهش بیشتر چربی بدن را به دنبال اجرای HIIT در مقایسه با تمرینات تداومی با شدت متوسط نشان دادند (۱۷). در ارتباط با کاهش معنادار توده‌ی چربی توجه به این نکته ضروری است که استفاده از چربی، ساعت‌ها پس از تمرین تناوبی شدید به عنوان منبع انرژی ادامه دارد. وایت و ویلسون (۲۰۱۳) نشان دادند که بهره‌ی تنفسی ۱۸ تا ۲۲ ساعت بعد از یک فعالیت تناوبی سرعتی دوچرخه کمتر از گروه کنترل است و بهره‌ی تنفسی کمتر نشان‌دهنده‌ی افزایش استفاده از چربی به عنوان منبع تولید انرژی پس از فعالیت است (۱۸). در هنگام انجام فعالیت در تمرین هوازی با شدت متوسط نسبت به تمرین HIIT، چربی، منبع سوخت مهمتری محسوب می‌گردد اما در ساعت‌های بعد از HIIT اکسیداسیون چربی افزایش می‌یابد. اجرای HIIT از یک طرف از طریق افزایش انرژی مصرفی به شکل چربی به خصوص در ساعت‌های بعد از جلسه‌ی تمرینی و از طرف دیگر، با کاهش اشتها و در نتیجه کاهش دریافت انرژی که می‌تواند تحت تأثیر شدت تمرین قرار گیرد تعادل منفی انرژی را به دنبال دارد (۱۹). بنابراین می‌توان گفت که تمرینات تناوبی شدید برای کاهش توده‌ی چربی بدن مناسب می‌باشد.

نتیجه‌ی پژوهش حاضر نشان داد که شش هفته اجرای HIIT می‌تواند باعث کاهش IL-6 به عنوان یک سایتوکاین پیش التهابی گردد هرچند که این کاهش به لحاظ آماری معنادار نبود. بالدوچی و همکاران (۲۰۱۰)، هردر و همکاران (۲۰۰۹) و اوپربا و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعاتی که بر روی افراد مبتلا به دیابت نوع دو و به مدت ۱۲ ماه انجام گرفت کاهش IL-6 را گزارش نمودند (۲۱، ۲۲، ۱۱) که با

نتیجه‌گیری کرد که شش هفته اجرای HIIT می‌تواند باعث بهبود فاکتورهای پیش التهابی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شود. از آنجایی که میزان سایتوکاین‌های پیش التهابی IL-6 و TNF α در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو بالاتر از افراد سالم است و این موضوع می‌تواند افراد دیابتی را در معرض ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی قرار دهد، به نظر می‌رسد که بتوان HIIT را در برنامه تمرینی افراد مبتلا به اضافه وزن و دیابت نوع دو قرار داد. در خصوص عدم کاهش معنادار IL-6 پیشنهاد میشود پژوهشی مشابه پژوهش حاضر با تاکید بر تولید IL-6 از ماکروفاژها و سلول تی و عضله اسکلتی انجام گیرد تا مشخص شود که این فاکتور به عنوان فاکتور پیش التهابی و ضد التهابی چه تغییری می‌کند.

پی‌نوشت‌ها

1. Dyslipidemia
2. C-reactive protein
3. Interleukin 6
4. tumor necrosis factor alpha
5. Reactive oxygen species
6. Cyclooxygenase
7. AMP-activated protein kinase
8. High Intensity Interval Training
9. Maximal oxygen consumption
10. Enzyme-linked immunosorbent assay

منابع

1. Longo D, Fauci A, Kasper D, Hauser S. Harrison's Principles of Internal Medicine 18th edition. McGraw-Hill Professional; 2011.
2. Golbidi S, Badran M, Laher I. Antioxidant and anti-inflammatory effects of exercise in diabetic patients. *Experimental diabetes research*. 2011; 11:201-2.
3. Festa A, D'Agostino R, Tracy RP, Haffner SM. Elevated levels of acute-phase proteins and plasminogen activator inhibitor-1 predict the development of type 2 diabetes the insulin resistance atherosclerosis study. *Diabetes*. 2002; 51:1131-7.
4. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR. Exercise and type 2 diabetes the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes care*. 2010; 33:147-67.
5. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to

افزایش می‌دهد، به طور غیر مستقیم از طریق افزایش اسید چرب آزاد از بافت چربی می‌تواند باعث مقاومت به انسولین در بدن انسان شود. شواهد نشان می‌دهد که TNF α تأثیری بر اکسیداسیون اسید چرب ندارد اما در ترکیب و اتصال اسیدچرب برای تولید دی‌آسیل گلیسرول نقش داشته که ممکن است در گسترش مقاومت به انسولین تحریک شده با TNF α در عضله‌ی اسکلتی نقش داشته باشد (۱۶). مکانیزم مرتبط با کاهش فاکتورهای پیش التهابی در اثر تمرین ورزشی ناشی از فعال کردن بیان سیستم آنتی‌اکسیدانی سلولار است، تمرین ورزشی همچنین باعث تولید ROS می‌شود که برای تولید نیروی طبیعی در عضله‌ی اسکلتی، پیشرفت سازگاری ناشی از تمرین استقامتی و القای سیستم‌های دفاعی درون‌زا مؤثر است. از طرفی تمرین منظم باعث می‌شود که سطح TNF α پایین بیاید که این کاهش از طریق افزایش فاکتورهای ضد التهابی نظیر IL-4 و IL-10 صورت می‌گیرد (۲۷). کادوگلو و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی تأثیر تمرین هوازی با شدت متوسط را در افراد مبتلا به دیابت نوع دو بررسی کرده و نشان دادند که کاهش TNF α بعد از شش ماه تمرین متوسط به لحاظ آماری معنادار نبود (۱۰). علت تناقض پژوهش ذکر شده با این تحقیق را می‌توان به شدت تمرین نسبت داد چرا که تمرین HIIT با شدت زیاد باعث کاهش معنادار توده‌ی چربی و در نتیجه کاهش معنادار TNF α شد. نیمو و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله مروری خود که تأثیر انواع فعالیت‌ها را بر التهاب مورد بررسی قرار دادند بیان کردند که تمرینات هوازی با شدت کم تا متوسط بر پروتیین‌های التهابی در گردش تأثیری نداشته و کاهش معناداری را ایجاد نمی‌کند. آنها اظهار کردند که تمرینات HIIT، حتی در مدت کوتاه دو هفته باعث ایجاد بهبودی‌های مرتبط با سلامتی می‌شوند. کاهش فاکتورهای پیش التهابی و افزایش فاکتورهای ضد التهابی به دنبال اجرای HIIT مشاهده شد (۲۸). بنابراین به نظر می‌رسد که فعالیت شدید در مقایسه با فعالیت با شدت متوسط، مزایای بیشتری در ارتباط با سلامتی داشته باشد. به طور کلی بر اساس یافته‌های تحقیق می‌توان

- 3:296-301.
16. Pedersen BK. The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardiovascular disease control. *Essays in biochemistry*. 2006; 42:105-17.
 17. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of physiology*. 2012; 590:1077-84.
 18. Zhang H, K Tong T, Qiu W, Wang J, Nie J, He Y. Effect of high-intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight Chinese women: a randomized controlled trial. *Kineziologija*. 2015; 47:57-66.
 19. Whyte LJ, Ferguson C, Wilson J, Scott RA, Gill JM. Effects of single bout of very high-intensity exercise on metabolic health biomarkers in overweight/obese sedentary men. *Metabolism*. 2013; 62:212-9.
 20. De Feo P. Is high-intensity exercise better than moderate-intensity exercise for weight loss? *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2013; 23:1037-42.
 21. Herder C, Peltonen M, Koenig W, Sütfels K, Lindström J, Martin S. Anti-inflammatory effect of lifestyle changes in the Finnish Diabetes Prevention Study. *Diabetologia*. 2009; 52:433-42.
 22. Oberbach A, Lehmann S, Kirsch K, Krist J, Sonnabend M, Linke A. Long-term exercise training decreases interleukin-6 (IL-6) serum levels in subjects with impaired glucose tolerance: effect of the-174G/C variant in IL-6 gene. *European Journal of Endocrinology*. 2008; 159:129-36.
 23. Febbraio MA, Pedersen BK. Contraction-induced myokine production and release: is skeletal muscle an endocrine organ?. *Exercise and sport sciences reviews*. 2005; 33:114-9.
 24. Pedersen BK, Febbraio MA. Interleukin-6 does/does not have a beneficial role in insulin sensitivity and glucose homeostasis. *Journal of Applied Physiology*. 2007; 102:814-6.
 25. Ray A, Huisman MV, Tamsma JT, van Asten J, Bingen BO, Broeders EA. The role of inflammation on atherosclerosis, intermediate and clinical cardiovascular endpoints in type 2 diabetes mellitus. *European journal of internal medicine*. 2009; 20:253-60.
 26. Thomsen SB, Rathcke CN, Zerahn B, Vestergaard H. Increased levels of the calcification marker matrix Gla Protein and the inflammatory markers YKL-40 and CRP in patients with type 2 diabetes and ischemic heart short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. *Exercise and sport sciences reviews*. 2008; 36:58-63.
 6. Bruce CR, Anderson MJ, Carey AL, Newman DG, Bonen A, Kriketos AD. Muscle oxidative capacity is a better predictor of insulin sensitivity than lipid status. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2003; 88:5444-51.
 7. Starkie R, Ostrowski SR, Jauffred S, Febbraio M, Pedersen BK. Exercise and IL-6 infusion inhibit endotoxin-induced TNF- α production in humans. *The FASEB Journal*. 2003; 17:884-6.
 8. Keller C, Keller P, Giralt M, Hidalgo J, Pedersen BK. Exercise normalises overexpression of TNF- α in knockout mice. *Biochemical and biophysical research communications*. 2004; 321:179-82.
 9. Petersen EW, Carey AL, Sacchetti M, Steinberg GR, Macaulay SL, Febbraio MA, Pedersen BK. Acute IL-6 treatment increases fatty acid turnover in elderly humans in vivo and in tissue culture in vitro. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2005; 288: 155-62.
 10. Kadoglou NP, Iliadis F, Angelopoulou N, Perrea D, Ampatzidis G, Liapis CD, Alevizos M. The anti-inflammatory effects of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2007; 14:837-43.
 11. Balducci S, Zanuso S, Nicolucci A, Fernando F, Cavallo S, Cardelli P. Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2010; 20:608-17.
 12. Kazemi AR, Shahrokhi Kh. The effect of 8 weeks of hit workouts plasma levels of tnf-a, il-6 and lipid profile in overweight children. *Journal of Knowledge & Health* 2016; 11:24-31.
 13. Tartibian B, Ghodrati Gharabag Z, Gaeini A, Tolouei-Azar J. Influence of 9 Weeks Aerobic Exercise and Multivitamin supplement on inflammation biomarkers as Cardiovascular Risk Factor in Non-athletic Obese Women. (Iran2000-2010). *Zahedan J Res Med Sci (ZJRMS)* 2011; 13:20-30.
 14. Gibala MJ, Ballantyne C. High-intensity interval training: New insights. *Sports Science Exchange*. 2007;20:1-5.
 15. Earnest C. The role of exercise interval training in treating cardiovascular disease risk factors. *Current Cardiovascular Risk Reports*. 2009;

- disease. Cardiovascular diabetology. 2010; 9:86.
27. Fallon KE, Fallon SK, Boston T. The acute phase response and exercise: court and field sports. British Journal of Sports Medicine. 2001; 35:170-3.
28. Nimmo MA, Leggate M, Viana JL, King JA. The effect of physical activity on mediators of inflammation. Diabetes, Obesity and Metabolism. 2013; 15:51-60.