

## تأثیر ۲ نوع تمرین سرعتی- تناوبی و استقامتی- تداومی با شدت و حجم‌های مختلف بر سطح مارکرهای التهابی

فریبرز هوانلو<sup>۱</sup>، طاهره عارفی راد<sup>۱\*</sup>، سجاد احمدی‌زاد<sup>۱</sup>، مهدی هدایتی<sup>۲</sup>

### چکیده

**مقدمه:** در مطالعات مقطعی و طولی، اثر ضدالتهابی تمرین ورزشی تأیید و به تأثیر آن بر سایتوکاین‌های مختلف التهابی و نیز پیش‌التهابی اشاره شده است. هدف از تحقیق حاضر مقایسه دو شیوه تمرین سرعتی - تناوبی با شدت بالا و حجم پایین و تمرین استقامتی - تداومی با شدت متوسط و حجم بالا بر سطوح مارکرهای التهابی می‌باشد.

**روش‌ها:** شانزده دانشجو با میانگین و انحراف معیار سنی  $23 \pm 2$  سال و وزن  $65/2 \pm 9/3$  کیلوگرم و حداکثر اکسیژن مصرفی  $33/96 \pm 5/62$  میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. تمرین سرعتی - تناوبی شامل وهله‌های ۴ تا ۶ تایی آزمون وینگیت با حداکثر توان با ۴ دقیقه ریکاوری بین وهله‌ها و تمرین استقامتی - تداومی شامل ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه فعالیت با شدت ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی بروی دوچرخه کارسینج که هر دو تمرین (برای ۳ روز/ هفته) به مدت ۲ هفته بود. در هر دو گروه قبل و ۲ روز پس از اتمام پروتکل نمونه‌های خون و سرم جهت بررسی سطح اینترلوکین ۶ (Interleukin 6)، اینترلوکین ۱۰ و (Interleukin 10) پروتئین واکنش پذیر C (C Reactive Protein)، سلول‌های سفید خون (White Blood Cell)، گلوکز و انسولین گرفته شد. شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) با استفاده از غلظت گلوکز و انسولین محاسبه گردید. داده‌ها با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس مکرر و من ویتنی یو مورد بررسی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد، بین تأثیر دو نوع برنامه تمرینی منتخب بر کلیه عوامل مذکور تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ( $P > 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** در مجموع، بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر نتیجه‌گیری می‌شود که تمرین سرعتی - تناوبی و تمرین استقامتی - تداومی بر مارکرهای التهابی تأثیر یکسانی دارند.

**واژگان کلیدی:** IL-6، IL-10، CRP، تمرین سرعتی - تناوبی، تمرین استقامتی - تداومی

۱- دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۲- مرکز تحقیقات پیشگیری و درمان چاقی، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

\***نشانی:** تهران، اوین، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، گروه فیزیولوژی ورزش، کد پستی ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳،

پست الکترونیک: tahereharefyrad@yahoo.com

## مقدمه

بیشترین عامل مرگ و میر در جهان را بیماری‌های مزمن و التهابی تشکیل می‌دهند و این در حالی است که بین آمادگی قلبی تنفسی با بیماری‌ها در افراد رابطه معکوسی مشاهده شده است [۱]. در مطالعات مقطعی و طولی اثر ضدالتهابی تمرین ورزشی تأیید [۲-۴] و به تاثیر آن بر سایتوکاین‌های<sup>۱</sup> مختلف التهابی و نیز پیش‌التهابی اشاره شده است [۵-۶]. وجود یک ارتباط معکوس، قوی و دائمی بین آمادگی بدنی و تعداد سلول‌های سفید خون و مارکرهای التهابی مثل IL-6 و CRP سرم ثابت شده است، در حالی که IL-10 که یک سایتوکاین ضدالتهابی است بطور مثبتی به آمادگی بدنی مربوط است [۲]. فیچر و همکاران نشان دادند در کل میزان بیان ژنی عضلانی IL-6 پس از ۱۰ هفته تمرین استقامتی اکستنشن زانو (۱ ساعت در هر جلسه با شدت ۷۵ درصد حداکثر توان که تا انتهای ۱۰ هفته ۵ تا ۱۰ درصد افزایش می‌یافت) به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد [۷]، اما نتایج مطالعات روبسن انسلوی و همکاران نشان داد که یک دوره دویدن شدید ۴ هفته‌ای (به صورت تناوبی به مدت ۳ روز در هفته) می‌تواند سیستم ایمنی ذاتی را سرکوب و افزایش مزمن در ایترولوکین ۶ را ایجاد کند [۸]. اگر چه پیشنهادها رایج برای بهبود آمادگی بدنی اجرای فعالیت‌های هوازی و مقاومتی با شدت متوسط تا شدید برای چندین ساعت در هفته است، اما امروزه توجه متخصصان به برنامه تمرینی تناوبی با شدت بالا و حجم کم بیشتر شده است. تحقیقات نشان می‌دهند که این نوع تمرین باعث افزایش اکسیداسیون چربی در طول ورزش در زنان [۹]، بهبود عملکرد انسولین در افراد جوان غیرفعال [۱۰] و افزایش ظرفیت اکسایشی عضله اسکلتی [۱۱-۱۳] می‌شود و حتی در موش‌های دارای سندرم متابولیکی نیز اجرای این تمرین، نسبت به ورزش با شدت متوسط برای کاهش خطرات عوامل خطرزای قلبی-عروقی مفیدتر بوده است [۱۴]. همچنین راکوبوچوک و همکاران در تحقیق خود بر روی افراد سالم بدون تمرین نشان دادند که ۶ هفته تمرین

سرعتی - تناوبی با حجم پایین (۴ تا ۶ آزمون وینگیت با ۴/۵ دقیقه ریکاوری، ۳ زوز در هفته) نسبت به تمرین هوازی (۴۰ تا ۶۰ دقیقه با شدت ۶۵٪ اوج حداکثر اکسیژن مصرفی، ۵ روز در هفته) معمولی با حجم بالا روش کار آمدی برای بهبود در ساختار و عملکرد عروق محسوب می‌شود [۱۵]. لذا با توجه به اینکه تحقیقات اندکی به بررسی تاثیر تمرینات تناوبی با شدت بالا بر مارکرهای التهابی صورت گرفته است، تحقیق حاضر طراحی گردید تا با مقایسه تاثیر دو شیوه تمرین تناوبی با شدت بالا و حجم پایین و تمرین استقامتی با شدت متوسط و حجم بالا بر سطوح مارکرهای التهابی به این سوال پاسخ دهد که آیا بین تاثیر این دو نوع ورزش بر سطوح مارکرهای التهابی تفاوتی وجود دارد یا نه.

## روش‌ها

### آزمودنی‌ها

آزمودنی‌های این تحقیق شامل ۱۶ نفر (۸ دختر، ۸ پسر) از دانشجویان دانشگاه شهید بهشتی بودند که پس از اعلام آمادگی و تکمیل فرم رضایت نامه به صورت داوطلب از بین دانشجویان ساکن خوابگاه انتخاب و در این پژوهش شرکت کردند. همه آزمودنی‌های شرکت کننده در این تحقیق دارای سابقه فعالیت ورزشی به صورت تفریحی بودند. آزمودنی‌ها در طی یک جلسه معارفه و آشنایی که چند روز قبل از شروع اجرای تحقیق برگزار شد از شیوه انجام آزمون‌ها و برنامه تمرینی آگاهی کاملی پیدا کرده و فرم رضایت نامه را آگاهانه امضا کردند. ضمناً هر یک از افراد دو پرسشنامه اطلاعات عمومی و فعالیت بدنی را تکمیل کردند و همچنین کلیه آزمودنی‌ها مختار بودند که در هر مرحله از تحقیق که خواستند انصراف دهند. پس از تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی، افراد به دو گروه تجربی (با توجه به نوع تمرین) تقسیم شدند.

### برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی

حداقل یک هفته قبل از اجرای پروتکل از آزمودنی‌ها خواسته شد به منظور اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی

رها شده و فشار تنظیم شده بر روی رکاب اعمال می‌شود، به این صورت که نیروی وزنه های آویزان متصل به انتهای ریسمان از طریق افزایش اصطکاک بین فلای ویل دوچرخه و ریسمانی که روی آن قرار داشت به رکاب منتقل شد. در این زمان آزمودنی ها در پاهای خود فشار بیشتری احساس می کردند ولی علی رغم این مسئله باید سعی می کردند تا همچنان با حداکثر توان تا پایان ۳۰ ثانیه در برابر بار اعمال شده مقاومت کرده و به رکاب زدن ادامه دهند. در این آزمون افراد در تمام طول مراحل کار توسط محقق تشویق شدند. هر جلسه تمرین، شامل گرم کردن، تمرین و سرد کردن بود. گرم کردن، شامل حرکات کششی و رکاب زدن بدون بار بر روی دوچرخه کارسنج به مدت ۵ دقیقه بود. بعد از تمرین نیز جلسه با سرد کردن که شامل انجام حرکات کششی و راه رفتن بود، خاتمه می پذیرفت.

### پروتکل تمرین استقامتی - تداومی

در این تحقیق آزمودنی‌ها پروتکل تمرین استقامتی را در قالب ۶ جلسه تمرینی با یک الی دو روز استراحت در بین آنها در ۲ هفته (همانند گروه تناوبی) اجرا کردند. مدت زمان هر جلسه در دو جلسه اول ۹۰ دقیقه رکاب زدن به صورت مستمر با شدت برابر ۶۵٪ اکسیژن مصرفی بیشینه بود، که این زمان در دو جلسه دوم به ۱۰۵ دقیقه و در دو جلسه آخر به ۱۲۰ دقیقه رسید [۱۳]. هر جلسه شامل گرم کردن، تمرین و سرد کردن بود. گرم کردن، شامل انجام حرکات کششی به مدت ۲ دقیقه، سپس، رکاب زدن بدون بار بروی دوچرخه به مدت ۳ دقیقه بود که بدنبال آن تمرین با اعمال بار ۵۰ وات شروع شده تا شخص به ۶۵٪ اکسیژن مصرفی بیشینه خود رسیده و تا پایان زمان مورد نظر آن جلسه، رکاب می زد. بعد از تمرین نیز جلسه با سرد کردن که شامل انجام حرکات کششی و راه رفتن بود، خاتمه می پذیرفت.

### نمونه گیری خونی و جمع آوری داده ها

خونگیری در ساعت ۸-۱۰ صبح با حضور آزمودنی ها در پژوهشکده غدد و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شد. از افراد خواسته شد تا از ۸ الی ۹ ساعت

به آزمایشگاه مراجعه کنند. حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از آزمون پیشرونده بر روی دوچرخه ارگومتر تا سر حد خستگی ارادی انجام گرفت. ابتدا، بعد از انجام حرکات کششی و ۵ دقیقه گرم کردن بر روی دوچرخه، آزمون با مقاومت ۵۰ وات شروع و سپس، به ازای هر ۲ دقیقه ۲۵ وات به آن افزوده شد تا زمانی که آزمودنی به علت خستگی قادر به ادامه کار نبود. تجزیه هوای تنفسی با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر انجام شد و حداکثر اکسیژن مصرفی بعنوان بالاترین میزان اکسیژن مصرف شده در دوره های ۳۰ ثانیه‌ای محاسبه شد. در مدت آزمون، ضربان قلب بطور پیوسته با استفاده از ضربان سنج دیجیتالی کنترل می شد. حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از معیارهای تایید شده توسط موسسه بریتانیایی علوم ورزشی و فعالیت بدنی (BASES) تعیین شد، این معیارها شامل: نسبت تبادل تنفسی (RER) بالاتر از ۱/۱۵، بدون تغییر ماندن سطح اکسیژن مصرفی علی رغم افزایش میزان بار و نیز ضربان قلب نزدیک به میزان حداکثر پیش بینی شده بر اساس سن (HRmax=220-age)<sup>۱</sup> بودند [۱۶].

### پروتکل تمرین سرعتی - تناوبی

پروتکل تمرین تناوبی برای ۲ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه با شدت بالا اجرا شد. هر جلسه شامل ۶-۴ تکرار آزمون وینگیت را شامل می‌شد. چهار دقیقه، زمان برای ریکاوری در بین اجراها در نظر گرفته شد. در طول ریکاوری افراد استراحت داشتند. تعداد تکرارها از ۴ بار در دو جلسه اول به ۵ بار در جلسه‌های سوم و چهارم و ۶ بار در دو جلسه آخر افزایش می‌یافت [۱۳]. زمان کل فعالیت در هر جلسه بتدریج از ۱۹ به ۲۸ دقیقه رسید. افراد در این گروه حداکثر تلاش خود را در آزمون وینگیت به مدت ۳۰ ثانیه بر روی دوچرخه کارسنج با مقاومتی معادل ۷/۵٪ از وزن بدن خود اعمال می‌کردند. دوچرخه به رایانه‌ای وصل شده بود که مقاومت متناسب با هر شخص را نشان داد. در این آزمون از افراد خواسته شد که با حداکثر توان و بدون اعمال مقاومت کار را شروع کنند، پس از تقریباً ۵ الی ۶ ثانیه بطور خودکار مقاومت، اعمال شد. در این حالت وزنه‌ها به طور خودکار

بررسی نوع تمرین بر میزان شاخص‌ها ابتدا تفاوت بعد و قبل شاخص‌ها در هر گروه محاسبه شده، سپس این تفاوت در دو گروه با استفاده از آزمون‌های تی تست مستقل (در صورت نرمال بودن توزیع) و آزمون من ویتنی یو (در صورت نرمال نبودن توزیع) صورت پذیرفت. همچنین برای بررسی تغییرات در هر تمرین از آزمون تی وابسته (در صورت نرمال بودن توزیع) و ویل کاکسون (در صورت نرمال نبودن توزیع) استفاده شد. سطح معنی داری برای تمامی تحلیل‌های آماری  $p < 0.05$  در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

در این مطالعه ۸ نفر (۵۰٪) از افراد مرد و ۸ نفر (۵۰٪) زن بودند. میانگین سن افراد تحت مطالعه  $23 \pm 2$  سال، میانگین وزنی  $65.2 \pm 9.3$  کیلوگرم و حداکثر اکسیژن مصرفی  $33.96 \pm 5.62$  میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه بود (جدول ۱). جدول ۲ میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) متغیرها را قبل و بعد از اجرای دو پروتکل ورزشی در افراد تحت مطالعه نشان می‌دهد. نمودارهای ۵-۱ تأثیر نوع تمرین بر میزان IL-10، IL-6، CRP، سلول‌های سفید خون و شاخص مقاومت به انسولین سرم را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود این روابط از لحاظ آماری معنی‌داری نمی‌باشد ( $P > 0.05$ ). پاسخ IL-6 به هر دو نوع تمرین متفاوت بود به نحوی که میانگین IL-6 سرم بعد از تمرین استقامتی- تداومی با حجم بالا افزایش داشت ( $P > 0.05$ ) اما پس از تمرین سرعتی - تناوبی با حجم پایین کاهش را نشان داد ( $P > 0.05$ ) که معنی‌دار نبودند. نتایج نشان می‌دهند سطح IL-10 و CRP در هر دو نوع تمرین کاهش یافته است اما این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). همچنین میزان سلول‌های سفید خون پس از هر دو نوع تمرین کاهش را نشان داد که این کاهش تنها در تمرین استقامتی - تداومی با حجم بالا معنی‌دار بود ( $P = 0.037$ ). علاوه بر این، نتایج نشان داد که میانگین شاخص مقاومت انسولین پس از فعالیت در تمرین سرعتی - تناوبی با حجم پایین کاهشی نزدیک به معنی‌داری پیدا کرده است ( $P = 0.053$ ) و این در حالی است که در تمرین استقامتی - تداومی با حجم بالا میزان آن بدون تغییر باقی مانده است ( $P = 0.949$ ).

قبل از آزمون ناشتا بوده و از ساعت ۶ بعداز ظهر روز قبل از (دو نوبت) خونگیری نیز تا حد امکان غذاهای یکسانی مصرف و از خوردن مواد حساسیت زا<sup>۱</sup> خودداری کنند و از ۲۴ ساعت قبل از تحقیق نیز از انجام فعالیت سنگین منع شدند، در صورت وجود میزان خواب یکسان در شب گذشته (۸-۹ ساعت) و عدم مصرف دارو در ۲۴ ساعت قبل از خونگیری و عدم وجود علائمی از عفونت در ۱ هفته قبل از نمونه‌گیری. در هر جلسه خونگیری، ۱۰ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ بازویی گرفته شد. خونگیری در هر دو حالت بعد از ۱۵ دقیقه نشستن بروی صندلی انجام شد که اولین خونگیری ۲۴ ساعت قبل از اولین جلسه تمرینی و دومین خونگیری (بعد از ۲ هفته) ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی انجام شد. بلافاصله بعد از خونگیری، ۲ میلی‌لیتر خون در لوله‌های حاوی EDTA<sup>۲</sup> برای جلوگیری از لخته شدن ریخته و سریعاً برای اندازه‌گیری WBC استفاده شد و ۸ میلی‌لیتر خون، بعد از لخته شدن به مدت ۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد در ساتریفوژ با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه گذاشته شد و سرم حاصل از آن در دمای منفی ۷۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد، تا بعداً میزان اینترلوکین ۶، اینترلوکین ۱۰، CRP، گلوکز و انسولین موجود در آن‌ها اندازه‌گیری شود. IL-6، IL-10، CRP و انسولین و گلوکز بر اساس کیت‌های ELISA<sup>۳</sup> اندازه‌گیری شد. مقاومت به انسولین با روش HOMA-IR اندازه‌گیری شد.

$$\text{انسولین ناشتا (میکرو یونیت بر میلی لیتر)} \times \left( \frac{\text{گلوکز ناشتا (میلی مول بر لیتر)}}{22/5} \right) = \text{HOMA-IR}$$

WBC با روش CBC یا Complete Blood Count اندازه‌گیری شد.

### تحلیل آماری

در این تحقیق به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از SPSS۱۶ استفاده شد. ابتدا به منظور تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شده است. برای

۱- شامل کلیه موادی بودند که بر اساس اظهارات آزمودنی‌ها در پرسشنامه اطلاعات عمومی نسبت به آن حساسیت داشتند.

2- Ethylene Diamine Tetraacetic Acid

3- Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay

جدول ۱- ویژگی‌های عمومی و فیزیولوژیکی افراد شرکت کننده در مطالعه

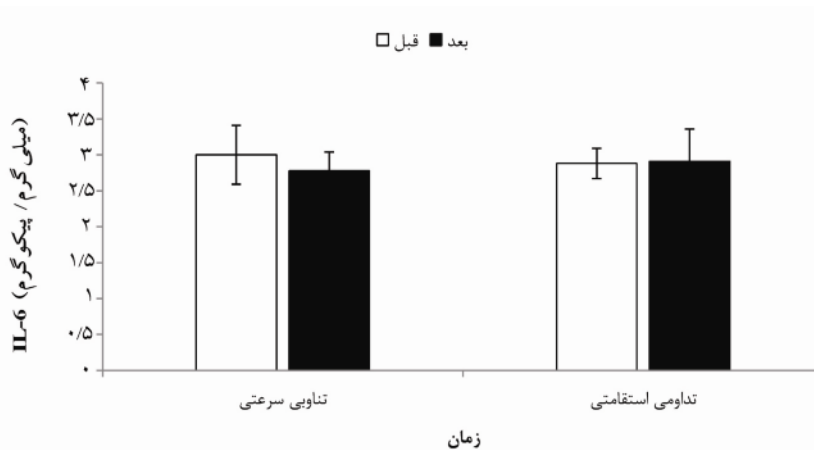
گروه	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (kg/m <sup>2</sup> )	حداکثر اکسیژن مصرفی (دقیقه/کیلوگرم/میلی لیتر)
تناوبی سرعتی	22 ± 2/16	1/71 ± 0/09	65/91 ± 7/88	22/37 ± 2/50	33/75 ± 6/08
تداومی استقامتی	25 ± 1/69	1/70 ± 0/09	65/38 ± 1/14	22/44 ± 2/02	34/17 ± 5/52

\* مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده‌اند.

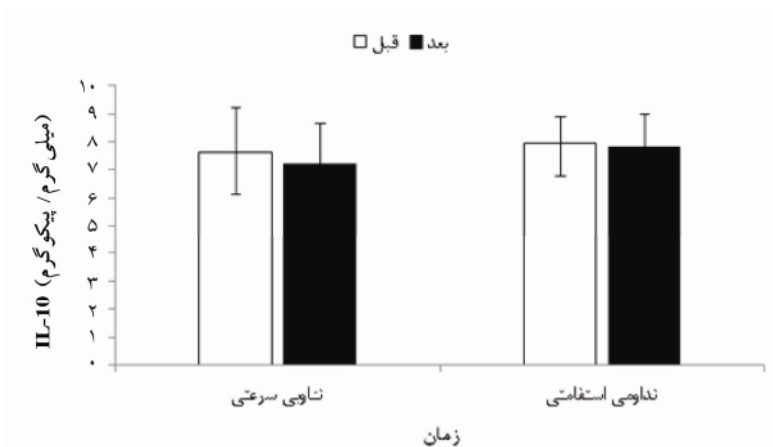
جدول ۲- میانگین ± انحراف معیار متغیرها قبل و بعد از اجرای دو پروتکل ورزشی

نوع تمرین متغیرها	تمرین سرعتی-تناوبی		تمرین استقامتی - تداومی	
	قبل	بعد	قبل	بعد
IL-6 (میلی لیتر/پیکوگرم)	3/00 ± 0/41	2/78 ± 0/26	2/88 ± 0/21	2/91 ± 0/45
IL-10 (میلی لیتر/پیکوگرم)	7/60 ± 1/64	7/21 ± 1/46	7/95 ± 0/96	7/85 ± 1/15
CRP (میلی لیتر/نانوگرم)	373/5 ± 144/66	341/66 ± 325/06	461/40 ± 294	333 ± 361/34
WBC (میکرولیتر/لیتر/10 <sup>3</sup> ×)	6/08 ± 1/12	6/025 ± 1/55	5/97 ± 0/99	5/35 ± 0/89
HOMA-IR	1/78 ± 0/58	1/24 ± 0/32	1/17 ± 0/57	1/17 ± 0/69

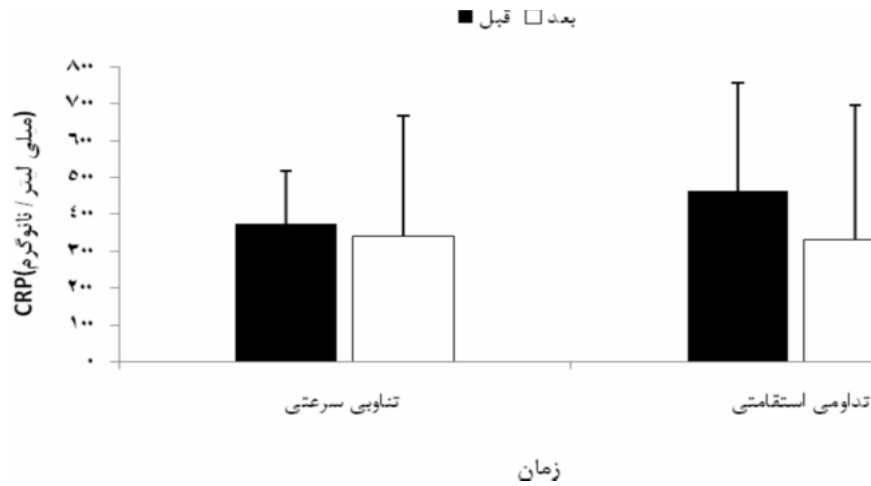
\* مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده‌اند.



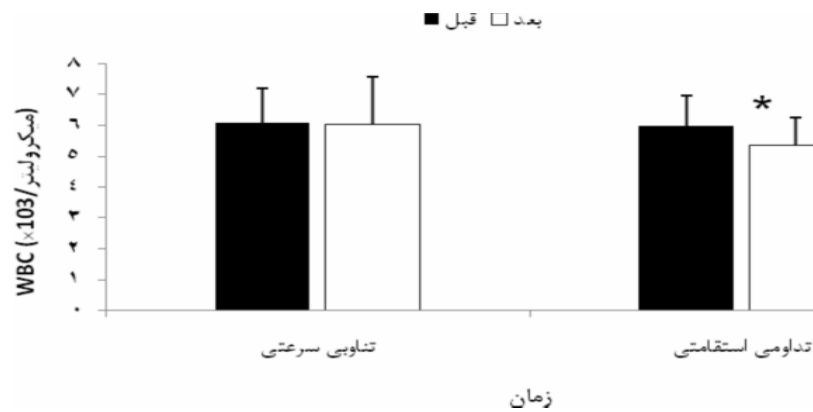
نمودار ۱- میانگین (± انحراف معیار) IL-6 سرم در پاسخ به نوع تمرین. حجم نمونه: ۱۶ نفر. روش آماری برون گروهی: تی تست مستقل و روش آماری درون گروهی: تی تست وابسته



نمودار ۲- میانگین (± انحراف استاندارد) IL-10 سرم در پاسخ به نوع تمرین. حجم نمونه: ۱۶ نفر. روش آماری برون گروهی: تی تست مستقل و روش آماری درون گروهی: تی تست وابسته

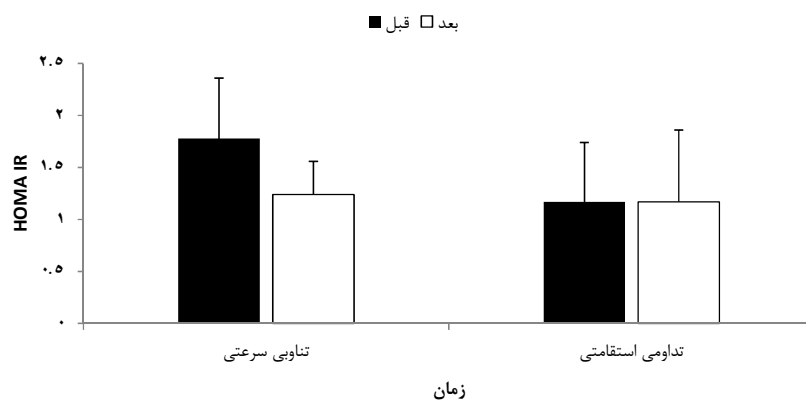


نمودار ۳- میانگین (± انحراف استاندارد) CRP سرم در پاسخ به نوع تمرین. حجم نمونه: ۱۶ نفر، روش آماری برون گروهی: من ویتنی یو و روش آماری درون گروهی: ویل کوکسون



\*: معنی داری نتایج در قبل و پس از تمرین (P: ۰/۰۳۷)

نمودار ۴- میانگین (± انحراف استاندارد) WBC پلاسما در پاسخ به نوع تمرین. حجم نمونه: ۱۶ نفر، روش آماری برون گروهی: تی تست مستقل و روش آماری درون گروهی: تی تست وابسته



نمودار ۵- میانگین (± انحراف استاندارد) HOMA-IR در پاسخ به نوع تمرین. حجم نمونه: ۱۶ نفر، روش آماری برون گروهی: تی تست مستقل و روش آماری درون گروهی: تی تست وابسته

## بحث

یافته اصلی این تحقیق این بود که بین تاثیر ۶ جلسه تمرین سرعتی - تناوبی با حجم پایین و تمرین استقامتی - تداومی با حجم بالا بر روی سطوح سرمی IL-6، IL-10، CRP و سطوح پلاسمایی سلول‌های سفید و شاخص مقاومت به انسولین تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. بر اساس بررسی پیشینه تحقیق، به نظر می‌آید بررسی حاضر اولین تحقیقی می‌باشد که به مطالعه تاثیر دو نوع تمرین تناوبی و تداومی پرداخته است که در جریان آن شیوه تمرین (رکاب زدن بروی دوچرخه)، تعداد جلسات در هفته (۳ بار در هفته) و مدت زمان دوره تمرین (۲ هفته) در دو گروه مشابه، اما حجم تمرین در هر دو روش متفاوت است. اغلب تحقیقات در گذشته تاثیر تمرین تداومی و تمرین تناوبی را به صورت جداگانه بروی این فاکتورها بررسی کرده‌اند [۱۷-۲۰]، اما تحقیقی که همزمان این دو نوع تمرین را با هم مقایسه کند تاکنون انجام نشده است. یافته‌های تحقیق حاضر در خصوص عدم تفاوت بین دو تمرین در تاثیر گذاری بر فاکتورهای التهابی با تحقیق افرادی چون راکوبوچوک و همکاران و گیبالا و همکاران همخوانی دارد [۱۳، ۱۵]، هر چند در تحقیق راکوبوچوک استفاده از آزمودنی‌های غیر فعال و وهله‌های تمرینی ۴/۵ دقیقه‌ای استفاده شده بود اما علی‌رغم این تفاوت، نتیجه مشابهی بدست آمد. اما داده‌های این بررسی با نتایج تحقیق تزونا و همکاران همسو نیست که تمرین تناوبی را نسبت به تمرین تداومی در بهبود پارامترها در بیماران سندروم متابولیکی موثرتر می‌داند [۲۱] که به احتمال زیاد تفاوت در آزمودنی‌ها و پروتکل تمرینی و همچنین مدت زمان ۱۶ هفته‌ای تمرین از جمله دلایل این تفاوت می‌باشد. از آن جا که این دو نوع کار از نظر حجم و شدت تمرین با یکدیگر متفاوت هستند بنابراین، طبیعی است که فرایندهای کسب انرژی و تارهای عضلانی درگیر در آنها متفاوت باشد، علت عدم تفاوت معنی‌دار در بین دو گروه می‌تواند طول کوتاه پروتکل بوده که ضرورت اجرای مدت زمان بیشتر از

۲ هفته را برای ایجاد تغییرات بر IL-6 می‌طلبد چرا که اکثر تحقیقات با مدت معادل ۶ تا ۲۴ هفته [۷، ۱۸-۱۹، ۲۲]، بهبود در این سایتوکاین‌ها را گزارش کرده‌اند، از آنجایی که عضلات اسکلتی منبع تولید IL-6 در طی ورزش [۲۳] و همچنین منبع مهمی برای تولید آن در پلاسمای خون [۲۴] به دلیل اثرات پاراکرائینی این سایتوکاین برای کسب سوخت از کبد و بافت چربی می‌باشند [۲۵-۲۶]. بنابراین عدم گرفتن نمونه برداری از بافت عضلانی به منظور بررسی تغییرات IL-6 در خود عضله پس از تمرین نیز می‌تواند از دلایل عدم تفاوت در این بررسی دانست. در تحقیق حاضر خونگیری دوم مطابق با تحقیق راکوبوچوک و همکاران ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام شد [۱۵]، این تاخیر به منظور کاهش اثرات آخرین جلسه بر فاکتورهای اندازه‌گیری شده بود در حالی که در تحقیق تزونا و همکاران ۴ روز پس از آخرین جلسه تمرین بیوپسی انجام گرفته است [۲۱]. بنابراین تفاوت در روش و زمان ارزیابی را می‌توان دلایل دیگری بر تفاوت در یافته‌های حاضر با تحقیقات پیشین دانست. علاوه بر این، نتایج نشان داد که الگوی تغییر در IL-6 متفاوت است. از جمله دلایل این تفاوت در الگوی تغییر می‌تواند حضور هر دو جنس در برنامه‌های تمرینی باشد، تحقیقات گذشته ثابت کرده‌اند که جنسیت بر تولید سایتوکاین‌ها تاثیر می‌گذارد [۲۷-۲۸] و همچنین احتمالاً تفاوت تارهای عضلانی در بیان ژنی سایتوکاین‌ها دلیل دیگر مورد بحث در این امر می‌تواند باشد [۲۲]. همانطور که گیبالا و همکاران و بورگومستر و همکاران نشان دادند تمرین سرعتی - تناوبی با حجم پایین می‌تواند موجب افزایش محتوای گلیکوژن عضلانی، افزایش پتانسیل اکسایشی عضلانی (افزایش سبترات سنتتاز)، در افراد دارای فعالیت تفریحی شود [۱۲-۱۳]. در نتیجه افزایش توانایی اکسایش تری‌گلیسریدها و نیز افزایش گلیکوژن بعد از دوره تمرینی سرعتی - تناوبی با حجم T و B، مونوسیت‌ها و ماکروفاژها نیز تولید می‌شود [۲۹] و اثرات ایمنی تمرین استقامتی موجب افزایش غلظت IL-10 می‌شود [۲۲، ۳۵]،

اتفاق می‌افتد، زیرا کوتاه بودن نیمه عمر ۴ GLUT (Glucose Transporter 4) از ماندگار بودن این اثر تمرین جلوگیری می‌کند [۴۰]. بنابراین خونگیری ۴۸ ساعته پس از آخرین جلسه ممکن است برای اندازه گیری آن دیر باشد، اما در نهایت نتایج این تحقیق ارتباط بین IL-6 و مقاومت انسولین را نشان داد (ضریب همبستگی پیرسون ۰/۶۵).

در کل نتایج نشان می‌دهد که تمرین سرعتی-تناوبی با شدت بالا و حجم پایین فشار نسبتاً یکسانی در مقایسه با تمرین استقامتی-تداومی با شدت متوسط و حجم بالا بر بدن اعمال می‌کند، هر چند بهبود معنی داری در متغیرها دیده نشد اما وجود کاهش مقاومت به انسولین (نزدیک به معنی داری)، IL-6 و CRP در تمرین سرعتی-تناوبی لزوم بررسی مدت زمان تمرینی بیشتری را (بیشتر از ۶ جلسه) را به منظور دستیابی به نتایج قویتر در جهت ارتقای سلامت جامعه با استفاده از تمرین با مدت زمان کمتر اما کارآمدتر می‌طلبد.

### سپاسگزاری

از تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش و همچنین از پژوهشکده غدد و متابولیسم دانشگاه شهید بهشتی خصوصاً آقای دکتر مهدی هدایتی و همکاران ایشان که با زحمات بی‌دریغشان به ما در انجام این تحقیق کمک شایانی کردند، سپاسگزاریم. در پایان از پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی که با حمایت مالی انجام این تحقیق را میسر کردند تشکر می‌کنیم.

بنابراین عاملی که می‌تواند منجر به این تغییرات شود کاهش سلول‌های سفید پلازما در هر دو نوع تمرین در تحقیق حاضر می‌باشد که به دنبال آن تولید این سایتوکاین کاهش یافته است. اما کاهش بیشتر سلول‌های سفید در تمرین استقامتی-تداومی با حجم بالا می‌تواند به دلیل مهاجرت سلول‌های سفید از خون به عضلات آسیب دیده باشد [۳۶]، علاوه بر این، سطح آمادگی آزمودنی‌ها [۳۷] و حتی تغییرات فصلی در طی سال [۳۸] و یا افزایش حجم پلازما در اثر تمرین استقامتی [۳۹] نیز می‌تواند از عوامل موثر در این کاهش باشد. و در آخر بررسی میانگین‌ها نشان داد که میزان شاخص مقاومت به انسولین در تمرین سرعتی-تناوبی با حجم پایین کاهش یافته اما در تمرین استقامتی-تداومی با حجم بالا بدون تغییر مانده است. همانطور که ذکر شد سازگاری‌های به وجود آمده در تمرین سرعتی-تناوبی با حجم پایین می‌تواند ناشی از افزایش اکسیداسیون عضلانی و تکیه کمتر به IL-6 برای تامین سوخت و افزایش حساسیت به این سایتوکاین باشد که نیاز کمتری به گلوکز در جریان خون را در پی دارد. از طرف دیگر در تمرین استقامتی-تداومی با حجم بالا میزان IL-6 افزایش داشته که نشان می‌دهد سازگاری تمرینی به میزانی نبوده است که بتواند سوخت‌رسانی مورد نیاز فعالیت در درون عضله را بدون استفاده از سوخت‌رسانی خارج سلولی فراهم کند، لذا منجر به افزایش حساسیت انسولین نشده است، از طرف دیگر، اثر تمرین تداومی استقامتی بر حساسیت انسولین سریعاً پس از جلسه تمرین

### مأخذ

1. Anne M, Petersen W, Pedersen BK. The anti-inflammatory effect of exercise. *J Appl Physiol* 2005; 98:1154-62
2. Markovitch D, Tyrrell R, Thompson D. Acute moderate-intensity exercise in middle-aged men has neither an anti-nor proinflammatory effect. *Journal of applied physiology* 2008; 105(1):260-65
3. Kasapis C, Thompson P. 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.
4. Meilhac O. Role of arterial wall antioxidant defense in beneficial effects of exercise on atherosclerosis in mice. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001; 21:1681-8.
5. Haider D, Pleiner J, Francesconi M, Wiesinger G, Muller M, Wolzt M. Exercise training lowers plasma visfatin concentrations in patients with type 1 diabetes. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2006;91(11):4702



6. Frydelund-Larsen L, Akerstrom T, Nielsen S, Keller P, Keller C, Pedersen BK. Visfatin mRNA expression in human subcutaneous adipose tissue is regulated by exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*; Jan 2007; 292(1): E24-31.
7. Fischer CP, Plomgaard P, Hansen AK, Pilegaard H, Saltin B, Pedersen BK. Endurance training reduces the contraction-induced interleukin-6 mRNA expression in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2004; 287(6):E1189-94.
8. Robson-Ansley PJ, Blannin A, Gleeson M. Elevated plasma interleukin-6 levels in trained male triathletes following an acute period of intense interval training. *Eur J Appl Physiol* 2007; 99(4):353-60.
9. Talanian JL, et al. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increase the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol* 2007; 102:1439-47.
10. Babraj JA, et al. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC Endocrine Disorders* 2009; 9:1-8.
11. Burgomaster KA, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008; 586(1):151-60.
12. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol* 2005; 98(6):1985-90.
13. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006, 15; 575(Pt 3):901-11.
14. Haram PM, Kemi OJ, Lee SJ, Bendheim MO, Al-Share QY, Waldum HL, et al. Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise in the metabolic syndrome of rats artificially selected for low aerobic capacity. *Cardiovasc Res* 2009.1; 81(4):723-32.
15. Rakobowchuk M, Tanguay S, Burgomaster KA, Howarth KR, Gibala MJ, MacDonald MJ. Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008; 295(1):R236-42.
16. Bassami M, Ahmadizad S, Doran D, MacLaren DP. Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained and untrained older males. *Eur J Appl Physiol* 2007; 101(4):525-32.
17. Hatunic M, Finucane F, Burns N, Gasparro D, Nolan JJ. Vascular inflammatory markers in early-onset obese and type 2 diabetes subjects before and after three months' aerobic exercise training. *Diab Vasc Dis Res* 2007;4(3):231-4
18. Bruun JM, Helge JW, Richelsen B, Stallknecht B. Diet and exercise reduce low-grade inflammation and macrophage infiltration in adipose tissue but not in skeletal muscle in severely obese subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2006; 290(5):E961-7
19. Thompson D, Markovitch D, Betts JA, Mazzatti D, Turner J, Tyrrell RM. Time course of changes in inflammatory markers during a 6-mo exercise intervention in sedentary middle-aged men: a randomized-controlled trial. *J Appl Physiol* 2010;108(4):769-79.
20. Croft L, Bartlett JD, MacLaren DP, Reilly T, Evans L, Matthey DL, et al. High-intensity interval training attenuates the exercise-induced increase in plasma IL-6 in response to acute exercise. *Appl Physiol Nutr Metab* 2009; 34(6):1098-107.
21. Tjonna AE, Lee SJ, Rognmo O, Stolen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation* 2008; 118(4):346-54.
22. Lira FS, Koyama CH, Yamashita AS, Rosa JC, Zanchi NE, Batista ML, Jr, et al. Chronic exercise decreases cytokine production in healthy rat skeletal muscle. *Cell Biochem Funct* 2009, 27(7):458-61.
23. Febbraio MA, Pedersen BK. Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. *FASEB J* 2002; 16(11): 1335-47.
24. Pedersen B, Febbraio M. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiological reviews* 2008; 88(4): 1379- 406.
25. Pedersen BK, Steensberg A, Keller P, Keller C, Fischer C, Hiscock N, et al. Muscle-derived interleukin-6: lipolytic, anti-inflammatory and immune regulatory effects. *Pflugers Arch* 2003;446(1):9-16.
26. Holmes AG, Watt MJ, Febbraio MA. Suppressing lipolysis increases interleukin-6 at rest and during prolonged moderate-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol* 2004; 97(2):689-96.
27. Moyna NM, Acker GR, Fulton JR, Weber K, Goss FL, Robertson RJ, et al. Lymphocyte function and cytokine production during incremental exercise in active and sedentary males and females. *Int J Sports Med* 1996; 17(8):585-91.
28. Edwards KM, Burns VE, Ring C, Carroll D. Individual differences in the interleukin-6 response to maximal and submaximal exercise tasks. *J Sports Sci* 2006; 24(8):855-62.

29. Keller C, Steensberg A, Hansen AK, Fischer CP, Plomgaard P, Pedersen BK. Effect of exercise, training, and glycogen availability on IL-6 receptor expression in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2005; 99(6):2075-9.
30. Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Keller P, Plomgaard P, et al. The metabolic role of IL-6 produced during exercise: is IL-6 an exercise factor? *Proc Nutr Soc* 2004; 63(2):263-7.
31. Ronsen O, Lea T, Bahr R, Pedersen BK. Enhanced plasma IL-6 and IL-1ra responses to repeated vs. single bouts of prolonged cycling in elite athletes. *J Appl Physiol* 2002; 92(6):2547-53.
32. Oberbach A, et al. Effect of a 4 week physical training program on plasma concentration of inflammatory markers in patients with abnormal glucose tolerance. *European Journal of Endocrinology* 2006; 154:577-85.
33. Rowsey PJ, Metzger BL, Carlson J, Gordon CJ. Long-term exercise training selectively alters serum cytokines involved in fever. *Biol Res Nurs* 2009; 10(4):374-80.
34. Esposito K, Pontillo A, Giugliano F, Giugliano G, Marfella R, Nicoletti G, et al. Association of low interleukin-10 levels with the metabolic syndrome in obese women. *J Clin Endocrinol Metab* 2003; 88(3):1055-8.
35. Nunes RB, Tonetto M, Machado N, Chazan M, Heck TG, Veiga AB, et al. Physical exercise improves plasmatic levels of IL-10, left ventricular end-diastolic pressure, and muscle lipid peroxidation in chronic heart failure rats. *J Appl Physiol* 2008; 104(6):1641-7.
36. Makinon L.T. Advances in Exercise Immunolog. *Human Kinetics* 1999, 263
37. Tanimura Y, Kon M, Shimizu K, Kimura F, Kono I, Ajisaka R. Effect of 6-day intense Kendo training on lymphocyte counts and its expression of CD95. *Eur J Appl Physiol* 2009; 107(2): 227-33.
38. Broadbent S, Gass G. Aerobic training increases the stimulated percentage of CD4+CD25+ in older men but not older women. *Eur J Appl Physiol* 2008; 103(1):79-87.
39. Convertino VA. Blood volume: its adaptation to endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1991, Dec; 23(12):1338-48.
40. Devries MC, Hamadeh MJ, Glover AW, Raha S, Samjoo IA, Tarnopolsky MA. Endurance training without weight loss lowers systemic, but not muscle, oxidative stress with no effect on inflammation in lean and obese women. *Free Radic Biol Med* 2008, 15; 45(4):503-11.